LÄNSSTYRELSEN BLEKINGE LÄN

2006:7

Etanol från sockerbetor

Förstudie om möjligheterna till storskalig produktion i Blekinge



Rapport, år och nr: 2006:7
Rapportnamn: Etanol från sockerbetor. Förstudie om möjligheterna till storskalig produktion i Blekinge
Utgivare: Länsstyrelsen Blekinge län, 371 86 Karlskrona.
Hemsida: www.k.lst.se
Författare/Kontaktperson: Daniel Nilsson 0455-87 158
ISSN: 1651–8527
Omslagsfoto: Christer Johansson
© Länsstyrelsen Blekinge län

Förord

Mot bakgrund av bl a den tilltagande växthuseffekten och stigande priser på fossila bränslen, har intresset för alternativa drivmedel ökat mycket starkt på senare tid. Det drivmedel som anses ha den största potentialen, åtminstone på kort sikt, är bioetanol. Några viktiga skäl är att produktionskostnaden vanligen är lägre i jämförelse med andra biodrivmedel, och att det inte behövs några större modifieringar av befintlig infrastruktur och motorteknik för distribution och användning av bränslet.

Tidigare har det under svenska förhållanden varit mindre intressant att använda sockerbetor som råvara, främst beroende på att det ekonomiska utbytet har varit betydligt högre när betorna använts för att producera socker. Inom EU har man dock beslutat sig för att fr o m år 2006 genomföra den s k sockerreformen, som innebär att priset på sockerbetor kommer att minska med ca 44% under en fyraårsperiod. Eftersom odlingen av sockerbetor är relativt stor i Blekinge, har tanken väckts på att använda betorna för att producera etanol istället för socker. Denna förstudie ger en översikt över förutsättningarna för en sådan eventuell storskalig produktion i länet.

En ambition har varit att ge en aktuell kunskapsöversikt inom området. Man ska dock vara medveten om att utvecklingen för närvarande är mycket snabb, vilket inte minst bevisas av att man under förstudiens genomförande har tagit beslut i flera europeiska länder om att uppföra nya etanolanläggningar med jordbruksgrödor som råvaror.

Jag vill tacka Lantbruksdirektör Birgitta Jonasson och Agronom Jan Ingemansson, Länsstyrelsen Blekinge län, för värdefulla synpunkter på rapportens innehåll.

Karlskrona, den 14 juni 2006

Daniel Nilsson

Innehåll

Sammanfattning 6
Inledning 7
Bakgrund 7
Syfte 8
Marknadsöversikt 9
Motiv för att använda etanol som bränsle 9
Etanol i Sverige 11
En internationell utblick 13
Odling av sockerbetor 18
Allmänt 18
Sådd och skötsel 18
Skörd 20
Lagring och transport 22
Framställning av socker 22
Tillverkningsprocesser 25
Etanolens egenskaper och framställning 25
Processteg vid tillverkningen 26
Teknisk utformning av olika anläggningar 31
Energikvoter och utsläpp av växthusgaser 35
Energianalys 35
Utsläpp av växthusgaser 40
Sysselsättningseffekter 43
Arbetsbehov vid odlingen 43
Arbetsbehov vid etanolfabriken 45
Totala sysselsättningseffekter 45
Kostnadsberäkningar 47
Förslag på anläggningens lokalisering och storlek 47
Råvarukostnader 50
Tillverkningskostnader 52
Biprodukter 55
Totala produktionskostnader 55
Diskussion 59
Marknad 59
Odlingsaspekter 60
Tillverkningsprocesser 61
Energikvoter och utsläpp av växthusgaser 62
Sysselsättningseffekter 63
Kostnadsberäkningar 63
Slutsatser 66
Litteratur 67

Sammanfattning

Syftet med denna förstudie var att översiktligt utreda möjligheterna för en storskalig produktion av etanol i Blekinge med sockerbetor som råvara. Studien begränsades till att omfatta följande delar: en marknadsöversikt presenterades när det gäller etanol som framtida drivmedel, en genomgång gjordes över hur odlingen går till, en översikt gavs över hur en anläggning kan se ut rent tekniskt, en bedömning gjordes av vilken potentiell miljöpåverkan en sådan anläggning skulle ha, eventuella sysselsättningseffekter uppskattades, och slutligen beräknades kostnaderna överslagsmässigt för några olika scenarier.

I ett internationellt perspektiv ökar produktionen och efterfrågan på bränsleetanol mycket starkt. Även i Sverige förväntas efterfrågan öka kraftigt, bl a som en följd av ökad försäljning av bränsleflexibla bilar. Inom en femårsperiod kan den inhemska produktionen bli femfaldigad.

Odlingen av sockerbetor är intensiv och kunskapskrävande, men den är också en av de mest lönsamma grödorna i södra Sveriges slättbygder. Ur miljösynpunkt kan man bl a invända att behovet av herbicider är relativt stort, men betorna utgör å andra sidan en värdefull omväxlingsgröda i spannmålsdominerade växtföljder. I Blekinge är avkastningen bland de högsta i landet.

Tekniken för att göra etanol från sockerbetor är jämförelsevis enkel och kostnadseffektiv då man bl a inte behöver något föregående hydrolyssteg. En nackdel är att etanolutbytet är lågt, eftersom man behöver ca 10 kg betor för att få 1,0 liter etanol. En annan nackdel är att betorna inte är lagringsbara, och att man därför inte har tillgång på betor året runt.

Flera internationella studier har visat att energikvoten för sockerbetsetanol ligger runt 1,8:1 och att utsläppen av växthusgaser halveras i jämförelse med för bensin. Resultaten är dock starkt beroende av vilka förutsättningar som gäller för beräkningarna.

