



**EKONOMI
HÖGSKOLAN**
Lunds universitet

Magisteruppsats

HT 2004

Framtiden för ett bränsletillverkande företag

**Christian Hulteberg
Michael Eriksson**

**790308-4171
730508-2732**

**Handledare: Allan T. Malm
Stefan Yard**

Sammanfattning

Titel:	Framtiden för ett bränsletillverkande företag
Seminariedatum:	2005-01-18
Ämne/Kurs:	FEK 591 Magisterseminarium, 10 poäng
Författare:	Christian Hulteberg, 790308-4171 Michael Eriksson, 730508-2732
Handledare:	Allan T. Malm Stefan Yard
Nyckelord:	Scenarioanalys, Optionsstrategi, Williamson
Syfte:	Syftet med denna uppsats är att finna en process för att ta fram olika möjliga framtida optioner eller strategiska möjligheter åt ett bränsletillverkande företag i Sverige. Dessutom syftar uppsatsen till att med hjälp av denna process presentera en uppsättning optioner i form av en optionsportfölj.
Metod:	Den använda metoden har varit en egen utveckling av Williamsons modell för att få fram optioner på framtiden, baserad på scenarioanalys
Empiri:	Den empiri som använts kommer i huvudsak ifrån vetenskapliga tidskrifter.
Slutsatser:	De huvudsakliga slutsatserna är framförallt att den metod som tagits fram för att få fram strategioptioner fungerar tillfredställande. Dessutom anser vi att den presenterade optionsportföljen förväntas kunna ge en bra position inför framtiden för de företag som är verksamma inom den valda branschen.

Abstract

- Title:** The future for a fuel processing company
- Course:** Masters thesis in business administration,
10 Swedish Credits (15 ECTS)
- Authors:** Christian Hulteberg
Michael Eriksson
- Advisors:** Allan T. Malm
Stefan Yard
- Key words:** Scenario analysis, strategy options, Williamson
- Purpose:** The main purpose of this thesis was to establish a process for identifying future options for a fuel producing company in Sweden. Further to use the process for establishing an option portfolio for said company.
- Methodology:** A development of Williamson's theories about strategies as options on the future to obtain options through scenario analysis.
- Empirical:** The used data is mostly derived from scientific publications.
- Conclusions:** The major conclusion is that the proposed model in a good way delivers future options. Besides this the proposed options portfolio can be used by a fuel processing company in a satisfactory way in order to find good strategic options for the future business.

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	5
1.1	Bakgrund och Problemformulering	5
1.2	Syfte	7
1.3	Avgränsning	7
1.4	Målgrupp	8
1.5	Disposition	8
2	METOD	9
2.1	Övergripande angreppssätt	9
2.2	Williamsons modell	9
2.3	Scenarioanalys	10
2.3.1	Inledning	10
2.3.2	Definition	10
2.3.3	Scenarioanalys och strategisk planering	11
2.3.4	Scenarioanalys - Metoder	12
2.3.5	Kees van der Heijden – The business idea	13
2.3.6	Global Business Network	14
2.3.7	The French school	16
2.3.8	Porters "Industry scenarios"	16
2.3.9	Den utkristalliserade metoden	17
2.4	Slutgiltig metod	17
2.5	Empiri	19
2.6	Källor	20
3	TEORI	21
3.1	Strategi som optioner på framtiden	21
3.1.1	Inledning	21
3.1.2	Williamsons modell – från osäkerhet till framtidsoptioner	21
3.1.2.1	De fyra stegen	22
3.1.2.2	Kartläggning av dolda hinder för företagets framtida utveckling	22
3.1.2.3	Etablera processer för att bygga nya strategiska alternativ	23
3.1.2.4	Optimera portföljen av strategiska valmöjligheter	24
3.1.2.5	Kombinera planering och opportunist	24
4	SCENARIOBYGGANDE	25
4.1	Inledning	25
4.2	Scenariobyggande – utveckling av scenarierna	25

5	SCENARIER	33
5.1	Scenario 1: Ingen förändring	33
5.1.1	Oljan	34
5.1.2	Växthuseffekten	34
5.1.3	Fordonens utveckling	35
5.1.4	Infrastruktur för bränsle – Bensinstationer och transporter	35
5.2	Scenario 2: Bioolja	36
5.2.1	Val av framställningsmetod	36
5.2.2	Processöversikt	37
5.2.2.1	Biooljatillverkning	37
5.2.2.2	Ångreformerering av bioolja	41
5.2.3	Total processekonomi	45
5.3	Scenario 3a: Elektrolys	46
5.3.1	Processöversikt	46
5.3.2	Processekonomi	49
5.4	Scenario 3b: Elektrolys, el från biomassa	50
5.4.1	Processöversikt	50
5.4.2	Processekonomi	51
5.5	Scenario 4: Etanol	52
5.5.1	Processöversikt	52
5.5.2	Processekonomi	53
6	ANALYS	54
6.1	Scenariernas realistiska möjligheter – vindtunnelundersökning	54
6.1.1	Ingen förändring	54
6.1.2	Bioolja	56
6.1.3	Elektrolys	57
6.1.4	Etanol	57
6.2	Portföljbyggande	58
6.3	Portföljutvärdering	59
6.4	Scenariernas minsta gemensamma nämnare - Portföljoptimering	60
6.5	Den tredje dimensionen	61
7	SLUTSATSER	62
7.1	Modellens tillämpbarhet	62
7.2	Föreslagna strategiska satsningar i enlighet med portföljen	63
7.3	Förslag till framtida forskning	64

8	REFERENSER	66
8.1	Löpande referenslista	66
8.2	Litteraturlista	72
8.2.1	Publicerade källor.....	72
8.2.2	Muntliga källor.....	76
8.2.3	Internetsidor	77
	APPENDIX A, BERÄKNINGAR TILL BIOOLJASCENARIOT	78
A.1	Produktion av bioolja	78
A.1.1	Antaganden för produktion av Bioolja	79
A.1.2	Beräkningsgång bioolja	80
A.1.2.1	Förbehandling och hjälpberäkningar.....	80
A.1.2.2	Mass och energibalanser	80
A.1.2.3	Fast pyrolysis reaktorn.....	81
A.1.2.4	Pump och cyklon.....	81
A.1.2.5	CO och CO ₂ rening	81
A.1.2.6	Energiproduktion och ekonomi.....	82
A.1.3	Metodutvärdering pyrolysis.....	82
A.1.3.1	Problem	82
A.1.3.2	Förbättringar	82
A.1.4	Antaganden för reformering av bioolja.....	83
A.1.5	Beräkningsgång ångreformering.....	84
A.1.5.1	Övergripande.....	84
A.1.5.2	Lagring och extraktion.....	84
A.1.5.3	Ångreformeringsreaktorn	85
A.1.5.4	Vattengasskiftreaktorn	85
A.1.5.5	Elektricitet och rening.....	85
A.1.6	Metodutvärdering ångreformering.....	85
A.1.6.1	Problem	85
A.1.6.2	Förbättringar	86
A.1.7	Gemensamma processteg för scenario bioolja och elektrolys el från biomassa .86	
B	APPENDIX B, BERÄKNINGAR TILL ELEKTROLYSSCENARIERNA 86	
B.1.1	Antagande 3 a	86
B.1.2	Beräkningsgång 3 a	87
B.1.3	Antaganden 3 b	88
B.1.4	Beräkningsgång 3 b	88

Förteckning över figurer

Figur 2.1 Schematisk översikt av Williamsons modell.....	10
Figur 2.2 The business idea enligt Van der Heijden.....	13
Figur 2.3 Slutgiltig metodbeskrivning.....	17
Figur 2.4 Hur gemensamma optioner väljs från scenarier	18
Figur 2.5 Schematisk beskrivning av den tillagda dimensionen.....	19
Figur 4.1 Grafisk återgivning av de faktorer som bedöms ha inverkan på framtidens bränslesystem. Det markerade området, från origo till värdet 6 på både y- och x-axeln, innehåller de faktorer som bedöms påverka scenariobyggandet.	28
Figur 4.2 Schematisk översikt över tänkta scenarier, grupperade efter tänkt bränsleplattform.....	31
Figur 5.1 Flödesdiagram över pyrolysanläggningen.....	37
Figur 5.2 Priset på biomassas inverkan på biooljepriset.....	40
Figur 5.3 Membranprocess Figur 5.4 Pressure swing adsorption process 41	
Figur 5.5 Flödesschema för ångreformeringsanläggningen.....	42
Figur 5.6 Vätgasprisets variation med biomassapriset	43
Figur 5.7 Schematisk översikt av elektrolyscell	47
Figur 5.8 Översikt över en cell i en pipolär elektrolysör.....	47
Figur 5.9 Översikt över elektrolysanläggningen utan ångpanna.....	48
Figur 5.10 Översikt över elektrolysanläggningen med ångpanna.....	50
Figur 5.11 Etanoltillverkning baserad på hydrolys och jäsnings av cellulosa [47]	52

1 Inledning

1.1 Bakgrund och Problemformulering

Från den dagen människan lärde sig att utnyttja elden har energi utvunnen från naturen varit en del av mänsklighetens utveckling. I ett land som Sverige tänker många av oss knappast längre på den energi som förbrukas till vardags, eller de fördelar som den ger. Vi får ljus och värme, använder datorer eller ser på tv. För att åka till jobbet, affären eller för att hämta barnen på dagis har vi bilen eller bussen som färdmedel.

De fördelar som fås genom att utvinna energi från t.ex. kol eller olja är idag så många att det skulle vara svårt att föreställa sig en värld utan dessa. Att kol och olja är fossila råvaror som är ändliga och icke förnybara, och att den så kallade växthuseffekten, som anses vara till stor del orsakad av utsläppen från förbränningen av dessa, direkt kan påverka människans framtida utveckling och överlevnad negativt, har dock gjort den industrialiserade världen smärtsamt medveten om att det är just dessa fördelar som kan förloras.

Idag är de fossila bränslena kraftigt dominerande, framförallt inom fordonssektorn. Oljan är råvara för såväl bensin som diesel och dess totala dominans på marknaden gör att den kan sägas utgöra den standard som råder på marknaden. Kring denna standard har fordonsindustrin sedan utvecklat sina fordon, bränsletillverkarna sin produktion, transport och försäljning av bränslen och konsumenterna sina konsumtionsvanor.

En förändring i den befintliga bränslestandarderna, det vill säga de bränslen som används samt de metoder med vilka energin utvinns kommer allt närmare. En stigande oro för den tilltagande växthuseffekten och en stigande medvetenhet om de fossila bränslenas ändlighet har stärkt opinionen för att få till stånd ett byte av bränslestandard/bränsleplattform, det vill säga de standarder som finns för bränsle, energiutvinning och lagring av bränsle. Övergången till ny standard försvåras dock av något som närmast kan beskrivas som rådande bränslestruktur. Med bränslestruktur menas att det kring den nuvarande bränslestandarderna, bensin och diesel, har byggts strukturer som är direkt kopplade till dessa bränslen. Det kan vara infrastruktur av slaget vägar och bensinmackar såväl som ekonomiska investeringar i form av

produktionsteknologi och anläggningar. En övergång till en ny standard medför således stora investeringar i en ny bränslestruktur, inte minst för de företag som är verksamma i bränsletillverkning eller bränsledistribution.

Situationen är idag utmanande för ett bränsletillverkande/bränslelevererande företag. Hur ska ett sådant företag förbereda sig inför framtiden? Samtidigt som det kommer att krävas att företaget anpassar sig till en ny standard finns det ännu ingen tydlig sådan. Således står företaget idag inför valet att vänta och se, med risken att komma ohjälpligt efter konkurrenterna i utvecklingen, eller att chansa och investera i ny teknologi och produktion med risken att investera resurser i ett alternativ som visar sig vara fel och således förlora stora ekonomiska medel.

Om man gör en översikt av alla möjliga framtida tänkbara strategier och möjliga investeringar blir det uppenbart att de är många till antalet. De är så många att det är omöjligt för ett företag att förbereda sig för alla. Samtidigt är framtiden så oklar att det medför stora risker att genomföra alla investeringar med avseende på endast en lösning; en kritisk felsatsning skulle i framtiden kunna medföra att ett företag tvingas lämna marknaden.

Frågan som ställs blir alltså hur ett företag kan utveckla en lämplig strategi för att fortsätta vara framgångsrikt inom sin bransch och samtidigt minska risken för kostsamma felsatsningar och felinvesteringar.

Problemet som blir tydligt är hur olika investeringsalternativ skall väljas när en förändring är nära förestående för ett företag, men antalet olika strategier och investeringsmöjligheter är stora. Det är en fördel att kunna avgöra vilka beslut och val som minimerar risken av kostsamma felinvesteringar utan att kompromissa med möjligheten till anpassning för att utnyttja framtida möjligheter.

Varje investering som görs skulle kunna ses som en option på att vara anpassad till den framtida standarden, eller de framtida förutsättningarna på marknaden, och således kunna generera framtida vinster för företaget. Investeringen skulle kunna kallas för en framtidsoption som, om den visar sig vara i linje med utvecklingen, kan generera fördelar och vinster för företaget.

1.2 Syfte

Syftet med vår uppsats är att finna en process för att ta fram investeringsalternativ, optioner, som samlade i en optionsportfölj skall skapa största möjliga potential för att kunna generera vinst, och samtidigt minska risken för felaktiga investeringar, åt ett bränsletillverkande företag i Sverige. Arbetet kommer att koncentreras på bränsleföretag med inriktning mot fordonsbränslen.

Med hjälp av denna process presenteras sedan en uppsättning optioner i form av en optionsportfölj med förslag på strategiska investeringar för ett bränsletillverkande företag i Sverige.

Således kommer resultatet att bestå av dels en modell för portföljframtagningen, dels en options/investeringsalternativsportfölj för ett företag i bränslebranschen. Den framtagna portföljen kan sedan användas för att fatta beslut om framtida investeringar där risken för kostsamma felinvesteringar minimeras.

1.3 Avgränsning

Avgränsningen att studera ett bränsleföretag motiveras med att bränsle är en produkt som måste framställas i stor skala och är grunden för att en övergång till koldioxidneutrala bränslen skall kunna ske. Koldioxidneutrala bränslen är bränslen som från inte ger något netto-bidrag av koldioxid till miljön under hela produktcykeln, från framställning till förbrukning.

Vidare är det just hotet om brist på olja som är en av de främsta pådrivande faktorerna i utvecklingen, och således är en eventuell övergång till nya bränsleformer mycket intressant att följa för dessa företag. Slutligen är dessa företag verksamma i en bransch med mycket stor omsättning och som för att överleva måste utvecklas i samma takt som, eller snabbare än, marknaden.

Valet att avgränsa uppsatsen till ett land som Sverige gjordes då det i den använda metoden, som presenteras under teori och metodavsnitten, finns ett mycket viktigt moment där olika scenariers hållbarhet och rimlighet prövas. För att kunna utföra detta steg på ett trovärdigt sätt var det viktigt att kunna göra goda antaganden och finna hållbara siffror på till exempel tillväxt av skog och energikostnader. Sverige blev en rimlig avgränsning då antaganden och

siffror som krävdes hölls inom samma geografiska och ekonomiska område, vilket minskade riskerna med att få in okända parametrar som skulle kunna påverka beräkningarna.

Givetvis skulle det kunna argumenteras för att bränsleindustrin är en internationell bransch och att de makrofaktorer som driver på utvecklingen, som till exempel bristen på olja och växthuseffekten, är synnerligen globala, vilket givetvis är korrekt. Dock måste önskan om att göra en global studie vägas mot möjligheten att pröva rimligheten och hållbarheten i de funna resultaten, och således gjordes valet att begränsa det geografiska området till Sverige.

1.4 Målgrupp

Denna uppsats skrivs med målgrupperna av ekonomistuderande samt verksamma på strategisk nivå inom bränsletillverkandeföretag/oljeföretag.

1.5 Disposition

Första kapitlet ger en introduktion till ämnet, formulerar problemfrågan och definierar syftet.

I det andra kapitlet kommer den använda metoden att presenteras. Dessutom kommer den använda teorin och empirin att förklaras.

Det tredje kapitlet tar upp relevanta teorier och redogör för vidareutvecklingen av teorierna.

I kapitel fyra beskrivs tillvägagångssättet vid scenariobygandet.

Kapitel fem innehåller de vindtunneltest av de olika scenarier som har tagits fram utifrån skattning av de viktigaste och minst säkra parametrarna.

Det sjätte kapitlet ger en grundläggande analys av makrofaktorer och resultatet ifrån scenarierna. Dessutom konkretiseras det tredje dimensionstillägget av den s.k. Williamsons modell och en optionsportfölj presenteras.

I kapitel sju presenteras de slutsatser som kan dras utifrån scenarierna och analysen.

I åttonde kapitlet presenteras de använda referenserna i noter och i en litteraturlista.

I det här kapitlet så återges den använda metoden på ett sådant sätt att den kan upprepas igen på andra exempel.

2 Metod

2.1 Övergripande angreppssätt

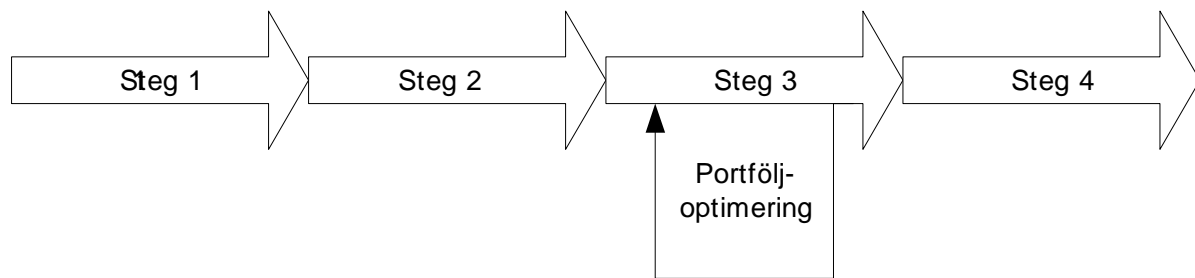
Det finns för närvarande många faktorer som är oklara när det gäller framtidens bränslestruktur, t.ex. tillverkning, kostnad, distribution. Det gäller därför att hitta en metod där de olika faktorernas stora variation kan fångas upp men som ändå ger användbar information. Ett sätt att göra detta är att använda sig av en scenarioanalys där ett par olika, möjliga framtida scenarier målas upp. Dessa scenarier baserar sig först och främst på de faktorer som idag bedöms som viktigast och mest osäkra. Genom att använda scenarier som grund i en process för att ta fram framtidsoptioner kan en optionsportfölj, som baserar sig på Williamsons modell, tas fram.

Williamsons modell används då den ger oss verktyget att fånga fördelarna med att göra scenarioanalyser, det vill säga att försöka se in i en möjlig framtid, med ambitionen att koppla upptäckterna till dagens situation och fastslå vilka strategiska beslut som kommer att medföra minst risk för felinvesteringar och samtidigt ge största möjliga vinst.

De bägge metodernas tillämpningar kan liknas med att scenarioanalyserna ger olika potentiella slutmål på en karta och Williamsons modell, se nedan, ger ett antal vägval under resan som syftar till att maximera sannolikheten att komma så nära det verkliga slutmålet som möjligt.

2.2 Williamsons modell

Peter J. Williamson [1] ser strategi som optioner på framtiden och presenterar en modell som bygger på fyra olika steg, se Figur 2.1 som ger en schematisk översikt av Williamsons modell.



Figur 2.1 Schematisk översikt av Williamsons modell

Modellen kan sammanfattas i fyra steg som ytterligare förtydligas i uppsatsens teoriavsnitt men en sammanfattning av dessa ges nedan:

1. Kartlägg dolda hinder för företagets framtida utveckling.
2. Etablera processer för att bygga nya strategiska alternativ.
3. Optimera portföljen av strategiska valmöjligheter.
4. Kombinera planering och opportunist.

En del av syftet med uppsatsen är att utarbeta en process för att ta fram framtidsoptioner åt ett bränsletillverkande företag. Det är alltså den andra punkten i Williamsons modell som ska utvecklas och vi gör detta med hjälp av scenarioanalys.

2.3 Scenarioanalys

2.3.1 Inledning

Scenarioanalys är ett teoretiskt område som fortfarande erbjuder många utmaningar. Många av dagens scenarioanalytiker är motvilliga att lämna ut sina metoder, vilket visar på att kunskaper inom området betraktas som ett värdefullt konkurrensmedel. Detta medför också att de metoder som finns inte alltid är redogjorda för i detalj utan mer i sina huvuddrag [2].

2.3.2 Definition

Det finns många olika definitioner på begreppet scenarioanalys, och alla är inte konkreta, men ett urval, som baserats på att dessa har relevans för fördjupningen i scenarioanalysteorierna presenteras här.

Michael Porter [3] definierar scenarioanalys som ”an internally consistent view of what the future might turn out to be - not a forecast, but one possible future outcome”. Gill Ringland [4] väljer att definiera scenarioanalys som ”that part of strategic planning which relates to the tools and technologies for managing the uncertainties of the future”. Med denna definition ger Ringland scenarioanalys en tydlig koppling till strategisk planering.

Vidare är det viktigt att skilja mellan scenario och prognoser. Prognoser syftar till att med hjälp av trender, historiska data och andra tillgängliga fakta försöka förutsäga framtiden. Scenarier syftar dock inte till att göra förutsägelser om en sannolik framtid utan siktar snarare mot att beskriva en möjlig framtid som är svår att förutse [4].

Skillnaden mellan vad som kan bedömas som osannolikt och vad som kan bedömas som omöjligt är följande: för att vara ett scenario ska vara osannolikt skall en händelse inte strida mot naturlagar eller mot vad som är förankrat i verkligheten, medan det är just vad det omöjliga gör. Exakt var denna gräns hamnar är mycket svårt, om inte omöjligt, att definiera. Något som bedöms som omöjligt av oss kan av någon annan bedömas som osannolikt men möjligt, och vice versa. En bedömning måste dock göras under de vindtunneltester som de olika scenarierna utsätts för och en viss subjektivitet från oss går inte att utesluta, dock strävar vi efter att i så hög grad som möjligt eliminera denna.

Genom att genomföra scenarioanalyser kan en organisations beslutsfattare förbereda sig på det oförutsägbara, osannolika och otänkbara. Denna metod gör således att det otroliga redan har upplevts mentalt, och således är organisationen och människorna redan förberedda om det skulle hända och därmed ligga steget före alla andra [2, 4-6].

2.3.3 Scenarioanalys och strategisk planering

Chermack et al. [2] beskriver att kopplingarna mellan scenarioanalyser och strategisk planering är påtaglig och att det således är nödvändigt att ta hänsyn till teorierna kring strategi för att kunna sätta scenarioanalyser i sitt sammanhang. Det är främst bakgrunden till de överbryggande paradigmen som finns inom strategisk ledning och planering som är viktiga att ha förståelse för. De paradigmen, eller skolor, som framhålls här är de som Van der Heijden identifierade: den rationella skolan, den evolutionära skolan och den processuella skolan [2, 5].

För att så enkelt som möjligt redogöra för de olika skolorna och deras principiella innebörd går det åter att hänvisa till Van der Heijden som använder sig av de traditionella metaforerna för detta ändamål. Van der Heijden förklarar dem med följande metaforer och med grundsyn [2, 5]:

- Den rationella skolan – maskinmetafor: det finns en bästa strategi som går att rationellt bestämma.
- Den evolutionära skolan – ekologisk: den bästa strategin kommer genom ”survival of the fittest” där dåliga strategier slås ut av bättre.
- Den processuella skolan – levande organism metafor: den bästa strategin växer fram vartefter den prövas och prövas igen.

