

Storleksoptimering av en etanolfabrik för integrering med ENA Energis kraftvärmeverk.

Baserat på en regional energibalans mellan tillgång på etanolbränsle i Enköping kommun och producerad etanol med hjälp av tillgänglig ånga från ENA kraftvärmeverk.

Examensarbetare: Cecilia Boström

Examinator: Eva Thorin

Intern handledare: Fredrik Starfelt

Intern handledare: Lilia Daianova

Extern handledare: Eddie Johansson, ENA energi

Abstract

The future of ethanol is depending on good solutions for the production. ENA energy power plant produces electrical power and district heating by heating biofuel. By building an integrated bioenergy plant surplus steam could be used to produce ethanol as fuel to vehicle. This would mean that ethanol is produced renewable energy and the energy for the process derives from the surplus of power. ENA energy, MDH (the University of Mälardalen) and the energy authority has initiated a research project were different bioenergy combinations integrate with existing power plant. As a part of the project which size an integrated factory should be to gain the best efficiency for the plant was investigated. Consideration will be taken to the cost of the production in order to be competitive to the price of imported ethanol.

Etanolens framtid vilar på bra lösningar för framställning. I ENA energi kraftverk i Enköping produceras el och fjärrvärme genom eldning av biobränsle. Genom att bygga ett integrerat bioenergi kraftverk där skulle man kunna använda överskottsånga till att framställa etanol som fordonsbränsle. Detta skulle innebära att etanolen framställs med ett förnybart bränsle och energin till framställningen kommer från ett överskott på värme. ENA energi, MDH och energimyndigheten har initierat ett forskningsprojekt där en bioenergiintegration skall undersökas. Som del i detta skall här undersökas vilken storlek en integrerad etanolfabrik skall ha för att nå högsta totala verkningsgrad för verket samt om framställningspriset kan konkurrera med importerad etanol.

Nyckelord: ENA energi, halm, bioenergi kombinat

Innehåll

Abstract	2
Innehåll	3
Inledning.....	4
Bakgrund	4
Problemformulering	5
Syfte	5
Mål	5
Avgränsning	5
Metod	6
Litteraturstudier	6
Bränsletillförsel	7
Halm	7
Etanol	7
Biogas.....	8
Etanol som motorbränsle.....	9
Genomförande	10
Simuleringar i IPSE.....	11
Beräkningar	11
Resultat.....	12
Diskussion	14
Slutsats	15
Fortsatt arbete.....	15
Källförteckning.....	16
Tryckta källor	16
Artiklar	16
Otryckta källor.....	17
Elektroniska källor	17
Personliga kontakter	17
Bilagor	17
Bilaga 1	18
Bilaga 2	19
Bilaga 3	20
Bilaga 4	21
Bilaga 5	22
Bilaga 6	23
Bilaga 7	24

Inledning

Bakgrund

Diskussionen pågår för fullt i Sverige och runt om i världen, huruvida etanol ur miljösynpunkt är ett bättre drivmedel än de alternativ som finns idag. Det är enligt min mening svårt att bilda sig en uppfattning om etanol som drivmedel. Det finns många artiklar och debattforum som är negativt inställda till etanol som drivmedel. I en del artiklar och debattinlägg påstås det gå åt mer energi att framställa etanolen än vad man får ut. Man menar att det inte spelar någon roll vilka råvaror man använder i framställningsprocessen, för omvandlingen i sig tar för stora resurser i anspråk.

I andra artiklar och debattinlägg är man mycket positiva till etanolen och alla dess fördelar. Där menas att eftersom fordon utgör det snabbaste växande problemet för miljön och växthuseffekten med sina koldioxidutsläpp så måste en satsning på etanol som drivmedel genomföras.

I ENA energi kraftverk produceras el genom eldning av biobränslen och ångan som är kvar kondenseras för att värma upp hus på fjärrvärmenätet i Enköping. Ofta produceras mer el för elhandel eftersom att det är där pengar finns att tjäna och man hamnar då i en situation där man har ett överskott av fjärrvärme. Detta innebär att man måste kyla bort överskottsvärmen i luften, för att kunna fortsätta att producera el. Detta överskott är ett ännu större problem på sommaren då behovet av fjärrvärme minskar drastiskt.

Det är denna överskottsvärme som istället för att kylas bort i luften kan användas för etanoltillverkning. En lösning på detta energislöseri kommer i framtiden troligen bestå av till exempel en etanolfabrik som är integrerad med det redan befintliga kraftvärmeverket. Genom att integrera olika processer såsom etanolfabrik, pelletstillverkning eller annat kan man på ett smart sätt dra nytta av den idag redan befintliga energi i form av överskottsvärme som finns. Olika energikombinat diskuteras och kommer kanske i framtiden bli en del av lösningen i energisituationen.

Om man dessutom förbrukar den producerade etanolen lokalt kommer man att kunna undvika stora utsläpp från fordon som skall transportera den till andra försäljningsställen. Det krävs också att halm från spannmålsproduktion finns att tillgå inom samma område etanolen skall tillverkas och säljas. Tillgängligheten på halm i Enköpings kommun kommer att ligga till grund för storleksoptimering av en integrerad etanolfabrik hos ENA energi i Enköping.

En sådan integrering skall undersökas i ett initierat forskningsprojekt mellan ENA energi, MDH och energimyndigheten. Det här examensarbetet är en del i forskningsprojektet och starten utförs under våren 2008.

Problemformulering

Värmelasten i fjärrvärmenätet är beroende av årstiden. Detta är begränsande för driften av kraftvärmeverket eftersom att man under delar av året producerar el och sedan kyler bort värmen då den inte behövs. För att optimera processen så kan värme i form av ånga användas för att producera etanol. Etanol är annars dyr att tillverka men med redan existerande ånga kan man integrera dessa system för en effektivare framställning.

Att framställa etanol med ånga innebär att man kommer att tappa av ånga från turbinen vid olika steg där tryck och temperatur minskar vid varje steg. Detta kommer i sin tur att påverka elproduktionen eftersom att man inte bara tappar av ånga i slutet av turbinen utan också början där man har högt tryck och temperatur. Hur mycket ånga man behöver tappa av beror på storleken av etanolfabriken. Detta innebär att mängden ånga man tappar av i de tidiga stegen påverkar elproduktionen och därmed kan etanolfabrikens storlek sänka elproduktionen. Genom en simuleringsmodell har värden som ger bästa totala verkningsgrad för systemet beroende på fabriken storlek simulerats. Optimeringen avser att utreda vilken eller vilka storlekar på etanolfabriken som är bäst ur verkningsgradsynpunkt och ekonomisk synpunkt. Den importerade etanolen från Brasilien kostar i inköpspris ca 5kr/liter med tullavgifter. Vidare utreder rapporten om priset på etanol framställt vid ENA energi kan konkurrera med priset på den importerade etanolen?

Syfte

Syftet med examensarbetet är att ta reda på vilken storlek en integrerad etanolfabrik skall ha för att erhålla den bästa verkningsgraden för systemet som helhet.