Vid uppförande av en kombinerad etanolanläggning (sockerbetor och spannmål) i Blekinge med en årskapacitet på 60 000 m^3 etanol, skulle det uppskattningsvis skapas upp emot ett hundratal nya arbetstillfällen.

Ur kostnadssynpunkt finns det flera fördelar med att anlägga en etanolfabrik vid en befintlig processindustri, förslagsvis vid Mörrums bruk. Därför gjordes en grov uppskattning av kostnaderna för tre anläggningsalternativ i närheten av Mörrum. De lägsta produktionskostnaderna erhölls för en anläggning som använder både sockerbetor och spannmål som råvaror (med en årsproduktion på 60 000 m^3 etanol). I ett företagsekonomiskt perspektiv skulle en sådan anläggning kunna vara konkurrenskraftig i förhållande till dagens bensinpriser. Man måste dock noga överväga olika samhällsekonomiska och energi- och jordbrukspolitiska aspekter innan en sådan anläggning byggs.

Inledning

Bakgrund

I november 2005 enades EU:s jordbruksministrar om att genomföra den s k sockerreformen, som innebär att ett närmare 40 år gammalt stödsystem förändras i grunden. Hittills har priset på socker inom EU legat ca tre gånger högre än världsmarknadspriset, men fr om odlingsåret 2006 ska priset sänkas med totalt 36% under en period av fyra år. Denna prissänkning på socker innebär en sänkning av betpriset med totalt 44%, från ca 477 kr/ton år 2005 till 269 kr/ton år 2009. Som framgår av tabell 1, sker de största prissänkningarna under de tre första åren. Under perioden ska odlarna kompenseras med ett stöd motsvarande ca 64% av sockerprissänkningen. Varje enskilt EU-land har relativt stor frihet att välja hur kompensationen ska fördelas (Land, 2005; Betodlaren, 2005a).

Tabell 1. Pris för betor, inkl odlarens del av produktionsavgiften, enligt överenskommelsen i sockerreformen (Källa: Betodlaren, 2005a)

	2006	2007	2008	2009
Minimipris för sockerbetor, euro/ton	32,1	29,0	25,9	25,5
Svenska betpriset vid normal sockerhalt, kr/ton	339	306	273	269
Förändring jämfört med priset 2005 (ca 477 kr/ton), %	-29	-36	-43	-44

I vissa områden med låga skördar och svag konkurrenskraft, t ex i Finland, Irland och Portugal, kommer odlingen troligen att upphöra helt. Reformen kommer också att få stora konsekvenser för Sveriges ca 3500 odlare med totalt ca 50 000 ha sockerbetor (SCB, 2005a), samt för landets kvarvarande sockerbruk i Örtofta och Köpingebro, som totalt producerade 372 000 ton socker under år 2004 (Danisco Sugar, 2005). Sockerbetor är en av de mest lönsamma jordbruksgrödorna idag, åtminstone för lantbrukare med rationella produktionsformer i de södra delarna av landet. För att lindra effekterna av reformen finns dock särskilda stöd för odlare som upphör med odlingen på Öland och Gotland, samt för sockerbruk som minskar sin produktion eller lägger ned den helt (Betodlaren, 2005a).

I Blekinge har odlingen av sockerbetor legat kring knappt tusen hektar under de senaste åren (tabell 2). Under år 2005 minskade dock arealen till en av de lägsta på flera år (757 ha) (SCB, 2005a). I länet finns en stark oro för att reformen kommer att leda till minskad lönsamhet i många odlingsföretag. Sockerbetor är dessutom en arbetsintensiv gröda som genererar många arbetstillfällen, och den är även en fördelaktig växt ur odlingssynpunkt, eftersom den utgör en lämplig omväxlingsgröda i spannmålsdominerade växtföljder. Sockerbetor har också en lång växtsäsong, vilket gör att grödan tar upp växtnäring till långt in på hösten.

Sockerbetor är en mångsidig växt som kan användas för mer än att tillverka socker. Genom t ex jäsning kan man framställa etanol, som kan ersätta oljebaserade drivmedel och plaster, och genom rötning av blasten kan man framställa biogas. Den framtida potentialen för att använda det förnybara och CO_2-neutrala etanolbränslet som drivmedel i bensinmotorer är mycket stor. EU:s drivmedelsdirektiv anger t ex att andelen förnybara drivmedel ska vara minst 5,75% inom unionen år 2010. För Sveriges del motsvarar detta mer än 300 milj liter etanol per år, vilket kan jämföras med produktionen av bränsleetanol under år 2005, som totalt var ca 73 milj liter (ca 55 milj liter spannmålsbaserad etanol i Norrköping och ca 18 milj liter skogsbaserad etanol i Örnsköldsvik) (SJV,

2006a). Hittills har stora mängder etanol importerats, bl a ca 210 milj liter etanol från Brasilien år 2005 (SJV, 2006a), men regeringen har nyligen aviserat ökade importrestriktioner i syfte att gynna den inhemska produktionen av etanol.