Det är i litteraturen allmänt accepterat att alla dessa tre skolor spelar stor betydelse för scenarioanalys och att de alla tre behöver kombineras för att lyckas i scenariobyggandet [2, 4, 6].

2.3.4 Scenarioanalys - Metoder

När det gäller att närmare gå in på olika metoder att genomföra scenarioanalyser så närmar man sig den problematiska situation som uppstår genom att många metoder hålls helt, eller delvis, hemliga av dem som utvecklat dessa. Många författare ger ledtrådar om förfarande men det finns inga steg för steg beskrivningar om hur en scenarioanalys skall byggas [2]. Det finns dock ett antal metoder som är beskrivna på en nivå som gör dem användbara, både för sig själva för att tillverka egna scenarier och som utgångspunkt för att vid behov kunna syntetisera en ny metod.

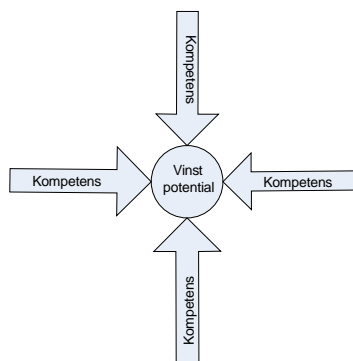
En metod som är beskriven utförligt, och som därför är återkommande i litteraturen, är utvecklad av Keed Van der Heijden [5]. Ett central begrepp i Heijdens teori är ”The business idea” som identifieras som en organisations föreställning om den kraft som driver på och skapar nuvarande och framtida framgångar. Det är sedan kring denna kärna som Van der Heijden bygger ut sin modell.

Förutom Van der Heijden återfinns i litteraturen exempel på modeller som härstammar från en rad olika författare [2-6]. De metoder som främst kommer att användas som inspiration för att syntetisera en modell som är anpassad för uppsatsens syfte är Van der Heijdens [5], Global Business Network, The French school och Porters Industry scenarios [2-6].

2.3.5 Kees van der Heijden – The business idea

Van der Heijden identifierar ”The business idea”, eller affärsidén, som kärnan i scenario-planering. Som definition av vad en affärsidé är anges följande – ”The business idea is the organization’s mental model of the forces behind its current and future success”.

Själva affärsidén antas i sin tur vara baserad på två huvudprinciper, nämligen vinstpotential och tydliga kompetenser. Genom att studera kompetenserna och koppla dem till vinstpotentialerna (Figur 2.2) kan affärsidén utforskas och sättas i metodisk relation till det skapade kundvärdet, typen av konkurrensfördel, och kompetenser i en positiv feedback-loop.



Figur 2.2 The business idea enligt Van der Heijden.

Genom att definiera affärsidén och sätta den i sitt sammanhang med omvärlden kan organisationens och verksamhetens möjligheter och begränsningar identifieras. Ett analys-hjälpmiddel för att analysera dessa är Porters Five-Forces [3] som förtydligar vilka faktorer som påverkar organisationen och dess verksamhet.

När analysen har kommit så långt att omvärldens möjligheter till att påverka verksamheten har kartlagts går analysen in i nästa fas, osäkerheten av framtida utveckling. Van der Heijden skiljer mellan tre kategorier av osäkerhet:

- Risk
- Strukturell osäkerhet
- Okänt

Risk innebär att en sannolikhet för att något skall inträffa kan räknas ut, antingen genom kända förutsättningar eller genom historiska data av en mängd tidigare upprepningar av en viss händelse och utfallen av dessa.

Strukturell osäkerhet innebär att de möjliga utfallen är kända men att det inte finns någon direkt möjlighet att beräkna sannolikheten för att dessa skall infalla.

Det helt okända innebär att händelser och utfall av dessa händelser inte ens är inom de tänkbara områdena. Det är det otänkbara och det som anses orimligt (dock inte omöjligt). Det är också inom detta område som Schwartz anser att scenarioanalyser har sin hemvist och betydelse [6].

När det så slutligen gäller att konstruera olika scenarier lägger van der Heijden fram fem kriterier:

- Minst två scenarier krävs för att påvisa osäkerheten.
- Varje scenario måste vara möjligt.
- Scenarierna måste vara konsekventa till sin uppbyggnad (de får inte innehålla motsägelsefulla antaganden).
- De måste vara relevanta för den de konstrueras för (den organisation och de människor som skall ta del av dem).
- Scenarierna måste skapa nya och originella perspektiv på den verksamhet som de tas fram för.

2.3.6 Global Business Network

Global Business Network bygger sina metoder på de ursprungsmetoder som företaget Shell använde sig av under 1960-talet. Pierre Wack var den första ansvarige för utvecklingen av scenarier på Shell [2].

Wacks övertygelse var att det inte gick att börja scenarioplanering på detaljnivå. Denna åsikt hade även Peter Schwartz som tog över efter honom på Shell för att så småningom starta sitt eget företag med scenarioanalyser som specialitet. Schwartz har blivit en grundläggare inom scenarioanalysområdet [2-6].

Det tillvägagångssätt som har vuxit fram från Wack och Schwartz består av 8 steg, genom vilka olika faktorer analyseras och ett scenario byggs upp [6]:

1. Identifiering av en fråga eller ett beslut att fokusera på som scenariot kan kretsa kring. Frågan eller beslutet skall också vara riktad inifrån organisationen utåt, detta för att inte missa organisationsspecifika områden.
2. Identifiering av de betydelsefulla krafterna och nyckelfaktorerna i den lokala omgivningen som påverkar om frågan eller beslutet i punkt ett lyckas eller misslyckas.
3. "Brainstorming" av drivande krafter i makromiljön, till exempel politiska och tekniska frågor samt miljöfrågor. Dessa krafter kan givetvis även vara de krafter som ligger bakom de krafter som är identifierade inom punkt nummer två.
4. Ranking av de olika nyckelfaktorerna och de drivande krafterna identifierade i punkt nummer två och tre. Dessa rankas efter två kriterier:
 - a. Hur betydelsefulla de är för framgång av beslutet eller frågan som valts i punkt ett.
 - b. Vilken grad av osäkerhet faktorerna och krafterna i sig har. Värt att påpeka är att för att kunna få olika scenarier måste de olika faktorerna och krafterna vara av viss osäkerhet, annars blir de desamma för alla scenarier och då försvinner mycket av betydelsen av scenarioplanering.

Faktorerna och krafterna kan nu inkorporeras längs två axlar varefter de olika scenarierna kan variera.

5. Utveckling och framtagande av en generell scenariologik i enlighet med den tidigare framtagna två dimensionella matrisen.
6. Framtagande av de faktiska scenarierna. Här återvänder vi till punkt 2 och 3 för att vi ska kunna se hur de olika faktorerna och krafterna påverkar. Viktigt är att man hela tiden kontrollerar rimligheten i antaganden och att resultatet inte blir motsägelsefullt.
7. Prövning av scenarierna för att finna eventuella svagheter och brister. Detta kallas populärt i litteraturen för att "köra scenariot i en vindtunnel."

8. Identifiering av indikatorer som kan fungera som signaler för huruvida ett visst scenario faktiskt håller på att inträffa, detta för att snabbt kunna identifiera vad som händer och hur det då var tänkt att organisationen skulle reagera.

2.3.7 The French school

Inom det som kallas The French School [2] har Michel Godet utvecklat scenarioteorierna ytterligare. Det som är intressant att plocka fram är de olika indelningar som görs mellan olika typer av scenarier och hur dessa i sin tur kan delas in i ytterligare undergrupper.

De två huvudtyper som Godard framhåller är:

- Situationsscenarier, som beskriver en tänkt framtid.
- Utvecklingsscenarier, som beskriver hur en tänkt utveckling kan komma att ske och se ut.

Inom dessa bägge grupper kan det i sin tur finnas tre olika typer av scenarier:

- Trendbaserade scenarier, som följer den mest sannolika utvecklingen och ligger således på gränsen till att liknas vid prognoser.
- Kontrastscenarier, som utforskar de mest extrema utvecklingarna eller antaganden.
- Horisontscenarier, som utforskar en önskad/tänkt framtid från vilken man arbetar sig bakåt för att komma fram till hur dessa kan uppnås.

2.3.8 Porters "Industry scenarios"

Porters "Industry scenarios" [2] pekar på möjligheten att studera hela branscher med scenarioanalys. Porter hävdar till och med att branschen är den korrekta enheten att studera, och inte en enskild organisation, då den förtydligar hur verkligheten som en organisation finns i kommer att se ut.

2.3.9 Den utkristalliserade metoden

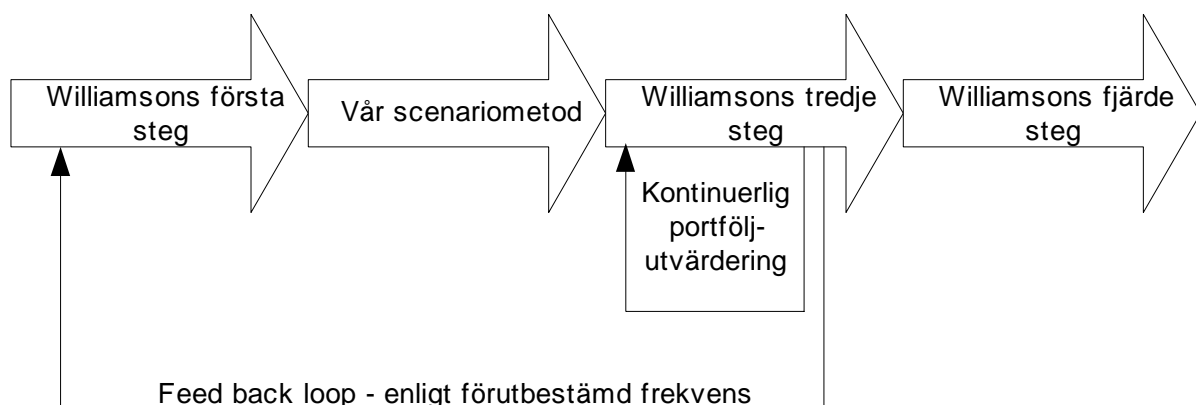
Den metod som är tydligast beskriven i litteraturen är den som beskrivs under Global Business Network, och det är den metod som till stor del används i uppsatsen då den är ett fungerande verktyg för att uppnå syftet med uppsatsen. Van der Heijdens teorier ligger som grundläggande bas och kriterierna för scenarioanalys kommer att tillämpas. Vidare används inspiration från The French School med avseende främst på utvecklingsscenarier, och inom detta riktas modellerna mot vad som skulle kunna liknas vid horisontscenarier.

Porter är en inspirationskälla då mycket av våra antaganden kommer att fås ur rena branschspecifika fakta. Dessutom önskar vi finna möjliga strategier för framtiden. För utvecklingen av detta krävs nära koppling mellan Porters aspekter och de scenarier som växer fram.

Den använda metoden är således att utifrån Business Networks modell bygga scenarier samt stämma av dem och utveckla dem mot van der Heijdens teorier. Förhållningssättet gentemot scenarierna och hur dessa utvecklas ligger inom det som kallas situationsscenarier. Vidare tillämpas inslag av trendscenarier. Nivån på scenarierna överensstämmer med Porters Industry scenarios.

2.4 Slutgiltig metod

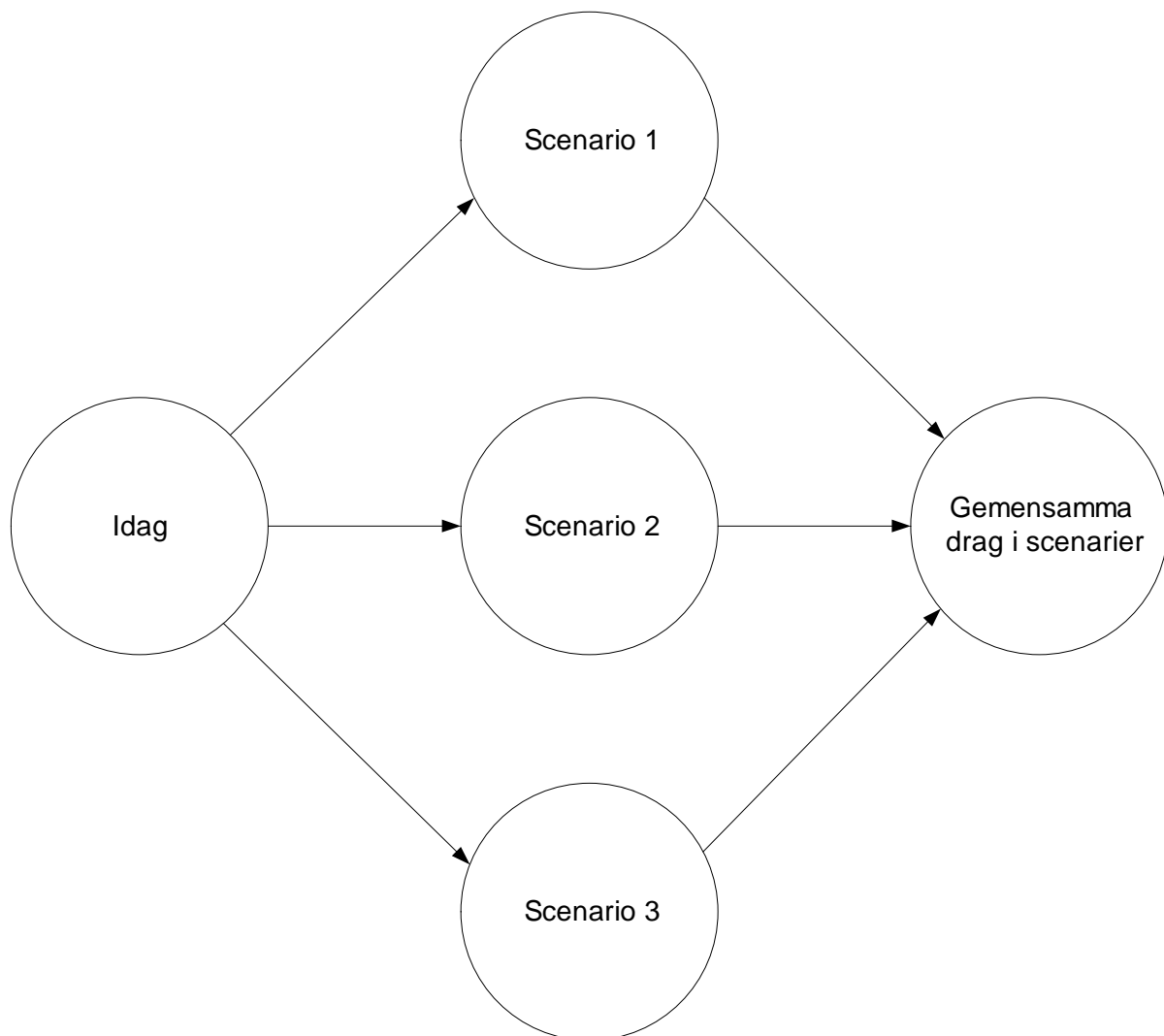
Den slutgiltiga metod som används i denna uppsats är således ett konkretiserande av Williamsons andra steg med hjälp av ett scenarioanalysförfarande, se Figur 2.3.



Figur 2.3 Slutgiltig metodbeskrivning.

Den slutgiltiga metoden som beskrivs ovan består av alla de delar som föreslagits av Williamson men med en konkretisering av det andra steget, processer för optionsidentifikation. Dessutom så föreslår vi en feedback loop som på ett regelbundet vis uppdaterar de optioner som finns. Vårt förslag på denna uppdatering är att den baseras på ett "time pacing" tänkande och således följer rytmen hos omgivningen eller branschen.

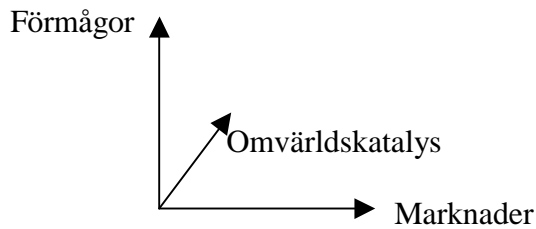
Förutom tillägget med feedback-loopen har ytterligare ett tillägg gjorts nämligen i det tredje steget portföljoptimering: de optioner som finns närvarande i fler än ett scenario har generellt sett högre sannolikhet för att inträffa än de som bara existerar i ett scenario, se Figur 2.4.



Figur 2.4 Hur gemensamma optioner väljs från scenarier

Varje option måste genomgå samma bedömningsprocess som föreslagits av Williamson men om optionen finns närvarande i mer än ett scenario så höjer detta optionens värde.

Förutom de tillägg som gjorts introducerar vi ett tredje tillägg till Williamsons modell, en tredje dimension läggs till de två av Williamson tidigare föreslagna, se Figur 2.5.



Figur 2.5 Schematisk beskrivning av den tillagda dimensionen

Den tredje dimensionen skiljer sig ifrån de två första då den verkar utanför företaget. Genom den tredje dimensionen är tanken att företaget inte enbart passivt ska vänta tills dess optioner förverkligas. Istället skall de genom att påverka omgivningen öka sannolikheten för att optionerna förverkligas. Detta kan t.ex. göras genom att man går in som riskkapitalist i företag som, om deras affärsidé/teknik ”lyckas”, gör det möjligt för företaget att realisera sina optioner tidigare. Dessutom kan företagen få en fördel gentemot sina konkurrenter genom att inte bara reagera på förändringen utan att leda den. Ett annat sätt skulle kunna vara att investera i produkter som skulle kunna bli komplement till produkterna i framtidsoptionsportföljen. På marknadssidan skulle en liknande investering kunna vara en infrastrukturinvestering i tredje världen vilket, förutom goodwill, skulle kunna skapa nya marknader på längre sikt.

De tillägg vi vill göra till Williamsons modell är alltså:

- En uppdatering av optionsportföljen enligt en förutbestämd frekvens.
- Välja att satsa på optioner som är gemensamma för flera scenarier.
- Påverka omgivningen via den tredje dimensionen för att öka sannolikheten för optionernas realisering.

2.5 Empiri

Den empiri som används i uppsatsen syftar främst till att kartlägga trender i dagens utveckling och vilka faktorer som bör beaktas i scenariobyggandet. Slutligen, och viktigast, är den empiri som syftar till att utveckla den ”vindtunnel” i vilka scenarierna skall prövas.

2.6 Källor

Den tekniska sidan av scenarierna, själva lösningen på bränsleframställning och kostnadsfrågor för de olika scenarierna, har identifierats genom studier av den vetenskapliga litteraturen. Det är framförallt tidningarna *Journal of Power Sources* och *International Journal of Hydrogen Energy* som studerats men även olika konferenssammanfattningar kring biomassa och dess utnyttjandeområden har använts. Dessutom har muntliga källor med sakkunskap inom respektive ämne använts som komplement till de publicerade källorna.

*Här beskrivs den teori som metoden har baserats på nämligen Peter J. Williamsons artikel:
"Strategy as options on the future."*

3 Teori

3.1 Strategi som optioner på framtiden

3.1.1 Inledning

Framtidens oförutsägbarhet är en utmaning för alla som försöker planera och skapa strategier för organisationer och företag. Den traditionella strategiska planeringen bygger på att prognoser om framtiden ställs upp och sedan används dessa prognoser som mål för att skapa bra förutsättningarna för att möta den förutspådda framtiden.

De prognoser som görs är ofta linjära extrapoleringar av aktuella trender som kunnat observeras och är ofta gjorda med en femårshorisont.

Prognosers bristande tillförlitlighet och direkta olämplighet för långsiktiga planeringar och investeringar har under åren framhållits. Ett alternativ som har framhållits är vikten av att ständigt vara uppmärksam och beredd att reagera på förändringar när dessa inträffar.

Williamson presenterar en modell som tillåter både strategisk planering och upprätthållande av förmågan att vara flexibel för en organisation i en föränderlig omvärld. Att använda scenarioplanering ingår som förslag i Williamsons artikel.

3.1.2 Williamsons modell – från osäkerhet till framtidsoptioner

Williamsons modell presenterar hur det går att genom strategisk planering omvandla osäkerheten hos framtiden till optioner på densamma. Genom att använda modellen går det att bygga en portfölj med öppna alternativ som skall kunna anpassas efter det som sker och samtidigt undvika inlåsning i kostsamma investeringar som visar sig vara felaktiga för framtidens behov.

3.1.2.1 De fyra stegen

Williamson bygger upp sin modell i fyra steg, som innehåller olika moment i uppbyggande och utvärdering av en strategisk portfölj som nämndes i avsnitt 2.2 ovan och är:

1. Kartlägg dolda hinder för företagets framtida utveckling
2. Etablera processer för att bygga nya strategiska alternativ
3. Optimera portföljen av strategiska valmöjligheter
4. Kombinera planering och opportunist

3.1.2.2 Kartläggning av dolda hinder för företagets framtida utveckling

Det första steget innebär att kartlägga de dolda hinder som ett företag har för att kunna utvecklas och ta tillvara på framtida möjligheter. Dessa hinder beskriver Williamson [1] som tillhörande två olika typer, antingen av typen bristande förmåga eller av typen bristande kunskap om, och insikt i, nya potentiella marknader.

Det som kallas för bristande förmåga kan exempelvis vara att resurser saknas (produktionsanläggningar, logistiska nät eller råvaror) men det kan också vara avsaknaden av kunskap (forskningsresultat, kompetens hos personal eller avancerad utrustning). Avsaknaden av förmågan att utveckla framtida möjligheter medför att företaget inte kan reagera snabbt när dessa möjligheter uppenbarar sig. Företagen riskerar därför att inte kunna ta del av nya marknader och som en följd av detta tappa marknadsandelar till, eller i värsta fall tvingas bort helt från marknaden, av konkurrenter som ligger före och är starkare på den nya marknaden.

Bristande kunskap, eller en total avsaknad av kunskap, medför att företag inte identifierar eller förstår en ny marknad (geografisk såväl som produktmässig). Således kan företaget, även om förmågan finns, inte realisera sina möjligheter när dessa uppenbarar sig. De förblir dolda eller för komplexa för företaget.

Dessa två typer av begränsningar, bristande förmåga eller bristande kunskap, kan låsa in ett företag i sin existerande strategi och omöjliggöra, eller kraftigt försvåra, exploateringen av framtida möjligheter. Denna instängning visualiserar Williamson med en tvådimensionell matris som återges nedan. Målet för detta första steg blir således att identifiera och kartlägga

begränsningarna på både X- och Y-axlarna, begränsningar som hotar att stänga möjligheterna för företaget, se Figur 3.2.



Figur 3.2 Williamsons beskrivning av företagets egenskaper och låsningar [1]

Det är således längs de båda axlarna i figuren företaget måste sträva efter en minskning av begränsningar och öka storleken på det med fyrkant markerade området.

3.1.2.3 Etablera processer för att bygga nya strategiska alternativ

Steg två syftar till att bygga processer som motverkar de begränsningar som identifierats i det första steget och för att skapa potentialer att snabbt kunna reagera på nya marknader och möjligheter som uppenbaras. Samtidigt som en ökad flexibilitet skapas gäller det att kontrollera de medföljande kostnaderna. Resultatet får inte bli höga kostnader som blir ohållbara över tiden. Syftet är istället att bygga processer som till en försvarbar kostnad möjliggör framtida flexibilitet.