Arbetet kommer att börja med att inventera tillgängligt bibränsle, både lokalt producerat för att därefter kunna avgöra vilken storlek (effektmässigt) en etanolfabrik kan ha. Utifrån detta analysera olika förslag och titta på effekter av dessa för verkningsgraden på kombinatet. En simuleringsmodell över ett integrerat bioenergikombinat med el, värme, biogas och etanol som produkter finns på Mälardalens högskola. Detta simuleringsprogram kommer att användas för att utröna olika verkningsgradseffekter. Programmet kommer att användas för simuleringar som genererar indata till beräkningar för analysen av de olika storlekarna. Några storlekar kommer att väljas ut för att sedan analyseras och optimeras med hänsyn till befintlig och möjlig bränsletillförsel i Enköpings kommun. Dessa resultat kommer sedan att svara på frågan om vilken storlek fabriken skall ha. Resultaten kommer samtidigt att kunna svara på vad produktionspriset kommer att vara per liter och om det kommer att kunna konkurrera med den importerade etanolen.

Mål

Målet med mitt examensarbete är att hitta den optimala storleken på en etanolfabrik att integrera med ENA Energi kraftvärmeverk. Detta som underlag för framtida fortsatt arbete.

Avgränsning

I mitt examensarbete har jag valt att titta på bränsletillförsel i form av halm till ENA Energi. Halmen är en produkt som blir över då olika sädeslag skördats. Detta avser lokalt producerat runt om i Enköpings kommun. Inventerad halmmängd är baserad på odlade spannmål såsom vete, korn, råg, havre samt blandsäd. Värmevärdet för halmen är generellt för halm. Alla siffror och beräkningar kommer att mätas i effekt [MW]. Examensarbetet är en del av ett forskningsprojekt. Arbetet är också specifikt för ENA energi eftersom det baserar sig på Enköpings förutsättningar.

Metod

Till att börja med kommer en preliminär beskrivning att göras, som innehåller projektplan och tidsplan. Därefter kommer litteraturstudierna att genomföras. I min litteraturstudie är målet att bygga vidare på den befintliga kunskapen som jag redan har samt att lära utav de källor, där olika forskares resultat står i centrum. Detta skall leda till att jag bildar mig en helhetsuppfattning kring området jag arbetar inom.

Tillvägagångssättet kommer också att behandla forskningsprojektets resultat från simuleringsförsök, samt ENA energis insamlade material. När simuleringen genomförs kommer de specifika förutsättningarna för ENA energi att matas in samt information om halm och biogas. Baserat på datainsamlingen som erhålls kommer ett antal storleksalternativ att väljas för analys. Analysen kommer att genomföras i Excel där olika storlekar ger olika ekonomiska resultat för kraftverket som helhet. Metodvalet i examensarbetet kommer att vara deskription, dvs. ett beskrivande sätt. Delvis kan kvantifiering komma i fråga i jämförandet och diskussionerna kring storlekoptimeringen.

Litteraturstudier

För att finna relevant litteratur har jag använt mig av Mälardalens högskolebibliotek. Där har jag sökt i den lokala databasen. Nyckelorden i sökningen har varit halm, energikombinat, etanol, etanolframställning, spannmål. Jag har också lånat böcker i form av tryckt litteratur. Elektroniska källor i form av Internetkällor har också varit till stor hjälp för litteratursökningen. De källor som jag använt mig av har jag granskat kritiskt genom att undersöka sidans trovärdighet och jämföra resultat och siffror med andra källor. Som hjälp att söka i litteraturen och hitta relevant läsning har studentlitteraturen använts, Höst m flera (2006).

Bränsletillförsel

Halm

Material med biologiskt ursprung som inte eller i liten grad har omvandlats kemiskt går under benämningen biomassa. Biobränsle är biomassa avsett för energiändamål och till biobränsle räknas enligt svensk standard (37) trädbränslen, stråbränslen och energigrödor. I den integrerade etanolfabriken kommer halm att användas som råvara för framställning. Halm är benämningen på den nedre delen av en sädesväxt. Halm är de växtdelar som återstår när agnar, moget frö eller kärna tagits bort från växten. Halmen är alltså en restprodukt vid spannmålsodling. Till halmbränsle räknas halm av stråsäd, baljväxter och oljeväxter. I det här arbetet räknar vi endast på halm från stråsäd. Man måste vara försiktig med att föra bort all halm från jordarna med avseende på den så kallade mullhalten. En allmän rekommendation är att bara föra bort halm från åkern en gång under växtföljden. Eftersom att halm har en låg volymvikt så lämpar sig halmen bäst för lokalt användning med tanke på transportkostnaderna.

Halm innehåller cellulosa, hemicellulosa och lignin. Cellulosa är det vanligaste organiska substansen i naturen. Cellulosa är ett kolhydrat och finns i växternas cellväggar, den bildas genom att en vattenmolekyl lämnar glykosenheten så att den kan lämna en lång ogrenad kedja, där det kan ingå 10 000 glykosenheter (Aden, 2002). Hemicellulosa är en förgrenad kedja med färre enheter än cellulosa. Det är en sammansättning av flera olika sockerarter, pentoser och hexoser. Lignin ingår också i växternas celler och dess grupp kallas polycykliska biopolymerer. Det fungerar som bindemedel mellan enskilda celler, är kemiskt stabil och olösligt i vatten. Lignin fungerar som armering åt växten genom att binda samman cellulosedjorna i materialet. Vid låg temperatur är ligninet hårt men mjuknar vid varmare temperaturer. Ju äldre ligninet är desto gulare blir det för att till sist brytas ned av ultravioletta strålar.

Halmens värmevärde är 17,4 MJ/kg TS eller 14,4 MJ/kg vid 15 % fukt, detta är ett medelvärde då effektiva värmevärdet varierar efter halmens ursprung. Halmens densitet är beroende på balformen. Fyrkantbalens densitet är 130-180 kg/m³ och rundbalens densitet är 90-130 kg/m³. (www.bioenergihandboken.se). För beräkningarnas skull så antar vi ett medelvärde på fyrkantbalen på 155kg/m³ och använder oss bara av den formen. Detta innebär att energidensiteten per volymenhet är 2,2 GJ/m³. Halm är med andra ord ett ganska skrymmande bränsle jämfört med t.ex. olja som har volymdensiteten 35GJ/m³. Detta är ett av ekonomiska bra skäl att hålla transportavstånden korta genom att använda halmen i närområdet.

Etanol

Ur råvaror som innehåller socker i någon form kan man framställa etanol. Etanol har den kemiska formeln C₂H₅OH och erhålls ur följande sockerbaserade råvaror: sockerrör och sockerbetor, ur råvaror baserade på stärkelse som spannmål och potatis, samt ur cellulosarika råvaror som trä och halm. Idag är det vanligast att bioetanol produceras från majs, sockerrör eller vete och vi använder i Sverige importerad etanol gjort på brasilianska sockerrör. Den enda etanolframställning som finns idag i Sverige är i Agroetanol i Norrköping som gör etanol av spannmål och Sekab i Örnsköldsvik som gör etanol av rester från massatillverkning. Denna rapport kommer dock att räkna med framställning ur halm.