Tabell 2. Odlad areal, bärgad skörd och antalet odlare av sockerbetor i Blekinge (Källa: SCB, 1966-2005)

År	Odlad areal (ha)	Bärgad skörd (kg/ha)	Antal odlare
2004	930	48 300[1]	120
2000	1 009	47 700[1]	129
1995	1 030	44 000[1]	131
1990	877	56 800	154
1985	934	42 900	191
1980	836	54 160	196
1975	858	42 590	
1970	623	35 420	
1965	761	28 500	324 (1966)

[1] avräknad betskörd (beräknat av sockerbolaget), innan var det bärgad skörd, som beräknades av SCB

Sockerreformen syftar endast till att sänka priset på socker och således inte priset på själva betorna. Genom att istället producera etanol från sockerbetorna, skulle odlingen därför kunna behållas i länet. Själva produktionstekniken är väl känd, och i Frankrike finns t ex idag fabriker som tillverkar etanol (och tillsatsmedlet ETBE) från sockerbetor odlade på ca 10 000 ha (BAFF, 2005).

En stor osäkerhet när det gäller etanol från sockerbetor, är lönsamheten och konkurrensförmågan gentemot etanol framställt t ex från spannmål. Med dagens priser är det något billigare att framställa spannmålsetanol, bl a beroende på att man får ut 1 liter etanol ur 3 kg spannmål, medan det krävs ca 10 kg sockerbetor för samma mängd etanol. Lönsamheten är dock beroende av bl a priset man får för biprodukterna (drank resp betmassa/betfor). Vid en framtida etanolproduktion ur sockerbetor får lantbrukarna troligen räkna med en lägre lönsamhet för grödan jämfört med idag, men detta behöver inte betyda att priset blir så lågt att grödan blir olönsam.

Syfte

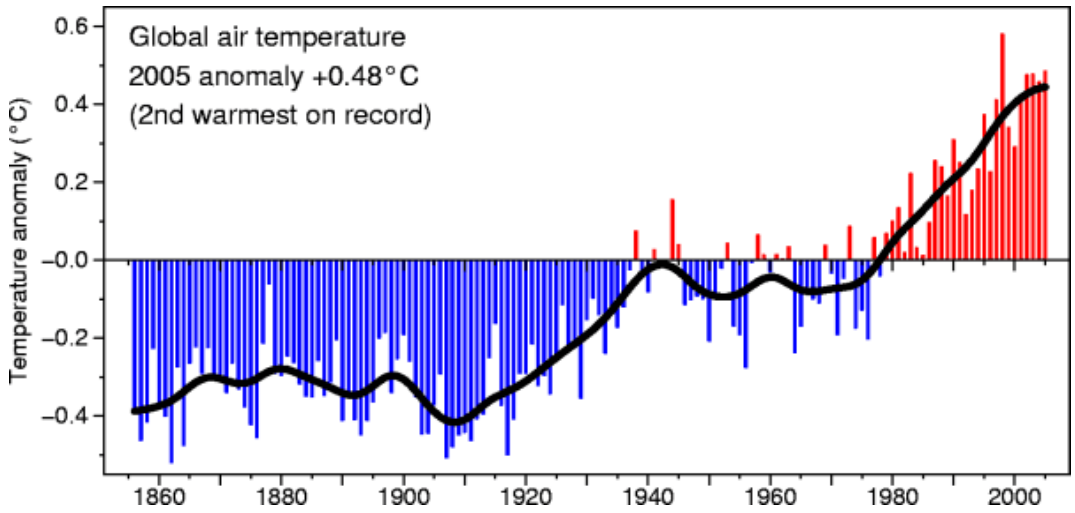
Syftet med denna förstudie är att översiktligt utreda möjligheterna för en storskalig produktion av etanol i Blekinge med sockerbetor som råvara. Studien begränsas till att omfatta följande delar: en marknadsöversikt presenteras när det gäller etanol som framtida drivmedel, en genomgång görs över hur odlingen går till, en översikt ges över hur en anläggning kan se ut rent tekniskt, en bedömning görs av vilken potentiell miljöpåverkan en sådan anläggning skulle ha, eventuella sysselsättningseffekter uppskattas, och slutligen beräknas kostnaderna överslagsmässigt för några olika scenarier.

Marknadsöversikt

Motiv för att använda etanol som bränsle

Globala/nationella motiv

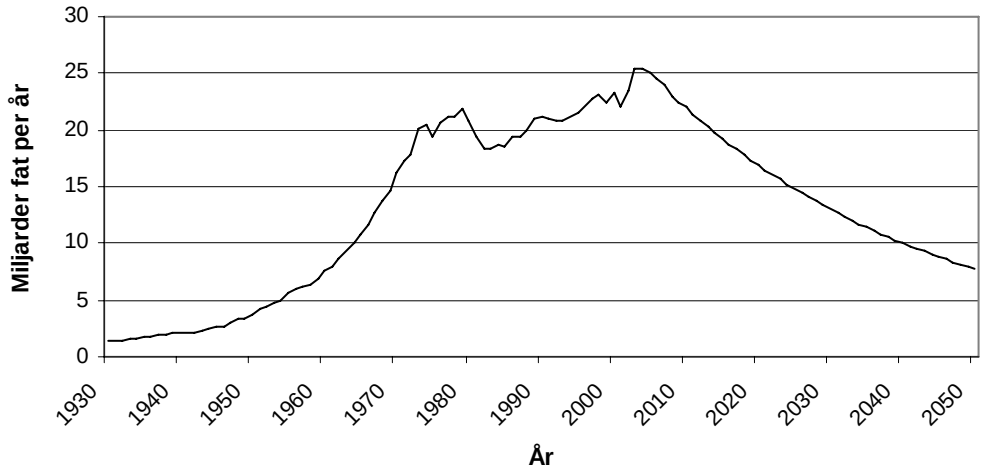
Det finns många skäl till varför det har blivit intressant att använda etanol som fordonsbränsle. Ett av de viktigaste är oron för framtida störningar i vårt klimat p g a utsläppen av växthusgaser vid förbränning av bl a fossila bränslen. Den globala medeltemperaturen har haft en klart stigande trend, och alla de senaste 25 åren har varit varmare än genomsnittet för åren 1961-1990 (se figur 1). Genom att använda etanol framställt ur förnybar biomassa som drivmedel istället för bensin, är förhoppningarna att man ska kunna hejda den tilltagande växthuseffekten.