De metoder som Williamson för fram för att bygga dessa nya strategiska alternativ är till exempel strategiska allianser med, anskaffandet av minoritetsandelar i, eller skapandet av starka relationer med:

- leverantörer
- kunder
- andra företag

som har teknik, forskning eller kunskaper inom de områden som identifierats under steg ett. Genom denna metod kan ett företag bryta de gränser till den existerande strategiska box i vilket företaget befinner sig i (Figur 3.2).

3.1.2.4 Optimera portföljen av strategiska valmöjligheter

När skapandet av nya processer genomförs väljer Williamson att studera den totala bilden i ett portföljperspektiv. I det här tredje steget gäller det att värdera de olika alternativen, deras kostnader och deras framtidsutsikter att kunna generera framtida vinster för företaget. I denna utvärderingsprocess framhåller Williamson följande tre punkter som lämpliga grundläggande parametrar:

- Kostnad för att upprätthålla möjligheten
- Den uppskattade sannolikheten att företaget kommer att utnyttja möjligheten
- Sannolikheten att skapandet av möjligheten i sig själv kommer att generera nya möjligheter, även om företaget inte utnyttjar den ursprungligt skapade

3.1.2.5 Kombinera planering och opportunist

I det sista steget gäller det att använda den portfölj som tagits fram i de tidigare stegen och planera framtida strategier. Det är i detta steg som realiseringen av alla de tidigare identifierade möjligheterna skall ske. Det gäller således att ständigt utvärdera möjligheterna som är skapade mot de öppningar som uppenbarar sig i t.ex. marknader eller teknik och realisera dessa möjligheter. Det är också en fråga om att ständigt utvärdera kostnaderna i att upprätthålla vissa möjligheter mot potentiella vinster utav dessa möjligheter.

Slutligen gäller det att stämma av hur de möjligheter som hålls öppna överrensstämmer gentemot den långsiktiga strategin hos företaget.

I detta kapitel ges en noggrann inblick i tillvägagångssättet för scenariobyggande. Dessutom så ges utgångspunkterna för vindtunnelförfarandet för att testa scenarier.

4 Scenariobyggande

4.1 Inledning

Inom ramen för detta kapitel kommer teorin bakom scenariobyggande att utvecklas till faktiskt byggande av de scenarier som sedan skall analyseras. Det är således i detta kapitel som själva genereringen av scenarierna och deras innebörd kommer att ske.

4.2 Scenariobyggande – utveckling av scenarierna

För att skapa de olika scenarier som senare ska redovisas så har den lista som har vuxit fram från Wack och Schwartz [6] teoretiserande följts. För det första så måste en fråga som ska besvaras av själva scenariobyggandet ställas, vilken i detta fall var:

Drivmedel för fordon: kommer ett skift i bränslestrukturen mot vätgas eller annan bränsleplattform?

När frågan är ställd så gäller det att plocka fram faktorer både i mikro- och makromiljön som påverkar utfallet av denna fråga. De faktorer som identifierades gjordes i samspråk med Fredrik A. Silversand på Catator AB, en av aktörerna inom bränslecellsområdet i Sverige [7]. Faktorerna sammanfattas nedan.

Mikroomgivning:

- i. Ekonomiskt hållbart; vätgas
- ii. Nya uppfinningar; ny teknik
- iii. Kunskaper hos personal
- iv. Resursbrist
 1. platina
 2. personal (med rätt kunskap)
 3. finansiering

Makromiljön:

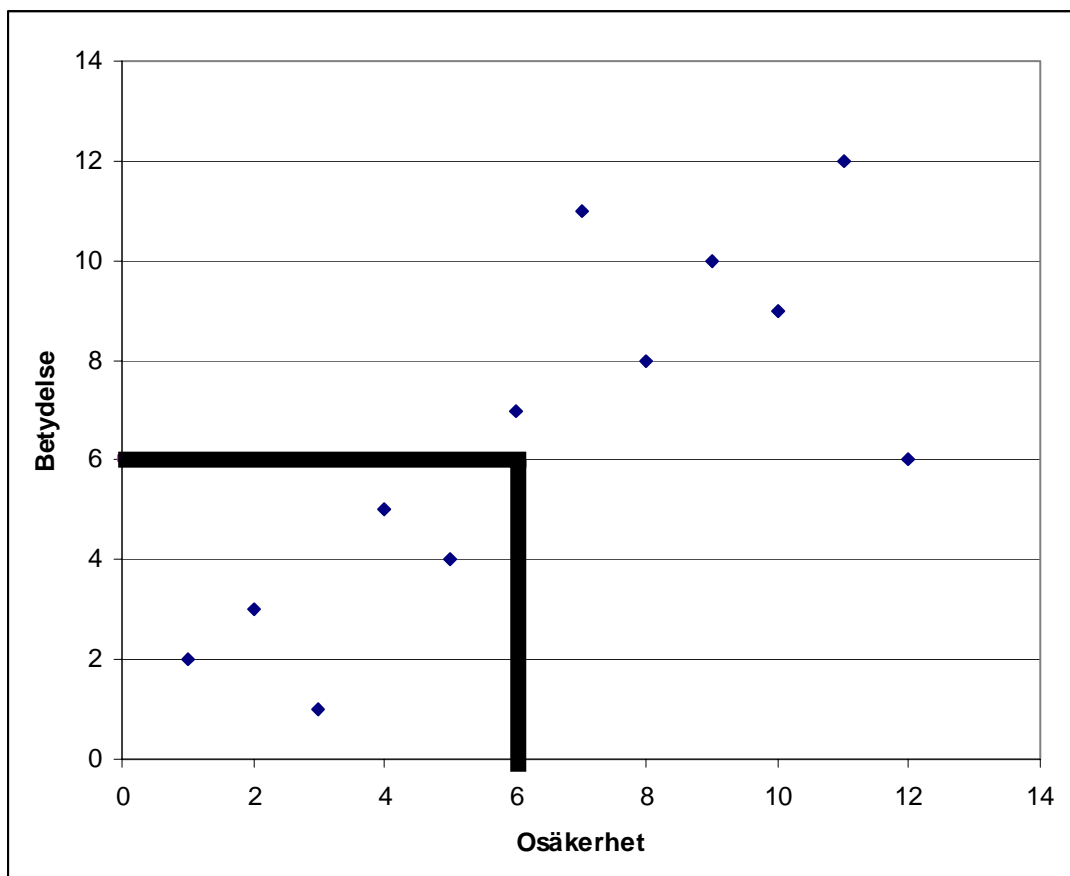
- i. Oljetillgång
 1. naturlig tillgång
 2. påtvingad/skapad brist (krig, sanktioner etc.).
- ii. Oljepris
- iii. Växthuseffekt
- iv. Ekologiskt hållbart
- v. Opinion
 1. rädsla för vätgas
 2. miljöaspekten
- vi. Nya upptäckter; rön, forskningsrapporter etc.
- vii. Lagstiftning
- viii. Skatter
- ix. Ekonomiskt hållbart; vätgas
- x. Nya uppfinningar; ny teknik

Därefter så rankade vi dessa faktorer i den framtida utvecklingen av bränslestandard utifrån hur viktig faktorn bedömts vara för den tidigare ställda frågans lösning. Dessutom så vägs faktorns osäkerhet in i rankingen, ju osäkrare desto högre ranking. Faktorerna rankades från 1 till 12 där 1 är viktigast och osäkrast. Resultatet av rankingen återges i tabell 4.1. Även när det gällde att bedöma osäkerheten fick vi hjälp av Fredrik A. Silversand.

Tabell 4-1 Sammanställning av de faktorer som påverkar utfallet av framtidens bränslestruktur.

	Faktor	Betydelse	Osäkerhet
i.	Ekonomiskt hållbart; vätgas, etanol	4	5
ii.	Nya uppfinningar; ny teknik	5	4
iii.	Kunskaper hos personal	11	12
iv.	Resursbrist	10	9
v.	Oljetillgång	1	2
vi.	Oljepris	2	3
vii.	Växthuseffekt	3	1
viii.	Ekologiskt hållbart	7	11
ix.	Opinion	6	7
x.	Nya upptäckter; rön, forskningsrapporter etc.	12	6
xi.	Lagstiftning	8	8
xii.	Skatter	9	10

Vid konstruktionen av de aktuella scenarierna kommer fokus att ligga på de faktorer som bedöms ha högst vikt och osäkerhet. De olika faktorernas sammanlagda systempåverkan kan ses i Figur 4.1 där osäkerheten och vikten för varje faktor har plottats.



Figur 4.1 Grafisk återgivning av de faktorer som bedöms ha inverkan på framtidens bränslesystem. Det markerade området, från origo till värdet 6 på både y- och x-axeln, innehåller de faktorer som bedöms påverka scenariobyggandet.

För att få ner antalet möjliga scenarier lades fokus på de faktorer som bedömts ha högst vikt och osäkerhet, vilka har markerats i figuren med en avgränsning av området från origo till värdet 6 på både y- och x-axeln. De fem faktorer som ligger som grund för de uppbyggda scenarierna blir således oljepris/tillgång, växthuseffekten, ekonomin, ny teknik och opinion. Dessutom har antagandet gjorts att oljepriset och oljetillgången är så pass hårt knutna till varandra att de kan betraktas som en faktor.

För att kunna identifiera olika trender i dagens forskning som eventuellt kan ligga till grund för framtidens bränsledistribution och användning av koldioxidneutrala bränslen, har vi studerat vetenskapliga publikationer från 1995 och framåt. Den tydligaste trenden på senare tid verkar vara att det är protonutbytesbränsleceller som drivs med vätgas som är ”motorn” i framtidens bilar, vilket ett flertal publikationer visar [8-18]. Det är däremot lite mindre klart hur vätgasproduktionen ska ske utifrån förnybara resurser så att en koldioxidneutral produkt erhålls, uttaget av t.ex. biomassa får inte överstiga återväxten.

Det enklaste sättet är att med el spjälka vatten till väte och syre genom elektrolys [19-25], vilket är en väl beprövad metod. Det som är avgörande i detta fall är hur elektriciteten tillverkas för att bränslet ska vara koldioxidneutralt. Antingen tillverkas elen på distans med sol, vind eller vatten eller på plats genom förbränning av biomassa.

Ett annat sätt att framställa vätgas är att låta mikroorganismer jäsa biomassan till metan och sedan genom ångreformerings framställa den vätgas som behövs [26-29]. Det är också möjligt att med hjälp av andra typer av mikroorganismer jäsa biomassan direkt till vätgas [30-33], men då temperaturen är låg är även reaktionshastigheten det. Detta leder till orimligt stora reaktorer och en ohållbar logistik, vilket gör att dessa metoder inte utgör ett scenario inför framtiden och kommer därför inte att undersökas närmare.

Ett tredje sätt att framställa vätgas från biomassa är att först hetta upp den så att antingen en gas bildas [34-37] eller, om upphetningen är tillräckligt snabb, en olja [38-47] som går att omvandla till vätgas. Det är dock inte alla som tror att nästa bränsleplattform blir vätgas utan många tror på olika alkoholer [48-52] och DiMetylEter (DME) [53, 54].

Dessa trender i vetenskapen används för att skapa de tekniska lösningarna inom varje scenario vilket är nödvändigt för att erhålla ett diskussionsunderlag. Då t.ex. ekonomin har angetts som en av fem viktiga faktorer krävs en grundlig teknisk genomgång för att kostnader skall kunna beräknas. Underlag behövs dessutom för att kunna diskutera huruvida de olika scenarierna är genomförbara.

För att skapa de scenarier som redovisas här så har de olika faktorerna tilldelats två möjliga utfall och dessa redovisas i tabell 4.2.

Tabell 4.2 De fem viktigaste faktorernas möjliga utfall

Faktor	Utfall
Växthuseffekten	Påverkar miljön Påverkar inte miljön
Oljepris/tillgång	Oljan tar slut/blir för dyr Oljan räcker/förblir prisvärd
Ekonomin	Viktig Mindre viktig
Ny teknik	Bränsleceller realiseras Bränsleceller realiseras ej
Opinion	Positiv till vätgas Negativ till vätgas

Det första scenariot, ingen förändring, baserar sig på att växthuseffekten inte påverkar miljön och att olja finns i överflöd. Det behövs dessutom ingen utveckling av ny teknik: ekonomin är viktig och opinionen är negativ till vätgas.

Då vätgas är den tydligaste trenden i dagens forskning anses det ligga nära till hand att detta bränsle är en möjlig framtida plattform. Detta har antagits i scenario 2, (bioolja) 3a (elektrolys) och 3b (elektrolys, el från biomassa) där de olika scenarierna beskriver olika möjliga lösningar för att framställa vätgas koldioxidneutralt, alltså har faktorn ny teknik lagts till: bränsleceller realiserar i dessa scenarier.

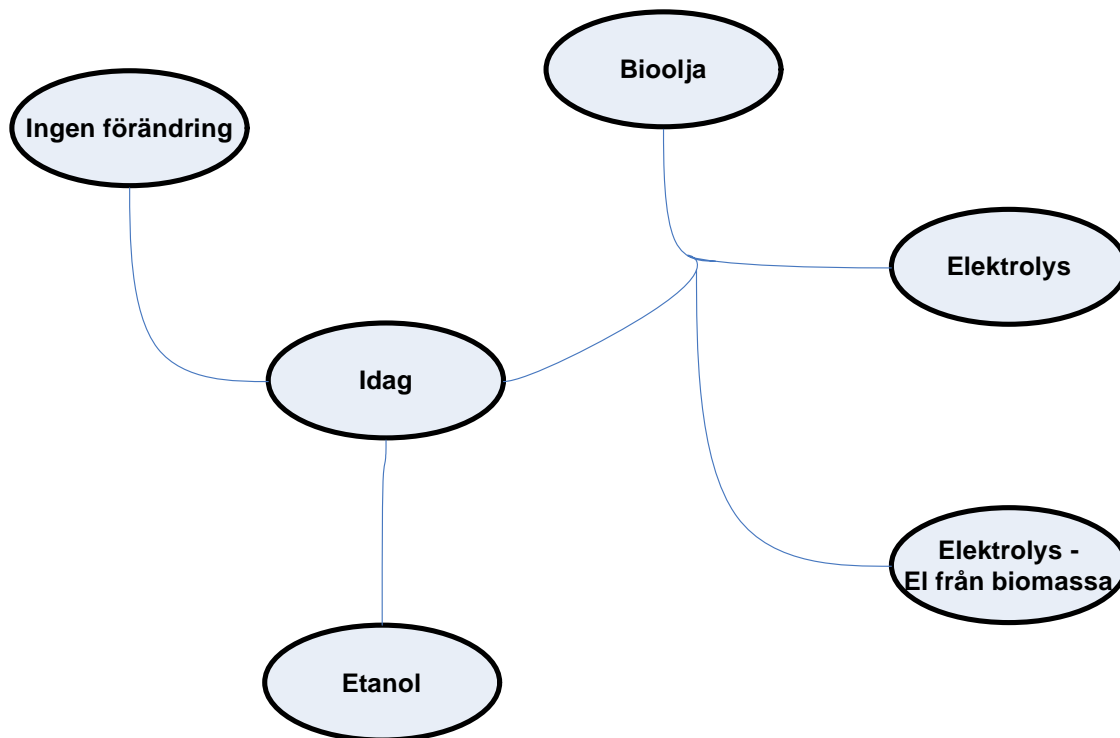
Faktorn ekonomi har bedömts som viktig i scenario 3, medan ekonomin satts till att vara av mindre vikt i scenario 2. Växthuseffekten har satts till att påverka miljön medan opinionen är positiv till vätgas i båda scenarierna.

Scenario 2 baserar sig på framställning och ångreformerings av bioolja medan scenario 3 diskuterar olika strategier för att framställa vätgas koldioxidneutralt med hjälp av elektrolys. Det andra scenariot är mindre ekonomiskt än det tredje, men har andra fördelar t.ex. logistik.

I det fjärde scenariot, etanol, är opinionen negativt inställd mot vätgas, oljetillgången är begränsad, växthuseffekten påverkar miljön, ingen utveckling av ny teknik mot bränsleceller sker och ekonomin är viktig. De olika scenarierna sammanfattas i tabell 4.3 och en översikt ges i Figur 4.2 baserad på tänkt bränsleplattform.

Tabell 4.3 Sammanfattning av de 4 scenarierna

Faktor	Utfall	Ingen förändring	Bioolja	Elektrolys	Elektrolys el från biomassa	Etanol
Växthuseffekten	Påverkar miljön		X	X	X	X
	Påverkar inte miljön	X				
Oljepris/tillgång	Oljan tar slut/blir för dyr		X	X	X	X
	Oljan räcker/förblir prisvärd	X				
Ekonomin	Viktig	X		X	X	X
	Mindre viktig		X			
Ny teknik	Bränsleceller realiseras		X	X	X	
	Bränsleceller realiseras ej	X				X
Opinion	Positiv till vätgas		X	X	X	
	Negativ till vätgas	X				X



Figur 4.2 Schematisk översikt över tänkta scenarier, grupperade efter tänkt bränsleplattform

För att kunna få reda på priset utav ersättningsplattformen måste förbrukningen av dagens bränsle vara känd. Denna är enligt statistiska centralbyrån 5 546 812 m³ bensin/år [55], vilket ger en total energiförbrukning till fordonsdrift av 244 059 728 MJ/år (67,85 GWh), vilket är den energimängd som måste ersättas. Detta motsvarar 12 913 213 m³/år eller 317 277 646 MJ/år (88,20 GWh) etanol (då förbrukningen är ca 30 % mer per mil i en etanolmotor) och 5 956 800 kNm³ eller 79 154 506 MJ (22,00 GWh) vätgas/år om verkningsgradskillnaden, 37 % mot 12 %, tagits i beaktande [56, 57]. Det är alltså dessa mängder som måste tillverkas för att täcka dagens behov av bränsle och är de riktvärden som används i scenarierna 2-4. Då det logistiska problemet att transportera vätgasen verkar vara det som ställer till störst bekymmer, då alla nuvarande metoder är antingen osäkra (tryckkärl) eller dyra (metallhydrider), väljs en annan ansats. Det kommer att kalkyleras på 100 uppsättningar av varje processalternativ, ett antal som vi valt efter att ha studerat befolkningsdensitet och logistiska begränsningar, och därför dimensioneras varje anläggning till en 1/100 av det totala energibehovet. Detta gör också att problem med alltför stor uppskalning av de nu befintliga anläggningarna undviks samtidigt som en del logistiska bekymmer kan undvikas.

Den huvudsakliga forskningen inom fordonsindustrin är idag framförallt inriktad på att utveckla förbränningsmotorer som blir allt mer effektiva [58]. Målet är att fordonen skall kunna färdas lika långt, eller till och med längre, på samma mängd bränsle som idag. Detta skall kunna ske samtidigt som motorerna framställer tillräckligt med energi för att försörja alla de nya funktioner som en bil utrustas med, som till exempel färdatorer, air condition och större stereoanläggningar.

Den forskning som bedrivs internt på Volvo har inte storskalig produktion av fordon som drivs med koldioxidneutrala bränslen som mål inom en överskådlig framtid. Det går att säga att forskningen sker mest på en experimentell basis och utan reella ambitioner att skapa strategiska positioner inom dagens marknader.

Detta kapitel återger de vindtunneltester som gjorts av de olika scenarier som byggts. Vindtunneltesterna är en kombination av detaljgranskning och detaljuppbyggnad. De resulterar i en kostnad att framföra ett fordon per mil och investeringsbelopp per MJ bränsle. Vindtunneltesterna sammanfattas slutligen och resulterar i att ett scenario accepteras eller förkastas i kapitel 6.

5 Scenarier

Tidigare har de olika scenarierna namngetts och i korthet beskrivits. Nu kommer de att brytas ner mer på detaljnivå och deras beståndsdelar, det vill säga de antaganden eller förutsättningar som medföljer dem, kommer att analyseras för att avgöra om ett scenario är konsekvent och möjligt. Med möjligt menas att scenariot inte får bygga på antaganden som är så pass orimliga att de inte kommer att kunna infalla.

5.1 Scenario 1: Ingen förändring

Scenario 1, *Ingen förändring*, bygger på antagandet att fossila bränslen även fortsättningsvis kommer att vara standard som bränsle för fordon.

Scenariots grundförutsättning är att oljan kommer att finnas i tillräcklig mängd under en överskådlig framtid för att det skall vara ekonomiskt försvarbart att utvinna den för bränsleframställning.

Vidare förutsätts att växthuseffekten påvisats vara obetydligt påverkad av koldioxidutsläppen från fordon. Växthuseffekten visar sig bero på framförallt naturliga källor (förruttnelseprocesser av växter och djur etc.). De klimatförändringar, och de katastrofala följder som förutspåtts av dessa, visar sig dessutom inte vara av den storlek som förutspåtts.

De motorer som utvecklas inom industrin kommer att följa den nuvarande trenden där förbränningsmotorerna blir allt mer effektiva och kan utnyttja mer av den energi som utvecklas vid förbränning av fossila bränslen. Fordonen kommer att kunna färdas längre och samtidigt kunna försörja alla extra funktioner (som till exempel luftkonditionering, färddatorer och bilstereo) på mindre mängd bränsle än idag.

De alternativa fordon som drivs med koldioxidneutrala bränslen visar sig inte vara ekonomiskt konkurrenskraftiga och klarar aldrig av att erövra tillräckligt stora

marknadsandelar för att kunna erbjuda ett reellt alternativ vad gäller försäljningsställen av bränsle, pris på bränsle och stordriftsfördelar vid tillverkning av fordonen.

Den infrastruktur som redan finns vad gäller transport och försäljning av bränslen effektiviseras och utvecklas vilket ytterligare stärker den befintliga standardens position.

5.1.1 Oljan

Prognoserna som sagt att oljan kommer att ta slut inom 40 år fortsätter att ha samma tids-horisont. Nya källor upptäcks samtidigt som de redan befintliga visar sig innehålla mer olja än vad som tidigare uppskattat. I kombination med en allt mer effektiv industri och med förbränningsmotorer förväntas oljan kunna räcka över en överskådlig framtid.

Utvinningen av oljan blir också mer effektiv och således sjunker utvinningskostnaderna, vilket leder till att det blir ekonomiskt försvarbart att utvinna allt större mängder ur källorna.

I kombination med att världsordningen stabiliseras och risken minskar för oroligheter i områden med oljerikedomar sjunker priset ytterligare, något som får oljan att kvarstå som det i särklass mest ekonomiskt konkurrenskraftiga bränslet på marknaden.

5.1.2 Växthuseffekten

Den så kallade växthuseffekten visar sig förvisso värma upp jorden, men forskningsresultat visar att endast en försvinnande del beror på utsläppen av koldioxid från fordon. De stora bidragskällorna visar sig främst vara naturligt bidrag från hav och land och är en del av jordens naturliga förändringsprocesser. Motivet att byta till koldioxidneutrala bränslen för att hindra eller minska jordens uppvärmning försvinner således till stor del.

Växthuseffekten visar sig också bidra till klimatförändringar, men alla de katastrofer som förutspått inträffar inte och mänskligheten anpassar sig effektivt till sin omgivnings nya natur. Inga larmrapporter och inget stort opinionstryck på övergång till koldioxidneutrala bränslen följer vilket leder till att marknaden för dessa alternativ aldrig får fart och för en allt mer tynande tillvaro. Då allmänhetens intresse sjunker minskar också investeringarna inom de utvecklingsområden som finns inom dessa nya bränslen.

När rädslan för koldioxidutsläppen, och för den globala uppvärmningen, försvinner hos allmänheten minskar, och slutligen försvinner, de politiska krafter som drivit på processen mot en övergång från olja som bas för bränslen. Utan det politiska trycket stiftas inte heller lagar eller förordningar som tvingar biltillverkarna att ställa om sin produktion mot nya motorer.