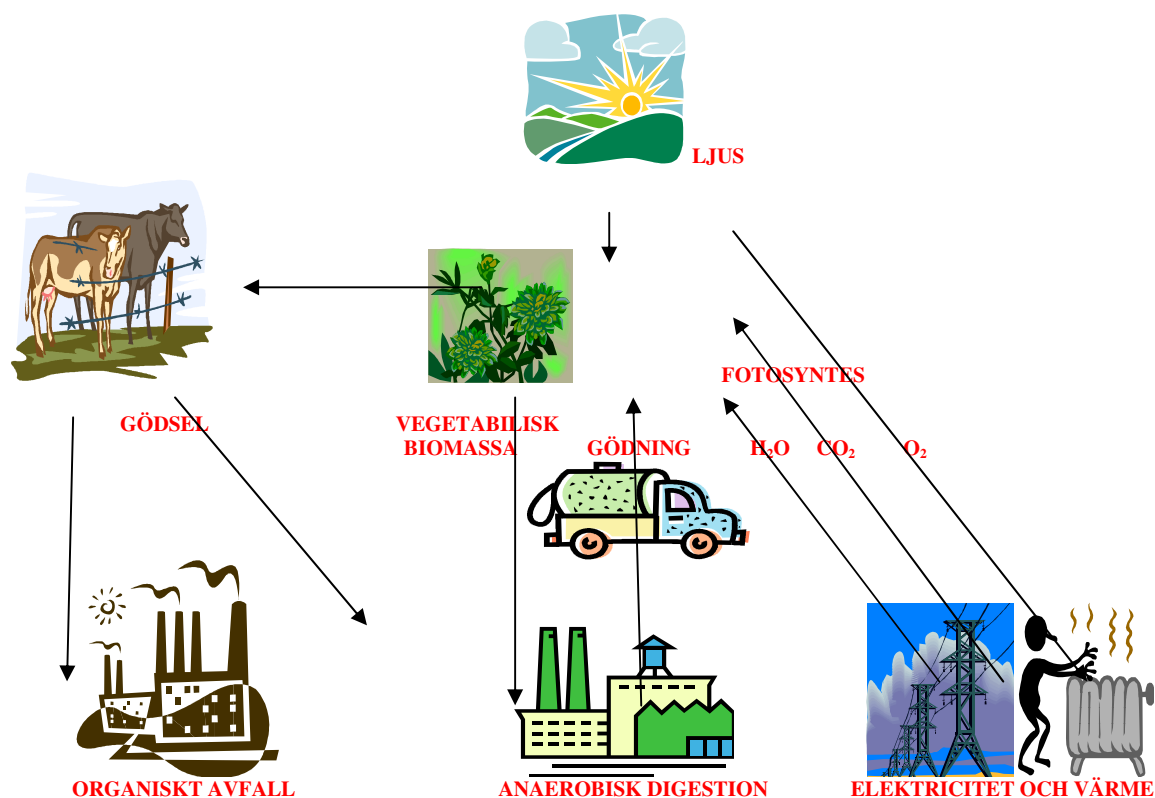
Framställningen av etanol ur halm sker genom hydrolyser av halm. Då bryter man ner cellulosa och hemicellulosa till enkla sockerarter. Den utvunna sockerlösningen kallas för mäske. Hydrolys är en kemisk process där en molekyl klyvs i två delar efter att en vattenmolekyl har adderats. Dessa sockerarter kan sedan jäsas till etanol. Hydrolysen kan utföras med enzymer eller syra. (Ekström *et al.*, 1991; www.etek.se, 2008). När hydrolysen av cellulosan är färdig resulterar det i glykos som med vanlig bagerijäst jäser till etanol. Hemicellulosan är svårare att jäsa men lättare att hydrolysera. Detta resulterar i en stor del pentoser (en grupp enkla sockerarter med fem kolatomer) som bagerijästen inte klarar av att jäsa till etanol. Det går emellertid att jäsa pentoser till etanol genom svampar (bl.a. genmodifierad bagerijäst) och bakterier.

Syrahydrolysen görs vanligen i två steg, först bryts den lätthydrolyserade hemicellulosan ner och i det andra steget bryts cellulosan som är svårhydrolyserad ner. När jästsvamparna slutar att vara aktiva så ligger alkoholhalten på ca 10-16 % och för att få högre alkoholhalt måste lösningen destilleras, det vill säga skilja etanolen från mäskan. Slutligen så avvattnas etanolen.

Biogas

Biogas är den gas som bildas när organiskt material bryts ned under anaeroba förhållanden. I etanolframställningsprocessen får man biogasen från destillatet. I huvudsak består gasen av metan och koldioxid. Eftersom att metan är brännbart kan gasen användas till att framställa drivmedel, el eller värme. Den kan även användas att spridas som biogödsel.

Figur 1. Biogas-cykel



Etanol som motorbränsle

Bensin har ett högre energiinnehåll än etanol och det behövs därför större mängd etanol för att driva ett fordon samma sträcka. Etanol har däremot ett högre oktantal, vilket ger en högre verkningsgrad då den klarar kompressionen bättre. En liter etanol motsvarar 0,87 liter bensin.

(www.bioenergiportalen.se)

Vid låg temperatur har etanolen låg flyktighet vilket gör att fordon måste kompletteras med förvärmningsanordning till bensinmotorn så för att säkerställa kallstart. Detta är inte nödvändigt vid inblandning av bensin upp till 30 %. Eftersom etanolen kan skapa korrosionsproblem för vissa material måste bränslesystemets komponenter tåla den. Detta är dock inget problem för nyare bilar.

Etanolens låga värmevärde, endast 60 % av dieselbränslets gör att man i dieselmotorer måste ändra insprutningspumpen så att den ger 67 % större volym. Man måste alltså för samma energiinnehåll distribuera 67 % större volym etanol än diesel. Man behöver dessutom tillsätta en tändförbättrare då etanolens centantal (tändvillighet) är låg. Om man blandar 15 % etanol i diesel så har man diesohol. Skogsmaskiner och lastbilar kan köra på diesohol efter vissa justeringar på motorn. Vid ren drift av etanol krävs större bränsletankar och ändringar på motorn.

I och med att etanolen produceras av biomassa så bidrar inte etanolen till växthuseffekten då den förbränns. När det gäller koldioxiden så ingår den i det naturliga kretsloppet: Etanolbilar tankar E85 som är det biodrivmedel som består av 85 % etanol och 15 % 95-oktanig bensin. E85 ger 80 % mindre koldioxidutsläpp jämfört med bensin. Man vill öka andelen förnyelsebara drivmedel politiskt, EU-kommissionens mål är att 5,75 % av alla sålda fordonsdrivmedel skall var biodrivmedel innan år 2010.