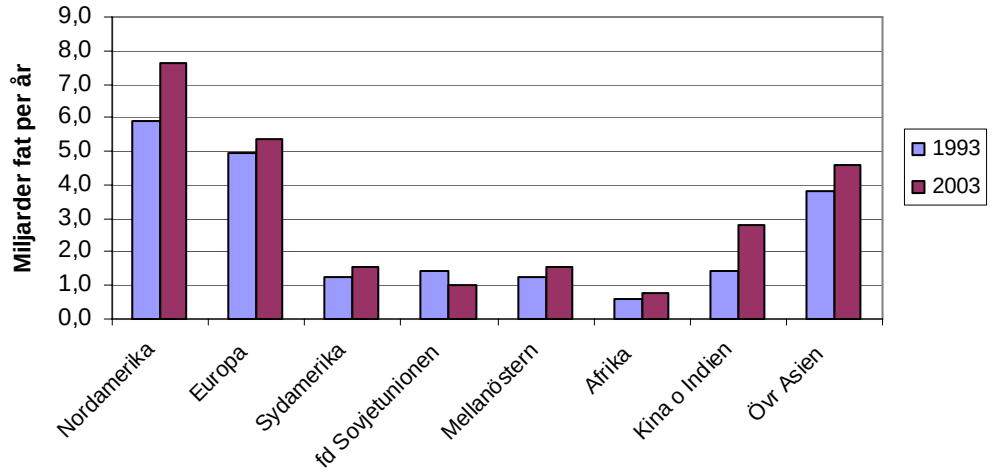
Figur 1. Avvikelse i global medeltemperatur, från genomsnittet 1961-1990, för åren 1856-2004 (Källa: CRU, 2006 (kopiering och spridning tillåten enligt www.cru.uea.ac.uk)).

Ett annat skäl är de begränsade resurserna av fossila bränslen. Enligt många bedömare har vi nu nått den högsta produktionen av olja på runt 25 miljarder fat per år (se figur 2). En allt större efterfrågan i bl a Kina och Indien (figur 3), i kombination med ett minskat utbud, kommer på sikt att leda till kraftigt stigande priser. Genom att öka den inhemska produktionen av drivmedel, strävar nu många länder efter att bli mindre beroende av importerade bränslen.

En viktig anledning till att man i många länder satsar på just etanol är att tillverkningsprocesserna har nått en hög mognadsgrad och är relativt kostnadseffektiva, åtminstone när det gäller råvaror som sockerrör, sockerbetor, majs, spannmål, m m. Vidare kan etanolen blandas med bensin och för distributionen kan man därför använda befintlig infrastruktur, och några större förändringar krävs inte heller när det gäller den teknik som används i motorerna. De råvaror som används idag kommer huvudsakligen från jordbruket, och eftersom dessa råvaror sedan länge har använts för att producera livsmedel, är odlingstekniken väl utvecklad och ”optimerad” ur ekonomisk synvinkel.



Figur 2. Oljeproduktionen i världen från år 1830 till våra dagar, och prognos för framtiden (Källa: Aleklett & Campbell, 2002).



Figur 3. Oljeanvändningen i olika delar av världen åren 1993 och 2003 (Källa: Aleklett & Campbell, 2002; Ny Teknik, 2005).

Regionala/lokala motiv

Eftersom råvarorna produceras på landsbygden, kan sysselsättningen inom både de areella näringarna och inom transportsektorerna öka. Detta kan få stor betydelse för utvecklingen av många glesbygdskommuner, som kan bli producenter av både lantbruksbaserade och skogsbaserade råvaror. LRF hävdar att 25 000 nya jobb skulle kunna skapas fram till år 2010 om biobränsleproduktionen, och däribland etanolproduktionen, ökar med 30 TWh (LRF, 2006a).

Etanol i Sverige

Energi- och klimatpolitik

Målet med den svenska energipolitiken är att ”på kort och lång sikt trygga tillgången på el och annan energi på med omvärlden konkurrenskraftiga villkor. Energipolitiken skall skapa villkoren för en effektiv och hållbar energianvändning och en kostnadseffektiv svensk energiförsörjning med låg negativ påverkan på hälsa, miljö och klimat samt underlätta omställningen till ett ekologiskt uthålligt samhälle” (STEM, 2005). Denna inriktning fastställdes i det energipolitiska beslutet år 1997 och bekräftades av riksdagen år 2002.

Som ett led i dessa strävanden har flera utredningar tillsatts som ska titta på frågor som rör användningen av förnybara drivmedel i Sverige. I juli 2005 inleddes t ex en utredning som ska analysera det svenska ”Jordbrukets förutsättningar som producent av bioenergi” (STEM, 2005). Utredningen ska vara klar senast 1 september 2006. Nyligen tillsatte statsministern en s k oljeersättningskommission som ska undersöka vilka möjligheter det finns att bryta landets beroende av olja fram till år 2020. Utredningen om ”Förnybara fordonsbränslen” blev klar i januari 2005. Här föreslogs bl a gröna certifikat, istället för skattesubventioner och tvångsmässiga kvotsystem, för att främja introduktionen av förnybara drivmedel (STEM, 2005). Man föreslog också att det nationella målet för andelen förnybara bränslen år 2010 skulle höjas till 5,75% istället för de 3% till år 2005 som var det tidigare målet. Nivån 5,75% sattes enligt EU:s drivmedelsdirektiv för år 2010. För år 2020 finns förslag på ett nytt drivmedelsdirektiv, i vilken andelen förnybara bränslen ska uppgå till 20%.