5.1.3 Fordonens utveckling

Fordonsindustrin följer marknadskrafterna i sin utveckling och försäljning av fordon. Lagstiftning och förordningar är den alternativa kraften som kan tvinga industrin att styra marknaden istället för att följa den.

Då ingen brist på olja råder, som pressar upp priset på bensin, uppstår ingen press på industrin att förändras från detta håll. Marknaden visar ingen efterfrågan på alternativa fordon då dessa kostar mer och bränslet inte är lika lättillgängligt då antalet försäljningsställen är betydligt färre än de för bensin och diesel.

Då inte opinionen, och det därifrån härstammande marknadstrycket, uppstår i växthus-effektens spår ställs inte heller något krav på omställning inom industrin. Utan dessa krafter försvinner också det ekonomiska motivet att utveckla alternativa motorer och istället förstärks forskningsansträngningarna att utveckla mer effektiva förbränningsmotorer för dagens bränslen. Resultatet blir en fortsättning och förstärkning av dagens trender.

5.1.4 Infrastruktur för bränsle – Bensinstationer och transporter

Infrastrukturen kring bränsle för fordon fortsätter att utvecklas för att uppnå större synergieffekter och stordriftsfördelar. Trenden att utnyttja det faktum att fordon måste stanna för att skaffa bränsle till merförsäljning utvecklas ytterligare.

En begränsning för utvecklingen är dock att hanteringen av livsmedel i detta scenario inskränks då lagar och förordningar kraftigt kommer att reglera hantering av mat i anslutning till förvaring och försäljning av det cancerogena bränslet.

5.2 Scenario 2: Bioolja

I scenario 2, *Bioolja*, så kommer en plattform som bygger på en Pyrolysisprocess för att framställa bioolja och sedan vätgas att undersökas. Denna process bygger på en snabb upphettning av biomassa under inerta betingelser, med ett utbyte från trä till olja på ca 70-75% [35], och resultatet är en vätska med en vattenlöslig och en oljelöslig fraktion, som innehåller 75-80% organiskt material [38]. Denna olja går sedan till en ångreformeringsreaktor där oljan omvandlas till vätgas via reaktion med vatten. Denna teknik är mer ekonomiskt fördelaktig jämfört med traditionell förgasning då det är möjligt att sälja den ligninhaltiga fraktionen av oljan som ett fenolsubstitut, detta till halva priset av fenolpriset d.v.s. 0,44 \$ [39].

5.2.1 Val av framställningsmetod

Det finns tre tänkbara alternativ för tillverkningen av vätgas från biomassa med denna metod.

Den första metoden är att tillverka biomassa och vätgas på en central plats och transportera dit biomassan.

Det andra alternativet är att tillverka både bioolja och vätgas i många mindre fabriker ute vid sågverk etc. där biomassan finns och sedan transportera vätgasen dit där behovet finns.

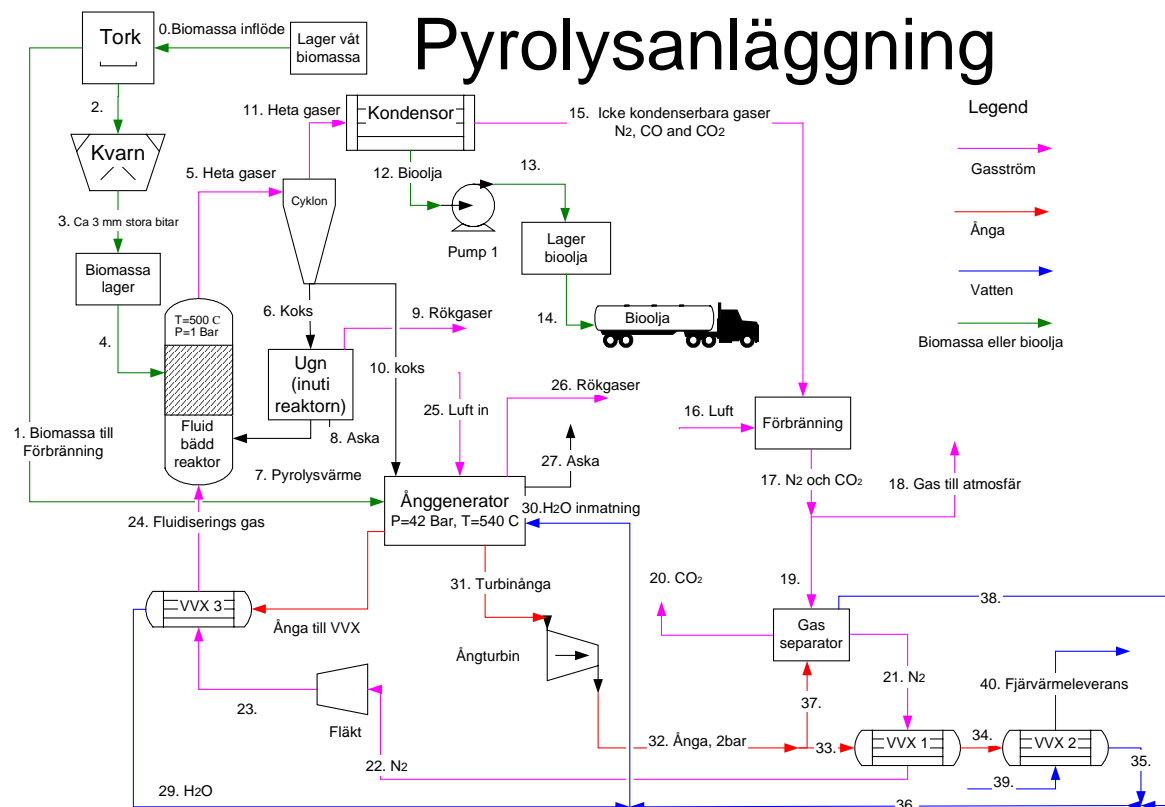
Det tredje, och det alternativ som vi valde, är att lägga många små anläggningar för tillverkning av bioolja ute vid sågverk och liknande anläggningar där biomassa finns. Sedan transportera oljan via pipelines till större anläggningar där vätgasen tillverkas. Alternativet valdes dels för det minimala behovet av logistik, transport av biomassa sker bara korta sträckor till närmsta pyrolysanläggning, dels då det finns säkerhetstekniska problem med att transportera vätgas längre sträckor, både med lastbil och med pipelines. Även det faktum att det finns stordriftsfördelar med att ha vätgasproduktionen centraliserad och undvika allt för lång transport av väte var avgörande vid valet.

5.2.2 Processöversikt

Detta avsnitt ger en kort inblick i det arbete som lagts ner på att göra en korrekt kostnadsbedömning av scenariots tekniska lösning. För den som är intresserad står alla beräkningar att finna i appendix A.

5.2.2.1 Biooljattillverkning

Det första delsteget för att tillverka vätgas från biomassa är att göra den till en olja och hur det går till redovisas i figur 5.1.



Figur 5.1 Flödesdiagram över pyrolysanläggningen

Nedan följer en kort genomgång av processflödena, vilket kan ge en viss uppfattning om funktioner utan att allt för mycket av tekniken lyfts fram.

Inflödet till reaktorn (ström 4) bör vara små partiklar då det krävs bra värmetransport; av denna anledning måste biomassa gå genom en kvarn. Före malningen så måste dock biomassa torkas för att undvika överflödigt vatten i produkten. Värmen som måste tillföras för torkningen kommer från förbränning av en delström av den torkade biomassa (ström 1).

Kvarnen är en dyr förbehandling och står för ca 50% av de rörliga kostnaderna. Storleken på partiklarna som lämnar kvarnen bör vara mindre än 3 mm [41]. För att undvika produktionsstopp så installeras två lager, ett för fuktig (ström 0 ut) och ett för torr biomassa (ström 3 går in och ström 4 ut).

Pyrolys är en högttemperaturprocess där biomassa vid atmosfärstryck omvandlas utan syre till en olja. Temperaturen bör vara ca 500°C i gasfasen och uppehållstiden i reaktorn ligger kring 2 s eller mindre. Olika reaktortyper har testats men det är den fluidiserade bädden som föredras i denna applikation då den är lättare att skala upp till större, kommersiella anläggningar.

Biomassan sönderdelas till en kombination av fast koks (ström 10), gas (ström 15), ångor och aerosoler (ström 12). Koks från cyklonen används för att generera värme till reaktionen (ström 7), men också till att generera ånga i ånggeneratorn/ångpannan (ström 8). De varma reaktionsgaserna snabbkyls i kondensorn med ett köldmedium som håller -5 °C vilket ger produkten: bioolja (ström 12). Biooljan lagras (ström 13 in och 14 ut) innan den transporteras vidare till en ångreformeringsanläggning, här symboliserat med en tankbil, vilket är en möjlighet, men i beräkningarna utgår vi ifrån ett pipelinesystem. Den fluidiserande gasen som används i reaktorn är N₂ (ström 24) och denna gas recirkuleras från gasseparatorn (ström 19 in, strömmar 20, 21 och 38 ut) som separerar N₂ från de andra icke kondenserbara gaserna. Den andel CO som finns i gasen förbränns i en reaktor innan den kommer fram till separatorn (ström 15 in, 16 och 17 ut). Den fluidiserande gasen värmeväxlas sedan två gånger innan den går in i reaktorn (ström 21 in på kalla sidan vvx 1 och ström 22 ut; ström 23 in kalla sidan vvx 3 och ström 24 ut).

Utbytet som är viktbaserat är, när trä används, minst 70% bioolja, 15% koks och 15% icke kondenserbara gaser; däremot så erhålls 62% bioolja, 26% koks och 12% icke kondenserbara då rörsockeravfall används [42].

Fjärrvärme produceras i VVX 2 (ström 34 in på varma sidan och ström 29 in på kalla sidan; ström 35 ut från varma sidan och ström 40 ut kalla sidan) där den ånga som använts till att producera el i turbinen (ström 31 in och 32 ut) används. Denna ström används också till att värma den fluidiserande gasen i VVX 1 (ström 33 och 34) och en del av ångan (ström 37) används för att regenerera adsorptionsmediet.

5.2.2.1.1 Ekonomi för biooljaanläggningarna

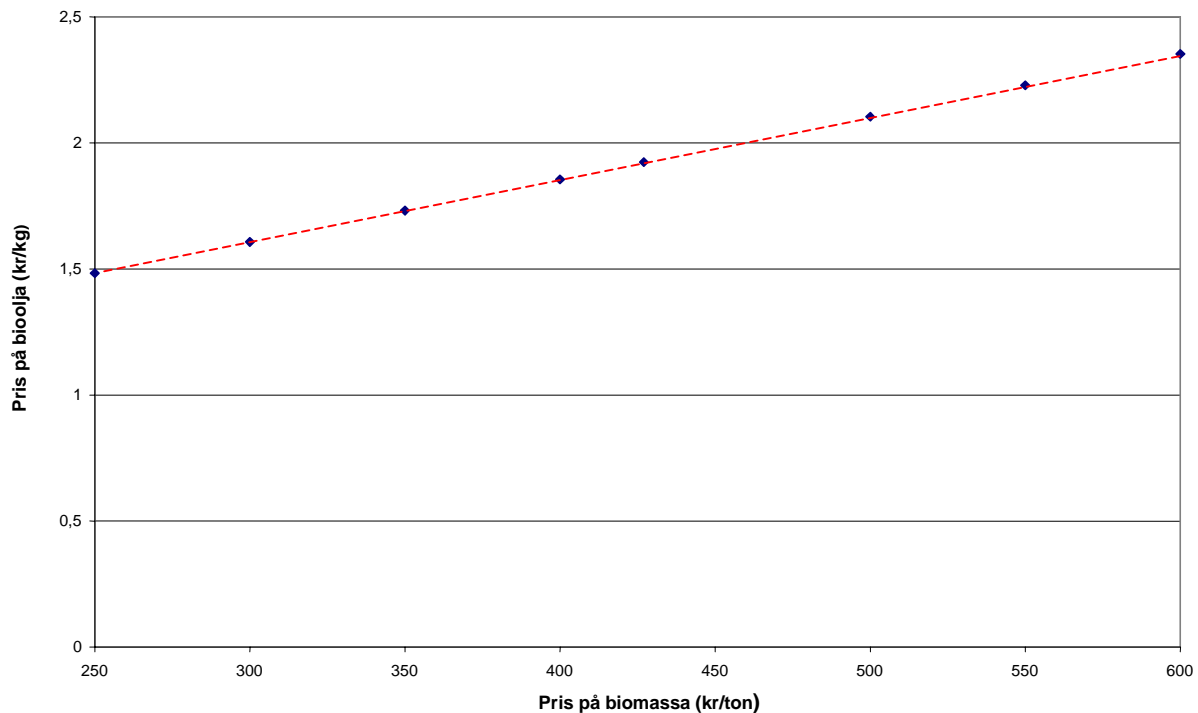
För den fabrik som visas ovan har samtliga processtegen kostnadssats som redovisas i Tabell 5.1 där även procenten av den totala investeringskostnaden redovisas.

Tabell 5-1 Investeringsbelopp för biooljaanläggning

	Kostnader för enhetsoperationerna (SEK)	Procent
Biomassalager	85 770	0,44%
Tork och Kvarn	2 538 900	13,15%
Lager av torr biomassa	120 079	0,62%
Fluidiserandebäddreaktor	2 401 574	12,44%
Cyklon	257 311	1,33%
Ugn (inuti reaktorn)	1 286 557	6,67%
Ångpanna	2 132 469	11,05%
SCR	2 500 000	12,95%
Kondensator	3 216 393	16,66%
Pump 1	187 623	0,97%
Biooljalager	14 474	0,07%
CO förbränning	20 000	0,10%
Gasseparator	1 522 426	7,89%
VVX 1	225 148	1,17%
VVX 2	616 475	3,19%
Fläkt	75 478	0,39%
VVX 3	150 098	0,78%
Turbin	1 951 279	10,11%
Investeringsbelopp nivå 1(SEK)	19 302 055	
Tillägg för kontrakt och oförutsett	15%	
Tillägg för byggnader och processer	25%	
Investeringsbelopp nivå 2(SEK)	27 746 704	

Kostnadsindelningen följer Ulrich [22] rekommendationer när det gäller byggnader och oförutsedda kostnader, se under investeringsbelopp nivå 2. De dyraste enhetsstegen är turbinen, kondensator, NO_x-reningen, reaktorn och förbehandlingen vilka motsvara en 10-15% av investeringskostnaden. Då den uppskattade livslängden på fabriken är 15 år [58] så användes denna livstid även som ekonomisk livslängd. Då räntan antogs vara 15% (realränta) och livslängden 15 år samt att investeringskostnaden var känd kunde de fasta kostnaderna per kg bioolja beräknas till 1,05 SEK. Då motsvarar de rörliga kostnaderna 87 öre eller 45% av den totala kostnaden per kg.

Då de beräkningar som beskrivs i Appendix A utförs erhålls alltså ett pris för bioolja på 1,92 SEK/kg (utspädd med 17% vatten) och den variabel som slår hårdast på priset är kostnaden för biomassan. Studeras Figur 5.2 ges att bioolja priset stiger med ungefär 0,24 öre per kg för varje krona per ton som biomassa priset stiger.



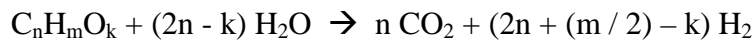
Figur 5.2 Priset på biomassas inverkan på biooljepriset

Priset på bioolja påverkar naturligtvis priset på vätgas i förlängningen och denna osäkerhet slår också igenom där. En annan parameter som slår hårt på vätgaspriset är förhållandet mellan biomassa och fluidiserande gas; i litteraturen varierar denna parameter mellan 1:5 och 1:10 och ovan användes 1:6. Anledningen är att förvärmningen av fluidisationsgasen är det steg som kräver mest ånga och om förhållandet sjönk till 1:3 skulle vätgaspriset bli 16% lägre och vice versa, om förhållandet är 1:9 så stiger priset med 16%.

Om biomassans pris sätts till noll så kommer kurvan i Figur 5.2 att skära y-axeln i punkten 0,59 kr/kg. I det här fallet är det hur mycket kapitalet kostar (avskrivningar+ränta) för att bygga anläggningen samt övriga rörliga kostnader räknat per kg bioolja.

5.2.2.2 Ångreforming av bioolja

I denna anläggningstyp sönderdelas den bioolja som produceras i de mindre anläggningarna till vätgas och koldioxid enligt formeln:



Eftersom många av de oxygenerade ämnena är termodynamiskt instabila kommer de att sönderfalla termiskt och om en nickelbaserad katalysator används kan en nästan fullständig omsättning uppnås.

Den del av biooljan som omvandlas till vätgas, den vattenlösliga fraktionen, matas in i ångreformeringsreaktorn. Ett problem är att denna del av biooljan är svår att förånga utan att det bildas koks i munstycket och flera olika munstycken för detta ändamålet har föreslagits [36]. Förhållandena för den katalytiska ångreformingen av bioolja är lik nafta ångreformingen och samma kommersiella katalysatortyp kan användas, t. ex UCI-90C eller ICI 46 serien [38]. Fördelen med att ångreformera biooljan är att det kräver få enhetssteg, det krävs t.ex. inget avsvavlingssteg som det gör vid naftareforming.

När det gäller reningen av vätgasen så finns det två möjliga alternativ nämligen membranrening och rening genom tryck adsorptions förändringar (pressure swing adsorption, PSA); Figur 5.3 och 5.4 visar de olika alternativen.



Figur 5.3 Membranprocess

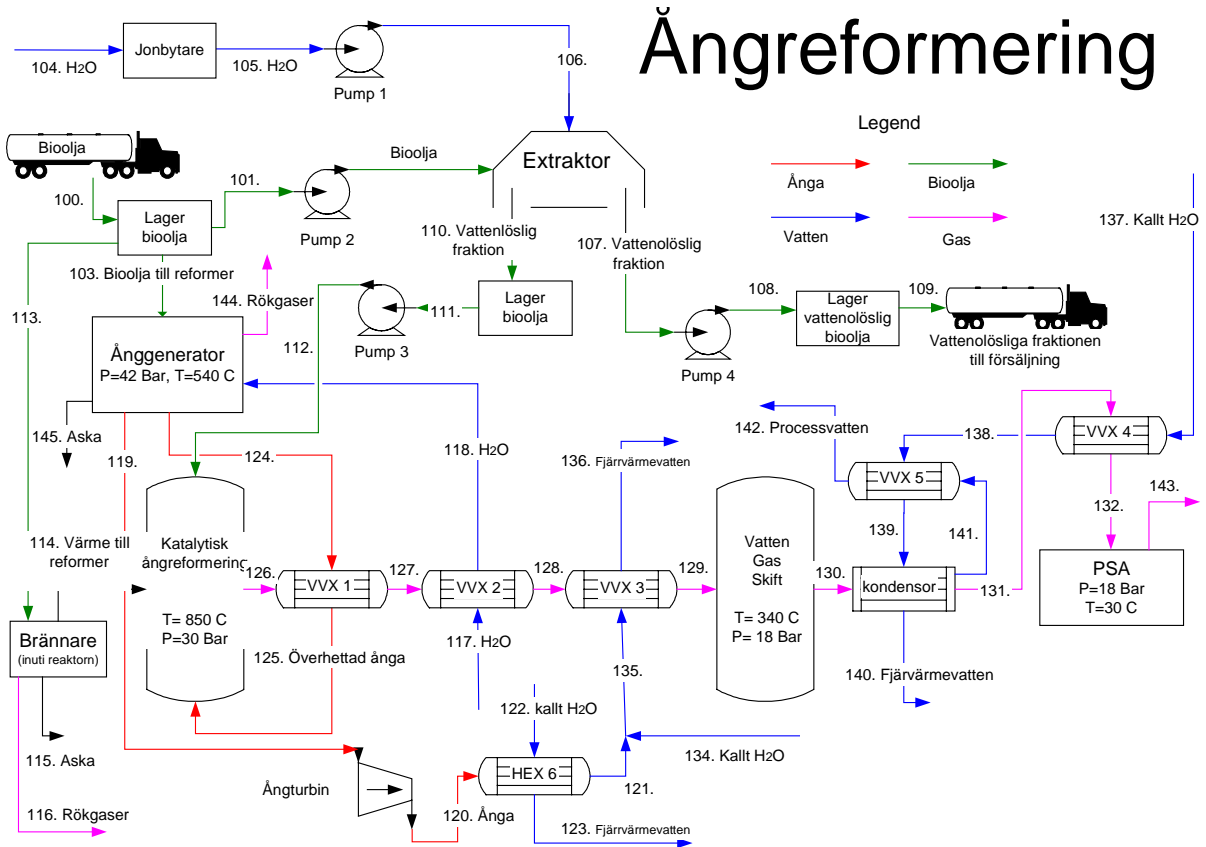


Figur 5.4 Pressure swing adsorption process

Det alternativ som vi valt är PSA då detta är den mest kommersiella metoden och dessutom den billigaste, även om den är förhållandevis kostsam.

5.2.2.2.1 Processöversikt vätgasframställning från bioolja

Hur själva ångreformeringsprocessen lösts rent tekniskt åskådliggörs i Figur 5.5 och den efterföljande processgenomgången är för att ge en känsla för processen utan att det blir för tekniskt.



Figur 5.5 Flödesschema för ångreformeringsanläggningen

Biooljan transporteras från pyrolys anläggningarna med hjälp av pipelines, i Figur 5.5 symboliserat med en tankbil, och lagras i en tank innan den används (ström 100 in och 101 ut). Delar av biooljan pumpas till extraktorn (ström 102) där den blandas med avjonat vatten (ström 106) och delas i två fraktioner, en vattenlöslig fraktion (ström 107) och en vattenlöslig fraktion (ström 110) som ångreformerar i anläggningen. Denna fraktion pumpas, efter att ha passerat ett mellanlager, in i reaktorn (ström 112) där den reagerar med ånga (ström 125).

