



**KTH Industrial Engineering
and Management**

Biodrivmedel från lignin

Darius Kvainauskas
Martin Johansson

Kandidatexamensarbete

KTH – Skolan för Industriell Teknik och Management

Energiteknik EGI-2018

TRITA-ITM-EX 2018:437

SE-100 44 STOCKHOLM

**Bachelor of Science Thesis EGI-2018
TRITA-ITM-EX 2018:437**



**KTH Industrial Engineering
and Management**

Biodrivmedel från lignin

**Darius Kvainauskas
Martin Johansson**

Approved	Examiner	Supervisor
Date	Peter Hagström	Peter Hagström
	Commissioner	Contact person

Sammanfattning

Lignin är en molekyl som finns i alla växter och kan användas för att framställa nya generationens biodrivmedel. Ligninbaserade biodrivmedel är bra från en miljöaspekt för att det minskar växthuseffekten, men också för att utvinningen av svartlut kan effektivisera tillverkning av pappersmassa. Vid tillverkning av massa fås en restprodukt vid namnet svartlut. Svartlut har ett högt energiinnehåll och kan vara ganska besvärlig att hantera. Det kan användas till värme eller energi internt i massabruken, men fås ofta i större mängder än massa- och pappersbrukens sodapannor kan ta hand om. Det är från svartlut som lignin kan utvinnas. Idag finns det processer som bland annat LignoBoost som utvinnet lignin från svartlut. Lignin behöver därefter omvandlas till en flytande form för att sedan blandas in som en komponent i bensin och diesel.

Detta kandidatexamensarbete utforskar möjligheter att använda svartlut för utvinning av lignin till ligninbaserade biobränslen. Utöver det har hela råvaruflödet av lignin kartlagts. Kartläggningen av råvaruflödet har utförts med hjälp av en litteraturstudie och intervjuer. Vidare har uppskattningar gjorts på hur stor del av energianvändningen i transportsektorn som kan ersättas med energi från lignin. Energipotentialen från ligninet har baserats på tre olika fall där olika stora andelar av det tillgängliga ligninet används. För Fall 2, där 50% av ligninet utvinns, beräknades även kostnaden för en energikälla (skogsflis) som kan ersätta den energi i svartlutet som annars används som bränsle i massa- och pappersbruken.

Från litteraturstudien och intervjuerna är slutsatsen att det i nuläget inte finns ett färdigt råvaruflöde för lignin, däremot är det tre steg som behöver gå ihop för att ett fungerande råvaruflöde ska skapas; utvinning av lignin, omvandling till flytande lignin och distribution. Samtliga aktörer i detta råvaruflöde behöver samarbeta för att hitta en lösning alla kan dra fördel av och subventioner kan behövas för att drivmedlet ska ha ett rimligt pris.

Resultatet visar att det finns 3,1 miljoner ton lignin tillgängligt under ett års tid från massa- och pappersbruken i Sverige. Från detta lignin är energipotentialen 12,81 TWh ifall det antas att 30% av allt svartlut används. Detta motsvarar 13,6 % av energibehovet i transportsektorn och räcker till bränsle för 1,56 miljoner personbilar årligen. Ifall 50 % av svartluten används är energipotentialen 21,34 TWh, vilket motsvarar 22,7 % av energibehovet i transportsektorn. I detta fall skulle 25 miljoner ton trädbränsle behöva användas för att ersätta energin, med ett beräknat pris på 1,56 miljarder SEK.

Abstract

Lignin is a molecule found in all plants and can be used to produce new generation biofuels. Lignin-based biofuels are beneficial from an environmental aspect because they help to reduce the greenhouse effect, but also because the extraction of black liquor can streamline the production of pulp. In the manufacturing process of pulp, a residual product is obtained by the name of black liquor. Black liquor has a high energy content and can be quite difficult to handle after extraction. It can be used for heat or energy internally in the pulp mill, but it is often available in larger quantities than infrastructure at the pulp- and paper mills can handle. It is from black liquor that lignin can be extracted. Today, there are processes such as LignoBoost that extract lignin from black liquors. The lignin then needs to be converted into a liquid form and then mixed as a component of gasoline and diesel.

This Bachelor's Degree Project explores the possibilities of using black liquor and making lignin-based biofuels. In addition, the entire raw material flow of lignin has been mapped. The mapping of the raw material flow has been carried out using a literature study and interviews. Furthermore, estimates have been made of how much of the energy consumption in the transport sector that can be replaced by the energy that is obtainable from lignin. The energy potential of the lignin is based on three different cases, with different proportions of available lignin. For Case 2, where 50% of the lignin is recovered, the cost of a replacement source (wood chips) is also calculated. This energy source can replace the energy in black liquor that is used as fuel in the pulp- and paper mills.

From the literature study and the interviews, it is concluded that there is currently no raw material flow for lignin, but there are three steps that need to work together to create a functioning one; recovery of lignin, conversion into liquid lignin and distribution to consumers. All stakeholders in this raw material flow need to work together to find a solution everyone can benefit from and subsidies may be needed for the fuel to have a reasonable price.

The result shows that there are 3.1 million tonnes of lignin available for one year from pulp and paper mills in Sweden. From this lignin the energy potential is 12.81 TWh if it is assumed that 30% of all black liquor is used, which is equivalent to the energy used by 1.56 million cars. This corresponds to 13.6% of the energy demand in the transport sector. If 50% of the black liquor is used, the energy potential is 21.34 TWh, which corresponds to 22.7% of the energy demand in the transport sector. In this case, 25 million tons of wood fuel would need to be used to replace energy, which costs 1.56 billion SEK.

Förord

Under detta kandidatexamensarbete har flera personer intervjuats, vilka har givit oss underlag för att kunna utföra vår undersökning. Vi vill tacka Åsa Håkansson från Preem, Jonas Kihlman från Pöyry och Tomas Hûbenette från Metsä Board för att ni tog tid att svara på våra frågor och den kunskap ni delat med er av. Vi vill även tacka de personer som vi har haft kontakt med via mejl. Slutligen vill vi tacka vår handledare Peter Hagström, som stöttat oss under hela arbetet.

Stockholm, Maj 2018

Martin Johansson och Darius Kvainauskas

Innehåll

1. Inledning	1
1.1 Syfte	1
1.2 Frågeställningar	2
2. Litteraturstudie	3
2.1 Biobränsle.....	3
2.1.1 Biodrivmedel idag	3
2.1.2 Framtida miljömål.....	4
2.1.3 Energidensitet drivmedel	4
2.2 Lignin	5
2.2.2 Biodrivmedel från lignin	7
2.3 Skogen i Sverige.....	8
2.3.1 Skog.....	8
2.3.2 Skogsindustri.....	8
2.3.3 Massa- och pappersbruk	8
2.3.4 Sveriges största skogsbolag och deras biosatsningar	10
2.4 Vägtrafik/bil användning/fordon.....	11
2.5 Pris för fossila drivmedel.....	12
3. Metod	13
3.1 Antaganden och begränsningar.....	13
3.2 Beräkning av massa	13
3.3 Energiberäkningar	14
3.4 Beräkning av kostnad och massa träflis:	14
4. Resultat.....	16
5. Diskussion.....	18
6. Slutsatser	20
7. Framtida arbete	21
8. Referenser	22

Figurer

Figur 1. Andelen biodrivmedel i vägsektorn	3
Figur 2. Ligninmolekyl.....	5
Figur 3. Översikt av LignoBoostprocessen	6
Figur 4. Sulfatprocessens återvinningsystem	9
Figur 5. Råvaruflöde lignin.....	16

Tabeller

Tabell 1. Energidensitet för drivmedel.....	4
Tabell 2. Pris för träbränslen för industriföretag exkl. moms	9
Tabell 3. Total körsträcka efter fordonsslag, år 2016.....	11
Tabell 4. Genomsnittlig årlig användning av drivmedel för en personbil i Sverige år 2016	11
Tabell 5. Andel fossila drivmedel och biodrivmedel i vägsektorn, 2013-2016 uttryckt i TWh.....	11
Tabell 6. Fossila drivmedel genomsnittlig pris 2017	12
Tabell 7. Mängden producerad svartlut från olika massatyper i Sverige per år.....	17
Tabell 8. Mängden erhållet lignin från olika massatyper i Sverige per år	17
Tabell 9. Total energimängd från lignin i Sverige per år.....	17

Nomenklatur

Symboler

<u>Tecken</u>	<u>Benämning</u>	<u>Enhet</u>
E	Energiinnehåll	[MJ]
E_e	Ersättningsenergi	[MJ]
E_1	Energiinnehåll lignin fall 1	[MJ]
E_2	Energiinnehåll lignin fall 2	[MJ]
Q	Energianvändning per bil	[kWh/bil]
k	Kostnad skogsflis	[SEK]
m_{flis}	Massa skogsflis	[ton]
m_m	Massa pappersmassa	[ton]
m_l	Massa lignin	[ton]
m_s	Massa svartlut	[ton]
n_{bilar}	Antal bilar	[st]
U	Energidensitet	[MJ/m ³]
U_{medel}	Medelvärde energidensitet	[MJ/m ³]
U_{bensin}	Energidensitet bensin	[MJ/m ³]
U_{diesel}	Energidensitet diesel	[MJ/m ³]
$V_{D/b}$	Dieselanvändning per bil	[m ³ /bil]
$V_{B/b}$	Bensinanvändning per bil	[m ³ /bil]
V_{medel}	Medelvärde bränsle per bil	[m ³ /bil]
η	Verkningsgrad sodapanna	[-]

Förkortningar

°C	Grader Celsius
kg	Kilogram
m ³	Kubikmeter

MJ	Megajoule
MW	Megawatt
MWh	Megawattimmar
SEK	Svenska kronor
TS	Torrsubstans
TWh	Terawattimmar

1. Inledning

Växthuseffekten är en stor fara för jordens natur och befolkning. Därför har de flesta länder runtom i världen satt upp mål för att minska växthusgasutsläppen. Sverige har som mål att till år 2030 ha minskat fordonsflottans koldioxidutsläpp med 70 %. För att uppnå det krävs det minskning i bilanvändandet eller stora förändringar i hur fordonens bränsle framställs.

Regeringen i Sverige vill få ner bilanvändandet (Rosen, 2017) och har under en lång tid försökt att få ner antalet bilar i storstäderna genom skatter och tullar och andra avgifter. Men det har inte fungerat, tvärtom ökar bilanvändandet. För nya prognoser från trafikkontoret visar istället på en ökning med hela 20 procent, i relation till trafiksituationen 2012 (Trafikkontoret, 2018).