Den svenska riksdagen har antagit 16 s k nationella miljökvalitetsmål, varav flera berör transportsektorn (Miljömålsportalen, 2006). Exempelvis syftar det nationella miljömålet ”Begränsad klimatpåverkan” till att minska de svenska genomsnittliga utsläppen av växthusgaser under perioden 2008-2012 till 96% av den nivå som rådde år 1990. På längre sikt är målet att Sverige ska verka för att halten av växthusgaser ska stabiliseras på en nivå understigande 550 ppm koldioxidekvivalenter. År 2050 är t ex målet att utsläppen av växthusgaser ska vara lägre än 4,5 ton koldioxidekvivalenter per capita. De nationella målen är inte legalt bindande, utan uttrycker den ambition som riksdagen har.

Landets Länsstyrelser har tagit fram egna regionala miljömål. Det regionala delmålet i Blekinge när det gäller klimatpåverkan syftar till att minska utsläppen av koldioxid från fossila bränslen med 35% under en period av 15 år; från 5,9 ton per capita år 1995 till 3,8 ton per capita år 2010 (Länsstyrelsen Blekinge län, 2005). För att kunna åstadkomma detta är målet att länet till hälften ska vara självförsörjande med energi år 2010 inom bostads- och industrisektorerna. För transportsektorn gäller att koldioxidutsläppen från vägtrafiken (exklusive transittrafiken) ska minska med 10% mellan åren 1995-2010, bl a genom att 6% av det använda fordonsbränslet i länet år 2010 ska baseras på förnybara råvaror. Under år 2003 var transportsektorns energianvändning i Blekinge 1 270 GWh (Eckerberg, 2006), och 6% av detta motsvarar t ex knappt 12 000 m^3 etanol.

Produktion och användning av etanol

Redan år 1979 tillsatte regeringen en utredning om att undersöka möjligheterna för inhemsk produktion av bränsleetanol från sockerbetor (Wramner, 1980). Den direkta or-

saken var nedläggningshotet för Karpalunds sockerbruk, men andra orsaker var också tankarna på att införa blyfri bensin genom inblandning av etanol, en önskan om att bli mindre beroende av importerade bränslen efter oljekriserna på 70-talet, samt den överskottsareal som fanns inom jordbruket. I utredningsmaterialet finns detaljerade skisser på hur en anläggning skulle kunna se ut, men planerna skrinlades så småningom. Ungefär samtidigt fanns långt framskridna planer på att bygga en etanolfabrik i Skaraborg med potatis som råvara, men senare ändrades planerna till spannmål och sockerbetor som råvaror (Julin, 1985). Det dröjde dock till mars 2001 innan den första storskaliga anläggningen för produktion av bränsleetanol med jordbruksgrödor som råvara, i detta fall spannmål, kunde invigas i Sverige (Agroetanols fabrik i Norrköping).

Under år 2005 producerades i landet ca 110 milj liter etanol, varav ca 73 milj liter för bränsleändamål (SJV, 2006a). Den största etanolproducenten är Agroetanol AB i Norrköping med en produktionskapacitet på 55 milj liter/år. Råvaran utgörs här av spannmål. Den näst största producenten är Domsjö Fabriker AB i Örnsköldsvik med en produktionskapacitet på 18 milj liter/år. Denna fabrik använder sulfitlut som råvara. Eftersom antalet sulfitbruk i landet minskar på sikt, kommer denna råvara så småningom att fasas ut. Slutligen finns en forsknings- och pilotanläggning som drivs av Etek, Etanolteknik AB i Örnsköldsvik. Produktionskapaciteten är 0,2 milj liter/år, och det främsta syftet med anläggningen är att utveckla processer för framställning av etanol från barrvedsråvaror.

Produktionskapaciteten kommer troligen att öka mycket kraftigt framöver. Lantmännen har t ex nyligen beslutat att bygga en ny fabrik i anslutning till den befintliga i Norrköping (Land, 2006b). Investeringen blir runt en miljard kronor och produktionskapaciteten 150 milj liter per år med 400 000 ton spannmål som råvara. Fabriken beräknas vara färdig under år 2008. I Skåne finns funderingar på att bygga en etanolfabrik med bl a sockerbetor som råvara. Enligt LRF skulle en sådan anläggning kunna etableras inom 2-3 år (Land, 2006c). Även i Sveg finns planer på att bygga en etanolfabrik med skogsprodukter som råvara. Anläggningen byggs som ett bioenergikombinat och investeringen beräknas ligga kring 1,5 miljarder kronor (Land, 2006d).

Den svenska importen av etanol var under år 2005 ungefär 370 milj liter (odenaturerad plus denaturerad etanol), varav runt 210 milj liter importerades från Brasilien (beräknat efter SJV, 2006a). Under samma år var exporten av odenaturerad och denaturerad etanol ca 46 milj liter, och Sverige är alltså en stor nettoimportör av etanol. Under år 2004 var användningen av etanol för drivmedelsändamål ca 280 milj liter, medan användningen i kemiska råvaror kan uppskattas till 50 milj liter, övrig teknisk etanol 30 milj liter och för dryckesändamål ca 20 milj liter (SJV, 2006a).