De heta gaser som lämnar reaktorn (ström 126) går igenom ett värmväxlarbatteri, VVX 1 2 och 3, som både överhettar och förvärmer ångan som ska gå in i reaktorn (ström 124 och 117) och värmer upp fjärrvärmevatten (ström 136). Gaserna (ström 129) håller nu en lämplig temperatur för att gå in i vattengasskiftreaktorn där gaserna reagerar vidare och ytterligare

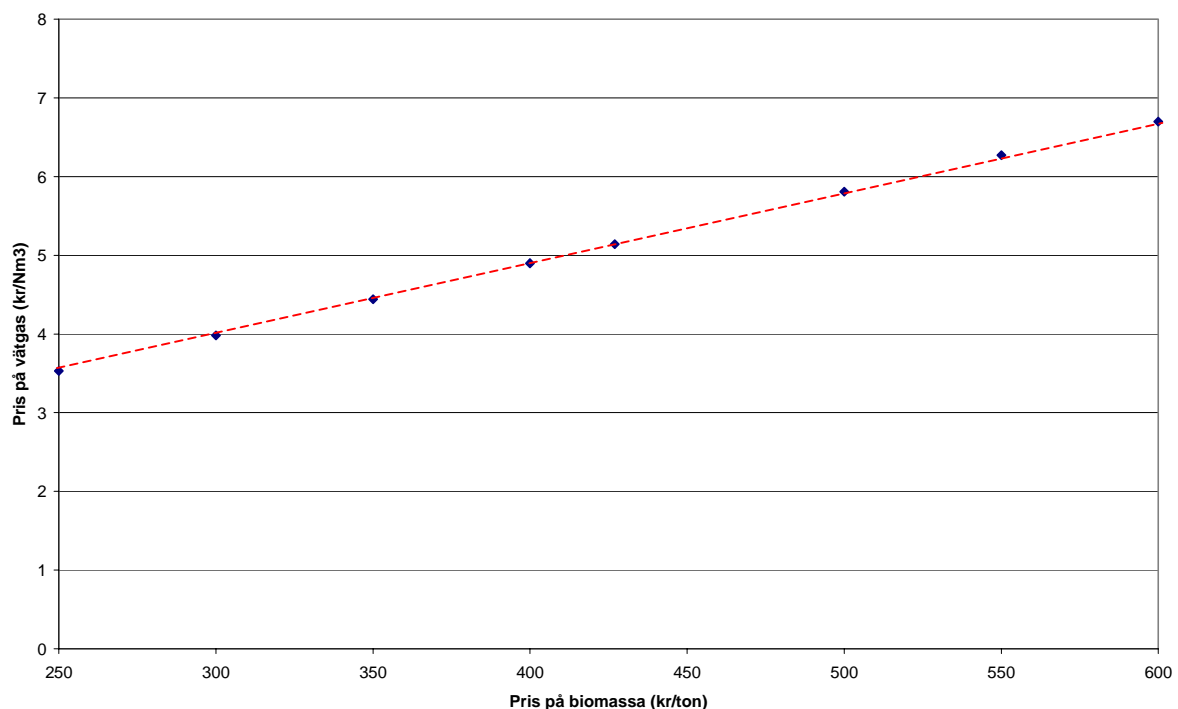
värms. De utgående gaserna (ström 130) går genom kondensorn (ström 130 in och 131 och 141 ut på varma sidan och ström 139 och 140 ut på kalla sidan). Gaserna passerar sedan genom VVX 4 för att kylas ytterligare innan de renas till ren vätgas i PSA:n.

Ångreformeringsreaktionen är endoterm och därför måste energi tillsättas, något som görs genom förbränning av bioolja (ström 113) i brännare på utsidan av reaktorväggen för att värma reaktortuberna.

För att tillgodose energibehovet i fabriken används en ångturbin (ström 119 in och 120 ut). Energiförbehovet kommer främst från de pumpar som flyttar biooljan, speciellt den som trycker in oljan i reaktorkärlet. Den ångström som används för att tillverka el (ström 119) kommer ifrån ångpannan som även den eldas med bioolja. All överflödigt värme används för att tillverka fjärrvärme i VVX 3 och 5.

5.2.2.2 Ekonomi för ångreformeringsanläggningen

Om biooljan kan köpas för produktionspris resulterar det i ett vätgaspris på 5,14 kr/Nm³ H₂, men detta pris är naturligtvis beroende utav det råvarupris som satts på biomassan. Figur 5.6 visar ett linjärt beroende där priset på vätgas (Kr/Nm³) stiger med strax under 1 öre för varje krona som priset stiger för ett ton biomassa.



Figur 5.6 Vätgaspriset variation med biomassapriset

Om biomassans pris sätts till noll så kommer kurvan i Figur 5.6 att skära y-axeln i punkten 1,0 Kr/Nm³ vilket är det hur mycket kapitalet kostar (avskrivningar+ränta) för att bygga anläggningen samt övriga rörliga kostnader räknat per kg bioolja.

När det gäller olika processparametrar som påverkar vätgaspriset så är det förhållandet mellan ånga och kol som är det mest avgörande. En ökning av faktorn från 5 till 7 skulle ge en ökning med 5% av vätgaspriset och om det sänks från 5 till 3 skulle priset minska med 5% denna faktor hade dock påverkat väsentligt mer om inte försäljningen av fjärrvärme hade haft en buffrande effekt.

För den fabrik som visas i Figur 5.5 har samtliga processteg en kostnadssats vilket redovisas i tabell 5.2. I Tabellen har även processtegens procent av den totala investeringskostnaden redovisats.

Tabell 5-2 Investeringsbeloppet uppdelade på enhetssteg

	Kostnad för enhetsoperation (SEK)	Procent
Jonbytarkolonn	536 066	0,420%
Biooljalager	289 475	0,227%
Pump 1	168 861	0,132%
Pump 2	82 554	0,065%
Extraktor	4 825	0,004%
Reaktorbiooljalager	289 475	0,227%
Pump 3	187 623	0,147%
Pump 4	82 554	0,065%
Lager för biooljaförsäljning	241 230	0,189%
Ångpanna	6 397 407	5,008%
SCR	7 500 000	5,872%
Turbin	2 626 721	2,056%
VVX 6	536 066	0,420%
Ångreformeringsreaktor	3 966 885	3,106%
VVX 1 (superheater)	2 144 262	1,679%
VVX 2	1 393 770	1,091%
VVX 3	1 072 131	0,839%
Reaktor för vattengskiftreaktionen	192 984	0,151%
VVX 4	2 144 262	1,679%
VVX 5	1 608 197	1,259%
Kondensator	268 033	0,210%
PSA	96 000 000	75,157%
Investeringsbelopp nivå 1(SEK)	127 733 380	
Tillägg för kontrakt och oförutsett	15%	
Tillägg för byggnader och processer	25%	
Investeringsbelopp nivå 2(SEK)	183 616 734	

Kostnadsindelningen följer Ulrich [22] rekommendationer när det gäller byggnader och oförutsedda kostnader, se under fasta kostnader 2. Det överlägset dyraste enhetssteget är PSA där gasen renas för att kunna användas i bränslecellerna som står för 75% av investeringsbeloppet utav dessa anläggningar.

Då den uppskattade livslängden på fabriken är över 25 år [60] så användes denna livstid även som ekonomisk livslängd och även här användes realräntan 15%. Detta gav fasta kostnader på 1,14 öre per Nm^3 producerad H_2 medan de rörliga kostnaderna var 4,0 kr per Nm^3 producerad H_2 eller 78% av totalkostnaden.

5.2.3 Total processekonomi

Den totala kostnaden för en enskild pyrolysanläggning, som kan bestämmas genom att summera de fasta kostnaderna för varje enhetssteg, blir 27 747 kSEK/anläggning (byggnader ingår med +25% och det har lagts till 15% för oförutsedda utgifter allt enligt Ulrich [22]). För att tillgodose en reformeranläggning så krävs det 48 pyrolysanläggningar (15 om el kan köpas in) vilket ger en summa av 1 331 842 kSEK och då tillkommer en kostnad utav 397 517 kSEK för själva reformeranläggningen, summa 1 729 359 kSEK

För att tillgodose det totala vätgasbehovet över landet behövs det 100 uppsättningar av 48 pyrolysanläggningar och en reformeranläggning, vilket skulle ge en total investeringskostnad på 1 729 359 456 kSEK. Då skulle totalförbrukningen bli 53 114 880 m^3 biomassa vilket skulle motsvara 53% av den årliga tillväxten i Sverige. Detta skulle innebära att tillväxten måste ökas med 36% för att tillgodose det nuvarande behovet från virke och pappersindustrin och det nya behovet till bränsle.

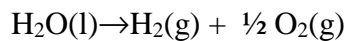
Det pris som erhålls på vätgas med ovanstående resonemang är 5,14 kr per Nm^3 producerad H_2 vilket skulle motsvara 4,58 kr/mil då en bensinförbrukning av 0,9 l/mil har satts som standard, och detta är dessutom bara tillverkningskostnaden.

5.3 Scenario 3a: Elektrolys

Även i scenario 3a, *Elektrolys*, baserar sig på att tekniken utvecklas mot vätgas men att det samtidigt är möjligt att köpa koldioxidneutral el i tillräcklig mängd. För övrigt är förutsättningarna för detta scenario de samma som för scenario 2. Fokuset på elektrolys ger dock en annan fokus på kostnaden då denna metod anses vara mer kostnadseffektiv.

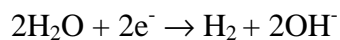
5.3.1 Processöversikt

Att dela upp vatten i vätgas och syrgas gjordes för första gången på 1800 talet, reaktionen som sker i elektrolysören är:

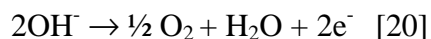


Det är samma reaktion som sker i en bränslecell fast då går den åt andra hållet och elektronerna används för att utföra ett arbete. För att reaktionen skall ske krävs det tillsats av en elektrolyt, vanligtvis lut, då vatten är en dålig jonisk ledare:

Katodreaktion:

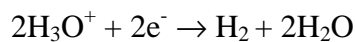


Anodreaktion:

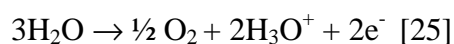


Ett annat alternativ är att använda en syra som elektrolyt och då ser reaktionerna ut såhär:

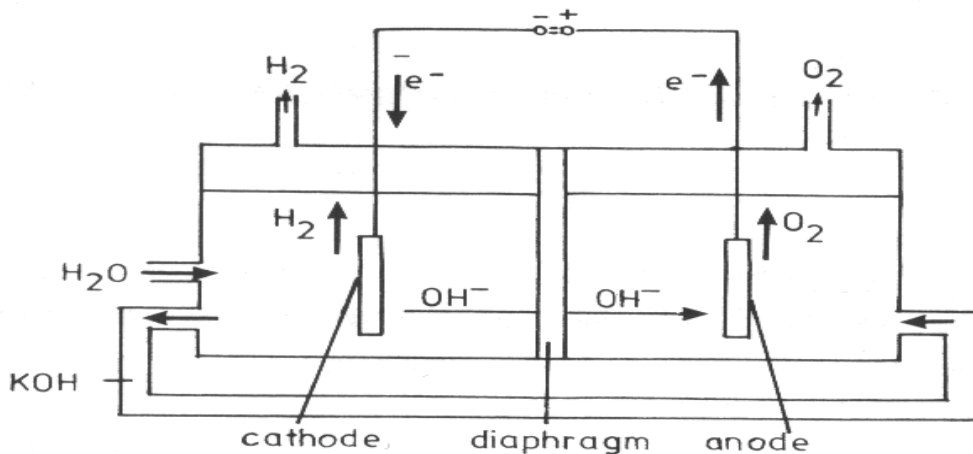
Katodreaktion:



Anodreaktion:



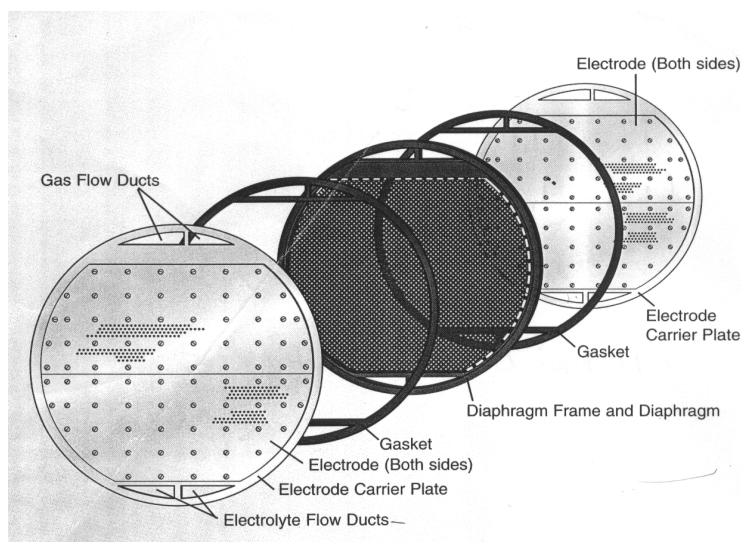
Nästan alla kommersiella reaktorer använder KOH som elektrolyt. En schematisk översikt på en elektrolyscell ges i figur 5.7.



Figur 5.7 Schematisk översikt av elektrolyscell

Huvudbeståndsdelarna av en elektrolysör är katod, anod och separatorn. Katoden måste vara korrosionsbeständig mot elektrolyten, vara en god elektrisk ledare, bevara sin struktur och katalysera omvandlingen till vätgas. Anoden måste i sin tur också vara korrosionsbeständig mot elektrolyten, vara en god elektrisk ledare och katalysera omvandlingen till syrgas. De båda elektroderna separeras ifrån varandra med ett icke permeabelt membran eller diafragma.

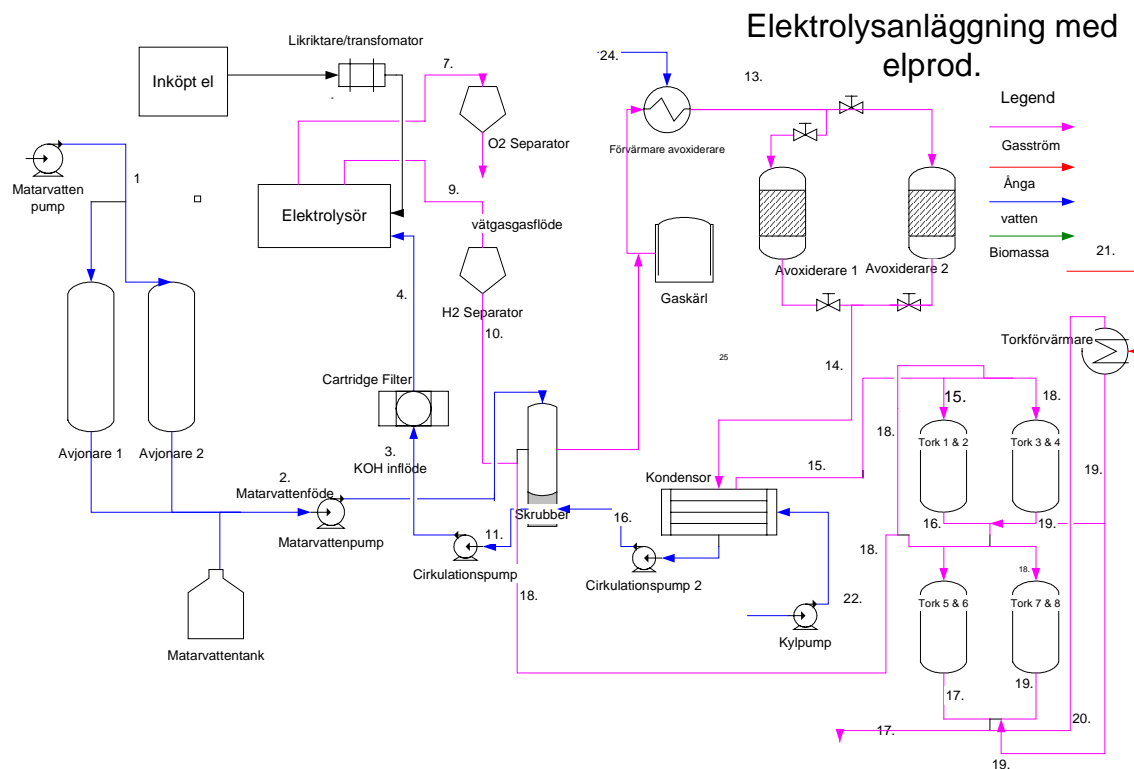
Industriella elektrolysörer består av ett antal celler, eller elektrodpar, som kan sättas ihop antingen som monopolära tankar eller som bipolära filterpressceller. Den första typen är lättast att tillverka och även billigast, den ger dock större spänningsförluster och ojämn spänningsdistribution, därför har vi valt en bipolär modell att projektera. I den bipolära, se Figur 5.8, används väggarna som elektriska ledare och fungerar både som katod och anod. Fördelarna med denna konstruktion är att de har lägre inre resistans och lägre energiförluster.



Figur 5.8 Översikt över en cell i en bipolär elektrolysör

Det finns många tillverkare av kommersiella elektrolysörer på marknaden och de flesta använder som tidigare nämnts KOH som elektrolyt och använder sig av det bipolära cellsystemet. Det finns också exempel på elektrolysörer som verkar vid förhöjt tryck, men är oftare undantag än regel.

Den anläggning som har räknats fram i Appendix B finns återgiven i figur 5.9 och den efterföljande processgenomgången gäller både scenario 3a och 3b.



Figur 5.9 Översikt över elektrolysanläggningen utan ångpanna

I denna anläggning omvandlas först den inköpta elen till ström av rätt karaktär och styrka i likriktaren/transformatorn för att sedan matas in i de olika cellerna i elektrolysören. Reaktionsgaserna, H₂ (ström 9) och O₂ (ström 7), går vidare till varsin separator där vattnet avskiljs. Syrgasen säljs medan vätgasen renas vidare. Vätet går vidare till en skrubber (ström 10 in och 25 ut) där resterna av KOH avskiljs, därefter går gasen till ett mellanlager för att sedan, efter värmning, avoxideras i katalytiska reaktorer (ström 13 in 14 ut). Därefter kondenseras det mesta av vattnet ut i kondensorn (ström 14 in och 15 ut) innan gasen torkas till slutlig kvalitet i de olika silikagel torkstegen.

Vattnet till elektrolysören avjonas i ett avjoningsstorn (ström 1 in och 2 ut) som är regenererbart för att sedan gå vidare till en skrubber (ström 10 in och 25 ut) där det används för att avskilja KOH från gasen. Det KOH haltiga vattnet pumpas sedan vidare till elektrolysören (ström 4 in Och 7 och 9 ut) efter att ha passerat genom ett filter (ström 3 in och 4 ut) för att avskilja eventuella partiklar från fyllkroppar etc.

5.3.2 Processekonomi

Alternativet med elektrolys enligt scenario 3a ger en total investeringskostnad på 513 434 kSEK för varje elektrolysanläggning och för elektrolysfabriken ovan har samtliga processteg kostnadssats, vilket redovisas i Tabell 5.3 där även procenten av den totala investeringskostnaden redovisas.

Tabell 5-3 Investeringsbelopp för elektrolysanläggningen om el kan köpas in

	Investeringsbelopp (SEK)	Procent
Rökgasrening	10 000 000	2,73%
Matarvattentank	257 311	0,07%
Matarvattenfilter	482 459	0,13%
Elektrolysör	163 200 000	44,50%
Skrubber	1 483 830	0,40%
Gasmellanlager	3 377 213	0,92%
Värmare	262 672	0,07%
Avoxiderare	1 525 377	0,42%
Kylare	750 492	0,20%
Tork	11 323 716	3,09%
Värmare till tork	562 869	0,15%
Buffertank	1 929 836	0,53%
VVX till fjärrvärme	22 782 787	6,21%
Vätgaslager	148 800 000	40,57%
Investeringsbelopp nivå 1(SEK)	366 738 562	
Tillägg för kontrakt och oförutsett	15 %	
Tillägg för byggnader och processer	25 %	
Investeringsbelopp nivå 2(SEK)	513 433 987	

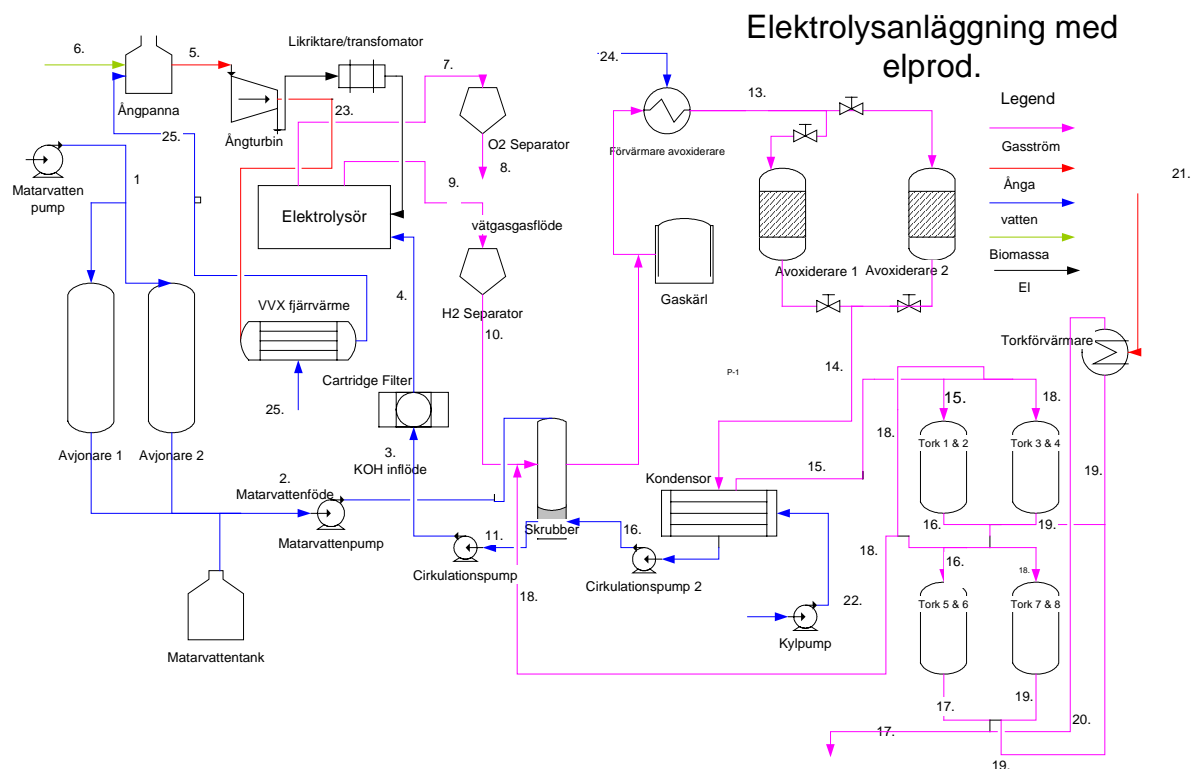
Kostnadsindelningen följer Ulrichs [22] rekommendationer när det gäller byggnader och oförutsedda kostnader, se under fasta kostnader 2, och de dyraste processtegen är elektrolysören och vätgaslagret. Då den uppskattade livslängden på fabriken är över 20 år [60] således användes 20 år som ekonomisk livslängd.

Då det krävs 100 fabriker blir den totala investeringskostnaden 513 433 987 kSEK. Priset på en kubikmeter väte beräknades till 2,91kr/Nm³ efter att anläggningen skrivits av på 20 år med en internränta på 15% och de fasta kostnaderna motsvarar 1,47 kr och de rörliga 1,44 kr/m³ vätgas eller 49%. Detta skulle motsvara 2,59 kr/mil och den totala elförbrukningen blir med denna metod 28 TWh vilket motsvarar 7 kraftverk med Barsebäcks kapacitet [63].

5.4 Scenario 3b: Elektrolys, el från biomassa

I scenario 3b, *Elektrolys, el från biomassa*, så används samma anläggning som i scenario 3a men den el som används kommer ifrån förbränning av biomassa och el-genereringen sker på plats, något som gör processalternativet robustare och mer motståndskraftigt mot yttre faktorer.

5.4.1 Processöversikt



Figur 5.10 Översikt över elektrolysanläggningen med ångpanna

Denna anläggning fungerar på samma sätt som den första elektrolysanläggningen, den enda skillnaden är tillägget av en ångpanna (ström 6 in och 5 ut). Denna ger ånga till en ångturbin (ström 5 in) och överskottsånga (ström 23) blir fjärrvärme i en värmeväxlare.

5.4.2 Processekonomi

Scenario 3b kostar lite mer i investeringskostnad än scenario 3a då det har tillkommit ett enhetssteg. Den investering som måste göras är 583 650 kSEK per anläggning och den totala investeringskostnaden blir 583 650 000 kSEK för totalt 100 anläggningar. Det resulterar i ett vätgaspris på 4,39 SEK/Nm³ då biomassan kostar 427 kr/ton och anläggningen skrivs av på 20 år [60] till en internränta av 15%. Då utgör de fasta kostnaderna 1,67 kr och de rörliga 2,72 kr/m³ vätgas, vilket resulterar i en kostnad av 3,48 kr/mil.