Fordonsbränsle tillverkas idag med fossil råolja vilket ger stora koldioxidutsläpp och påverkar växthuseffekten markant, vilket inte är hållbart på lång sikt (Naturvårdsverket, 2017). Elbilar har dock börjat etablera sig i Sverige men det finns en aspekt med att elbilar inte alltid är utsläppsfria eftersom elen som de laddas med inte alltid är förnybar (Biello, 2016). Vätedrivna bilar är svåra att masstillverka pga bl.a. brist på platinametaller (Chatsko, 2017) som behövs i bränsleceller (Sergeevich, 2009).

Lignin är en energirik molekyl som ingår i växternas cellväggar och utgör 10-40 % av all växtlighet i naturen. Ligninet kan utvinnas från svartlut och har sedan länge setts som en besvärlig restprodukt som erhålles vid papperstillverkning, där svartlutet förbränns för att få energi till pappersbruken (Renfuel, 2018a). På senare tid har det blivit mer evident att lignin skulle kunna användas som råvara vid tillverkning av biodrivmedel. Många mindre företag som t.ex RenFuel har börjat utveckla drivmedel med hjälp av lignin, men även stora företag som Preem, som har startat en pilotanläggning för just detta. De är optimistiska till att lignin kan användas för att ersätta en del av de fossila bränslena till fordon och därigenom minska Sveriges koldioxidutsläpp (Preem, u.å.). Enligt Renfuels beräkningar kan 70 TWh energi som de påstår motsvarar 70 % av Sveriges drivmedelsbehov ersättas med ligninbaserade drivmedel (Renfuel, 2018b).

1.1 Syfte

Syftet med detta kandidatexamensarbete är att analysera om det är ekonomiskt lönsamt för ett skogsbolag att utvinna lignin från svartlut, och sälja det till ett bolag som kan distribuera det till tankstationer. Anledningen till att en studie behövs är för att lignin idag används internt i skogsbolagen i massa/papperstillverkning för värme/energi. Frågan uppkommer då om det skulle vara möjligt att ersätta det interna behovet av lignin med något annat, och hur det påverkar lönsamheten.

1.2 Frågeställningar

I denna rapport kommer följande frågor undersökas och besvaras:

- Hur ser råvaruflödet kopplat till lignin ut i skogsindustrin i Sverige?
- Hur stor del av bränslebehovet till svenska fordonsflottan kan täckas med lignin?
- Kan lignin framställas för ett pris som gör det lönsamt både för skogsföretaget som ska täcka sitt interna behov av energi och för företaget som ska köpa ligninet och distribuera det till konsumenter?
- Vilka företag har de bästa förutsättningarna i dagsläget att dra den största fördelen på en eventuell användning av lignin som biodrivmedel?

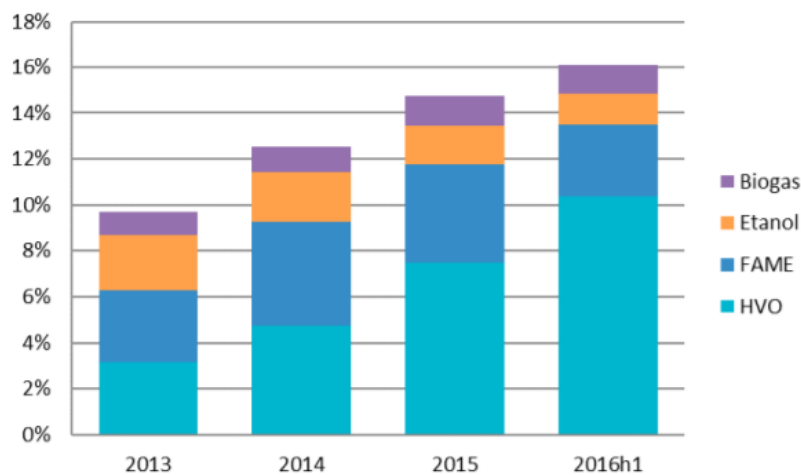
2. Litteraturstudie

För att kunna svara på frågeställningarna har en litteraturstudie utförts som presenteras nedan.

2.1 Biobränsle

Bioenergi är solens energi lagrad i växter och djur (Svebio, 2018a). Bioenergi räknas som förnybart eftersom biomassa nybildas kontinuerligt (Jordbruksverket, 2017). Bioenergens användning i Sverige idag kan huvudsakligen delas in i flera kategorier. Den första kategorin är biokraft, som är namnet på den process då elektricitet produceras med biobränsle. Över 90 % av energin i biomassan tas tillvara i kraftvärmeanläggningar, vilket sker med hjälp av en turbin som producerar elströmmen. I Sverige finns det idag över 200 kraftvärmeverk som tillsammans har en effekt på ca 400 MW, där den årliga produktionen ligger på ca 16 TWh (Svebio, u.å.a).

Biovärme är det största användningsområdet för bioenergi i Sverige idag (Svebio, u.å.b). De flesta lokaler och bostäder i Sverige värms upp med biovärme, antingen genom fjärrvärme eller genom egen biovärmeproduktion i villor. Fjärrvärme är den vanligaste formen av biovärme där värmen leds runt med hjälp av vatten i rör i marken. Industrier använder också biovärme för att värma upp lokaler, framförallt skogsindustrin.



Figur 1. Andelen biodrivmedel i vägsektorn (Energimyndigheten, 2016b).

Biodrivmedel är namnet på biobaserade drivmedel som används för transportändamål. Dessa finns i gas- och flytande form. År 2015 motsvarade biodrivmedel 14,7 % sett till den totala energianvändningen i vägsektorn, vilket motsvarar 13,1 TWh. Det första halvåret 2016 motsvarade den totala energianvändningen i alla vägtransporter ca 16 % av biodrivmedel, vilket visas i Figur 1 (Energimyndigheten, 2016b). År 2016 stod biodrivmedel för 16,9 TWh i Sverige (Energimyndigheten, 2016a).

2.1.1 Biodrivmedel idag

I Sverige består ca 60 % av biodrivmedlen idag av en syntetisk diesel, HVO, som tillverkas genom att hydrera växt- och djurfetter. HVO är ur en användningssynpunkt identisk med fossil diesel, men är mindre skadlig för miljön (Energifabriken, u.å.). FAME är ett biodrivmedel som tillverkas av olika växtoljor, oftast rapsolja (SBPI, 2011). Den utgör ca en femtedel av biodrivmedelsanvändningen idag. Etanol som oftast tillverkas från spannmål, sockerbetor,

spannmål (SBPI, 2010) står för ca 6 %. Lika stor andel av biodrivmedlen i Sverige utgörs av biogas. Flytande biodrivmedel blandas ofta med fossila bränslen (bensin, diesel) innan det distribueras till tankställen i Sverige.

Sverige är ett av de länder i Europa som har högst andel flytande biodrivmedel i transportsektorn (Energimyndigheten, 2016b), men produktionen av dessa sker huvudsakligen i andra delar av Europa. 2016 producerades endast 14 % av det HVO som används nationellt i Sverige och 6 % av det FAME, vilket gör att Sverige tvingas importera resterande biodrivmedel.

2.1.2 Framtida miljömål

I Sverige består ca 60% av biodrivmedlen idag av en syntetisk diesel, HVO, som tillverkas genom att hydrera växt- och djurfetter. HVO är identisk ur en användning synpunkt med fossil diesel, men är mindre skadlig för miljön (Energifabriken, u.å.). FAME är ett biodrivmedel som tillverkas av olika växtolja, oftast rapsolja (SBPI, 2011). Den utgör ca en femtedel av biodrivmedelsanvändningen idag. Etanol som oftast tillverkas från spannmål, sockerbetor, spannmål (SBPI, 2010) står för ca 6%. Lika stor andel av biodrivmedlen i Sverige utgörs av biogas. Flytande biodrivmedel blandas ofta med fossila bränslen (bensin, diesel) innan det distribueras till tankställen i Sverige.

2.1.3 Energidensitet drivmedel

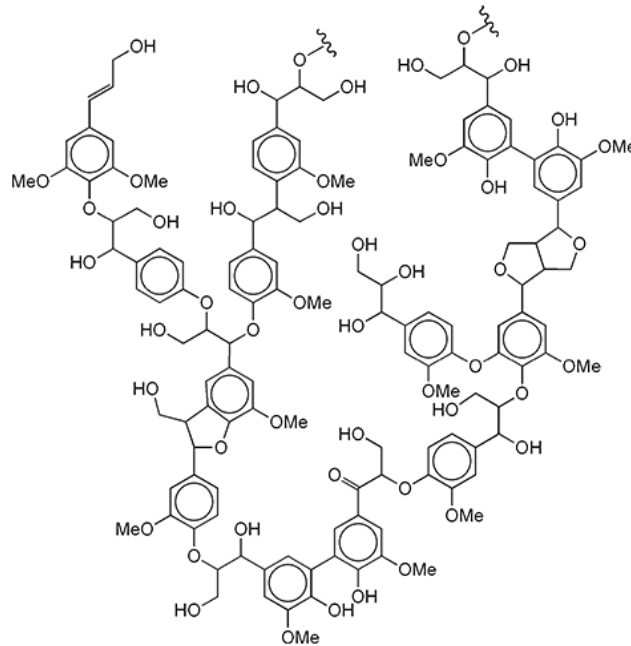
Tabell 1. Energidensitet för drivmedel (SPBI, 2016)

Bränsle	Energiinnehåll MJ/m ³	Densitet kg/m ³ vid 15°C
Motorbensin utan etanol	32 760	750
Diesel Mk1	35 280	815
FAME	32 940	884
Etanol	21 240	790

I Tabell 1 visas energiinnehållet i olika drivmedel. Energiinnehållet mellan de fossila drivmedlen bensin och diesel skiljer sig inte avsevärt med ett energiinnehåll omkring 30 000 MJ/m³, även biodrivmedlet FAME har ett liknande innehåll. Etanol innehåller ungefär två tredjedelar av energiinnehållet jämfört med de andra bränslena på 21 240 MJ/m³.

2.2 Lignin

Lignin är en fenolisk polymer som kan utvinnas från biomassa (Xu och Ferdosian, 2017). Den är en energirik molekyl och ingår i växternas cellväggar och utgör 10-40 % av all växtlighet i naturen. (Renfuel, 2018). Lignin är en komplicerad och oförutsägbar molekyl (Håkansson, 2018). I Figur 2 illustreras hur en ligninmolekyl kan se ut. I genomsnitt är ligninets värmevärde 25 MJ/kg (Fang och Smith Jr, 2016).