Bränsleetanolen används för låginblandning (5%) i 95-oktanig bensin (SJV, 2006a). Fr o m april 2006 sker denna inblandning även på Gotland, och därmed blandas all 95-oktanig bensin i Sverige. Vidare finns ett antal bränsleflexibla bilar i landet som använder E85 (85% etanol). Antalet sålda bränsleflexibla etanolbilar har ökat mycket kraftigt under de senaste åren. Från år 2004 till år 2005 ökade t ex försäljningen från 5 386 bilar till 22 618 bilar. Under samma tid ökade antalet tankställen från 141 till 305 st. På vissa platser i landet används etanol också i bussar, som kör på E92, d v s en blandning med 92% etanol.

I Sverige är bränsleetanol f n befriat från punktskatter till 100%, d v s energiskatten på 2,86 kr/l och koldioxidskatten på 2,13 kr/l som gäller för bensin är borttagna, vilket tillsammans med motsvarande momseffekt ger en total skattelättnad på 6,24 kr/l (SJV, 2006a). För år 2004 motsvarade skattebortfallet vid försäljning av bioetanol 983 milj kr.

En internationell utblick

Översikt

Världsproduktionen av etanol har ökat mycket starkt de senaste åren. Under år 1975 var den totala produktionen ca 8 miljarder liter, varav bränsleetanol stod för ungefär 0,5 miljarder liter (SJV, 2006a). Under år 2005 var den totala produktionen drygt 45 miljarder liter, varav ca 35 miljarder liter var bränsleetanol. De största producenterna av etanol under år 2005 var Brasilien (16 700 milj liter, 36% av den totala världsproduktionen), USA (16 600 milj liter, 36%), Kina (3 800 milj liter, 8%), Indien (1 700 milj liter, 4%) och Frankrike (910 milj liter, 2%) (SJV, 2006a). Beräknat per capita är Sverige den fjärde största producenten (12 liter/person) efter Brasilien (94 liter/person), USA (56 liter/person) och Frankrike (15 liter/person). Enligt bedömare på F. O. Lichts, kommer produktionen att nå 60 miljarder liter år 2010, och det är nästan uteslutande etanol för bränsleändamål som kommer att svara för ökningen (SJV, 2006a).

Denna förväntade produktionsökning kommer i ett kortare perspektiv att nästan enbart baseras på olika jordbruksgrödor (sockerrör, sockerbetor, majs och vete). Många av de länder som har en omfattande odling av dessa grödor idag, har redan börjat eller kommer troligen att satsa ännu mer på etanol från jordbruket. I tabell 3 visas de största producenterna av olika grödor lämpliga för framställning av etanol.

Tabell 3. De största producentländerna av olika grödor lämpliga för framställning av etanol (miljoner ton år 2004) (Källa: SJV, 2006a)

Sockerrör	Sockerbetor	Majs	Vete
Brasilien (411)	Frankrike (31)	USA (300)	Kina (91)
Indien (245)	Tyskland (27)	Kina (132)	Indien (72)
Kina (91)	USA (27)	Brasilien (42)	USA (59)
Thailand (68)	Ryssland (22)	Mexiko (20)	Ryssland (45)
Pakistan (53)	Ukraina (17)	Frankrike (16)	Frankrike (40)

Den största konsumtionen av etanol under år 2004 hade USA (14 970 milj liter), följt av Brasilien (12 260 milj liter), Kina (3 560 milj liter), Indien (1 650 milj liter) och Ryssland (780 milj liter) (SJV, 2006a). Per capita hade Sverige den tredje största konsumtionen (41 liter/person) efter Brasilien (69 liter/person) och USA (51 liter/person).

När det gäller handel med etanol under år 2004, var de största exportörerna Brasilien (2 403 milj liter), Frankrike (377 milj liter), USA (266 milj liter), Storbritannien (151 milj liter) och Sydafrika (147 milj liter), medan de största importörerna var USA (920 milj liter), Japan (495 milj liter), Tyskland (275 milj liter), Sverige (265 milj liter) och Sydkorea 238 milj liter) (SJV, 2006a). Världsmarknadspriset, d v s i princip det pris en köpare får betala för att hämta etanolen vid en fabrik i Brasilien, var i december 2005 3,73 kr/l (SJV, 2006a). Samma vecka under åren 2003 och 2004 var priset 1,76 kr/l respektive 2,19 kr/l, och priset har alltså haft en klart stigande trend. P g a höga tullar är priserna inom EU betydligt högre.

Europa

Under år 2004 tillverkades ca 2,1 miljarder liter etanol inom EU-15, varav 1,6 miljarder liter utgjordes av jordbruksetanol och resten av syntetisk etanol (SJV, 2006a). Ungefär 23% av den tillverkade volymen användes för bränsleändamål. Ca 40% av den producerade jordbruksetanolen hade sockerbetor och melass som råvara, medan spannmål svarade för 45%, vin för 12% och övriga råvaror för 3% (SJV, 2006a). De länder inom EU som har 100% skattereduktion på bränsleetanol är Sverige, Tyskland, Spanien, Ungern och Litauen. I framförallt Spanien, Frankrike och Tyskland blandar man i hög utsträckning ETBE (etyltertiärbutyleter) i bensinen istället för ren etanol. ETBE innehåller 47% etanol och resten isobutylen, som är en biprodukt i petroindustrin. Bensinbolagen i dessa länder ser hellre att man använder ETBE-blandningar, eftersom man kan tillvarata isobutylen till en låg kostnad (SJV, 2006a).