Genomförande

En regional energibalans kräver att bränslet som skall användas för etanoltillverkning odlas inom Enköpings kommun. Valet av halm som bränsle beror på att det finns tillgängligt och det konkurrerar inte med andra större intressenter inom kommunen. Den producerade etanolen skall också säljas inom kommunen och på så sätt minska onödiga utsläpp genom långa transportsträckor till försäljningsställen. Till Enköpings kommun har en total areal på 1330, 19km² varav 1 184, 05km² är landareal. Folkmängden är 38486st invånare och är den 59: e största staden i Sverige. (www.enkoping.se)

Halminventeringen är en sammanställning från jordbruksverkets årsbok 2006. Inventeringen är avgränsad till spannmålen vete, korn, havre, råg och blandsäd. I inventeringen finns även mark i träda samt obrukad åkermark, eftersom även dessa kan producera halm från spannmål. Priset på halm kan vara ett incitament för att odla på dessa ytor.

Tabell 1. Yta odlade sädesslag i Enköpings kommun. Jordbruksverkets årsredovisning 2006

Sädesslag	ha
Höstvete	13525
Vårkorn	8407
Träda	6922
Havre	3336
Vårvete	2190
Råg	925
Rågvete	447
Blandsäd	163
Annan obrukad åkermark	12
Höstkorn	37
Total tillgänglig areal för odling	35964

Energimängden halm som finns att tillgå i Enköpings kommun är 430 000 MWh (Bilaga 1). För att bestämma etanolfabrikens drifttid under ett år har varaktighetsdiagrammet (Bilaga 2) analyserats och slutsats dragits att 8000 timmar är rimligt med tanke på de revisioner som skall äga rum under sommarmånaden. Detta ger en bränsleeffekt till etanolfabriken på 53, 76MW. Bränsleeffekterna som skall utvärderas är 53,75 MW som motsvarar maxlast samt 4 mindre laster, 43, 20MW, 31, 68MW, 21, 60MW samt 14, 40MW. 53, 76MW motsvarar den största möjliga storlek på etanolfabrik och kommer att benämnas last 1.

Simuleringar i IPSE

I programmet IPSE på Mälardalens högskola simuleras en integrerad halm till etanolfabrik med ett redan existerande värmekraftverk (ENA energi). Genom att lägga in de olika föreslagna bränsleeffekterna i simuleringssprogrammet erhålls data för optimeringen av etanolfabriken. Andra indata är fördelningen av innehållet i halmen som cellulosa, hemicellulosa samt lignin Se bilaga 3

I modellsimuleringen har bränsleeffekten till etanol baserats på den inventerade halmmängden i Enköpings kommun med 53,76 MW som högsta last. Därtill har även 4 laster till simulerats, 43,20 MW, 31, 68MW, 21, 60MW samt 14,40 MW. Simuleringarna har utförts med konstant fjärrvärmeeffekt, detta för att dels kunna iaktta de olika förändringarna hos resterande effekter och dels för att värmebehovet på sommaren är konstant. Ide viktiga delarna av resultatet av simuleringen har sammanställts i tabell 2.

Tabell 2. Resultat av simuleringar 2008-03-17. IPSE. Fredrik Starfelt, Mälardalens högskola.

Last etanol	1,00	0,80	0,59	0,40	0,27	enhet
Bränsleeffekt till etanol	53,76	43,20	31,68	21,60	14,40	MW
Etanoleffekt	33,02	26,54	19,46	13,27	8,85	MW
Eleffekt	26,56	25,43	24,21	23,14	22,38	MW
Fjärrvärmeeffekt	45,59	45,59	45,59	45,59	45,59	MW
Alfavärde	0,58	0,56	0,53	0,51	0,49	-
Biogas (uppskattat 60 m3 gas/ton destillat)	17,15	13,78	10,11	6,89	4,59	MW
Tillfört bränsle till panna	98,95	93,15	86,89	81,44	77,56	MW
Lignin	11,35	9,12	6,69	4,56	3,04	MW
Netto bränsle till panna	87,60	84,03	80,21	76,88	74,52	MW
Totalverkningsgrad	0,74	0,77	0,80	0,83	0,86	-
Totalverkningsgrad med biogas	0,87	0,88	0,89	0,90	0,92	-

Biogasen har vi uppskattat till 60m³ gas per ton destillat och totalverkningsgrad både med och utan biogas har räknats ut. Värmeproduktionen ligger konstant genom alla laster. Elproduktionen varierar med lasterna och etanoleffekten likaså.

Beräkningar

Optimeringen avser att utreda vilken eller vilka utav storlekarna på etanolfabriken som är bäst ur verkningsgradsynpunkt och ekonomisk synpunkt. Den importerade etanolen från Brasilien kostar i inköpspris ca 5kr/litern med tullavgifter och priset är en indikation på om det går att konkurrera med det priset. Här beräknas bränsleeffekt till etanolen i form av halm och nettobränsle till pannan i form av flis samt operationella kostnader för underhåll. Priserna som optimeringen räknat är från tabell 3.

Tabell 3 Antagna priser i beräkningarna för kostnader och intäkter. Fredrik Starfelt, Mälardalens högskola.

Underhåll	30 _[kr/MWh]	Flis	170 _[kr/MWh]	Elcert	200 _[kr/MWh]
Halm	170 _[kr/MWh]	Pel	470 _[kr/MWh]	Pvärme	400 _[kr/MWh]
				Pbiogas	170 _[kr/MWh]