Figur 2. Ligninmolekyl (ACS, 2012)

Lignin är den näst mest förekommande naturligt förnybara polymeren efter cellulosa och är det som gör att växternas cellväggar får sin styrka och styvhet (Xu och Ferdosian, 2017). Olika träslag innehåller olika mängder lignin, till exempel består tall och gran av 27 % lignin, medan björk består av 20 % lignin (Skogssverige, u.å.a).

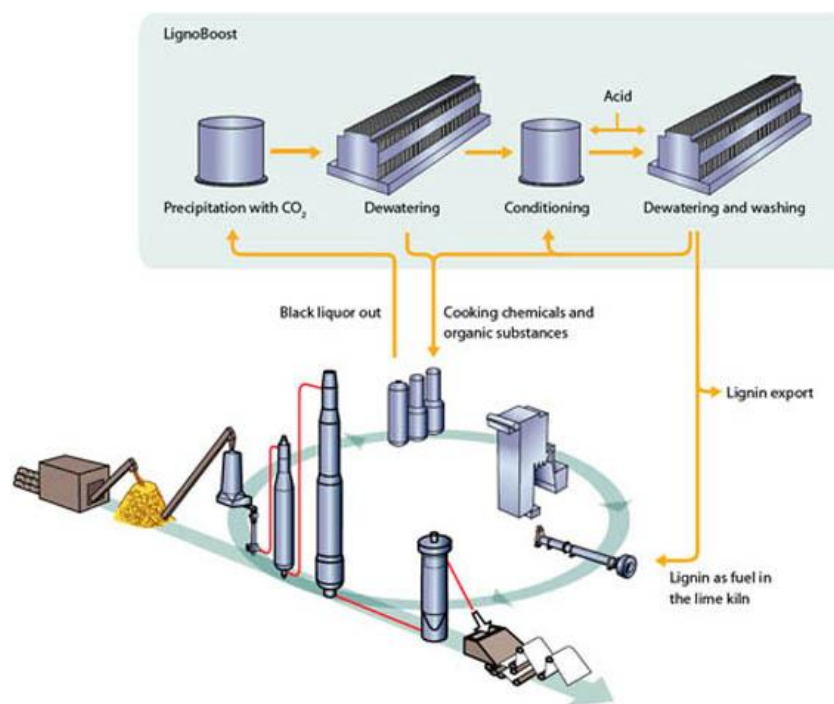
2.2.1 Ligninutvinning

Lignin kan utvinnas från svartlut som sedan länge har setts som en besvärlig restprodukt som fås vid massatillverkning. Idag bränns svartlut för att få energi till massa- och pappersbruken (Renfuel, 2018c). För att producera massa brukar massabruken i Sverige använda sig av antingen sulfatprocessen eller sulfitprocessen där veden kokas med kemikalier eller kemi-termomekaniska processer (CTMP) där veden mekaniskt bearbetas till massa. Svartlut utvinns från sulfatprocessen. Under 2016 producerades 7,09 miljoner ton sulfatmassa i Sverige, varav 2,38 miljoner ton var oblekt och 4,64 miljoner ton blekt massa (Skogsindustrierna u.å.). Det bildas ca 1,7 ton svartlut per ton massa. Siffran refererar till tjocklut (Staffas, 2015). Svartlut är den förbrukade kokvättskan (Nationalencyklopedin, u.å.). Svartlut består av lignin och mindre mängder cellulosa, hemicellulosa och kokkemikalier som erhålls vid massatillverkning. Idag förbränns svartlutet oftast i en sodapanna (Arvidsson, 2016) efter att ha gått igenom en process som heter indunstning (Skogssverige, u.å.b) vilket gör svartlutet brännbar. Efter indunstning kallas svartlutet för tjocklut. För att räknas som tjocklut ska svartlutet ha en hög torrsubstansmängd. Separering av lignin från svartluten istället för att förbränna leder till att sodapannans belastning minskar.

Sodapannan är en flaskhals i produktionen av massa och ifall dess belastning minskar kommer större volymer pappersmassa att kunna produceras (Backlund och Nordström, 2014). Genom att utvinna lignin från svartlutet minskas mängden brännbart som förs in i sodapannan och därmed avlastas sodapannan. De bästa sodapannor har en verkningsgrad på ca 90 % (Vakkilainen, 2011). Lignin är det i svartlut som har högst värmevärde och ifall lignin tas ut kommer värmevärdet i svartlut sänkas. Det ger en lägre adiabatisk förbränningstemperatur i sodapannan (Kihlman, 2018).

Lignin kan separeras från svartlut på flera olika sätt. Det kan åstadkommas genom att ändra ligninets löslighet, ändra dess molekylmassa genom fraktionerad destillation eller en kombination av båda tekniker (Zhu, 2015). Mängden lignin i svartlut är 510 ton/kg massa för barrträd och 340 kg/ton massa för lövträd (Valmet, 2012).

En teknik för att utvinna lignin från svartlut i Sverige är LignoBoost som utvecklades i ett samarbete mellan Chalmers och Innventia, men ägs nu av Valmet. LignoBoost har testats i en pilotanläggning i Bäckhammar som öppnades 2007 och har en kapacitet på 8000 ton lignin per år (Valmet, u.å.a). De har nu även två fullskaliga anläggningar, den första öppnades i USA och den andra i Finland i Stora Enso Sunilla bruk, vilken har en kapacitet på 50 000 ton lignin per år. En översiktlig bild av LignoBoost illustreras i Figur 3.



Figur 3. Översikt av LignoBoostprocessen (Valmet, u.å.b)

I LignoBoost-processen försuras svartlut genom att pH-värdet sänks med hjälp av koldioxid och från det kan lignin fällas ut. Sedan filtreras ligninet flera gånger samt tvättas och torkas. Från de första två filtreringarna kommer filtratet att ledas tillbaka till industningsanläggningar som svartlutet kom ifrån för att undvika en sänkning i ligninkoncentration i strömmen av svartlutet. LignoBoost-processen har flera fördelar som bland annat mindre driftkostnader och sparade

investeringskostnader. Ligninet har även en högre halt av torr massa (dry solids). Den totala kostnaden för att integrera en LignoBoost-anläggning, vilket inkluderar både direkta och indirekta kostnader har uppskattats till 106 miljoner SEK. En sådan anläggning antas kunna vara i bruk 350 dagar om året och framställa 50000 ton lignin (Tomani, 2009).

2.2.2 Biodrivmedel från lignin

Utvunnet lignin kan omvandlas till ligninolja. Ligninoljan kan sedan raffinerats till både diesel och bensin, då kommer bilisterna inte behöva byta bilar eller anpassa sig på något sätt utan kan fortsätta tanka som de gör idag (Bergqvist, u.å). Fordon kommer troligtvis inte endast kunna köras på ligninolja utan det fungerar som en komponent i drivmedlen (Håkansson, 2018). Ett företag i Sverige som håller på med att tillverka biodrivmedel från lignin är RenFuel. RenFuel har utvecklat en ligninolja som de kallar för Lignol. RenFuels process bryter ner lignin under kokpunkten och utan tryck. Detta sparar energi samtidigt som inga farliga restprodukter bildas från processen. I denna process kommer ett ton lignin kunna omvandlas till en kubik lignol och processen tar enbart några timmar jämfört med de miljontals år det tar för fossila bränslen att bildas (RenFuel, 2018c). Om 20-30 % av ligninet sparas för tillverkning av lignol istället för att brännas i sodapannan beräknas massabruken ändå få tillräckligt med energi till förbränningen (Fries, 2017) År 2015 fick RenFuel 71 miljoner SEK från energimyndigheten för att utveckla lignol (Energimyndigheten, 2015).

Ett annat företag som har inlett en satsning på biodrivmedel från lignin är SCA som har satsat 50 miljoner för att bygga en pilotanläggning utanför Umeå för detta syfte. De fick även 11 miljoner i bidrag från Energimyndigheten (Hultgren, u.å).

BioInnovation är ett innovationsprogram som finansieras av Vinnova, Energimyndigheten och Formas samt intressenter där andra företag, forskare och organisationer ingår. BioInnovation jobbar för att skapa nya biobaserade material, produkter och tjänster (BioInnovation. u.å.a). Ett av deras projekt heter *BioLi2.0* med mål att framställa drivmedel och kemikalier från lignin. Projektet sträcker sig över 2,5 år och har en total budget på 36 miljoner SEK (BioInnovation. u.å.b). Listan på projektpartners i *BioLi2.0* innehåller bl.a. företag som Preem, SCA, Sveaskog och Valmet. Lunds universitet och Mittuniversitet är partners från akademien. (BioInnovation. u.å.b).

Preem, som är det sista steget i ligninets värdekedja, har inte fört in ligninbaserat drivmedel i sina raffinaderier än. Lignin har ännu inte någon verklig förankring, men Preem jobbar med att få till det i liten skala med hjälp av *BioLi2.0*. Den största kraften läggs just nu på att förstå hur kända raffinaderiprocesser kan omvandla ligninet till diesel- och bensinkomponenter. Tekniskt har system och katalysatorer utvecklats, men i nuläget är det dyrt att producera ligninbaserat biodrivmedel. (Håkansson, 2018).

För att hela processen ska fungera måste massa- och pappersbruken tycka att det är vettigt att utvinna sitt lignin. Sedan måste det även göras en mellanstation som kan göra om ligninet till flytande för att sedan företag som Preem ska kunna distribuera det. Det finns ingen färdig värdekedja för ligninbaserat drivmedel och det kommer bli en utmaning att få hela värdekedjan att fungera (Håkansson, 2018). Det är även en stor utmaning att hitta en ekonomiskt genomförbar process, subventioner kan inledningsvis vara nödvändiga för att få en fungerande värdekedja (Kihlman, 2018).

2.3 Skogen i Sverige

En rapport beställd av regeringen visar att bioekonomin i Sverige år 2016 stod för 7,1 % av Sveriges BNP. Skogsindustrin och värdekedjan som börjar med skogsindustrin (papper, möbler, etc) står för ca två tredjedelar av förädlingsvärdet i den svenska bioekonomin. Själva skogsindustrin står för ca 18 % av förädlingsvärdet (Tillväxtanalys, 2016).