Då används 3200 ton biomassa per timme, motsvarande $3,5 \cdot 10^7$ m³ årligen, vilket är ungefär 36% av den årliga tillväxten i Sverige. Om tillväxten av biomassa ökas med 18% kan detta behov tillgodoses jämte övriga industrier.

För elektrolysfabriken som visas i Figur 5.10, med ångpanna, har samtliga processteg kostnadssats vilket redovisas i Tabell 5.4 där även procenten av den totala investeringskostnaden redovisas.

Tabell 5-4 Investeringsbelopp för en elektrolysanläggning med el-generering på plats

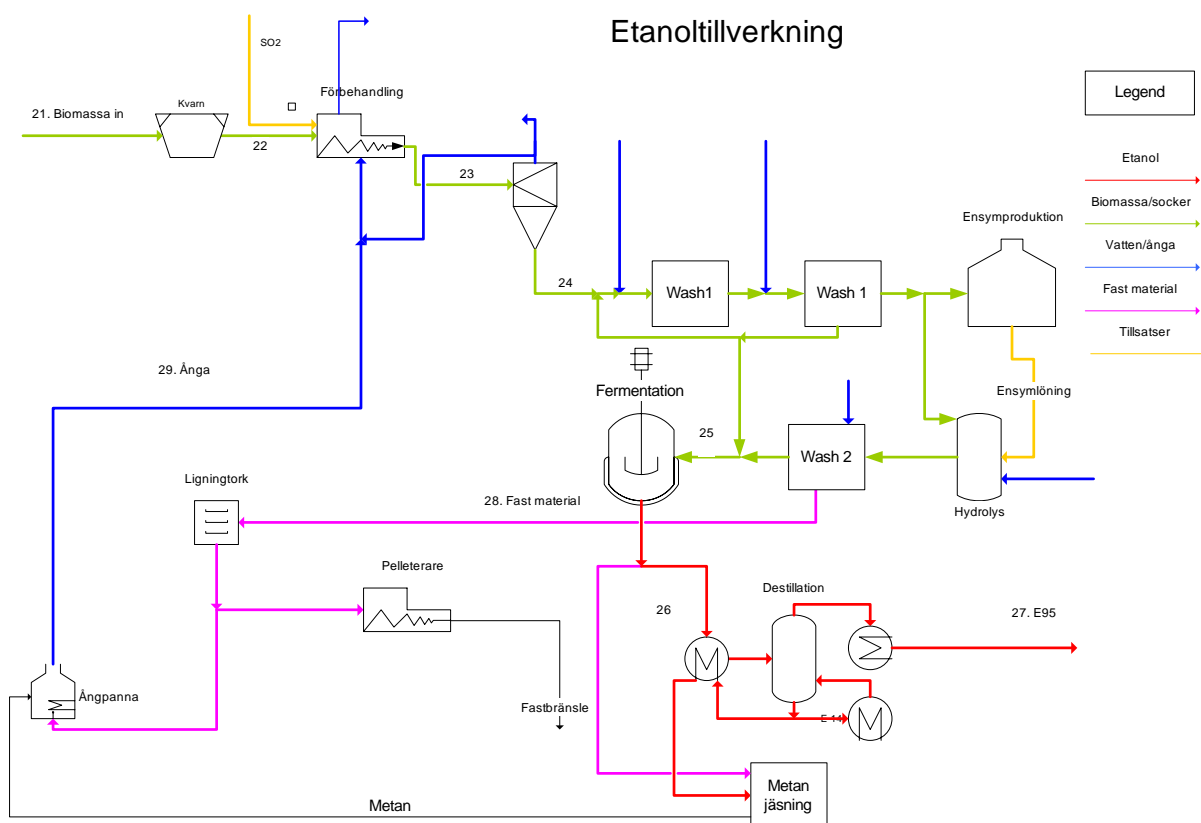
	Investeringsbelopp (SEK)	Procent
Ångpanna	42 649 377	10,23%
Ångturbin	7 504 918	1,80%
Rökgasrening	10 000 000	2,40%
Matarvattentank	257 311	0,06%
Matarvattenfilter	482 459	0,12%
Elektrolysör	163 200 000	39,15%
Skrubber	1 483 830	0,36%
Gasmellanlager	3 377 213	0,81%
Värmare	262 672	0,06%
Avoxiderare	1 525 377	0,37%
Kylare	750 492	0,18%
Tork	11 323 716	2,72%
Värmare till tork	562 869	0,14%
Buffertank	1 929 836	0,46%
VVX till fjärrvärme	22 782 787	5,46%
Vätgaslager	148 800 000	35,69%
Investeringsbelopp nivå 1(SEK)	416 892 857,00	
Tillägg för kontrakt och oförutsett	0,15	
Tillägg för byggnader och processer	0,25	
Investeringsbelopp nivå 2(SEK)	583 650 000	

5.5 Scenario 4: Etanol

Scenario 4, *Etanol*, har till skillnad från de tidigare återgivna scenarierna inte beräknats av författarna utan resultaten härstammar från två avhandlingar som återges [47-48]. Dessa avhandlingar har gjorts vid institutionen för kemiteknik vid LTH och behandlar likväl produktionsmetoder som kostnader för dessa.

5.5.1 Processöversikt

Den process som har studerats i avhandlingarna är en sackarifika- och fermentationsprocess där cellulosa först omvandlas till mindre sockerarter som sedan jäses till etanol. Det stora problem som måste lösas i denna process är att de olika processerna bör köras vid olika temperaturer (30°C respektive 50°C) och diverse kompromisser måste därför göras. Ett sätt att utforma processen har gjorts av von Sivers och Zacchi [47] vilket återges i figur 5.11.



Figur 5.11 Etanoltillverkning baserad på hydrolysis och jäsnig av cellulosa [47]

Biomassan förbehandlas först i en kvarn (ström 21 in och ström 22 ut). Därefter förbehandlas den med ånga (ström 22 in och 23 ut med biomassa samt ström 29 in med ånga) och SO₂.

Efter förbehandlingen så tvättas biomassan och en del socker kan föras till jäsningen. Återstoden går dels till enzymproduktion, dels till hydrolyskärlet där produktion av enzymer och omvandling från cellulosa till sockerarter sker. Den ström som går in i fermentationen (ström 25) innehåller alltså jäsbara sockerarter vilka jäses till alkohol (ström 26). Denna etanolhaltiga ström uppgraderas sedan till 95% etanol via destillation (ström 27). Den återstod som inte kan omvandlas till sockerarter (ström 28) används till att elda med i ångpannan för att generera ånga till processen (ström 29) och överskottet kan säljas som bränsle. En del av sockret används också till att jäsa metan som används till ånggenereringen.

5.5.2 Processekonomi

Den fabrik som redovisas för ovan har ett inflöde av biomassa på 698 060 ton per år och producerar 129 024 m³ etanol per år vilket betyder att det behövs 100 anläggningar för att täcka årsbehovet. Investeringskostnaden har beräknats med hjälp av en uppskalingsmetod [48] och blev 178 300 kSEK. Livslängden på anläggningarna är 15 år och realräntan har satts till 15% [47] vilket ger rörliga kostnader på 1,8 kr per liter och fasta kostnader på 2,23 kr per liter eller 55%. Anledningen till att räntan har satts till 15% är att detta är den ränta som använts i dessa avhandlingar och den har även genomgående använts i scenario 2, 3a och 3b för att förenkla jämförelser.

Med ett literpris på 4,03 kr per liter blir milkostnaden ca 4,70 kr. Den totala mängden trä som behövs för att tillverka etanol i erforderlig mängd motsvarar 69 806 000 årston, vilket innebär att den årliga tillväxten måste öka med 7%.

I kapitel 6 kommer en genomgång av de olika kostnader och möjligheter som finns för varje scenario att sammanfattas. Vidare kommer scenariernas minsta gemensamma nämnare identifieras för att på så sätt kunna bygga en portfölj av strategiska optioner i enighet med Williamsons teori.

6 Analys

I detta kapitel kommer en genomgång av de olika kostnader och möjligheter som finns för varje scenario att sammanfattas. Vidare kommer scenariernas minsta gemensamma nämnare att identifieras för att vi på så sätt ska kunna bygga en portfölj av strategiska optioner i enighet med det tredje steget i Williamsons modell. Med minsta gemensamma nämnare avses de satsningar som kan ge utdelning oavsett vilket av scenarierna som visar sig inträffa.

Viktigt att notera är att i vindtunnelundersökningen är det inte sannolikheten för att det scenario som undersöks skall inträffa som är under prövning, utan det är den realistiska möjligheten. Skillnaden mellan sannolikheten och den realistiska möjligheten är att sannolikheten beskriver hur stor chansen är att ett scenario förverkligas. För att ett scenario skall vara möjligt (realistiskt) krävs det att det inte strider mot naturlagar eller är inkonsekvent. Det är till exempel inte att anse som möjligt att gå på vatten och således skulle ett scenario som kräver att så är möjligt dömas bort som ej realistsikt.

I kapitel 5 genomfördes en detaljerad uppbyggnad, en process som fungerar som vindtunneltestning då eventuella felaktigheter eller inkonsekvenser avslöjas. Vidare framkommer eventuella omöjligheter (här avses inte osannolikheter) som medför att ett scenario bör förkastas. I detta kapitel summeras och analyseras resultaten från kapitel 5, varpå de olika scenarierna kan accepteras eller förkastas.

6.1 Scenariernas realistiska möjligheter – vindtunnelundersökning

6.1.1 Ingen förändring

Scenariot som bygger på att det nuvarande, petroleumbaserade drivmedlet för fordon fortsätter att vara standard är beroende av att de identifierade faktorerna följer de nuvarande trenderna samt att oljeresurserna visar sig inte vara på upphällning.

I dagsläget är trenden inom fordonstillverkningen att gå mot allt mer energieffektiva fordon med minskad förbrukning som resultat. Detta i kombination med att scenariot bygger på att oljeresursernas ändlighet är kraftigt överskattad (nya resurser upptäcks alternativt att de befintliga visar sig vara större än uppskattat) medför att dessa drivmedel kommer att fungera ekonomiskt över en överblickbar framtid. Det kommer således inte att finnas några ekonomiska incitament att frångå denna befintliga lösning. Detta antagande stärks av att jordens oljeresurser har antagits räcka under 40 år till sedan minst 50 år tillbaka. Vi antar således att denna del av scenariot är realistiskt.

Vidare bygger scenariot på att växthuseffekten visar sig vara en naturlig följd av jordens klimatväxlingar och endast marginellt beror på utsläppen från fordon. Denna del av scenariot stärks av ett splittrat forskarsamhälle där somliga, om än en minoritet, har denna åsikt. Historiskt har det visat sig att det inte alltid är den mest populära teorin som varit den rätta varför denna del av scenariot kan antas vara realistiskt.

Opinionen, som skulle vara den kraft som starkast drev på utvecklingen mot att frångå fossila bränslen samt lagstiftning mot beskattning av fossila bränslen, är i detta scenario obefintligt sedan växthuseffekten och dess negativa konsekvenser inte längre kan tillskrivas koldioxidutsläppen. Kopplingen mellan antagandet om koldioxidens påverkan på växthuseffekten och utvecklingen av opinionen är här konsekvent och kan antas vara rimligt och realistiskt i enlighet med resonemangen angående växthuseffekten.

Teknikfaktorn av scenariot är mycket realistiskt då dagens teknik är befintlig och utvecklingsarbetet sker i huvudsak på detta område inom fordonsindustrin.

Det finns i scenariot inga motsägelsefulla antaganden eller uppgifter som direkt strider mot varandra.

Sammanfattningsvis går det att dra slutsatsen att scenariot som bygger på ingen förändring är i sin uppbyggnad konsekvent och i sin rimlighet inom de realistiska gränserna. Således kan detta scenario beaktas som en möjlig framtid.

6.1.2 Bioolja

I detta scenario kring bioolja har en metod att tillverka vätgas från biomassa undersökts. Den teknik som måste realiserats för att göra detta till ett möjligt framtidsscenario är en vidare utveckling/förbättring av befintliga vätgasbränsleceller. Att detta lyckas bedöms som högst sannolikt, med tanke på vilka resurser som läggs på sådan forskning årligen, både från universitet och privata företag, och stora framsteg som gjorts.

Att det kommer att behövas ett skifte i bränslestrukturen mot ett koldioxid neutralt bränsle motiveras dels med att den större delen av forskarsamhället tror att den mängd koldioxid som släpps ut leder till en nettouppvärmning av jorden, dels med att de oljeresurser som hittats börjar sina och att inga nya fyndigheter påträffas så priserna stiger.

Dessutom antas opinionen ha vänt till vätgasens fördel då den upplevda risken bedömts som mindre än de upplevda fördelarna. Trots att kostnaden för drivmedlet i detta scenario redan från början kunde antas vara högre än för de andra koldioxidneutrala alternativen så har andra tekniska fördelar såsom logistik etc. gjort att detta alternativ valts.

Trots detta ligger kostnaden per mil på 4,6 kr alltså lägre än dagen bensinpriser, men detta belopp är inklusive skatt. Så långt är alla antaganden realistiska, men då det gäller tillgången på biomassa så skulle det krävas en tillväxtökning på 36 % för att bevara nuvarande biomassa uttag och samtidigt tillgodose fordonsbränslebehovet.

Det finns i scenariot inga motsägelsefulla antaganden eller uppgifter som direkt strider mot varandra.

Sammanfattningsvis kan man dra slutsatsen att scenariot som bygger på bioolja är i sin uppbyggnad konsekvent men inte tekniskt hållbart med avseende på råmaterial vilket gör att detta scenario inte kan betraktas som en möjlig framtid.

6.1.3 Elektrolys

Detta elektrolysscenario bygger på en annan teknik för att framställa vätgas koldioxidneutralt, nämligen elektrolys och precis som i bioolja scenariot så bygger detta på en realisering av vätgasbränsleceller. Detta alternativ bygger dock på mer välkänd och kostnadsoptimerad teknik, något som också syns på milkostnaden 2,6 kr.

Liksom i det föregående scenariot förutsätts opinionen ha svängt till vätgasens fördel och att de ändliga oljeresurserna går mot sitt slut.

Till produktionen av vätgas krävs en hel del elektricitet men det är inte orimligt att denna mängd går att tillverka koldioxidneutralt, antingen om den köps in utifrån (scenario 3a) eller tillverkas från biomassaförbränning på plats (scenario 3b).

Det finns i scenariot inga motsägelsefulla antaganden eller uppgifter som direkt strider mot varandra.

Sammanfattningsvis går det att dra slutsatsen att scenariot som bygger på elektrolys i sin uppbyggnad är konsekvent och i sin rimlighet inom de realistiska gränserna. Därför ser vi detta scenario som en möjlig framtid.

6.1.4 Etanol

När etanolscenariot planerades förutsatte vi att utvecklingen av kostnadseffektiva och resurs-snåla bränsleceller inte vara möjlig och därför valdes en annan bränsleplattform än vätgas nämligen etanol. För att framställa etanol koldioxidneutralt valdes biomassa som utgångsprodukt och vilken omvandlades till etanol.

Precis som i de tidigare koldioxidneutrala scenarierna, bioolja och elektrolys, är växthus-effekten en drivande faktor precis som den negativa opinionen mot vätgas, dessutom gäller för oljeresurserna att de är på upphällningen.

Denna metod ger dessutom en någorlunda konkurrensmässigt milkostnad, 4,7 kr, jämfört med de andra scenariernas bränslestrukturer.

Det finns i scenariot inga motsägelsefulla antaganden eller uppgifter som direkt strider mot varandra.

Sammanfattningsvis går det att dra slutsatsen att scenariot som bygger på etanol i sin uppbyggnad är konsekvent och i sin rimlighet inom de realistiska gränserna. Således betraktar vi detta scenario som en möjlig framtid.

6.2 Portföljbyggande

Efter analysen av de olika scenarierna och deras realism är nästa steg att analysera dimensionerna och försöka finna vilka hinder som kan finnas för att ett företag skall kunna utvecklas inom branschen oberoende av utvecklingen inom ramen av de framtagna scenarierna. Det gäller här att finna de eventuella hinder ett företag skulle stå inför om ett visst scenario blev verklighet och en omställning för att anpassa den övergripande strategin till denna utveckling blir nödvändig.

Matrisen i tabell 6.1 syftar till att kartlägga de olika hinder som kunnat kartläggas inom de olika scenarierna. Undantaget är ”ingen förändring” scenariot (scenario 1), detta då scenario bygger på de befintliga trenderna och marknadsvillkoren och således rör sig inom den inre boxen (mot origo i grafen) som representerar minimikravet hos ett företag som finns på marknaden idag. Även scenario 2, ”Bioolja”, är undantaget då det redan tidigare i analysen har visat sig vara ett ohållbart scenario. Kvar är de bägge Elektrolysscenarierna och Etanolscenariot, vilka alla tre har bedömts som hållbara och som även skiljer sig från dagens standard och marknad.

Vidare visar tabell 6.2 också de strategiska satsningar som kan skapa möjligheter för ett företag att överkomma dessa hinder. Det är dessa strategiska satsningar som utgör den första fyllningen av den strategiska portföljen, innan utvärdering och utvinning av den hållbara slutliga portföljen.

Tabell 6-1 Matris över scenariernas potentiella hinder för ett företag med strategisk satsning som överkommer dessa

Scenario	Hinder	Strategisk satsning
Elektrolys	El-mängd	Utveckling av effektivare elektrolyprocess Utveckling av effektivare elproduktion
	El-pris	Utveckling av effektivare elproduktion
	Lagring	Utveckling/forskning
	Bränsleceller	Utveckling/forskning
	Infrastruktur	Utveckling av befintlig struktur/Utbyggnad av ny
	NO _x -rening	Anpassning/uppskalning
	Kvarn	Effektivisera/vidareutveckla
	Tork	Utveckling av effektivare energiutnyttjande
	Infrastruktur	Utveckling av befintlig struktur
	Skogstillväxt	Investering i planteringar
Etanol	NO _x -rening	Anpassning/uppskalning
	Kvarn	Effektivisera/vidareutveckla
	tork	Utveckling av effektivare energiutnyttjande

6.3 Portföljutvärdering

Studeras den i Tabell 6-1 återgivna möjliga portföljen av strategiska satsningar framstår det snabbt att denna skulle bli både kostsam och splittrad. En portfölj av denna storlek skulle inte vara hållbar för ett företag att underhålla under den tid som skulle krävas för att realistiskt kunna utvärdera om de olika optionerna/möjligheterna kan ge utdelning. Vidare skulle det vara svårt för ett företag att trovärdigt satsa och uppmärksamma samtliga de områden som omfattas av portföljen.

De olika områden som tas upp i Tabell 6-1 innefattar områden som forskning, infrastruktur, skogsodling och energitillverkning. Som redan nämnts är det en mycket splittrad portfölj som presenteras. För att få en mer enhetlig sammansättning är det således viktigt att minska mångfalden till färre områden. De som framstår som möjliga är infrastruktur och forskning, men för att kunna göra en bättre analys och skapa en större sannolikhet för infriande av optionerna används modellens sållningsmetod, sökandet efter gemensamma nämnare.

6.4 Scenariernas minsta gemensamma nämnare - Portföljoptimering

För att kunna höja sannolikheterna för att någon av optionerna i portföljen slår in så väljs optionerna så att de ingår i så många av scenarierna som möjligt. Det gäller att identifiera optioner både utifrån ett teknikperspektiv och utifrån ett marknadsperspektiv för att hålla många möjligheter öppna inför framtiden. De alternativa optioner som har identifieras i de olika scenarierna sammanfattas i tabell 6-2.

Tabell 6-2 Identifierade optioner gemensamt för de olika scenarierna

	Väte	Etanol	Ingen förändring
Infrastruktur	X	X	X
Lagring	X	O	O
NO _x -rening	X	X	-
kvarn	X	X	-
tork	X	X	-

Den första gemensamma optionen för alla scenarierna är att bevara och utveckla den infrastruktur som finns med bensinmackar, livsmedel/jourbutiker etc. Dessa måste möjligen modifieras med avseende på vilket bränsle som är aktuellt.

En annan gemensam faktor är att bränslet måste lagras. Detta är tekniskt löst för etanol och ingen förändring krävs vilket det gör för väte. Även om denna satsning på vätagaslagring kan verka vara ensidigt inriktad mot vätgas är den dock så grundläggande att den inte kan uteslutas.

Den teknik som behövs i alla scenarierna är NO_x-rening, som därför tas upp som en av de optionerna med högst sannolikhet för att ge avkastning i framtiden. För de scenarier som behandlar tillverkning av bränsle från biomassa är det aktuellt att förbehandla denna med torkning och malning så dessa ingår i optionsutbudet.

6.5 Den tredje dimensionen

Nu när en optionsportfölj har formulerats gäller det att inte bara vänta på att dessa förverkligas utan att jobba för att öka sannolikheten att just dessa optioner realiserar. Det gäller således att inte bara fokusera på det som direkt kan ge avkastning utan även det som förbereder samhället på ett skifte, t.ex. som i detta fall mot vätgassamhället. I det här fallet skulle sannolikheterna att vätgasen etableras som en ny standard ökas om externa satsningar sker i t.ex. företag som forskar inom vätgaslagring/bränsleceller. Denna tes stöds även av de resultat som presenterades i tabell 6.2.

När det gäller etanolen är infrastrukturella satsningar, såsom tankstationer, det som bäst skulle gynna dessa optioner. En sådan satsning skulle även gynna efterfrågan på fordon med etanol som drivmedel och på så sätt skulle även sannolikheten ökas för ett skift i samhället mot denna standard.

Dessutom gäller att identifiera marknadens rytm så att optionsportföljen kan uppdateras enligt det mönster som föreslagits i bild 2.3.

Här presenteras de slutsatser som kan dras med uppsatsen som utgångspunkt. Först redogörs för hur den föreslagna modellen har varit tillämpbar och hållbar. Därefter kommer den föreslagna portföljen att presenteras.

7 Slutsatser

Här presenteras de slutsatser som framkommit i och med uppsatsen. Först redogör vi för hur den föreslagna modellen har varit tillämpbar och hållbar. Därefter presenterar vi den föreslagna portföljen.

7.1 Modellens tillämpbarhet

Efter att ha studerat möjliga scenarier för framtida bränslen för fordon, och då med inriktning mot koldioxidneutrala bränslen, har vi funnit att vår framtagna modell har varit tillämpbar för att finna tillfredsställande resultat för den aktuella undersökningen.

Vi har på ett strukturerat och metodiskt sätt arbetat fram scenarier som analyserats för att fastställa att de är hållbara eller att de bör förkastas. Scenarierna har sedan vidare analyserats för att finna gemensamma nämnare, faktorer, som värderats och analyserats för att kunna användas för att bygga en optionsportfölj. Den slutliga optionsportföljen består av strategiska satsningar som skall skapa största möjliga potential för att kunna generera vinst, och samtidigt minska risken för felaktiga investeringar, åt ett bränsletillverkande företag i Sverige. Metoden har således framgångsrikt kunnat tillämpas för att finna en investeringsportfölj i enlighet med vårt syfte för uppsatsen.

Vidare har införandet av en omvärldsfaktor inte medför några inkonsekvenser i Williamsons ursprungliga teori. Den tredje dimensionen påvisar snarare hur strategierna kan användas utanför företaget för att katalysera utvecklingen av marknaden åt det håll som gynnar företagets strategiska investeringar mest.