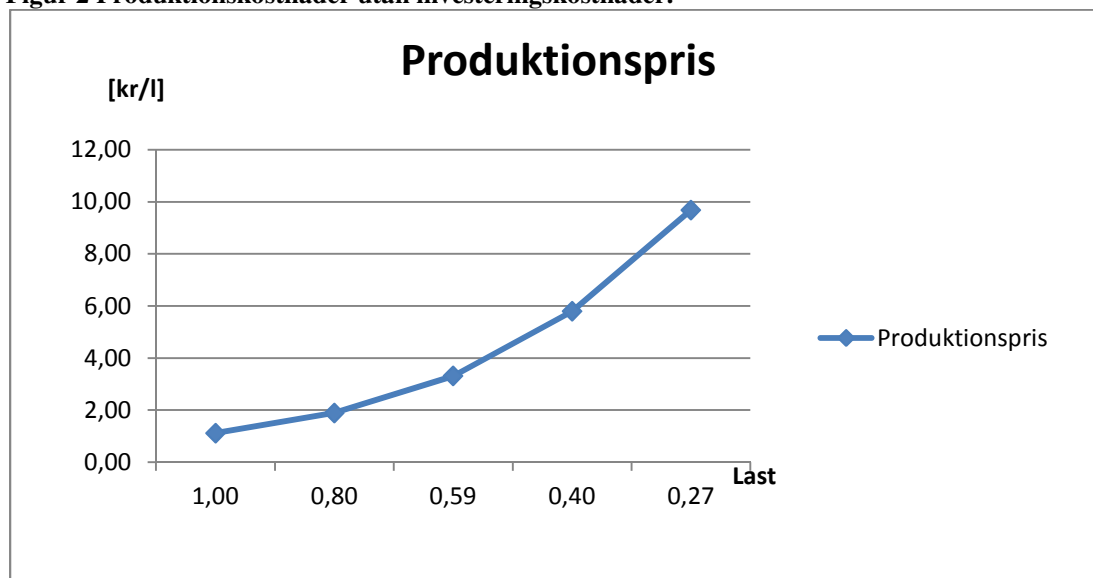
Resultat

Om man analyserar simuleringsresultaten så ser man att verkningsgraden varierar med lasten på etanolfabriken det vill säga etanolfabrikens storlek. Ju mindre etanolfabrik desto högre totalverkningsgrad, vilket betyder att den största fabriken (53,76 MW) har en verkningsgrad på 0,74 och den minsta fabriken (14,40 MW) är 0,86. Detta skulle då betyda att den allra bästa verkningsgraden skulle vara utan etanolframställning enligt IPSE-simuleringarna. Men om man tillverkar biogas så har man med den största fabriken lite högre totalverkningsgrad än den hösta verkningsgraden utan biogas i lilla fabriken. Eftersom även totala verkningsgraden med biogas ökar då etanolfabrikens storlek minskar så skall vi räkna om det är ekonomiskt lönsamt att sänka verkningsgraden totalt med biogas i ett etanolintegrerat system.

Genom att beräkna de olika andelarna el, värme, etanol och biogas för de olika lasterna så kan även kostnader och intäkter tas fram för de olika lasterna. Efter bräkningarna där vi drar kostnaderna från intäkterna så kan vi ta reda på vilka produktionskostnader etanolen har vid varje last. Se bilaga 6.

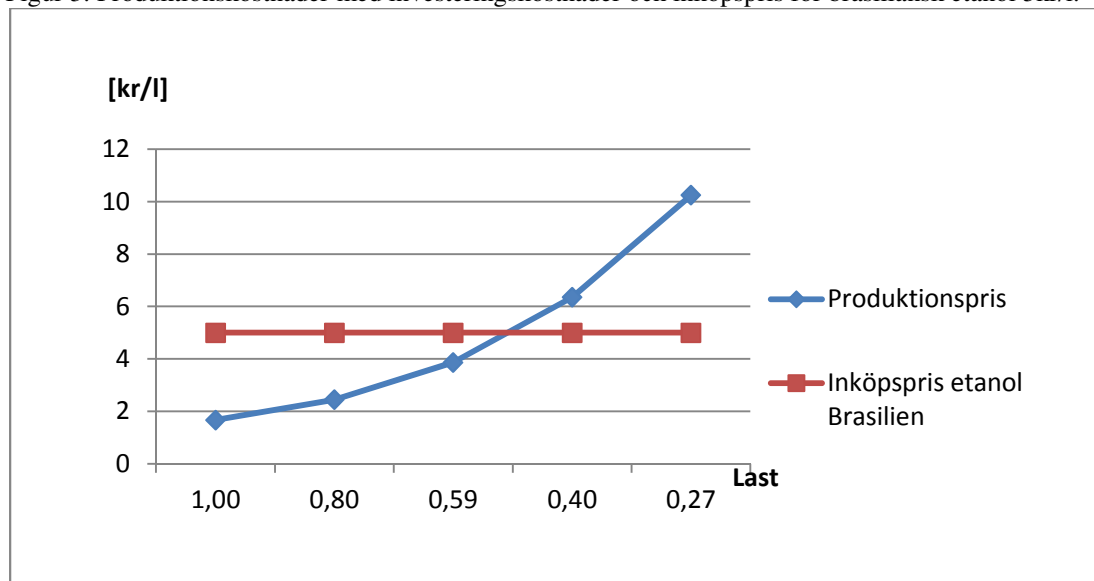
Gemensamt för båda fallen (med och utan biogas) är att eleffekten sjunker med lasten vilket i sin tur gör att α -värdet också minskar då fjärrvärmeffekten är konstant. Beräkningarna är gjorda efter verkningsgrad med biogasanläggning. I fallet med den största lasten (53, 76MW) är produktionspriset 1.12kr/l. Varefter lasten minskar så ökar produktionspriset och vid 14,40 MW etanoleffekt är produktionspriset 9,68kr/l. I beräkningarna som gjorts för produktionskostnaderna här, har ingen hänsyn tagits till investeringskostnader. Beräkningarna baseras på de intäkter som finns i samband med försäljning av el, värme och biogas. Kostnaderna består av bränsle till processerna och underhållkostnader som finns i den löpande processen. Hänsyn har heller inte tagits till andra löpande kostnader i samband med investeringar som avskrivningar, räntor och försäkringar.

Figur 2 Produktionskostnader utan investeringskostnader.



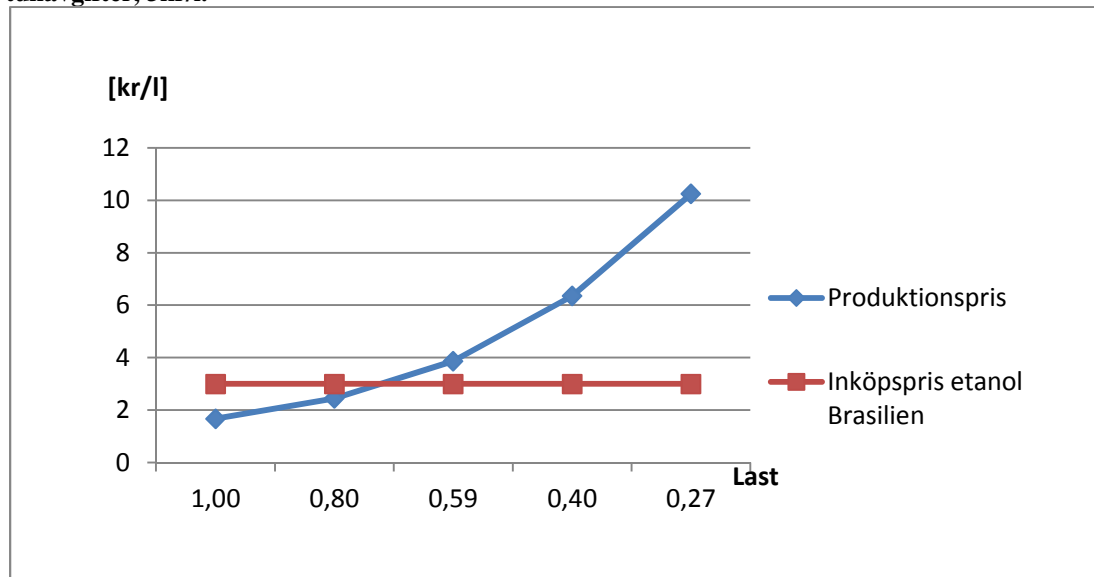
Om hänsyn tas till investeringskostnaderna, avskrivningar, räntor och försäkringar, kan dessa jämföras med inköpspriset på etanol från Brasilien. Eftersom det inte gjorts några liknande investeringar tidigare så kan dessa kostnader endast uppskattas. Se Bilaga 7.