2.3.1 Skog

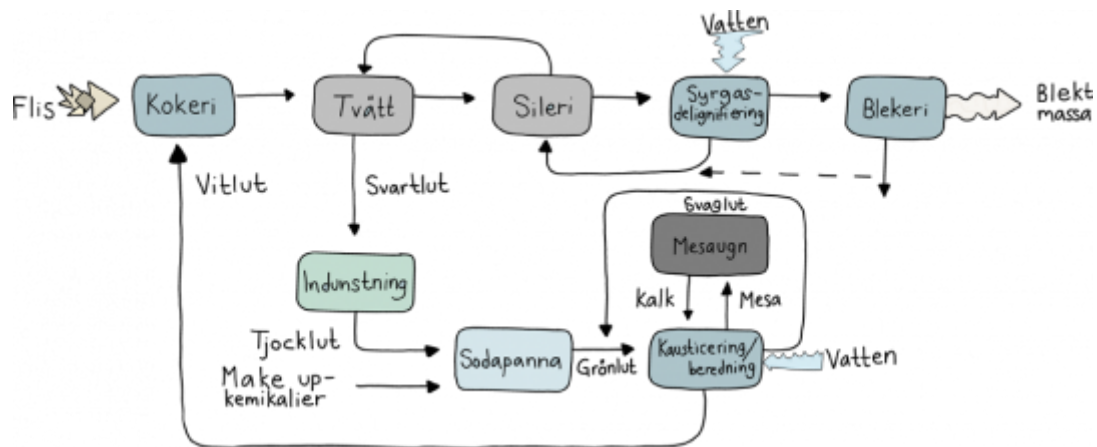
Drygt hälften av Sveriges yta, 23 000 000 hektar är täckt av skog. Virkesförrådet i de svenska skogarna ligger på 2 849 800 miljoner skogskubikmeter. Årligen avverkas endast 80 % av de 100 miljoner kubikmeter som skogen växer med vilket betyder att det finns potential att avverka i större grad (Skogen, u.å.).

2.3.2 Skogsindustri

Skogsindustrin i Sverige omfattar företag med massa och papperstillverkning, samt företag inom den trämekaniska industrin (Skgs, u.å.). I Sverige används skogens råvaror i tillverkning av papper, förpackningsmaterial, hygienartiklar, möbler och andra trävaror. Sverige är världens femte största trä-råvaruproducent och världens tredje största exportör av trä (Skogsindustrierna, 2016). Exportvärdet låg 2016 på 125 miljarder kronor (Skogsindustrierna, u.å.a). Ca 70,000 personer är anställda inom skogsnäringen idag och det finns ytterligare 30,000 enskilda företagare i branschen. Svenskt trä används vid tillverkning av bl.a. papper, möbler, golv, båtvirke, tändstickor (Skogssverige, u.å.c).

2.3.3 Massa- och pappersbruk

I Sverige finns det idag ca 60 massa- och pappersbruk (Sörensen och Jonsson, 2014). Det finns olika slags pappersmassa och det brukar oftast delas in i mekanisk och kemisk massa (Skogssverige, u.å.e). I Sverige bearbetas ca 33 % av all massa mekaniskt och ca 8 % är returfibermassa (Skogsindustrierna u.å.). Vid framställningen av mekanisk massa bryts veden sönder och fibrerna som fås bearbetas mekaniskt. Detta kräver inga klorkemikalier, men däremot kan vissa mekaniska massaprocesser ibland använda sig av andra kemikalier, då vid en förhöjd temperatur. Då kommer vedutbytet, som är nära 100 % för rena mekaniska massor, att sänkas till 90 % (Skogssverige, u.å.e). Vid framställning av kemisk massa kokas vedflisen med en kokvätska som löser upp lignin och frilägger fibrerna. Detta sker i ett tryckkärl. Den kemiska massan kan delas upp i två kategorier, sulfat- och sulfitmassa, där sulfatmassa är den vanligaste och är en starkare massa än sulfitmassa (Skogssverige, u.å.a). I Figur 4 visas sulfatprocessens återvinningssystem, där det även illustreras de steg som finns i sulfatprocessen från flis till massa.



Figur 4. Sulfatprocessens återvinningssystem (Skogssverige u.å.)

I sulfatprocessen är kokvätskan sur eller neutral vilket ger ett högre pH-värde än i sulfatprocessen. Vid kokningen används en alkalisk kokvätska i sulfatprocessen vilket ger ett högt pH-värde (Skogssverige, u.å.a). Denna kokvätska kallas i sulfatprocessen för vitlut och innehåller natriumhydroxid och natriumsulfid. Vedutbytet i den kemiska massaframställningen är 50 procent men ger en starkare massa än den mekaniska processen gör. Fibrerna bryts även lättare ner då ligninet inte tas bort i den mekaniska processen (Bajpaj, 2011).

Massabrukens behov av svartlut skiljer sig avsevärt beroende på vilken sorts massa de gör, vilken sorts utrustning massabruket har vilket innebär att vissa massabruk behöver all energi i svarlutet. Massafabriken i Husum som drivs av finska MetsäBoard är ett exempel eftersom de för tillfället använder energiöverskottet från svarlutet till att delvis använda som energi till sina kartongmaskiner. Husums fabrik huserar två sodapannor som har en kapacitet på 1350 ton TS, respektive 2575 ton TS som räcker för dagens produktionsvolym, istället är det mesaugnen som är flaskhalsen för massaproduktion, för att utöka kapaciteten för en sådan behövs stora investeringar (Hubenette, 2018). En mesaugn används för att återanvända kalk i massabruken och är energikrävande (Persson, u.å). Om det skulle investeras i en ny fiberlinje i Husum där flisen kokas för högre kappatal går det åt mindre vitlut och mer massa produceras. I sådana fall skulle sodapannorna kunna bli flaskhalsen i processen och då skulle det vara mer intressant att plocka ut lignin. Vidare om barkpannans kapacitet i Husums massabruk skulle vara större skulle lignin teoretiskt sätt kunna utvinnas och biobränsle köpas till barkpannan (Hubenette, 2018). Ett exempel på biobränsle är trädbränsle. Trädbränsle är det biobränsle som inte genomgått någon kemisk process (Energimyndigheten, 2016c). I Tabell 2 visas priser för olika trädbränslen och deras marknadspriser. Värmevärdet på dessa trädbränslen varierar, till exempel är det 2-4 MWh/ton för skogsflis (Egnell, 2013).

Tabell 2. Pris för trädbränslen för industriföretag exkl. moms (Energimyndigheten, 2017a)

	Förädlade trädbränslen	Skogsflis	Biprodukter	Returträ
Pris industri [SEK/MWh]	-	183	153	-
Pris värmeverk [SEK/MWh]	266	181	158	86

Lignin innehåller även alldeles för stora mängder svavel när det plockas ut och då behövs en process där svavlet kan tas bort på ett billigt sätt, annars kan det bli svårt att använda det någon annanstans än i sodapannan. Ifall ligninet ska fällas ut och svavlet tas bort behövs mycket kemikalier och energi (Hubenette, 2018).

2.3.4 Sveriges största skogsbolag och deras biosatsningar

Stora Enso var 2017 det största skogsbolaget med verksamhet i Sverige sett till omsättning. Deras omsättning var 10 miljarder euro under 2017, vilket motsvarar ca 98 miljarder SEK. 5100 av deras totalt 26 000 anställda jobbar i Sverige (Stora Enso, u.å). Stora Enso driver ett innovationscenter i Sverige som är inriktade på biomassabaserade produkter. De är världens största producent av lignin och har en anläggning med en kapacitet på 50 000 ton lignin per år i Sunila, Finland. (Pettersson, 2018).

BillerudKorsnäs är det näst största skogsbolaget i Sverige med en omsättning på 22,3 miljarder kronor (BillerudKorsnäs 2018). BillerudKorsnäs är med och samarbetar med WWSC (BillerudKorsnäs, u.å) som är ett forskningscenter som jobbar med att utveckla nya produkter med svensk skog som råvara. De har bl.a. forskat om polymerer (WWSC. u.å).

Södra Skogsägarna som är det tredje största skogsbolaget med verksamhet i Sverige med en omsättning på 20,5 miljarder kronor (Södra, 2018) samarbetar med norska Statkraft för att ta fram ligninbaserade biodrivmedel. De tillsammans grundade, äger och driver bolaget Silva Green Fuel AS för att åstadkomma detta. En pilotanläggning förväntas att starta i början av 2019, som ska ha en kapacitet på 4000 liter biodrivmedel per dag (Aronsson, 2017).

SCA är det fjärde största skogsbolaget i Sverige. SCA hade år 2017 en omsättning på 16.6 miljarder SEK (SCA,2018). De investerade 50 miljoner för att starta en pilotanläggning som producerar biodrivmedel från svartlut med en egenutvecklad teknologi. Anläggningen byggdes vid Obbolas pappersbruk utanför Umeå i början av 2017 (SCA, u.å).

Holmen är ett skogsbolag med 16,1 miljarder SEK i omsättning år 2017 (Holmen, 2018). De har för tillfället inga offentliggjorda satsningar på biodrivmedel, men använder sig av biokraft för att täcka dryga 70 % av sina behov av värmeenergi (Holmen, 2015).

Sveaskog som ägs av staten är den största skogsägaren i Sverige med en ägarandel av 14 % av skogen i Sverige (Sveaskog, 2016). Sveaskog hade år 2017 en omsättning på 6,2 miljarder SEK (Sveaskog, 2018). De är delägare i SunPine, ett företag inom biodrivmedelbranschen som producerar råtdiesel från tallolja. Preem är också en av delägarna i Sunpine och bidrar med att raffinera dieseln till en färdig produkt (Sveaskog. 2017).

Samtliga skogsbolag som nämns ovan hade en högre omsättning år 2017 jämfört med året innan, dvs 2016 (Stora Enso. u.å, BillerudKorsnäs. 2018, Södra .2018, SCA. 2018, Holmen. 2015, Sveaskog. 2018).

2.4 Vägtrafik/bil användning/fordon

Antalet fordon registrerade i Sverige 2017 var 5 miljoner personbilar och över 600 000 lastbilar. En liten ökning kan ses från året innan i alla kategorier. Sveriges befolkning ökade med 1,3 % från år 2016 till 2017 (SCB,2018), vilket kan jämföras med personbilarnas ökning på 1,6 %. Antalet personbilar växte med andra ord i ungefär samma takt som befolkningen.