I Frankrike var man tidiga med att tillverka etanol från jordbruksgrödor för drivmedelsändamål. År 1997 odlades t ex 12 000 ha sockerbetor och 10 000 ha spannmål för tillverkning av etanol (Poitrat, 1999). I Frankrike används etanolen i huvudsak för att göra ETBE som blandas i bensinen upp till 15%. År 2003 fanns tre anläggningar för tillverkning av ETBE (Nord ETBE Dunkerque (65 000 ton ETBE), Quest ETBE Gonfreville (70 000 ton ETBE) och Totalfinaelf Frezin (84 000 ton ETBE). År 2005 var det planerat att tillverka 410 000 ton etanol, varav 230 000 ton med spannmål som råvara och 180 000 ton med sockerbetor som råvara. År 2010 är målet att etanolproduktionen ska vara 1,15 milj ton, varav 760 000 ton från spannmål och 400 000 ton från sockerbetor (Cuypers, 2003).

Den största sockerproducenten i Europa, Südzucker AG i Tyskland, invigde under år 2005 sin nya etanolanläggning i Zeitz i delstaten Sachsen-Anhalt (Guderjahn, 2005; CARMEN, 2006). Anläggningen har byggts vid ett befintligt sockerbruk, men för närvarande använder man spannmål som råvara, även om det är möjligt att också använda sockerbetor. Omkring 700 000 ton spannmål ska årligen processas till 260 000 m^3 etanol och 260 000 ton foder. Detta innebär att det är den största etanolanläggningen i Europa. Investeringen ligger på runt 200 milj euro (Cropenergies, 2006). I Tyskland kommer ytterligare två anläggningar, i Schwedt och i Zörbig (har kostat 35 milj euro), att tas i bruk under 2005, vilket betyder att produktionskapaciteten totalt ökar med 540 000 m^3 (inkl fabriken i Zeitz) under 2005. Dessa tre fabriker kommer att behöva använda totalt 1,5 milj ton spannmål (Cropenergies, 2006).

En ny fabrik för tillverkning av sockerbetsetanol har börjat byggas i Wissington, nordost om London (British Sugar, 2006). Investeringen ligger på runt £20 milj och kapaciteten blir ca 55 000 ton etanol (70 milj liter) per år. Etanolfabriken byggs vid ett befintligt sockerbruk, och befintlig utrustning för mottagning och extrahering av betor och för framställning av ånga kommer att utnyttjas. Anläggningen kommer att drivas året runt, och den är inte avsedd för att använda spannmål eller potatis som råvaror (Wilson, pers medd.).

I Spanien finns en stor anläggning som tillverkar etanol; Bioethanol Galicia (126 000 m^3/år). Dessutom planeras två nya anläggningar; Biocarburantes de Castilla y Leon Balbilafuente (200 000 m^3/år) och Ecocarburantes Cartagene (100 000 m^3/år) (Cuypers, 2003). De viktigaste råvarorna utgörs av spannmål och vin. Vidare finns det en större etanolfabrik i Nederländerna som årligen producerar 30 000 m^3 etanol (Nedalco, 2006).

I Schweiz har man projekterat en anläggning för produktion av 45 000 m^3 liter etanol per år för inblandning i bensin (E5). Denna anläggning är unik i den meningen att man vill göra den flexibel så att man kan välja råvara (sockerbetsmelass, spannmål, potatis, vassle) beroende på bl a årstid och råvarukostnad (Etha-plus, 2006). I Ryssland bygger man nu en fabrik i Volgograd-regionen med en årskapacitet på drygt 350 milj liter för etanolexport till EU (Land 2006e). Förbrukningen av spannmål beräknas bli 900 000 ton/år. Runt anläggningen ska man uppföra 12 anläggningar för svinuppfödning för att tillvarata restprodukterna. I Danmark undersöker Danisco Sugar möjligheterna att bygga en etanolfabrik med både sockerbetor och spannmål som råvaror (Magasinet, 2006).

USA

USA har hittills varit världens näst största etanolproducent efter Brasilien med en årsproduktion på 16,6 miljarder år 2005, motsvarande 36% av världsproduktionen (SJV, 2006a). Enligt Jordbruksaktuellt (2006) har dock USA nu passerat Brasilien som världens största producentland. Den årliga ökningstakten i USA var mycket hög i början på 2000-talet, och från år 2002 till år 2003 var den t ex runt 30% (SJV, 2004a). USA är också den största konsumenten av etanol med ett årligt behov av knappt 15 miljarder liter (gäller för år 2004).

USA:s intresse för bränsleetanol väcktes efter oljekriserna på 70-talet, samtidigt som den inhemska oljeproduktionen började minska och man hade ett stort spannmålsöverskott p g a Sovjetunionens embargo. Därefter har lagen om ren luft (The clean air act) och vissa delstaters beslut att förbjuda användningen av MTBE som tillsats i bensin, påskyndat utvecklingen. Enligt den nya energilagen från augusti 2005 ska mängden förnyelsebara bränslen öka från 15 miljarder liter till 29 miljarder liter år 2012 (SJV, 2006a). Skattelättnader har samtidigt medfört att etanolen blivit konkurrenskraftig gentemot bensin och diesel. Idag finns 92 etanolfabriker i landet, varav hälften ägs av lantbrukare. Dessutom är 23 fabriker under uppförande (SJV, 2006a). De etanolfabriker som byggs idag har en årskapacitet på 95-150 milj liter (SJV, 2004a).

Inom landet tillverkas nästan enbart fermenterad etanol. Den vanligaste råvaran är majs, och fabrikerna är därför vanligen lokaliserade till Mellanvästern (Bechthold, 1997). Enligt SJV (2006a) får lantbrukarna idag bättre betalt för etanolmajs än för fodermajs, och det finns oro för stigande priser på fodermedlen hos många djuruppfödare.