Figur 3. Produktionskostnader med investeringskostnader och inköpspris för brasiliansk etanol 5kr/l.



Diskussioner har funnits på att man skulle ta bort tullarna på den importerade etanolen och det skulle då medföra att etanolens literpris skulle vara ännu billigare det vill säga 3kr/l. Detta betyder att det bara då återstår 2 storlekar på fabriker som kan konkurrera med den importerade etanolen.

Figur 4. Produktionskostnader med investeringskostnader och inköpspris för brasiliansk etanol utan tullavgifter, 3kr/l.



Diskussion

I etanoldebattens vara eller inte vara tycker jag mig kunna se en relevant framställning av etanol. Uträkningarna som har gjorts i detta arbete talar sitt tydliga språk. Det lönar sig att använda överskottsvärme i form av lågenergi till framställning av etanol ned till en viss fabriksstorlek. Produktionskostnaderna är låga utan hänsyn till investeringskostnaderna. Investeringskostnaderna är uppskattade till 5000kr/m³ producerad etanol. Denna siffra är osäker men ger ändå en jämförelse mellan de olika analyserna av fabriksstorlekarna. I jämförelse med importerade etanolen för 5kr/litern så kan man säga att det de tre största fabriker klara kan konkurrera. Break-even hamnar på storleken 26,8MW. Fabriker mindre än det blir det billigare att importera etanol.

Om tullavgifterna tas bort och den importerade etanolen hamnar på 3kr/l så är det bara de två största fabriker som klarar konkurrensen. Ny break-even punkt ligger på 39,5 MW. Det betyder att de två största storlekarna ekonomiskt klarar konkurrensen. Även om det verkningsgradsmässigt ser ut att bli sämre så lönar det sig ekonomiskt att utnyttja överskottsenergin till att framställa etanol och integrera kombinatet med ENA energis kraftvärmeverk.

För att vara på den säkra sidan väljs de två största fabriker ut eftersom de kan konkurrera med 3: -/l på importerade etanolen, men därefter väljer vi också bort den största. Detta eftersom sannolikheten att vi kommer att kunna använda all tillgänglig halm i Enköpings kommun inte är så stor. Valet faller därför på storleken 43,20 MW, det är det mest ekonomiska valet av storlek på en etanolfabrik med biogasanläggning att integrera i ENA energis kraftvärmeverk.

Det finns osäkra variabler i denna rapport i prissättningen. Om elpriset ökar så kommer också intäkterna för detta att märkas i beräkningarna. Då kan det bli mer lönsamt att producera el för den avtappade ångan som går till etanolfabriken. Om priset halm ökar så kommer det också att påverka lönsamheten negativt. De aktuella energipriserna har stor inverkan på etanolens framtid och är säkerligen en stor anledning till att det inte finns så många etanolfabriker. Denna osäkerhet kring framtidens priser måste också ENA energi ta med i beräkningarna för ett framtida energikombinat.

För att bemöta den andra delen av etanoldebatten som handlar om miljö använder ENA biobränsle till sin panna. Dessutom så skördas och transporteras både halm och framställd etanol inom Enköpings kommun. Med tanke på ENA:s läge kan det kanske bli aktuellt att transportera halmen via vatten då kanalen passerar förbi kraftverket. Den totala verkningsgraden blir så pass mycket högre med biogas än utan så min bedömning är att på lång sikt så kommer det att löna sig att investera i en framställningsanordning för biogasen så att den med fördel kan ingå i totalverkningsgraden. Biogasen kan sedan tankas i ENA:s transportfordon för till exempel biobränsletransporter.

Slutsats

Simuleringarna som gjorts i IPSE visar att det är fullt möjligt att producera etanol till ett bra pris genom att integrera en etanolfabrik i ENA energis kraftverk. Fabriken bör kompletteras med en biogasanläggning. Genom att ta vara på biogasen erhålls en bättre total verkningsgrad för det integrerade kraftverket och ekonomiskt sett är storleken 43,20 MW bränsleeffekt till etanol det mest lönsamma.

Fortsatt arbete

Som tidigare nämnts måste en riskanalys göras kring priserna som påverkar kombinatet. Detta för att kunna säkerställa avkastning på etanolfabriken i framtiden. Det måste också utföras noggrannare beräkningar av vilken som är den perfekta storleken på ett integrerat bioenergikombinat med etanolframställning. Den storleken som rapporten tagit fram ger en bra indikation om var ”spannet” på storleken av fabriken ligger.

Den halminventering som är gjord måste undersökas mer praktiskt, hur mycket är tillgängligt? En marknadsundersökning av eventuell odling. Vidare måste transportmöjligheter undersökas för att kunna möta debatten om miljön. I det fortsatta arbetet vore det bra om den grundläggande filosofin med en regional energibalans eftersträvas. Kombinatet skulle bli en förebild för många andra att följa.

Källförteckning

Tryckta källor

Böcker

Statens offentliga utredningar, Stockholm 2007, *Bioenergi från jordbruket – en växande resurs*

Statens offentliga utredningar, Stockholm 2007, *Bioenergi från jordbruket – en växande resurs (Bilagedelen)*

Jordbruksverket, Årsbok 2007, *Jordbruksstatistisk årsbok 2007*, Svegies officiella statistik

Ekström C, Ström E, Bengtsson A & Brandberg Å. (1991). *Biobränslebaserad metanol och etanol som bränsle – en översiktlig studie*. Rapport U (B) 1991/66, Vattenfall, Vällingby och Älvklareby. S 59

Bernesson S & Nilsson D. (2005), *Halm som energikälla*, SLU, Uppsala 2005. ISSN 1652-3237

Ulf Nordberg. (2006) *Biogas -nuläge och framtida potential*. Tvärteknik 993. VÄRMEFORSK Service AB. ISSN 1653-1248.

J. N. Nigam. (2001). *Ethanol production from wheat straw hemicellulose hydrolysate by Pichia stipitis*. Journal of biotechnology.

Artiklar

Aden A, Ruth M, Ibsen K, Jechura J, Neeves K, Sheehan J & Wallace B. 2002. Lignocelluloses Biomass to Ethanol Process Design and Economics Utilizing Co-Current Dilute Acid. *Technical report NREL*

Otryckta källor

<http://www.bioenergiportalen.se/?p=1415&m=879>

<http://www.bioenergiportalen.se/?p=1431&m=914>

Elektroniska källor

<http://www.skogsforsk.se> (2008-03-03)

www.etek.se (2008-03-13)

www.sis.se (2008-03-13)

Personliga kontakter

Henrik Bengtsson, miljöinspektör, ansvarig för energiplaneringen 2007, Enköpings kommun

Bilagor

Bilaga 1 Beräkningsunderlag för halmbränslets effekt in i etanolfabriken.