Tabell 3. Total körsträcka efter fordonsslag, år 2016. (Trafikanalys, 2017)

Fordonsslag	Körsträcka (mil)	Förändring mot föregående år
Personbil	6 717 615 861	+ 2,9 %
Lätt lastbil	880 672 466	+ 3,6 %
Tung lastbil	81 430	+ 1,4%
Buss	13 890	+ 0,7 %

I Tabell 3 presenteras körsträckor i Sverige under 2016, vilket är det senaste tillgängliga året med statistik. I tabellen visas att totala den körsträckan för de olika fordonsslagen har ökat i en takt som kan jämföras med ökningen av antalet fordon i respektive fordonsslag.

Tabell 4. Genomsnittlig årlig användning av drivmedel för en personbil i Sverige år 2016

Diesel	Bensin
m ³ /bil	m ³ /bil
0,983	0,755

I Tabell 4 presenteras bensin- respektive dieselförbrukning per bil (RUS. u.å.). Diesebilarna använder i genomsnitt en större volym drivmedel än bensinbilarna.

Tabell 5. Andel fossila drivmedel och biodrivmedel i vägsektorn, 2013-2016 uttryckt i TWh (Energimyndigheten. 2017b),(Svebio.2018b).

År	2013 [TWh]	2014 [TWh]	2015 [TWh]	2016 [TWh]	2017 [TWh]
Bensin, diesel och naturgas	77,6	76,2	75,2	72,3	74,4
Biodrivmedel	8,4	11,0	13,3	16,9	19,5
Totalt	86,2	86,9	89,0	89,7	93,9
Andel fossil i %	90,3	87,3	85,1	81,1	79,2
Andel bio i %	9,7	12,7	14,9	18,9	20,7

I Tabell 5 visas energianvändningen i den svenska vägsektorn mellan åren 2013 och 2017. Andelen biodrivmedel som används i sektorn växer med ca 2-3 % per år och låg under 2017 på en nivå närmare 21 %.

2.5 Pris för fossila drivmedel

I Tabell 6 sammanställs det genomsnittliga priset vid pump i Sverige 2017 för en liter bensin och en liter diesel. Energiskatten och koldioxidskatten är bokförda under samma ruta som "skatt". Den står för 44 % av bensinpriset och 37 % av dieselpriiset (SPBI. 2018).

Tabell 6. Fossila drivmedel genomsnittlig pris 2017

Bränsle 2017	Bruttomarginal [SEK]	Produktkostnad [SEK]	Skatt [SEK]	Moms [SEK]	Genomsnittligt försäljningspris [SEK]
Bensin	1,38	3,74	6,20	2,83	14,13
Diesel	0	5,10	4,49	2,4	11,99

3. Metod

Intervjuer har utförts med personer från olika delar i råvaruflödet för att få en översikt av lignin från skogen till färdigt biobränsle. Eftersom det inte finns en färdig värdekedja än har intervjuerna skett med personer från olika delar av ligninprocessen som skulle kunna finnas i en värdekedja i framtiden; ett massabruk, ett företag som kan göra ligninet flytande och en distributör av drivmedlet.

3.1 Antaganden och begränsningar

- Råvaruflödet i skogen samt massabruken och raffinaderierna som undersöks är begränsade till Sverige. Beräkningar för transportsektorn är begränsade till vägtrafiken i Sverige, vilket främst innefattar personbilar och lastbilar. Då det inte finns en färdig värdekedja för lignin är det största fokuset i detta arbete på massa- och pappersbruken.
- Det har antagits att allt lignin som går att utvinna kommer kunna gå till biodrivmedel istället för andra användningsområden som till exempel ligninbaserat kolfiber.
- Det är tjocklut som används i beräkningarna, d.v.s. indunstad svartlut som har en TS på ca 80 %.
- Andelen svartlut från produktionen av blekt- respektive oblekt massa antas vara samma.
- Energiförluster har försumrats, all energi som finns i ligninet har antagits behållas hela vägen till färdigt drivmedel.
- 30 % av ligninet som finns tillgängligt i massabruken antas kunna användas till drivmedelsproduktion utan att bruken behöver ersätta dess energiinnehåll, baserat på information från kapitel 2.2.2.
- Lignininnehållet i svartlut för blekt respektive oblekt massa har antagits vara densamma, i verkligheten kan det dock skiljas åt.
- Trädbränsle (skogsflis) antas ersätta den extra energi som behövs i sodapannorna. Skogsflis har ett värmevärde på 2-4 MWh/ton och har därför satts till ett medelvärde på 3 MWh/ton.

3.2 Beräkning av massa

För beräkning av total mängd svartlut utifrån producerad sulfatmassa (blekt) användes formeln:

$$m_s = m_m \times 1,7 \quad (1)$$

För beräkning av den maximala ligninmängd som kan utvinnas från svartlutet (från blekt massa) användes formeln:

$$m_l = m_s \times 0,51 \quad (2)$$

Faktorerna 1,7 och 0,51 hämtas från kapitel 2.2.1.

3.3 Energiberäkningar

Beräkningar av den energi finns i ligninet har baserats på flera olika fall.

Fall 1: 30 % av svarlutet i massabruken används till ligningutvinningen. I detta fall kommer värme/energiförlusten inte behöva ersättas av externa energikällor.

Fall 2: 50 % av svarlutet i massabruken används till ligningutvinningen. Det innebär att den värme/energi som 20 % av svarlutet skulle ha använts till måste ersättas med energi från en annan källa.

Fall 3: 100 % av svarlutet i massabruken används i ligninutvinningen. All energi för driften av massabruken behöver ersättas med en annan energikälla.

Ligninets energiinnehåll beräknas enligt:

$$E = m_l \times 25 \quad (3)$$

Detta värde multipliceras med en faktor $f_1=0,3$ vid Fall 1 och $f_2=0,5$ vid Fall 2.

Det erhållna energiinnehållet från de olika fallen jämförs med den totala energianvändningen i energisektorn år 2017, se Tabell 5.

För beräkning av hur många personbilar som denna energi räcker till användes medelvärden för energiinnehåll i bensin och diesel (se Tabell 1) samt volym bensin och diesel per bil (se Tabell 4):

$$V_{medel} = \frac{V_{D/bil} + V_{Bbil}}{2} \quad (4)$$

$$U_{medel} = \frac{U_{Diesel} + U_{Bensin}}{2} \quad (5)$$

Utifrån dessa medelvärden kan antalet bilar beräknas enligt:

$$Q = V_{medel} \times U_{medel} \quad (6)$$

$$n_{bilar} = \frac{E}{Q} \quad (7)$$

3.4 Beräkning av kostnad och massa träflis:

Trädbränsle antogs stå för ersättning av energin som går förlorad i massabruken. Andelen energi som behöver ersättas i Fall 2 med verkningsgrad från avsnitt 2.2.1:

$$E_e = (E_2 - E_1) \times \eta \quad (8)$$

E_e omvandlas till [MWh]. Ersättningskostnaden med skogsflis som trädbränsle med pris från Tabell 2 blir:

$$k = E_e \times 183 \quad (9)$$

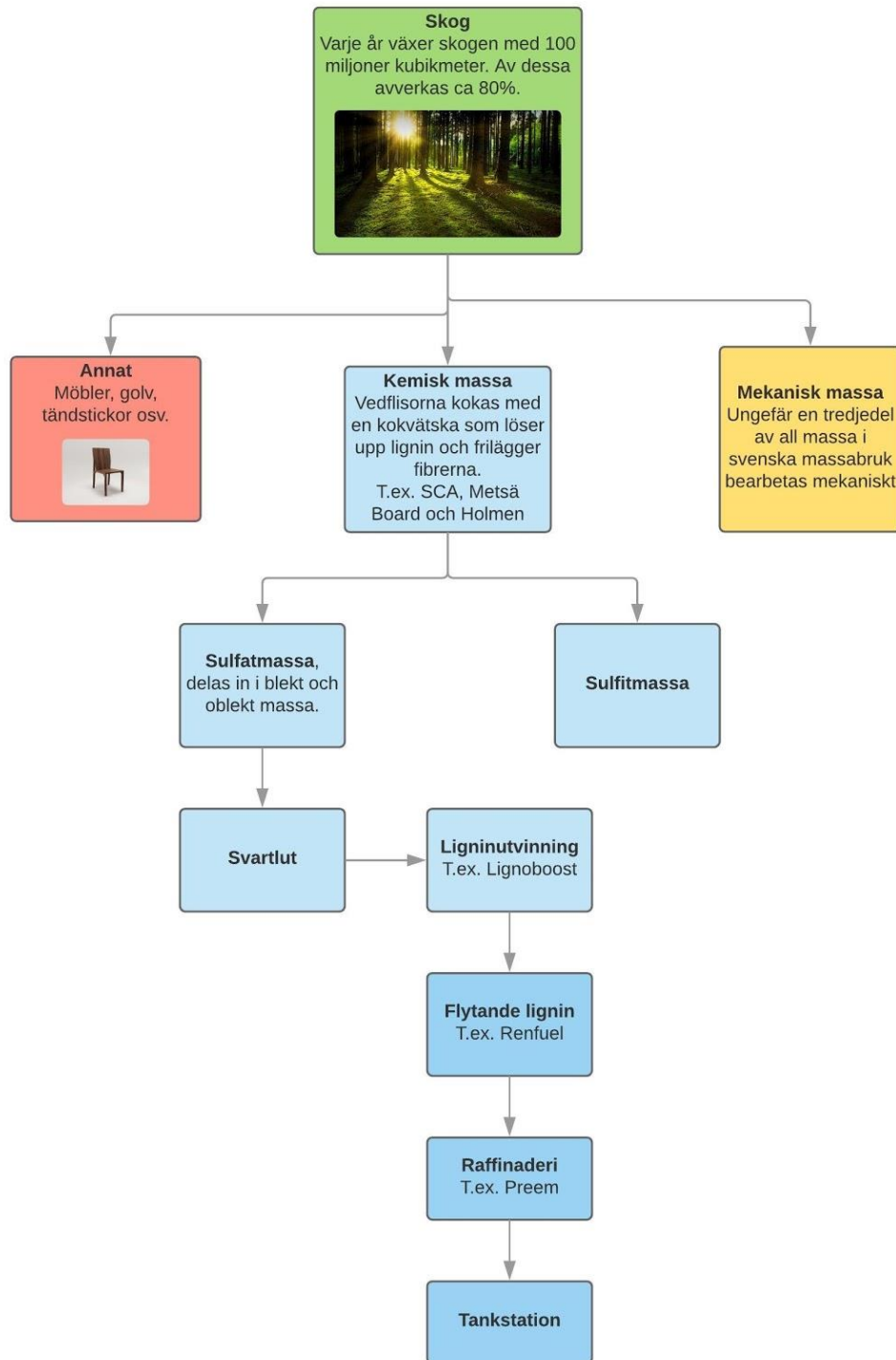
Massan på detta bränsle beräknas med ett genomsnittligt värmevärde på 3 MWh/ton för skogsflis genom:

$$m_{flis} = E_e \times 3 \quad (10)$$

4. Resultat

I detta kapitel redovisas de resultat som erhållits från beräkningarna.