Metoden att använda scenariobyggnad som analysinstrument är beprövad, och även om scenarier i sig inte är vetenskapligt styrka prognoser så fungerar metoden effektivt för att hantera det kraftigt ökade antalet frihetsgrader i analyserna som uppstår då en omvärldsfaktor inkluderas.

Med modellen har vi möjliggjort studier av framtida möjliga utvecklingar och hur dessa kan passa in i ett strategiskt investeringsperspektiv. Vidare har modellens styrka varit att den har tillåtit studier av strategiska satsningar inte bara inom företagets egna kunskaper och förmågor, utan även i den allmänna teknik- och affärsutvecklingen.

Vi upplever att modellens styrka sannolikt kan komma mer till sin rätt i områden med mer tydliga tekniska avgränsningar och där de tekniska lösningarna direkt kan antagas vara avgörande för utgången av ett standardkrig. Vi skulle således föreslå att modellen i framtida studier används på fler områden där standardkrig är uttalat närstående eller kan förutspås.

Vi tror också att modellen kan komma att vara till stor nytta för både företag och forskningsinstitutioner för att kunna påvisa direkta vinster i investeringar i grundforskning. Just investeringar i grundforskning nämns oftast som investeringar för framtiden, men saknar ofta konkreta och tydliga motiveringar. Vi tror vår modell kan tillhandahålla just dessa.

7.2 Föreslagna strategiska satsningar i enlighet med portföljen

I analysen identifierades först ett större antal områden som har strategisk betydelse för de inriktningar som ett bränsleföretag kan välja vad gäller möjliga alternativ för koldioxid-neutrala bränslen. Dessa områden kopplades samman med de satsningar som krävs för att finna lösningar på de hinder som finns för att en viss lösning skall bli en strategisk framgång. Slutligen renodlades de områden som identifierats med avseende på att finna de satsningar med störst sannolikhet till framtida utfall, i detta fall de områden som identifierats som de olika scenariers minsta gemensamma nämnare, det vill säga att det är gemensamma för de olika scenarierna.

Nedan, i Tabell 7.1, återges resultatet, den portfölj av strategiska satsningar som föreslås samt inriktning på dessa satsningar.

Tabell 7.1 Slutligt förslag till strategisk portfölj.

Område för strategisk satsning	Typ av strategisk satsning	Inriktning på strategisk satsning
Infrastruktur	Utveckling av befintlig Utbyggnad av ny	Utveckling av befintliga försäljningsställen med avseende på flexibilitet för nya bränslen samt utveckling av verksamheten, t.ex. butiksverksamheten.
Lagring	Utveckling/forskning	Utveckling av ny lagringsteknik för lagring och transport av vätgas.
NO_x-rening	Anpassning/uppskalning	Utveckling av teknik för storskalig NO _x -rening för industriellt bruk.
Kvarn	Effektivisera/vidareutveckla	Utveckling av teknik för processen vid storskalig produktion.
Tork	Effektivare energiutnyttjande	Utveckling av energisnålare processer.

Denna portfölj skulle vara ett bra val för strategiska investeringar för det bränsletillverkande företag som vill försäkra sig om att hålla sina optioner på den framtida marknaden öppna. Detta kan åstadkommas utan att tvingas till avhållsamhet från strategiska satsningar och gör att ett företag kan ligga i framkanten av marknaden och utvecklingen oavsett vilken standard som vinner.

7.3 Förslag till framtida forskning

Då denna studie har renderat i två resultat, en syntetiserad modell och en föreslagen strategisk portfölj, är det med två inriktningar som vi skulle vilja föreslå fortsatt forskning. Det är dels att på modellnivå pröva modellens giltighet, dels en konkret validitets prövning av den föreslagna portföljen.

På modellnivån, det vill säga prövandet av giltigheten hos modellen, skulle vi vilja föreslå att den testas i studier på fler områden. Det vore även mycket intressant att pröva den på områden där det inte är främst tekniska omvärldsfaktorer som kan komma att falla inom den tredje dimensionen. Dessa faktorer skulle kunna vara av samhällsutvecklingskaraktär, till exempel politisk eller värderingsmässig, och den strategiska satsningen skulle kunna vara i form av lobbyarbete.

För den strategiska portföljen föreslås två forskningsområden. Dels skulle en uppföljningsstudie av portföljen vara intressant för att studera det fiktiva utfallet av portföljen, dels skulle det vara av intresse att utveckla portföljer även för andra företag som berörs av omställningen till alternativa bränslen. Det skulle till exempel vara fordonstillverkare eller forskningsföretag.

8 Referenser

8.1 Löpande referenslista

- 1 Williamson, P. J., "Strategy as options on the future", *Sloan management review*, (Spring 1999) 117-126
- 2 Chermack, T.J.; Lynham, S.A.; Ruoa, W.E.A., "A review of scenario planning literature", *Future Research Quartely*, 17 (2) (2001) 9-31
- 3 Porter, M., *Competitive strategy*, Free press, New York, 1980
- 4 Ringland, G., *Scenario Planning, Managing for the future*, John Wiley & Sons, New York, 1998
- 5 Heijden, V. d., *Scenarios: The Art of Strategic conversation*, John Wiley & Sons, Chichester, 1997
- 6 Schwartz, P., *The Art of the Long View*, Bantam Doubleday Dell publishing inc., New York, 1991
- 7 Muntliga diskussioner med Tekn. Dr. Fredrik A. Silversand, Catator AB, expert åt försvarets materialverk inom bränslecellsfrågor (2004-10-15)
- 8 Holladay, J.D.; Jones, E.O.; Phelps, M; Hu, J., "Microfuel processor for use in a miniature power supply", *J. of Power Sources*, 108 (2002) 21-27
- 9 Kawatsu, S., "Advanced PEFC development for fuel cell powered vehicles", *J. of Power Sources*, 71 (1998) 150-155
- 10 Dicks, A.L., "Hydrogen generation from natural gas for the fuel cell systems of tomorrow", *J. of Power Sources*, 61 (1996) 113-124
- 11 Fairly, P.; Scott, A., "Competing to fuel the fuel cell", *Chemical Weekly*, May 1999

- 12 Heinzl, A.; Vogel, B.; Hübner, P., "Reforming natural gas – hydrogen generation for small scale stationary fuel cell systems", *J. of Power Sources*, 108 (2002) 202-207
- 13 Dudfield, C.D.; Chen, R.; Adcock, P.L., "A Carbon monoxide PROX reactor for PEM fuel cell automotive application", *International Journal of Hydrogen Energy*, 26 (2001) 763-775
- 14 Docter, A.; Lamm, A., "Gasoline fuel cell systems", *J. of Power Sources*, 84 (1999) 194-200
- 15 Emonts, B.; Hansen, B.; Jörgensen, S.L.; Höhle, B.; Peters, R., "Compact methanol reformer test for fuel-cell powered light duty vehicles", Fifth Grove Fuel Cell Symposium, Commonwealth Institute, London, U.K, Sep 1997
- 16 Dudfield, C.D.; Chen, R.; Adcock, P.L., "A compact selective oxidation reactor for PEMFC powered vehicle applications", *J. of Power Sources*, 86 (2000) 214-222
- 17 Lee, S.H.; Han, J.; Lee, K.W., "Development of 10-kW PROX system for fuel cell vehicles", *J. of Power Sources*, 109 (2002) 394-402
- 18 Muradov, N., "Emission-free fuel reformers for mobile and portable fuel cell applications", *J. of Power Sources*, 118 (2003) 320-324
- 19 Wendt, H.; Plzak, V., "Hydrogen production by water electrolysis", *Kerntechnik*, 56 (1) (1991) 22-28
- 20 Slutrapport i förprojektering, Kemisk teknologi, LTH, "Ångreforming kontra Elektrolys"
- 21 Ulrich, G. D., *A Guide to chemical engineering process design and economics*, John Wiley & Sons Inc., New York, 1984

- 22 Kirk, R.E.; Othmer, D.F., *Encyclopaedia of chemical engineering*, Wiley & Sons, London, 2004
- 23 Wendt, H., *Electrochemical Hydrogen Technologies*, Elsevier, Amsterdam, 1990
- 24 Hashimoto A.G.; Chen Y.R., "Kinetics of methane fermentation", *Biotechnology and Bioengineering symp.* 8, (1978) 269-282
- 25 Hashimoto A.G.; Chen Y.R.; Vared V.H., "Theoretical Aspects of Methane Production State of the art", *Proc., Fourth Int. Symp. of Livestock Wastes.*, ASAE, St. Joseph, MI., 1981
- 26 McElvaney J. D., "Anaerobic digester system and method", *US Patent 262784*, March 4, 1999
- 27 Fan, Y.T.; Zhang, Y.H.; Zhang, S.F.; Hou, H.W.; Ren, B.Z., "Efficient conversion of wheat straw wastes into biohydrogen gas by cow dung compost", *Bioresource Technology*, 97 (2006) 500-505
- 28 Nielsen A.T.; Amandusson H.; Bjorklund R.; Dannetun H.; Ejlertsson J.; Ekedahl L-G.; Lundstöm I.; Svensson B.H., "Hydrogen production from organic waste", *International Journal of Hydrogen Energy*, 26 (2001) 547-550
- 29 Koteswara R.G.; Ping S.; Melanie R.M., "Relative significance of environmental factors affecting hydrogen production from landfilled refuse samples", *Waste Manage Res*, 18 (2000) 453-461
- 30 Noike T.; Mizuno O., "Hydrogen fermentation of organic municipal wastes", *Water Science and Technology*, 42 (12) (2000) 155-166
- 31 Lay, J.J.; Lee, Y.L.; Noike, T., "Feasibility of biological hydrogen production from organic fraction of municipal solid waste", *Wat. Res.*, 33 (11) (1999) 2579-2586

- 32 Demirbas, A.; Karsliog, S.; Ayas, A., "Hydrogen Resources Conversion of Black Liquor to Hydrogen Rich Gaseous Products", *Fuel Science and technology Int'l.*, 12 (3) (1996) 451-463
- 33 Wang, D.; Czernik, S.; Montane, D.; Mann, M.; Chornet, E., "Biomass to Hydrogen via Fast Pyrolysis and Catalytic Steam Reforming of the Pyrolysis Oil or Its Fractions", *Ind Eng Chem Res.*, 36 (1997) 1507-1518
- 34 Chornet, E.; Wang, D.; Montané, D.; Czernik, S., "Hydrogen production by Fast pyrolysis of Biomass and Catalytic Steam Reforming of Pyrolysis Oil.", *Bio-oil Production & Utilization*, 1996
- 35 García, L.; Salvador, M. L.; Arouzo, J.; Bilbao, R., "Catalytic Steam Gasification of Pine Sawdust. Effect of Catalyst Weight/Biomass Flow Rate and Steam/Biomass Ratios on Gas Production on Gas Production and Composition", *Energy & Fuels*, 13 (1999) 851-859
- 36 Wang, D.; Czernik, S.; Chornet, E., "Production of hydrogen from biomass by catalytic steam reforming of fast pyrolysis oils.", *Energy & Fuels*, 12 (1) (1998) 19-24
- 37 Wagenaar, B.M.; Venderbosch, R.H.; Carroasco, J.; Strenziok, R.; van der Aa, B.J., "Scaling-up of the rotating cone technology for biomass fast pyrolysis.", *1st World Conference on Biomass for Energy and Industry*, 2001, James & James (Science publishers) Ltd, 1514-1518
- 38 Hydrogen production by catalytic steam reforming of fast pyrolysis oil från www.pyne.co.uk, 2001-02-11
- 39 Wang, D.; Czernik, S.; Montané, D.; Mann, M.; Chorlet, E., "Hydrogen production via catalytic steam reforming of fast pyrolysis oil fractions." *Proceedings of the 3rd Biomass conference of the Americas*, 1997, Pergamon, Oxford, 1997, 845-854

- 40 Morris, K.W.; Johnson, W.L.; Thamburaj, R., "Fast pyrolysis of biomass for green power generation.", *1st World Conference on Biomass for Energy and Industry*, 2001, James & James (Science publishers) Ltd, 1519-1524
- 41 Peacocke, G.V.C.; Dick, C.M.; Hauge, R.A.; Cooke, L.A., "Comparison of Ablative and Fluid Bed Fast Pyrolysis Products: Yields and Analyses", *Bridgwater Proceedings of 9th European bioenergy conference*, 3 (1996) 1632-1637
- 42 Czernik, S.; French, F.; Feik, C.; Chronet, E., "Production of hydrogen from biomass-derived liquids", Proceedings of the 2001 DOE Hydrogen Program Review, NREL/CP-570-30535, National BioEnergy Center, National Renewable Energy Laboratory, Golden, Colorado, USA, 2001
- 43 Chornet, E.; Wang, S.; Czernik, D.; Montané, D.; Mann, M., "Biomass to hydrogen via fast pyrolysis and catalytic steam reforming", *Proc. U.S. DOE hydrogen program rev.*, 1 (1996) 457-80
- 44 Air liquide and Air products WebPages, www.airproducts.com 2004-11-05
- 45 Hydrogen production by catalytic steam reforming of fast pyrolysis oil från www.pyne.co.uk, 2001-02-11
- 46 von Sivers, M.; Zacchi, G. A., "Techno-economical comparison of three processes for the production of ethanol from wood.", Thesis, Department of Chemical Engineering, Lund University, Sweden, October 1993
- 47 Stenberg, K., "Ethanol from softwood- process development based on steam pre-treatment and SSF.", Ph. D. thesis, Department of Chemical Engineering, Lund University, Sweden, 1999
- 48 Fong, W. S.; Jones, J. L.; Semrau, K. T., "Cost of producing ethanol from biomass.", *Chem. Eng. Prog.*, 76 (9) (1980) 39-46

- 49 Kosaric, N.; Ducnjak, Z.; Stewart, G. G., "Fuel ethanol from biomass: production economics and energy.", *Adv. Biochem. Eng.*, 20 (1981) 119-151
- 50 Wheals, A. E.; Basso, L. S.; Alves, D. M. G.; Amorim, H. V., "Fuel ethanol after 25 years.", *Tibtech.* 17 (1999) 482-487
- 51 "Scientists may develop DME as alternative clean fuel", *Chemical Business.*, 13 (8) (1999) 47
- 52 Yoshitsugi, K.; Ichizo, A., "Dimethyl ether fuel proposed as an alternative to LNG", *Oil & Gas Journal.*, 96 (1998) 55-59
- 53 http://www.scb.se/templates/tableOrChart____24302.asp, statistik för 2003
- 54 <Http://www2.hh.se/staff/gs/Energiting-2000-10.doc>, 2001-02-15
- 55 <http://www.novator.se/kretslopp/0103/34-36.pdf>, 2001-02-09
- 56 Intervju med Magnus Berntsson (2004-12-07), inköpare på Volvo och Christian Strömblad, Civilingenjör på Volvo (2004-10-23)
- 57 Muntlig diskussion med Prof. Hans T. Karlsson avd. för kemisk teknologi, LTH, 2004-10-30
- 58 Korrespondens med Thor M. Gallardo på Haldor Topsö AS, Danmark, 2004-11-02
- 59 Korrespondens med Norsk Hydros Elektrolysavdelning, Norge, 2004-11-04
- 60 Ertl, G., *Handbook of catalysis*, Wiley & Sons, New York, 1997, 1819-1842
- 61 Muntlig diskussion med Ann-Charlotte Bauer på Energikonsult A Bauer AB, 2004-11-12
- 62 <http://www.ringhals.se/index.asp?ItemId=1841&OItemID=>, 2004-10-28

8.2 Litteraturlista

8.2.1 Publicerade källor

Chermack, T.J.; Lynham, S.A.; Ruoa, W.E.A., "A review of scenario planning literature", *Future Research Quartely*, 17 (2) (2001) 9-31

Chornet, E.; Wang, S.; Czernik, D.; Montané, D.; Mann, M., "Biomass to hydrogen via fast pyrolysis and catalytic steam reforming", *Proc. U.S. DOE hydrogen program rev.*, 1 (1996) 457-80

Chornet, E.; Wang, D.; Montané, D.; Czernik, S., "Hydrogen production by Fast pyrolysis of Biomass and Catalytic Steam Reforming of Pyrolysis Oil.", *Bio-oil Production & Utilization*, 1996

Czernik, S.; French, F.; Feik, C.; Chronet, E., "Production of hydrogen from biomass-derived liquids", Proceedings of the 2001 DOE Hydrogen Program Review, NREL/CP-570-30535, National BioEnergy Center, National Renewable Energy Laboratory, Golden, Colorado, USA, 2001

Demirbas, A.; Karsliog, S.; Ayas, A., "Hydrogen Resources Conversion of Black Liquor to Hydrogen Rich Gaseous Products", *Fuel Science and technology Int'l.*, 12 (3) (1996) 451-463

Dicks, A.L., "Hydrogen generation from natural gas for the fuel cell systems of tomorrow", *J. of Power Sources*, 61 (1996) 113-124

Docter, A.; Lamm, A., "Gasoline fuel cell systems", *J. of Power Sources*, 84 (1999) 194-200

Dudfield, C.D.; Chen, R.; Adcock, P.L., "A Carbon monoxide PROX reactor for PEM fuel cell automotive application", *International Journal of Hydrogen Energy*, 26 (2001) 763-775

Dudfield, C.D.; Chen, R.; Adcock, P.L., "A compact selective oxidation reactor for PEMFC powered vehicle applications", *J. of Power Sources*, 86 (2000) 214-222

Emonts, B.; Hansen, B.; Jørgensen, S.L.; Höhle, B.; Peters, R., "Compact methanol reformer test for fuel-cell powered light duty vehicles", Fifth Grove Fuel Cell Symposium, Commonwealth Institute, London, U.K, Sep 1997

Ertl, G., *Handbook of catalysis*, Wiley & Sons, New York, 1997, 1819-1842

Fan, Y.T.; Zhang, Y.H.; Zhang, S.F.; Hou, H.W.; Ren, B.Z., "Efficient conversion of wheat straw wastes into biohydrogen gas by cow dung compost", *Bioresource Technology*, 97 (2006) 500-505

Fairly, P.; Scott, A., "Competing to fuel the fuel cell", *Chemical Weekly*, May 1999

Fong, W. S.; Jones, J. L.; Semrau, K. T., "Cost of producing ethanol from biomass.", *Chem. Eng. Prog.*, 76 (9) (1980) 39-46

García, L.; Salvador, M. L.; Arouzo, J.; Bilbao, R., "Catalytic Steam Gasification of Pine Sawdust. Effect of Catalyst Weight/Biomass Flow Rate and Steam/Biomass Ratios on Gas Production on Gas Production and Composition", *Energy & Fuels*, 13 (1999) 851-859

Hashimoto A.G.; Chen Y.R., "Kinetics of methane fermentation", *Biotechnology and Bioengineering symp.* 8, (1978) 269-282

A,G Hashimoto; Y.R. Chen; V.H. Vared, "Theoretical Aspects of Methane Production State of the art", *Proc., Fourth Int. Symp. of Livestock Wastes.* ASAE, St. Joseph, MI.

Heijden, V. d., *Scenarios: The Art of Strategic conversation*, John Wiley & Sons, Chichester, 1997

Heinzel, A.; Vogel, B.; Hübner, P., "Reforming natural gas – hydrogen generation for small scale stationary fuel cell systems", *J. of Power Sources*, 108 (2002) 202-207

Holladay, J.D.; Jones, E.O.; Phelps, M; Hu, J., "Microfuel processor for use in a miniature power supply", *J. of Power Sources*, 108 (2002) 21-27

Kawatsu, S., "Advanced PEFC development for fuel cell powered vehicles", *J. of Power Sources*, 71 (1998) 150-155

Kirk, R.E.; Othmer, D.F., *Encyclopaedia of chemical engineering*, Wiley & Sons, London, 2004

Kosaric, N.; Ducnjak, Z.; Stewart, G. G., "Fuel ethanol from biomass: production economics and energy.", *Adv. Biochem. Eng.*, 20 (1981) 119-151

Koteswara R.G.; Ping S.; Melanie R.M., "Relative significance of environmental factors affecting hydrogen production from landfilled refuse samples", *Waste Manage Res*, 18 (2000) 453-461

Lay, J.J.; Lee, Y.L.; Noike, T., "Feasibility of biological hydrogen production from organic fraction of municipal solid waste", *Wat. Res.*, 33 (11) (1999) 2579-2586

Lee, S.H.; Han, J.; Lee, K.W., "Development of 10-kW PROX system for fuel cell vehicles", *J of Power Sources*, 109 (2002) 394-402

McElvaney J. D., "Anaerobic digester system and method", *US Patent* 262784, March 4, 1999

Morris, K.W.; Johnson, W.L.; Thamburaj, R., "Fast pyrolysis of biomass for green power generation.", *1st World Conference on Biomass for Energy and Industry*, 2001, James & James (Science publishers) Ltd, 1519-1524

Muradov, N., "Emission-free fuel reformers for mobile and portable fuel cell applications", *J. of Power Sources*, 118 (2003) 320-324

Nielsen A.T.; Amandusson H.; Bjorklund R.; Dannerun H.; Ejlertsson J.; Ekedahl L-G.; Lundstöm I.; Svensson B.H., "Hydrogen production from organic waste", *International Journal of Hydrogen Energy*, 26 (2001) 547-550

Noike T.; Mizuno O., "Hydrogen fermentation of organic municipal wastes", *Water Science and Technology*, 42 (12) (2000) 155-166

Peacocke, G.V.C.; Dick, C.M.; Hauge, R.A.; Cooke, L.A., "Comparison of Ablative and fluid Bed Fast Pyrolysis Products: Yields and Analyses", *Bridgwater Proceedings of 9th European bioenergy conference*, 3 (1996) 1632-1637

Porter, M., *Competitive strategy*, Free press, New York, 1980

Ringland, G., *Scenario Planning, Managing for the future*, John Wiley & Sons, New York, 1998

Schwartz, P., *The Art of the Long View*, Bantham Doubleday Dell publishing inc., New York, 1991

"Scientists may develop DME as alternative clean fuel", *Chemical Business.*, 13 (8) (1999) 47

Slutrapport i förprojektering, Kemisk teknologi, LTH, "Ångreforming kontra Elektrolys"

von Sivers, M.; Zacchi, G. A., "Techno-economical comparison of three processes for the production of ethanol from wood.", Thesis, Department of Chemical Engineering, Lund University, Sweden, October 1993

Stenberg, K., "Ethanol from softwood- process development based on steam pre-treatment and SSF.", Ph. D. thesis, Department of Chemical Engineering, Lund University, Sweden, 1999

Ulrich Gael D, "A Guide to chemical engineering process design and economics"
John Wiley & Sons Inc., New York, 1984

Wagenaar, B.M.; Venderbosch, R.H.; Carroscio, J.; Strenziok, R.; van der Aa, B.J., "Scaling-up of the rotating cone technology for biomass fast pyrolysis.", *1st World Conference on Biomass for Energy and Industry*, 2001, James & James (Science publishers) Ltd, 1514-1518

Wang, D.; Czernik, S.; Montane, D.; Mann, M.; Chornet, E., "Biomass to Hydrogen via Fast Pyrolysis and Catalytic Steam Reforming of the Pyrolysis Oil or Its Fractions", *Ind Eng Chem Res.*, 36 (1997) 1507-1518

Wang, D.; Czernik, S.; Chornet, E., "Production of hydrogen from biomass by catalytic steam reforming of fast pyrolysis oils.", *Energy & Fuels*, 12 (1) (1998) 19-24

Wang, D.; Czernik, S.; Montané, D.; Mann, M.; Chorlet, E., "Hydrogen production via catalytic steam reforming of fast pyrolysis oil fractions." *Proceedings of the 3rd Biomass conference of the Americas*, 1997, Pergamon, Oxford, 1997, 845-854
Wendt, H., *Electrochemical Hydrogen Technologies*, Elsevier, Amsterdam, 1990

Wendt, H.; Plzak, V., "Hydrogen production by water electrolysis", *Kerntechnik*, 56 (1) (1991) 22-28

Wheals, A. E.; Basso, L. S.; Alves, D. M. G.; Amorim, H. V., "Fuel ethanol after 25 years.", *Tibtech*. 17 (1999) 482-487

Williamson, P. J., "Strategy as options on the future", *Sloan management review*, (Spring 1999) 117-126

Yoshitsugi, K.; Ichizo, A., "Dimethyl ether fuel proposed as an alternative to LNG", *Oil & Gas Journal.*, 96 (1998) 55-59

8.2.2 Muntliga källor

Magnus Berntsson, Volvo, 2004-12-07

Ann-Charlotte Bauer, Energikonsult A Bauer AB, 2004-11-12

Thor M. Gallardo Haldor Topsö AS, Danmark, 2004-11-02

Norsk Hydros Elektrolysavdelning, 2004-11-04

Hans T. Karlsson, avd. Kemiteknik LTH, 2004-10-30

Fredrik A. Silversand, Catator AB, 2004-10-15

Christian Strömblad, Volvo, 2004-10-23

8.2.3 Internetsidor

http://www.scb.se/templates/tableOrChart____24302.asp, statistik för 2003

<Http://www2.hh.se/staff/gs/Energiting-2000-10.doc>, 2001-02-15

<http://www.novator.se/kretslopp/0103/34-36.pdf>, 2001-02-09

<http://www.ringhals.se/index.asp?ItemId=1841&OItemID=>, 2004-10-28

www.pyne.co.uk, 2001-02-11

www.airproducts.com, 2004-11-05

Appendix A, beräkningar till biooljascenariot

A.1 Produktion av bioolja

Biooljan är en mörkbrun väska som innehåller över 400 olika kemiska föreningar med ett värmevärde på 16-18 MJ/kg, vilket motsvarar ca 40 % (vikt) och ca 60 % (volym) av vanliga bränslen. Oljan är en vätskeblandning av olika oxygeneterade ämnen som innehåller olika funktionella grupper såsom karbonyl-, karboxyl- och fenolgrupper, sammansättningen på en typisk bioolja kan ses i tabell 4.1 och andra egenskaper sammanfattas i tabell 4.2 [40].