Bilaga 2 Varaktighetsdiagram

Bilaga 3 Fakta Cellulosa och hemicellulosa

Bilaga 4 Kraftvärmesystem

Bilaga 5 Schemabild över etanol och biogas integrerat med kraftvärmeverk

Bilaga 6 Analysberäkningar

Bilaga 7 Beräkning av investeringskostnader

Bilaga 1

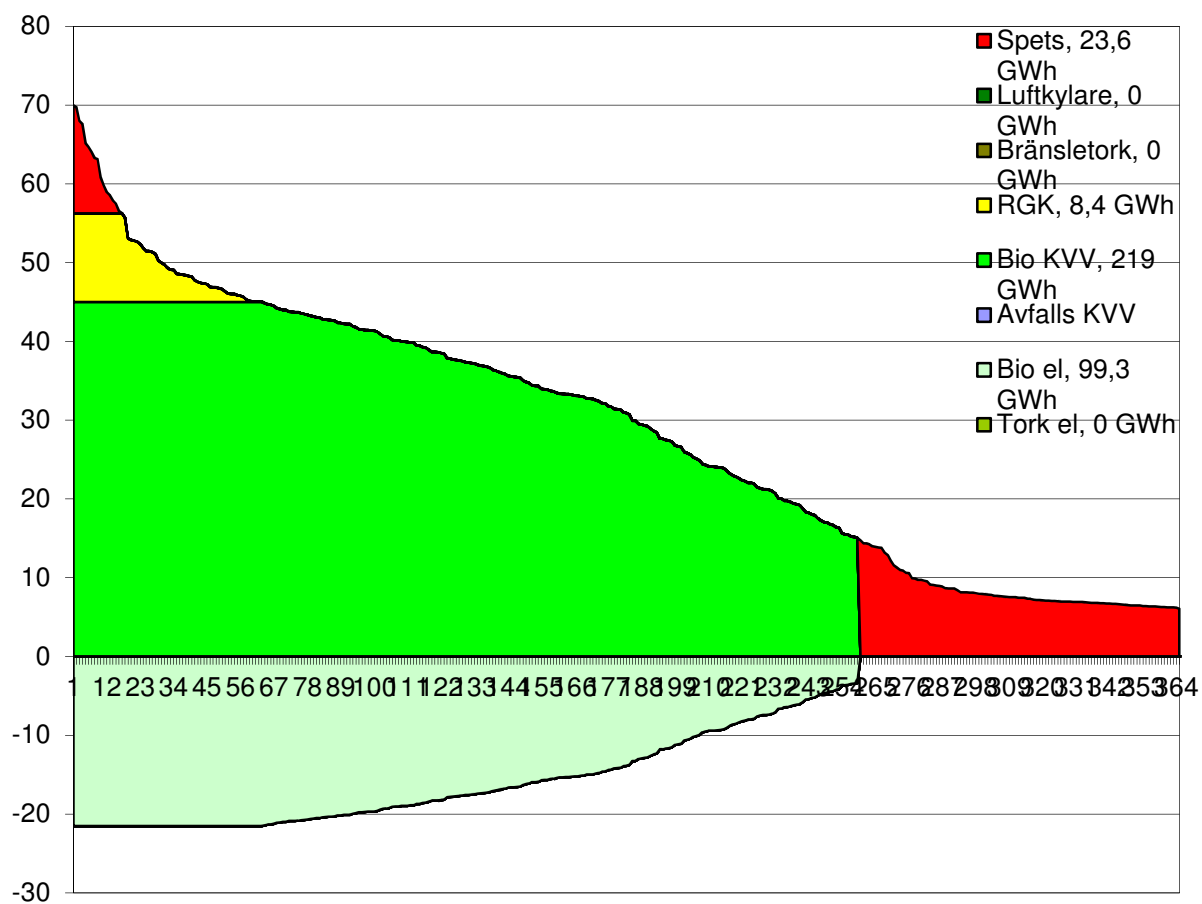
Enköping kommuns totala tillgång på halm kg/ha, år omräknas till total energimängd. Värmevärdet som användas är vid 15 % fukt i halmen. Antal drifttimmar har hämtats från bilaga nr 2.

<u>Effekt input</u>		
Halmens värmevärde med 15% fukt	14,4	MJ/kg
Mängd torkad gröda	2975	kg/ha, år
Tillgänglig areal att odla på	35964	ha
Energimängd/ha, år	430 000	MWh
Antal drifttimmar/år	8000	h
Effekt	53,75	MW

Bilaga 2

ENA energis varaktighetsdiagram som ger oss information om lämpligt underlag för etanolfabrikens drifttid.

Dagens drift utan luftkylare



Bilaga 3

Vid simuleringsförsöket i IPSE så användes följande data för halmfördelning av cellulosa, hemicellulosa samt lignin.

Table 1

Average chemical composition of wheat straw air dried at 3090.5°Ca
In weight percent Component

Cellulose	46.40	+/- 0.52
Hemi cellulose	31.300	+/- 0.81
Lignin	18.30	+/-0.24
Kjeldahl nitrogen	0.72	+/-0.02
Ash	7.20	+/-0.20

Each value corresponds to the mean of three experiments,
+/- SD (Standard deviation).