I Figur 5 redovisas en översiktsbild av råvaruflödet för lignin inom skogsindustrin i Sverige och samtliga steg för att tillverkning av det ligninbaserade drivmedlet ska vara möjlig.



Figur 5. Råvaruflöde lignin

I Tabell 7 redovisas hur den mängd svartlut som potentiellt kan erhållas från massbruken.

Tabell 7. Mängden producerad svartlut från olika massatyper i Sverige per år

Totala massa [tusen ton]	Endast oblekt [tusen ton]	Endast blekt [tusen ton]
6147,03	2064,33	4023,75

I Tabell 8 redovisas den mängd lignin som kan utvinnas från svartlutet, baserat på värdena från Tabell 7, alltså ifall allt svartlut skulle användas till ligninutvinningen.

Tabell 8. Mängden erhållet lignin från olika massatyper i Sverige per år

Mängd lignin (all massa) [t. ton]	Mängd lignin (oblekt massa) [t. ton]	Mängd lignin (blekt massa) [t. ton]
3134,99	1062,80	2052,11

I Tabell 9 redovisas energimängden från lignin, baserat på de tre olika fallen.

Tabell 9. Total energimängd från lignin i Sverige per år

	All massa [Twh]	Oblekt massa [Twh]	Blekt massa [Twh]
Fall 1	12,81	4,30	8,38
Fall 2	21,34	7,17	13,97
Fall 3	42,69	14,34	27,94

- Fall 1, All massa, motsvarar 13,6 % av det totala energibehovet i den svenska transportsektorn.
- Fall 2, All massa, motsvarar 22,7 % av det totala energibehovet i den svenska transportsektorn.
- Fall 3, All massa, motsvarar 45,5 % av det totala energibehovet i den svenska transportsektorn.

Energimängden som erhålls i Fall 1 för all massa beräknades vara tillräckligt för att kunna driva 1,56 miljoner personbilar i Sverige, i Fall 2 är det 2,6 miljoner personbilar och i Fall 3 räcker det till 5,2 miljoner personbilar.

Ersättningsenergin som behövs i Fall 2 är totalt 8,1 TWh för samtliga massa- och pappersbruk. Ersättningskostnad för detta fall med skogsflis som ersättningsbränsle fås till 1,56 miljarder SEK, vilket resulterar i ca 31 miljoner SEK i genomsnitt per massa- och pappersbruk i Sverige. Skogsflisets totala massa är 24 miljoner ton.

5. Diskussion

Råvaruflödet i den svenska skogsindustrin är i dagsläget inte anpassat för en storskalig ligninutvinning. För att ligninbaserade biodrivmedel ska nå användarens fordon måste råvaran gå igenom tre steg av bearbetning. Först måste ligninet utvinnas i ett skogsbruk där massa eller papper tillverkas. Det gynnsammaste från ett ekonomiskt perspektiv är om massabruket har ett överskott av svartlut, vilket gör att det finns ett incitament för bruket att vilja sälja svartlut till ett företag som kan utvinna lignin. Nästa steg i råvaruflödet är en process som utvinnet lignin men som också kan göra det flytande, där krävs fortsatt forskning och investeringar eftersom lignin är en oförutsägbar molekyl som är svår att hantera. Det flytande ligninet måste sedan transporteras till ett raffinaderi där det raffinerats till en komponent som kan blandas med fossil diesel eller bensin och säljas till konsumenter. Alla tre steg i ligninets råvaruflöde måste vara integrerade, välutvecklade och storskaliga om en satsning på ligninbaserade biodrivmedel i stor skala ska vara lönsam.

Lignin har en stor potential som en råvara, men det är många faktorer som avgör hur stor mängd som kan utvinnas. I massabruken ser behovet och överskottet av svartlut olika ut. Vissa bruk har ett stort överskott medan andra behöver all svartlut som bildas vid tillverkning av massa, det är svårt att få en exakt siffra på hur stor mängd lignin som går att utvinna. Ifall 100 % av ligninet skulle kunna utvinnas motsvarar det 45,5 % av Sveriges energibehov i transportsektorn och räcker till ungefär 5,2 miljoner personbilar. Detta anses dock orimligt då det blir problematiskt för massabruken att ersätta de stora mängder energi som svartluten ger och det blir även svårt för distributörer att ta hand om så stora mängder svartlut. Däremot skulle en utvinning av 30 % av ligninet anses rimligt och det motsvarar 13,6 % av energibehovet. Utöver 30 % behöver externa energikällor troligen användas. Ifall skogsflis skulle användas som en extern energikälla kostar det i snitt 31 miljoner SEK för varje massabruk, därför måste det extra svartlut som säljs av tillsammans med de inkomster som skapas som följd av möjligheten till ökad produktion av massa täcka upp dessa kostnader. För att ta reda på ligninets verkliga potential behövs även distributörernas potential tas hänsyn till. En av de avgörande faktorerna blir mängden lignin som distributörer har kapacitet att ta hand om. Beroende på hur stor volym ligninolja som används i drivmedlet kan mängden lignin som behövs ändras, därför kan det även vara en fördel för massabruken att hitta kunder inom andra områden ifall de vill göra av med mer svartlut. Ett exempel på sådant område är kolfiber av lignin.

Marknadspriset för ligninbaserat biodrivmedel är svårt att förutse då det endast producerats i en liten skala. Priset måste hamna på samma nivå som bensin och diesel i dagsläget för att det ska vara lönsamt. Ifall det ligninbaserade drivmedlet skulle ge ett dyrare drivmedel än det som finns på marknaden idag skulle till exempel subventioner behöva användas. Än så länge finns det inte någon färdig raffinaderiprocess för lignin, vilket behövs för att veta hur kostsamt drivmedlet skulle vara. Ligninoljan kommer vara en komponent i bensin och diesel, därför måste en raffinaderiprocess som fungerar först utvecklas. Ifall en fungerande lösning för processen ska kunna utvecklas måste beräkningar göras på hur stor andel ligninolja som behövs som komponent och utifrån det kan kostnader beräknas. Dessutom är priset inte fast på svartlut och lignin. I en tänkt värdekedja behöver alla parter komma överens om ett sådant pris. Dock kan detta vara svårt om det är många involverade i projektet och alla vill dra fördel av det.

Baserat på litteraturstudien är det företag som driver massa och pappersbruken som har de bästa förutsättningarna att dra mest fördel av en storskalig satsning. Motiveringen är att de ofta är stora företag med växande omsättning och med mycket kapital vilket leder till investeringsmöjligheter.

SCA, Södra och BillerudKorsnäs är företag som är kapabla att utföra de omfattande investeringar som måste göras för att få ett fungerande, integrerat råvaruflöde av lignin. Dessa skogsbolag som äger massa och pappersbruken har kontroll över det första steget i flödet, det är dessa företag som i många fall äger skog vilket gör dem till ägare av råvaran. Det leder till att dessa bolag har ett stort inflytande om hur processerna utformas ifall en eventuell satsning ska göras. Till exempel skulle dessa skogsbolag ha möjligheten investera i en fullskalig LignoBoostanläggning ifall de vill styra ligninutvinningen själva. I nuläget är det mindre företag som till exempel RenFuel som utvecklar nästa steg i processen, det vill säga att omvandla ligninet till flytande form. Dessa företag kommer behöva hitta samarbetspartners inom skogsindustrin för att produktionen ska kunna ske i en större skala än i dagsläget. Vid en storskalig satsning skulle även massa- och pappersbruken kunna öka sin produktion, vilket leder till ännu mer inkomst.

Resultaten i detta arbete är baserade på dagens avverkningsgrad i svenska skogar. Endast 80 % av skogen som växer i Sverige avverkas årligen, vilket gör att det finns en möjlighet att avverka mer ifall det skulle behövas. Ifall ligninbaserade drivmedel slår igenom och efterfrågan på massa från bruken ökar kan det bli aktuellt att avverka mer skog. I sådana fall måste massabruken, processen som utvinnet lignin samt raffinaderierna också öka sin kapacitet för att inte skapa flaskhalsar i råvaruflödet.

I resultatet erhålls ett annat värde för andelen av vägtrafikens energibehov som kan ersättas med ligninbaserade drivmedel än vad till exempel Renfuel har beräknat. Renfuel har beräknat att 70 % av energibehovet kan ersättas (70 TWh), resultatet som fås i detta arbete är lägre och hamnar mellan 13-45 % beroende på hur stor del av svartlutet som används i processen. Detta kan bero på att Renfuel använde sig av andra ingångsvärden och beräkningsmetoder. En möjlig skillnad är att Renfuel kan ha räknat på energin från deras lignol, vilket möjligen har ett annorlunda energiinnehåll än lignin som inte är i flytande form.

Eftersom det krävs stora investeringar för att utvinna lignin och skapa en fungerande värdekedja kan det bli svårt att få kapital för stora investeringar idag. Om oljan går upp i pris blir biobränslen plötsligt mer attraktiva som potentiell ersättning eftersom priset på råvaran är mer stabil och det finns ett överskott inrikes.

För att ersätta energin som massa- och pappersbruken går miste om när lignin utvinns utifrån svartlut används skogsflis i beräkningarna. Det finns inga belägg för att kunna fastställa att 25 miljoner ton skogsflis årligen finns tillgängligt i Sverige för förbränning. Priset som användes i kalkylen är marknadspriset för industrin, men det är massabruken som har tillgång till skogsflis vilket gör att det kan finnas möjligheter att få ner priset. Ifall bruken har internt tillgång till skogsflis blir det ingen kostnad att få tag på det, dock kan det möjligen bli mindre intäkter ifall det används till något annat syfte i dagsläget. Sedan måste det även tas till hänsyn ifall det är möjligt att bränna så stora mängder skogsflis i exempelvis en barkpanna, eller ifall det måste göras ytterligare investeringar för att införskaffa ny utrustning. Då det finns en mängd faktorer som påverkar är det svårt att veta vilken extern energikälla som skulle passa bäst.