Komponent	Viktprocent
Vatten	20-25
Vattenolösligt pyrolytiskt lignin	25-30
Organiska syror	5-12
Opolära kolväten	5-10
Anhydrösa sockerarter	5-10
Andra oxygeneterade ämnen	10-25

Tabell 1.1 sammansättning av typisk bioolja.

Parameter	Värde
Vatteninnehåll	20-25 %
pH	2.3-3.0
Färg	Mörkbrun
Densitet	1.2 kg/liter
Antal kemiska föreningar	Över 400
Brännvärde	16-18 MJ/kg
Kinematisk viskositet vid 80°C	3-9 cSt

Tabell 1.2 Biooljans egenskaper

Den största fördelen med att först tillverka bioolja är att det är så lätt att lagra och transportera den då det är en vätska och inte en gas, det finns dock en del bekymmer. Det går inte att lagra oljan hur länge som helst då den inte är termodynamiskt stabil utan den degraderas med tiden och temperaturen, ju högre desto snabbare.

A.1.1 Antaganden för produktion av Bioolja

För att kunna göra en uppskattning av pris etc. så har ett antal förenklingar gjorts för att göra beräkningarna möjliga.

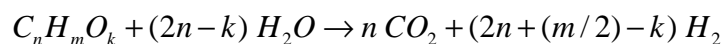
- Torr biomassa kostar 427 SEK/ton
- Biomassan som används är av samma typ som den som används för att värma hus. Denna är dock dyrare än den billigare typen av biomassa som kan erhållas som restprodukt vid sågverk etc.
- Biomassan levereras med 35 % fukthalt
- Torken har en effektivitet på 80 %
- Torkad biomassa innehåller 12 % vatten
- Kvarnen ger partiklar mindre än 3 mm
- Reaktorn är en fluidiserad bädd
- Uppehållstiden är 2 s i reaktorn
- Reaktortemperaturen är 500°C och trycket 1 atm
- Kväve används som fluidiseringsgas
- Förhållandet mellan fluidiseringsgas och biomassa är 6
- Fluidiseringsgas förvärms innan reaktorn
- Reaktionsentalpin är 2500 kJ/mol
- 70 % av biomassan blir olja, 15 % koks och 15 % icke kondenserbara gaser
- Produktgasen passerar en cyklon som skiljer av koksen från övriga gaser
- Delar av koksen bränns inuti reaktorn för att tillföra energi och resten används för att tillverka ånga
- Kondensorn har en verkningsgradskoefficient på 3,5 d.v.s 3,5 gånger så mycket kyla erhålls som el som tillförs
- De icke kondenserbara gaserna består till största del av CO och CO₂. CO omvandlas till CO₂ och släpps ut i atmosfären
- Gasseparatorn är ett adsorptionstorn med MDEA (metyldiethylethanolamin) med tillsatser, följt av ett regenerationstorn. Separationen konsumerar 60 KJ/mol när CO₂ separeras och energin kommer från lågtrycksånga
- Ånggeneratoren har en effektivitet på 70 %
- Ångturbinen har en effektivitet på 85 %

A.1.2 Beräkningsgång bioolja

A.1.2.1 Förbehandling och hjälpberäkningar

Det första som gjordes var att bestämma en räknebas (i detta fall ett kg biomassa in) till varje liten pyrolysanläggning. Detta kg förbehandlades sedan i torken och kvarnen och mängden värme och el som detta krävde beräknades. Därefter beräknades mängden biomassa som blir olja m h a det teoretiska utbytet från pyrolysis reaktionen och hur mycket av detta som är vattenlösligt och hur mycket som inte är det. Vatten tillsätts sen till extraktorn och andelen organisktmaterial i vattnet beräknades.

Genom att använda den sammansättning på bioolja som rapporterats i artiklar kan molmassan bestämmas och mängden olja översätts till mol olja. Därefter så används formeln:



För att beräkna vätgasutbytet från det första kg av biomassa och omvandlas till Nm³ vätgas.

Det ingående flödet till varje pyrolysanläggning sattes till 1000 kg/h, ett värde som valdes då det är svårt att skala upp denna process mycket mer. Då det totala behovet av vätgas är känt så är det lätt att beräkna hur många pyrolysanläggningar som behövs.

A.1.2.2 Mass och energibalanser

Mass och energibalanserna för det givna flödet 1000 kg/h. Det första steget var att beräkna energikonsumtionen i förbehandlingssteget och då användes termodynamiken för systemet luft/vatten och elektriciteten som krävs för att driva kvarnen [38]. Då det var önskvärt att ha en anläggning som inte var beroende av yttre faktorer som elproduktion etc. så måste värmeåtgången i torken beräknas innan det är möjligt att vidare beräkna ångpannans, turbinen och de olika lagrens storlekar. Det behov av elektricitet som måste täckas kommer från kvarnen, bioolja pumpen från kondensorn till lagret, fläkten som flyttar fluidbäddgasen och kylningen av kylmediet i kondensorn.

A.1.2.3 Fast pyrolysis reaktorn

För att få reda på hur mycket el som behövs till fläkten så måste reaktorn dimensioneras. Detta görs genom att först bestämma ett förhållande mellan den fluidiserande biomassan och fluidiseringsgasen och använda den uppehållstid som föreslagits [42], och tomrumsfraktionen för att beräkna den totala reaktorvolymen. För att beräkna reaktordiametern för minimifluidisationsflödet användes Reynolds och Galileo talen i ekvationerna:

$$N_G = D_p^3 * \delta_f * (\delta_p - \delta_f) * g / \eta^2$$

$$N_{Re} = 25,7 * ((1 + (5,53 * 10^{-5} * N_G)^{1/2}) - 1)$$

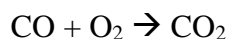
Hastigheten beräknas sedan genom Reynoldstal och genom att dividera med hastigheten erhålls den största tillåtna arena och således också den största tillåtna diametern. När flödet väl är beräknat är det lätt att beräkna energiåtgången från fläkten genom att använda formler från t.ex Perry's chemical engineering dictionary.

A.1.2.4 Pump och cyklon

Eftersom flödet av gaser som lämnar reaktorn är känt så kan cyklonfiltret dimensioneras, vilket också är möjligt för kondensorn, det enhetssteg som är mest elintensivt. Den koks som bildas vid pyrolysisprocessen används både till att värma reaktorn och till att generera ånga i ångpannan. Pumpens energikrav kan beräknas då den volym som lämnar kondensorn är känd, detta görs enklast med formler från Ulrich [22].

A.1.2.5 CO och CO₂ rening

De icke kondenserbara gaserna måste renas från den CO och CO₂ som bildas vid pyrolysen och detta görs i två steg. I det första steget så förbränns CO till CO₂ katalytiskt i en reaktor genom tillsats av luft:



Den totala mängden av CO₂ avskiljs sedan i gasseparatorn och släpps ut, återstoden av N₂ återcirkuleras i reaktorn.

A.1.2.6 Energiproduktion och ekonomi

Den energi som tillförs den inerta fluidisationsgasen kommer både från ånga som lämnar turbinen och från ånga ifrån ångpannan. Den mängd ånga som måste tillföras i VVX 2 beräknas genom att reaktortemperaturen är känd och att gasens temperatur ut från VVX 1 är känd. Då det totala energibehovet nu är känt och temperaturerna på alla strömmar är kända kan turbinen dimensioneras och mängden biomassa som behövs till energiproduktion beräknas. Då detta är gjort kan det totala ångbehovet beräknas och ångpannans storlek och kostnad beräknas m h a Ulrich [22].

Därefter så summeras kostnaden för alla enhetssteg och ett påslag för byggnader och oförutsedda utgifter görs. Annuiteten på investeringskostnaden beräknas och adderas till den årliga kostnaden. De rörliga kostnaderna utgörs av priset på biomassa och på den avgift som sätts på att släppa ut kväveoxider i atmosfären. Detta resulterar i ett slutligt kg-pris på biooljan.

A.1.3 Metodutvärdering pyrolys

A.1.3.1 Problem

Den största osäkerhetsfaktorn ligger i pyrolys anläggningens reaktor, de reaktorer som finns idag är inte i närheten av den som har beräknats av här, ungefär hälften, och det finns många problem när uppskalning ska ske. Ett problem är att fastslå ett bra förhållande mellan biomassa och fluidiserande gas, något som påverkar energikonsumtionen. Dessutom så krävs den snabba kylningen av de heta gaserna vilket leder att cyklonfiltret måste ha väldigt kort uppehållstid. Kondensorn är också i sig ett väldigt energikrävande steg som kostar mycket att driva. Dessutom kan det vara svårt att erhålla ett 100 % utbyte vid gasseparationen och vid CO förbränningen, vilket leder till en ackumulation av CO och CO₂ i gaserna.

A.1.3.2 Förbättringar

- Energi läggs på att möjliggöra kondensation av de heta gaserna med en vattenkyld kondensator istället för med ett elkylt köldmedium
- Genom att sänka förhållandet mellan biomassa och fluidiseringsgas så kan stora energivinster göras

A.1.4 Antaganden för reformering av bioolja

- Biooljan som ångreformerar finns tillgänglig till tillverkningspriset
- Vattnet som används för att extrahera den vattenlösliga fraktionen innehåller partiklar mindre än 1000 ppm
- Extraktorn anses vara ett lager med en uppehållstid på 1 h som delar upp den organiska fraktionen i 75 % vattenlösligt och 25 % vattenolösligt [37]
- Upphållstiden i alla lagertankar är satt till en vecka
- Ångpannan levererar ånga med 42 bars tryck och 540°C och antas vara av typen "field erected"
- Kostnaden för att hantera matarvatten till ångpannan ingår i ångpannpriset
- Biooljan har ett värmevärde på 16,6 MJ/kg och en densitet på 1200 kg/m³ [44]
- Alla pumpar har en verkningsgrad på 70 % och ger en tryck skillnad på 2 bar utom pump tre som ger 30 bar tryckdifferens
- Värmeväxlare 1,2 och 3 är byggda i kolstål/titan legeringar och tål höga temperaturer, kondensorn i kolstål/nickellegering och värmeväxlare 4,5 och 6 är i kolstål/kopparlegeringar
- Ångreformeringsreaktorn antas bestå av 100 tuber 15 m långa och med 60 mm i diameter. Reaktorn är av Topsö design med förbränning längs sidorna, effektivitet på 70 % i brännarna, och jobbar vid 30 bar och 850 °C. Vid de valda processbetingelserna är utbytet 92 %.
- Reaktionsentalpin för biooljan har beräknats utifrån sammansättningen av biooljan
- Vattengasskiftreaktorn antas ha en längd av 10 m och en diameter på 0,5 m
- Inget extra vatten tillsätts mellan ångreformering och vattengasskift och omsättningen antas vara 99 % vilket ger en total omsättning på 91,9 %
- Livslängden på ångreformeringskatalysatorn antas vara 5 år och för vattengasskiftkatalysatorn 3 år
- Katalysatorkostnaden antas vara 100 kr/kg för ångreformeringskatalysatorn, 200 kr/kg för SCR katalysatorn och 150 kr/kg för vattengasskiftkatalysatorn
- Alla värmeväxlare ger fullständig verkningsgrad
- Värmeöverföringskoefficienten antas vara 50 W/m² för värmeväxlare med gas på båda sidorna, 70 W/m² då det finns gas på ena och vätska på andra sidan och 100 W/m² då ånga kondenserar på ena sidan och gas på den andra

- PSA anläggningen går vid 18 bar och kostar 80 miljoner norska kronor, inköpt av Air Products
- Turbinen ger el med en effektivitet på 85 %
- Inget tryckfall finns i rör och ledningar
- Försäljningspriset av den olösliga delen av biooljan antas gå att sälja för 0,44 \$, halva priset av fenol [46]
- Priset på fjärrvärme antas vara 0,14 kr/kWh

A.1.5 Beräkningsgång ångreformer

Generellt gäller att alla enhetssteg har prissatts enligt dagspriser så långt som det har varit möjligt, i annat fall så har Ulrich metod använts [22]. Kostnaderna har omvandlats från de i tabellerna angivna kostnaderna från 1982 m h a konsumentprisindex.

A.1.5.1 Övergripande

Ångreformeringsanläggningen använder bioolja för att producera väte och denna olja antas finnas tillgänglig till produktionspriset. För att tillgodose biooljابهovet för en ångreformeringsanläggning krävs det flera mindre pyrolysanläggningar. De viktigaste beståndsdelarna i ångreformeringsanläggningen är reaktorerna för ångreformer och vattengasskift, ångpannan och PSA:n.

A.1.5.2 Lagring och extraktion

När biooljan kommer till anläggningen via pipelines så kommer den att lagras och kostnaden för lagret baseras på den vecka som satts som genomströmningshastighet. Det andra steget är att separera den vattenlösliga och den vattenolösliga fasen ifrån varandra vilket görs i en extraktor. Den mängd vatten som krävs antas vara dubbelt så stor som mängden bioolja, räknat per viktenhet, och uppehållstiden i kärlet antas vara en timme och den dimensioneras m h a inflödet. Efter separationen så går de olika vätskorna till vars ett lager, båda dimensionerade så att de klara en veckas produktion.

A.1.5.3 Ångreformeringsreaktorn

Biooljan pumpas in i ångreformeringsreaktorn och då förhållandet mellan ånga och kol är känt kan den totala gasmängden beräknas och reaktorn kan dimensioneras. Då omsättningen är känd från litteraturen under de specificerade reaktionsbetingelserna, 30 bar och 850°C, kan mängden katalysator också specificeras [61]. Reaktorns längd sattes till 15 m och den linjära hastigheten till 6 m/s vilket resulterade i en reaktor med 100 tuber alla med 60 mm i diameter. Energin för att underhålla den endoterma reaktionen kommer från förbränning av bioolja. De gaser som lämnar reaktorn passerar igenom tre värmeväxlare som kyler dem ner till lämplig temperatur innan vattengasskiftreaktorn.

A.1.5.4 Vattengasskiftreaktorn

Denna reaktor fungerar som en adiabatisk tubreaktor och ingångstemperaturen understiger således utgångstemperaturen, med tumregeln att gasen stiger 10°C för varje procent kolmonoxid som omsätts. Denna reaktor dimensionerades på ett liknande sätt som ångreformeringsreaktorn med samma utseende som den som föreslagits ovan. Kondensorn har dimensionerats m h a utflödet ur reaktorn och det påföljande värmeväxlarnätverket använder energin i gaserna för att producera fjärrvärmevatten.

A.1.5.5 Elektricitet och rening

Elbehovet uppstår från de pumpar som flyttar biooljan i anläggningen, speciellt den som trycker in oljan i reaktorn mot 30 bars mottryck. Detta behov tillgodoses genom en ångturbin som matas med ånga ifrån en ångpanna. För att dimensionera pannan så summeras det totala ångbehovet i processen och en lämplig panna väljs ur Ulrich diagram. Reningsteget, PSA:n, har prissats av det företag som säljer det nämligen Air Products.

A.1.6 Metodutvärdering ångreforming

A.1.6.1 Problem

Det största orosmomentet som rapporteras i de tekniska artiklar som lästs är hur biooljan ska injiceras in i reaktorn utan att munstycket koksar igen. Detta problem kan undvikas om oljan förvärms, men då de olika komponenterna i oljan börjar brytas ner så är detta ingen bra lösning.

A.1.6.2 Förbättringar

- Minska utspädningsfaktorn mellan vatten och bioolja vilket påverkar energikonsumtionen kraftigt positivt
- Extrahera med ett organisktlösningsmedel vilket ger högre omsättningar och lägre energikonsumtion då mindre vatten måste kokas i ångreformeringsreaktor

A.1.7 Gemensamma processteg för scenario bioolja och elektrolys el från biomassa

Att släppa ut emissioner av kväveoxider är i Sverige belagt med en skatt på 40 kr/kg NO₂ ekvivalent, något som måste tas med i beräkningarna. Bildning av NO_x sker vid de höga förbränningstemperaturer som hålls i ångpannan vid ånggenereringen och beräknas till 50 mg NO₂/MJ. Detta utsläpp renas med hjälp av både selektiv katalytisk och selektiv ickekatalytisk reduktion med ammoniak. Detta blir slutligen en kostnad baserad på dels ammoniak tillsatsen, katalysatorbyte och den skatt som måste betalas.

B Appendix B, beräkningar till elektrolysscenarierna

B.1.1 Antagande 3 a

- Omvandlaren och transformatorn är förlustfria
- El till pumpar och liknande är försumbart i förhållande till elen till elektrolysören
- Jonbytaren renar vatten till 30-50 ppm partiklar/l
- Cirkulationsflödet genom elektrolysören uppskattas till 23 gånger vattenflödet
- Produktion av en normalkubikmeter väte kräver 1 l vatten och 4.3 kWh el vid 5150 A
- Den optimala temperaturen är 80°C i elektrolysören och elektrolyten har en koncentration av 30% KOH
- Varje cell har en kapacitet på 2,11 Nm³/timme
- Priset 20 000 NKR/Nm³ inkluderar elektrolytkylare, filter och cirkulationspump
- Uppehållstiden i skrubbern uppskattas till 3 s med en gashastighet på 1,5 m/s
- Gasflödet från skrubbern är mättat på vatten
- Syreföreningar i gasen in till deoxidisatören är mellan 10-100 ppm
- Adsorptionsmaterialet har en kapacitet av 60 kg vatten per kg adsorbent
- Priset på en kWh är 27 öre [62]

B.1.2 Beräkningsgång 3 a

För att tillverka vätgas från vatten via elektrolys så krävs först och främst tämligen rent vatten. Därför så måste vattnet först jonbytas och sedan filtreras innan det går in i själva elektrolysören. Filtret har antagits vara av cartridge typ och jonbytarkolonerna är två till antalet för att det ena kan regenereras medan det andra används. Båda dessa steg har prissats m h a Ulrich [22] och inkluderas i totalkostnaden för en anläggning.

Elektrolysören är av bipolär, atmosfärisk typ och för att tillverka en 100:e del av den totala mängden vätgas alltså $6800 \text{ Nm}^3/\text{timme}$ och därför behövs 3564 bipolära celler som tillverkar $2,11 \text{ Nm}^3 \text{ H}_2 / \text{cell}$ och timme. Dessa kräver en energi på 4,3 kWh per Nm^3 vätgas vilket kan summeras till 32 MWh per h för hela anläggningen. Cirkulationsflödet uppskattades till 23 gånger inflödet på 1 l vatten, data från annan befintlig anläggning [21]. Gasflödet från elektrolysören går sedan in i en separator som avskiljer gasen från vätskan och gasen går sedan in i en skrubber. Kostnaden för en elektrolysör av denna storlek, inklusive filter och cirkulationspump, gjordes av Norsk Hydro till 20 000 NKR/ Nm^3 vätgas.

En delström av det vatten som renats används i skrubbern för att rena gasflödet från elektrolysören på rester av KOH från elektrolyten. Genom att använda standardregler för att gastvättning kan skrubbern dimensioneras och priset uppskattas m h a Ulrich [22] då ett standard packningsmaterial används. Gasflödet ut ur skrubbern antas vara mättat med vatten vid den temperatur som det håller ut, 75°C .

Den lilla andel syre som finns i vätgasen efter skrubbern kan avlägsnas genom att katalytiskt förbränna den till vatten över en standard Pt/ γ -alumina katalysator. Denna reaktion är snabb även vid låga temperaturer och ett överslag har gett en kostnad av en sådan reaktor m h a Ulrich [22] och en uppehållstid. Dock så måste temperaturen på gasströmmen höjas till 100°C för att undvika att vatten kondenserar ut på katalysatorn, något som försämrar prestandan avsevärt.

För att bli av med det vatten som finns i gasen används först kondensator som sänker gasens temperatur till 15°C och transporterar bort det vatten som kondenserar. Därefter så går gasen in i ett torksteg där det resterande vattnet adsorberas på en silikagel, regenerering av denna sker m h a värme från produktgasen. Det sista adsorptionstorksystemet använder 4 kolonner där två adsorberar och två regenereras kontinuerligt.

Elen som krävs kommer ifrån koldioxidneutrala källor såsom vindkraft, solkraft och vattenkraft och köps in till befintligt elpris av 0,27 kr/kWh. Den energi som krävs är 32 MWh per timme och strömmen likriktas och transformeras till 5150 A innan den används.

B.1.3 Antaganden 3 b

- Ångpannan har en effektivitet på 70 % när ånga av 42 bar levereras
- Ångturbinen har en effektivitet på 85 %

B.1.4 Beräkningsgång 3 b

Alla enhetssteg är likadana som de är i föregående scenario men det har tillkommit en ångpanna och en ånggenerator som m h a biomassa producerar elektricitet. Då processen är väldigt energiintensiv, 32 MWh per h, så kräver det att en betydande mängd trä bränns varje timme för att tillgodose behovet av elektricitet. För att kunna dimensionera processen så har effektiviteten satts till 70 % i ångpannan och 85 % i ångturbinen och vidare så har elbehovet av pumpar och fläktar försumrats, dessutom så tillkommer kostnaden för NO_x utsläpp (se avsnittet gemensamma processteg under scenario 2).