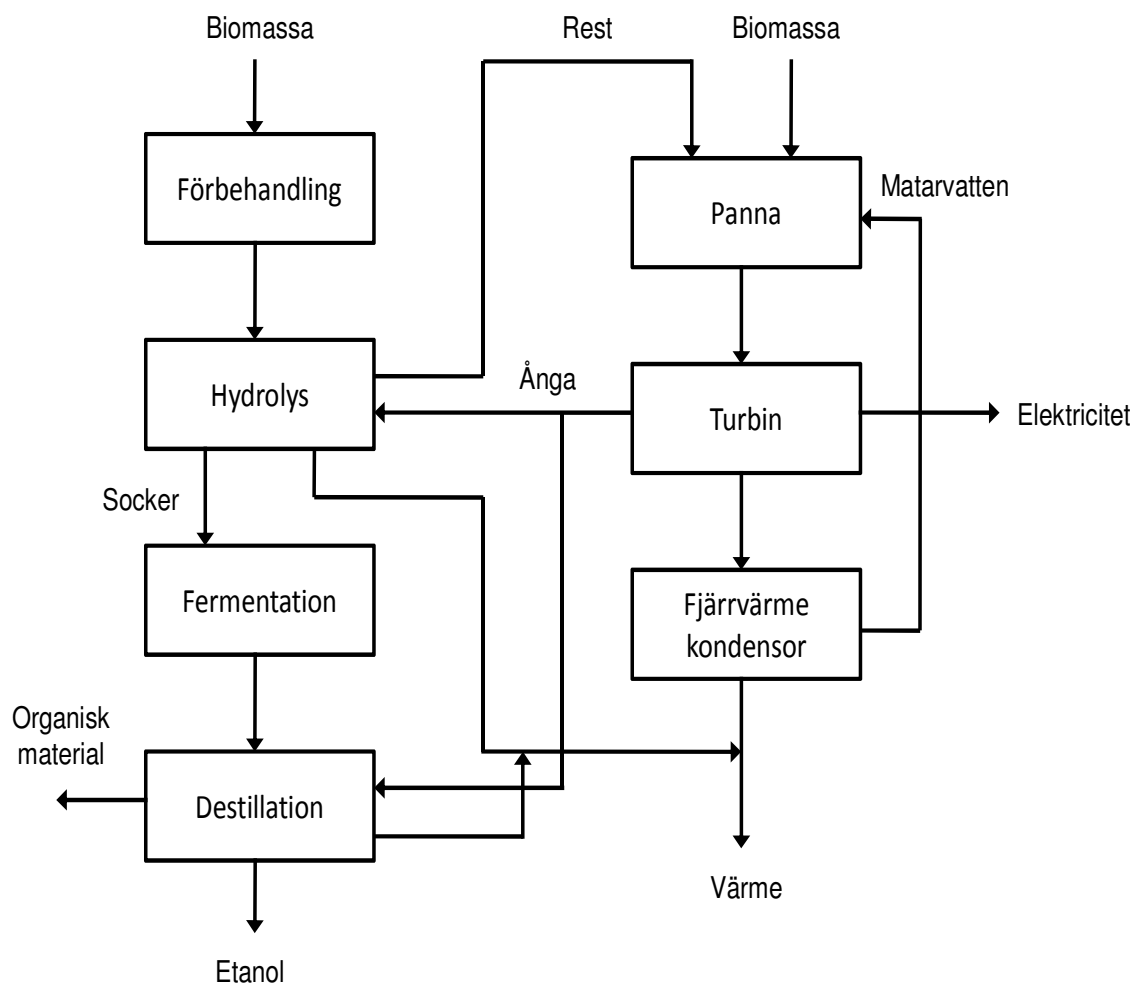
Från rapporten: J. N. Nigam. (2001). *Ethanol production from wheat straw hemi cellulose hydrolysate by Pichia stipitis*. Journal of biotechnology

Värmevärden

LHVethanol	26,8 MJ/kg
LHVBiomass	8 MJ/kg
LHVStraw	14,4 MJ/kg
hwater @25°C	104,9 kJ/kg

Bilaga 4

Bild 1.1 Schemabild över etanol och biogas integrerat med kraftvärmeverk.



Bilaga 5

Analysberäkningar

$$C = \text{kostnad}$$

$$Y_{\text{etoh}} = \frac{P_{\text{etoh}}}{P_{\text{halm}}}$$

$$P = \text{pris}$$

$$\rho_{\text{etoh}} = 789 \text{ g/l}$$

LHV _{ethanol}	26,8MJ/kg
LHV _{Biomass}	8MJ/kg
LHV _{Straw}	14,4MJ/kg
h _{water @25°C}	104,9kJ/kg

Nedan är de andelar som räknats fram från simuleringresultaten i IPSE. Tabellen visar andelar av etanol, el, värme samt biogas vid de olika etanolfabriksstorlekarna. Intäkter och kostnader för respektive storlek och räknats om till ett literpris på etanolen.

Benämning på lasterna	1,00	0,80	0,59	0,40	0,27	-
Storlek på etanolfabrik	53,76	43,20	31,68	21,60	14,40	MW
Yetoh	0,233616	0,208583	0,17394	0,13474	0,099483	-
Yel	0,187897	0,199875	0,216363	0,234975	0,251672	-
Yvärme	0,322491	0,358289	0,40743	0,462893	0,512656	-
Ybiogas	0,121329	0,108329	0,090337	0,069978	0,051667	-
Intäkter	276	296	323	354	382	[kr/MWh]
Kostnader	231	229	225	222	218	[kr/MWh]
	44	67	98	133	164	[kr/MWh]
P etanol	190	322	564	986	1649	[kr/MWh]
kr/l	1,12	1,89	3,31	5,79	9,68	[kr/l]

Bilaga 6

Investeringskostnaderna är beräknade på 5000: -/m³. För beräkningarna användes densitet för etanol 789kg/m³ samt värmeverdet på etanol 26,8 MJ/kg. Avskrivningarna är gjorda på 20 år och räntan är satt till 6 %.

53,76	MW	430080	MWh	40371948	Mkr	93,87079	kr/MWh	190	kr/MWh	283,8708	kr/MWh	1,667362	kr/l
43,2	MW	155520	MWh	14662624	Mkr	94,28128	kr/MWh	322	kr/MWh	416,2813	kr/MWh	2,445097	kr/l
31,68	MW	114048	MWh	10779258	Mkr	94,5151	kr/MWh	564	kr/MWh	658,5151	kr/MWh	3,867898	kr/l
21,6	MW	77760	MWh	7381312	Mkr	94,92428	kr/MWh	986	kr/MWh	1080,924	kr/MWh	6,348989	kr/l
14,4	MW	51840	MWh	4954208	Mkr	95,56728	kr/MWh	1649	kr/MWh	1744,567	kr/MWh	10,24701	kr/l
73222	m3	366108620	kr	18305431	Avskr. 20 år	21966517	Ränta 6%	100000	Försäkring	40371948	Kostnader		
26477	m3	132387492	kr	6619375	Avskr. 20 år	7943250	Ränta 6%	100000	Försäkring	14662624	Kostnader		
19417	m3	97084161	kr	4854208	Avskr. 20 år	5825050	Ränta 6%	100000	Försäkring	10779258	Kostnader		
13239	m3	66193746	kr	3309687	Avskr. 20 år	3971625	Ränta 6%	100000	Försäkring	7381312	Kostnader		
8826	m3	44129164	kr	2206458	Avskr. 20 år	2647750	Ränta 6%	100000	Försäkring	4954208	Kostnader		

Bilaga 7

Formler använda för beräkningarna.

$$\left(\frac{C_{halm}}{Y_{etoh}} + \frac{C_{flis}}{Y_{värme}} + \frac{C_{flis}}{Y_{el}} \right) + C_{operation} - (P_{el} + P_{värme}) = P_{etoh}$$

$$\begin{aligned} Halm &= 170 \left[\frac{kr}{MWh} \right] \\ Flis &= 170 \left[\frac{kr}{MWh} \right] \\ P_{el} &= 470 \left[\frac{kr}{MWh} \right] \\ Elcert &= 200 \left[\frac{kr}{MWh} \right] \\ P_{värme} &= 400 \left[\frac{kr}{MWh} \right] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C &= \text{kostnad} \\ Y_{etoh} &= \frac{W_{etoh}}{W_{halm}} \\ P &= \text{pris} \\ \rho_{etoh} &= 789 \text{ g/l} \end{aligned}$$