6. Slutsatser

Värdekedjan som skapas genom råvaruflödet av lignin är inte färdigställt. Flera delar i kedjan saknas eller är i början av utvecklingen och de olika processerna är inte integrerade. I dagsläget krävs det stora investeringar för att få till en fungerande värdekedja.

Vid ett uttag av lignin på 30 % i svenska massa- och pappersbruk kommer ca 13,6 % av vägtransporternas energibehov att täckas, vilket motsvarar ca 1,56 miljoner personbilar.

Det är många faktorer som påverkar priset av ligninbaserade biodrivmedel och på grund av att en färdig värdekedja inte existerar är det svårt att räkna fram ett realistiskt pris.

Stora skogsbolag har de bästa förutsättningarna att dra fördel av en eventuell användning av ligninbaserat drivmedel, då de har resurser att göra de investeringar som behövs och har i vissa fall överskott av råvaran i form av svartlut.

7. Framtida arbete

Eftersom det finns en hel del forskning och utveckling kvar att göra för att få en storskalig produktion av ligninbaserat drivmedel finns det mycket framtida arbete som kan utföras.

Ifall en större mängd svartlut (och därmed lignin) ska användas för tillverkning av biodrivmedel måste energin och värmen som svartlutet bidrar med i massa och pappersbruken ersättas med någon annan energikälla. Det kan exempelvis vara träbränslen som skogsflis, vilket användes för beräkningar i detta arbete. Däremot kan möjligheter undersökas för att ersätta energin med andra bränslen eller el från nätet. Kalkyler måste göras för att avgöra vilken energikälla som är mest lämpad för att ersätta svartlut.

I enskilda massabruk kan även råvaruflödet undersökas. Eftersom massabruk har olika behov av svartlut kan enskilda analyser visa hur lönsamheten i massabruken blir vid ligninutvinning. Då kan massabruk jämföras för att få en ännu bättre insikt på vilka som kan dra mest fördel av ligninutvinningen.

En djupare ekonomisk analys måste göras för att undersöka hur kostsamt ett eventuellt ligninbaserat drivmedel kommer vara för konsumenter och ifall subventioner från statliga eller kommunala myndigheter är nödvändiga för att bränslet ska bli konkurrenskraftig mot fossila bränslen. Efter att en färdig värdekedja för ligninet har skapats kommer priset på drivmedlet att kunna approximeras.

8. Referenser

ACS. 2012. *Lignin*. Tillgänglig:

<https://www.acs.org/content/acs/en/molecule-of-the-week/archive/1/lignin.html> (Hämtad 2018-03-22)

Aronsson, Ulf. 2017. *Södra satsar på biodrivmedel - i Norge*. Tillgänglig:

<http://www.atl.nu/skog/sodra-startar-tillverkning-av-biodrivmedel/> (Hämtad 2018-02-22)

Arvidsson, Pontus. Bengtsson, Mathias. Bergqvist, Daniel. Gunnarsson, Johan. Scott, Ellen. Sundborg, Oskar. 2016. för Chalmers. Tillgänglig:

<http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/241719/241719.pdf> (Hämtad 2018-02-20)

Bajpai, Pratima. 2012. *Brief description of the pulp and paper making process*. Kapitel 2 s.9.

Bergqvist, Sara. u.å. *Lignin är framtidens råvara- nu finns slipas processen*. Preem. Tillgänglig:

<http://preem.se/om-preem/insikt-kunskap/gronare-drivmedel/lignin-ar-framtidens-ravara/> (Hämtad 2018-02-20)

Biello, D 2016. *Electric Cars Are Not Necessarily Clean*. Scientific American. Tillgänglig:

<https://www.scientificamerican.com/article/electric-cars-are-not-necessarily-clean/> (Hämtad 2018-02-14)

BillerudKorsnäs. 2018. *Bokslutskommuniké januari–december 2017*. Solna. Tillgänglig:

<https://www.billerudkorsnas.se/globalassets/cision/documents/2018/20180129-bokslutskommunik-januaridecember-2017-sv-0-2802032.pdf> (Hämtad 2018-02-21)

BillerudKorsnäs, u.å. *Vår roll i bioekonomin*. Tillgänglig:

<https://www.billerudkorsnas.se/hallbarhet/mot-ett-hallbart-och-bio-baserat-samballe/var-roll-i-bioekonomin> (Hämtad 2018-02-22)

BioInnovation .u.å.a. *Samverkan för ökad innovation* Tillgänglig:

<http://www.bioinnovation.se/om-oss/> (Hämtad 2018-03-01)

BioInnovation .u.å.b. *BioLi2.0 – Från lignin till biobaserade drivmedel och kemikalier*. Tillgänglig:

<http://www.bioinnovation.se/projekt/bioli2-0-fran-lignin-till-biobaserade-drivmedel-och-kemikalier/> (Hämtad 2018-03-01)

Chatsko.M. 2017. *Will Platinum Doom Hydrogen Cars?* Motley Fool. Tillgänglig:

<https://www.fool.com/investing/2017/06/06/will-platinum-doom-hydrogen-cars.aspx> (Hämtad 2017-02-14)

Egnell, Gustaf. 2013. *Skogsbränsle*. Tillgänglig: <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/mer-om-skog/skogsskotselserien/skogsskotsel-serien-17-skogsbransle.pdf> (Hämtad 2018-04-29)

Energifabriken u.å. *HVO – Syntetisk diesel*. Tillgänglig:
<http://www.energifabriken.se/hvo/> (Hämtad 2018-02-19)

Energimyndigheten, 2017a. *Trädbränsle- och torvpriser*. Tillgänglig:
http://www.energimyndigheten.se/globalassets/statistik/priser/tradbransle_och_torvpriser_en0307_2017_06-05.pdf (Hämtad 2018-05-02)

Energimyndigheten. 2017b. *Transportsektorns energianvändning 2016*. Tillgänglig:
<https://energimyndigheten.a-w2m.se/Home.mvc?ResourceId=5652> (Hämtad 2018-02-22)

Energimyndigheten. 2016a. *Flytande biobränsle 2016*. Tillgänglig:
<http://www.energimyndigheten.se/globalassets/fornybart/hallbara-branslen/publikationer/flytande-biobransle-2016.pdf> (Hämtad 2018-02-19)

Energimyndigheten. 2016b. *Marknaderna för biodrivmedel 2016*. Tillgänglig:
<https://energimyndigheten.a-w2m.se/FolderContents.mvc/Download?ResourceId=5616>
(Hämtad 2018-02-19)

Energimyndigheten. 2016c. *Produktion av oförädlade trädbränslen 2016*. Tillgänglig:
http://www.energimyndigheten.se/globalassets/statistik/branslen/en0122_2016.pdf (Hämtad 2018-05-02)

Energimyndigheten. 2015. *Pilotsatsning på biodrivmedel från lignin*. Tillgänglig:
<http://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2015/pilotsatsning-pa-biodrivmedel-fran-lignin/>
(Hämtad: 2018-02-20)

Fachuang, Lu, Ralph, John. 2010. *Cereal Straw as a Resource for Sustainable Biomaterials and Biofuels*. Tillgänglig: https://ac-els-cdn-com.focus.lib.kth.se/B9780444532343000067/3-s2.0-B9780444532343000067-main.pdf?tid=261ee94-1552-11e8-96ff-00000aabb0f02&acdnt=1519030509_0bf89ac13e9eda0a451067f1a0de5526

Fang, Zhen. Richard L, Smith Jr. *Production of biofuels and chemicals from lignin*. Springer

Fries, Elin. *Svensk tall skapar grön bensin*. Skogsaktuellt. Tillgänglig:
<http://www.skogsaktuellt.se/artikel/55524/svensk-tall-skapar-gron-bensin.html> (Hämtad 2018-04-24)

Holmen. 2018. *Holmens bokslutsrapport för 2017*. Tillgänglig:
<https://vp165.alertir.com/afw/files/press/holmen/201801305440-1.pdf> (Hämtad 2018-02-22)

Holmen. 2015. *Energi*. Tillgänglig:
<https://www.holmen.com/sv/produkter/energi/> (Hämtad 2018-02-22)

Hultgren, Anders. u.å. *Biodrivmedel från svartlut*. SCA. Tillgänglig: <https://www.sca.com/sv/fornybar-energi/om-fornybar-energi/Bioraffinaderi/biodrivmedel-fran-svartlut/> (Hämtad 2018-02-20)

Håkansson, Åsa. 2018. Personlig kontakt. Preem.

Hubenette, Tomas. 2018. Personlig kontakt. Metsä Board Sverige.

Jordbruksverket. 2017. *Vad är förnybar energi?* 5e maj. Tillgänglig: <http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/miljoklimat/begransadklimatpaverkan/fornybar-energi/vadarfornybarenergi.4.2a19d05112133800c8b800089.html> (Hämtad 2018-02-15)

Nationalencyklopedin, u.å. *svartlut*. Tillgänglig: <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lang/svartlut> (Hämtad 2018-02-20)

Naturvårdsverket. 2017. *Fossila bränslen*. Tillgänglig: <http://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Energi/Fossila-branslen/> (Hämtad 2018-02-14)

Neova, u.å. *Trädbränsle*. Tillgänglig: <http://www.neova.se/tradbransle> (Hämtad 2018-05-02)

Persson, Daniel. u.å. *Massa- och pappersindustri*. Tillgänglig: <http://www.petro.se/Branscher/Papper> (Hämtad 2018-05-25)

Petterson, Jerry. 2018. *Stora Enso lanserar lignin som ersätter fossilmaterial*. Tillgänglig: <http://www.packnyheter.se/default.asp?id=12923&show=more&titel=Stora-Enso-lanserar-lignin-som-ers%C3%A4tter-fossilmaterial> (Hämtad 2018-02-22)

Preem. U.å. *Lignin är framtidens råvara- nu finns slipas processen*. Tillgänglig: <http://preem.se/om-preem/insikt-kunskap/gronare-drivmedel/lignin-ar-framtidens-ravara/> (Hämtad 2018-02-14)

Regeringen. 2017. *Det klimatpolitiska ramverket*. Tillgänglig: <http://www.regeringen.se/artiklar/2017/06/det-klimatpolitiska-ramverket/> (Hämtad 2018-02-15)

Renfuel. 2018a *Teknik*. Tillgänglig: <http://renfuel.se/teknik/> (Hämtad 2018-02-14)

Renfuel. 2018b *Marknad biodrivmedel*. Tillgänglig: <http://renfuel.se/marknad/> (Hämtad 2018-04-27).

Renfuel. 2018c *Bioolja- ett Sverige oberoende av fossila drivmedel*. Tillgänglig: <http://renfuel.se/> (Hämtad 2018-02-20).

Rosen.H. 2017. *MP: Antalet bilar i städer måste minska*. Dagen Nyheter. 27 maj. Tillgänglig: <https://www.dn.se/nyheter/sverige/mp-antalet-bilar-i-stader-maste-minska/> (Hämtad 2018-02-14)

RUS. u.å. *Tabell 6. Bensin- respektive dieselförbrukning per mil, bil och invånare 2012, 2013, 2014, 2015, 2016*

Tillgänglig: <http://extra.lansstyrelsen.se/rus/Sv/statistik-och-data/korstrackor-och-bransleforbrukning/Pages/default.aspx> (Hämtad 2018-04-23)

SCA, u.å. *Biodrivmedel från svartlut*. Tillgänglig:

<https://www.sca.com/sv/fornybar-energi/om-fornybar-energi/Bioraffinaderi/biodrivmedel-fran-svartlut/> (Hämtad 2018-02-22)

SCA. 2018 *Bokslutsrapport 2017*. Tillgänglig:

<https://www.sca.com/globalassets/sca/finansuell-information/rapporter/2017/bokslutsrapport-q4/delarsrapport-q4-2017.pdf> (Hämtad 2018-02-22)

Skgs, u.å. *Skogsindustrin i Sverige*. Tillgänglig:

<http://www.skgs.org/om-basindustrin/om-skogen/> (Hämtad 2018-02-19)

Skogen, u.å. *Lite fakta om Sveriges skog*. Tillgänglig:

<https://www.skogen.se/kontakt/press/lite-fakta-om-sveriges-skog> (Hämtad 2018-02-19)

Skogsindustrierna. 2016 *Sågverksindustrin*. Tillgänglig:

<http://www.skogsindustrierna.se/skogsindustrin/branschstatistik/sagverksindustrin/> (Hämtad 2018-02-19)

Skogssverige, u.å.a. *Kemisk massa*. Tillgänglig:

<https://www.skogssverige.se/papper/fakta-om-papper-och-massa/massa-och-papperstillverkning/kemisk-massa> (Hämtad 2018-02-23)

Skogssverige, u.å.b. *Sulfatmassafabrikens kemikalieåtervinning*. Tillgänglig:

<https://www.skogssverige.se/papper/fakta-om/massa-och-papperstillverkning/sulfatmassafabrikens-kemikalieatervinning> (Hämtad 2018-02-20)

Skogssverige, u.å.c. *Produkter från skogen*. Tillgänglig:

<https://www.skogssverige.se/skog/skogshistoria/skogshistoriskt-forum/produkter-fran-skogen> (Hämtad 2018-04-25)

Skogssverige, u.å.d. *Massa och papperstillverkning*. Tillgänglig:
<https://www.skogssverige.se/papper/fakta-om-papper-och-massa/massa-och-papperstillverkning> (Hämtad 2018-02-20)

Skogssverige, u.å.e. *Mekanisk massa*. Tillgänglig: <https://www.skogssverige.se/papper/fakta-om/massa-och-papperstillverkning/mechanisk-massa> (Hämtad 2018-03-01)

Skogsindustrierna u.å. *Totalt 2016*. Tillgänglig:
<http://miljodatabas.skogsindustrierna.org/simdb/Web/main/report.aspx?id=95>
(Hämtad 2018-04-06)

Skogsindustrierna u.å.a *Den svenska skogsindustrin i korthet*. Tillgänglig:
<http://www.skogsindustrierna.se/skogsindustrin/skogsindustrin-i-korthet/fakta--nyckeltal/> (Hämtad 2018-02-20)

SPBI. 2010. *Etanol*. Tillgänglig:
<http://spbi.se/blog/faktadatabas/artiklar/etanol/> (Hämtad 2018-02-19)

SPBI. 2011. *FAME. 21 September*. Tillgänglig:
<http://spbi.se/blog/faktadatabas/artiklar/fame/> (Hämtad 2018-02-19)

SPBI. u.å. *Skatter förnybara drivmedel*. Tillgänglig:
<http://spbi.se/statistik/skatter-2/skatter-fornybart/> (Hämtad 2018-02-28)

SPBI. 2016. *Energijnehåll, densitet och koldioxidemission*. Tillgänglig:
<http://spbi.se/blog/faktadatabas/artiklar/berakningsmodeller/> (Hämtad 2018-02-28)

SPBI. 2018. *Priser & Skatter*. Tillgänglig:
<http://spbi.se/statistik/priser/diesel/> (Hämtad 2018-02-28)

Staffas, Louise. 2015. *Råvaruströmmar från skogen-tillgång och samband*. Svenska miljöinstitutet.
Tillgänglig:
<http://www.ivl.se/download/18.343dc99d14e8bb0f58b76e3/1445517787108/C116.pdf>

Staffas, Louise. Hansen, Karin. Sidvall, Anders. Munthe, John. 2015. *Råvaruströmmar från skogen tillgång och samband*. Tillgänglig:
<http://www.ivl.se/download/18.343dc99d14e8bb0f58b76e3/1445517787108/C116.pdf> (Hämtad 2018-02-20)

Stora Enso. u.å. *Fakta och siffror*. Tillgänglig:
<http://www.storaenso.com/lang/sweden/About/Pages/facts-and-figures.aspx> (Hämtad 2018-02-21)

Sveaskog. 2016. *Sveaskog i korthet*. Tillgänglig:
<https://www.sveaskog.se/om-sveaskog/sveaskog-i-korthet/> (Hämtad 2018-02-22)

Sveaskog. 2018. *Bokslutskommuniké 2017* Tillgänglig:
<https://www.sveaskog.se/Documents/Trycksaker/Finansiella%20Rapporter/Bokslutskommuniké%202017.pdf> (Hämtad 2018-02-22)

Sveaskog, 2017. *Skogsbaserade biodrivmedel en ledande fråga för Sverige*. Tillgänglig:
<https://www.sveaskog.se/press-och-nyheter/nyheter-och-pressmeddelanden/2017/skogsbaserade-biodrivmedel-en-ledande-fraga-for-sverige/?acceptCookies=true> (Hämtad 2018-02-22)

Svebio. 2018a. *Om bioenergi*. Tillgänglig:
<https://www.svebio.se/om-bioenergi/> (Hämtad 2018-02-15)

Svebio. 2018b. *2017 ännu ett rekordår för biodrivmedel*. Tillgänglig:
<https://www.svebio.se/press/pressmeddelanden/%E2%80%8B2017-annu-ett-rekordar-biodrivmedel/> (Hämtad 2018-03-01)

Svebio. u.å.a. *Biokraft*. Tillgänglig:
<https://www.svebio.se/om-bioenergi/biokraft/> (Hämtad 2018-03-05)

Svebio. u.å.b. *Biovärme*. Tillgänglig: <https://www.svebio.se/om-bioenergi/biovarme/> (Hämtad 2018-03-05)

Södra. 2018. *Bokslutskommuniké - 2017*. Tillgänglig:
<https://www.sodra.com/sv/om-sodra/detta-ar-sodra/finansiell-information/> (Hämtad 2018-02-22)

Sörensen, Robert. Jonsson, Anders. 2014 *Företag inom svensk massa- och pappersindustri*. Tillgänglig:
https://www.vinnova.se/contentassets/55f2dcbfc54b4586a5119817a70c629b/va_14_08.pdf
(Hämtad 2018-05-03)

Tillväxtanalys. 2016. *Den svenska bioekonomins utveckling – statistik och analys*. Tillgänglig:
http://www.tillvaxtanalys.se/download/18.4a47ad14158202bd79cc746/1478088960441/svardirekt_2016_23_Den+svenska+bioekonomins+utveckling+%E2%80%93+Statistik+och+analys.pdf
(Hämtad 2018-02-19)

Toll.M 2018. *Trots miljömålen – bilåkandet ökar*. 23e januari. Tillgänglig: <https://www.stockholmdirekt.se/nyheter/trots-miljomalen-bilakandet-okar/reprav!SY7Pt4VxzctW7GHVwrlGNA/> (Hämtad 2018-02-14)

Tomani, Per. 2009. *The lignoboost process*. sida 54-55

Trafikanalys. 2018. *Fordon i län och kommuner 2017* Tillgänglig: https://www.trafa.se/globalassets/statistik/vagtrafik/fordon/2018/fordon_lan_och_kom_2017_blad.pdf? (Hämtad 2018-02-21)

Trafikanalys, 2017. *Körsträckor 2016*. Tillgänglig: <https://www.trafa.se/globalassets/statistik/vagtrafik/korstrackor/korstrackor-2016.pdf?> (Hämtad 2018-02-21)

Trafikverket. 2018. *Transportsektorns utsläpp*. Tillgänglig: <https://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/miljo---for-dig-i-branschen/energi-och-klimat/Transportsektorns-utslapp/> (Hämtad 2018-02-15)

Vakkilainen, Esa. Ahtila, Pekka. 2011. *Modern method to determine recovery boiler efficiency*. Vol. 72. 58 - 65.

Valmet. u.å.a *LignoBoost - lignin from pulp mill black liquor*. Tillgänglig: <http://www.valmet.com/pulp/chemical-recovery/lignin-separation/> (Hämtad 2018-02-20)

Valmet, u.å.b *LignoBoost process*. Tillgänglig: <https://www.valmet.com/pulp/chemical-recovery/lignin-separation/lignoboost-process/> (Hämtad 2018-03-22)

Valmet. 2012. *Reducing Total Costs - a diverse perspective*. Tillgänglig: https://www.valmet.com/globalassets/media/downloads/white-papers/other-services/wpo_reducingtotalcosts.pdf

Vladimir Sergeevich Bagotskiĭ (2009), *Fuel cells : problems and solutions*. Tillgänglig på: <http://onlinelibrary.wiley.com.focus.lib.kth.se/book/10.1002/9780470432204>

Weizhen Zhu. 2015. *Precipitation of Kraft Lignin* Tillgänglig: <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/216246/216246.pdf> (Hämtad 2018-02-20)

WWSC. u.å. *Project I – The Materials Biorefinery*. Tillgänglig: <http://wwsc.se/research/the-materials-biorefinery/> (Hämtad 2018-02-22)

Xu, Chunbau. Ferdosian, Fatemeh. 2017. *Conversion of lignin to bio-based chemicals and materials*.

Tillgänglig: <https://link-springer-com.focus.lib.kth.se/content/pdf/10.1007%2F978-3-662-54959-9.pdf>