Etanolen används huvudsakligen i 10%-iga inblandningar i bensin (s k gasohol). Dessutom beräknas det finnas ca 4 milj FFV-fordon (Flexible Fuel Vehicles) som kan köras på E85 (BAFF, 2005).

Brasilien

Brasilien har en årsproduktion på ca 16,7 milj m^3 etanol (SJV, 2006a). Ca 7 milj bilar använder bensin blandat med 22-26% ren (absoluterad) etanol, och ca 4 milj bilar kör på icke-absoluterad etanol (etanol med 5% vatten) (BAFF, 2005). Numera har de bilar som enbart kördes på etanol börjat fasas ut, och man ser istället tecken på att andelen bränsleflexibla bilar kommer att öka mycket starkt.

I Brasilien tillverkas etanolen från sockerrör (Ohlsson, 2005). Sockerrören odlas i mycket stor skala, och odlingsförutsättningarna är mycket goda. Etanolen produceras

antingen vid sockerbruk där den utvunna melassen används som råvara, eller i anläggningar där enbart etanol tillverkas av sockerrören. Den fiberrika restprodukt som bildas, bagasse, har en ts-halt på omkring 50% och används som bränsle för att producera den ånga och el som behövs i fabriken. Genom att all biomassa utnyttjas vid fabriken för energiframställning, blir energikvoterna mycket fördelaktiga och utsläppen av växthusgaser låga jämfört med många andra råvaror.

Satsningarna på etanol inleddes på 70-talet efter oljekriserna. Den brasilianska staten ville minska importberoendet av olja och minska handelsunderskottet. Samtidigt hade man en lång tradition av att tillverka etanol från den melass som bildas vid sockerframställningen, och då sockerpriserna sjönk vid denna tid, beslöt man att satsa på en storskalig etanolproduktion genom det s k Proalcool-programmet. Programmet innehöll omfattande reklamkampanjer och olika finansiella, skattemässiga och juridiska åtgärder. Regeringen bestämde bl a att priset på icke-absoluterad etanol skulle vara högst 65% av bensinpriset. Idag har etanolmarknaden nästan avreglerats helt. Genom den kraftfulla satsningen har man fått en storskalig industri som kan producera etanol till mycket konkurrenskraftiga priser (Ohlsson, 2005). Produktionskostnaden är 160-200 euro/m^3 i Brasilien, medan den är 450-500 euro/m^3 i Europa (Schmitz, 2003).

År 2003 exporterade Brasilien närmare 0,8 milj m^3 etanol (SJV, 2004a). Landet siktar på att fördubbla sin etanolproduktion inom de närmaste åren, och även öka sin export av etanol till bl a EU, USA och Asien. De argument som talar för att landet kommer att lyckas i sina ambitioner med att öka exporten är bl a följande: landet har den lägsta tillverkningskostnaden och med ny teknik kan den komma att sjunka ytterligare, etanol som produceras ur sockerrör har den högsta positiva energibalansen bland alla råvaror, vilket ger en stor fördel med tanke på Kyoto-protokollet. Dessutom har man stora landreserver som skulle kunna tas i bruk för etanolproduktion (SJV, 2004a).

Övriga delar av världen

I Nord- och Sydamerika (förutom i USA och Brasilien) planeras för stora satsningar på etanol. I Kanada är målet att 35% av bensinen ska blandas med 10% etanol, vilket kommer att ge en årlig efterfrågan på 1,5 miljarder liter etanol (SJV, 2006a). Idag finns här fem fabriker som årligen producerar 190 milj liter vete- och majsbaserad etanol. En stor del av dagens förbrukning importeras från USA, men regeringen har avsatt 100 miljoner kanadensiska dollar för en satsning på byggande av nya fabriker. I latinamerikanska länder som Argentina, Bolivia, Colombia, Dominikanska republiken, Ecuador, Jamaica, , Kuba, Paraguay, Peru, Trinidad & Tobago, Uruguay och Venezuela planeras för inblandning av etanol i bensinen och för byggande av ett flertal etanolfabriker. I t ex Bolivia planeras för 15 fabriker, i Colombia byggs en fabrik med en dygnsproduktion på hela 300 000 liter, i Paraguay finns en fabrik med kassava, majs, ris och sockerdurra med råvaror som ska öka sin produktion till 50 000 liter per dygn, på Trinidad och Tobago planeras en fabrik med en årsproduktion på 190 milj liter, i Uruguay planeras en fabrik med årskapacitet på 44 milj liter, och i Venezuela ska 14 fabriker byggas och 300 000 ha planteras med sockerrör (SJV, 2006a).

Intresset för att använda etanol som drivmedel är också mycket stort i Asien, bl a eftersom många av länderna inte har tillgång till egen olja, för att problemen med luftföroreningar är mycket stora i vissa städer, och för att klimatet passar för odling av bl a sockerrör (SJV, 2006a). I t ex Filippinerna har man ett förslag om att blanda in 10% etanol i

bensinen senast år 2010, och planer finns på att bygga ett antal etanolfabriker. I Indien finns idag ca 300 etanolfabriker, varav 122 kan producera vattenfri bränsleetanol. I Kina planeras satsningar på inblandning av etanol i bensinen, och under 2003 invigdes bl a världens största fabrik med en årskapacitet på 750 milj liter. Liksom Japan, där behovet f n är 1,8 miljarder liter etanol per år, gör Kina stora satsningar i Brasilien för att tillgodose sitt kortsiktiga importbehov av etanol. Pakistan har den fjärde största ytan av sockerrörsodlingar i världen, men också en av de lägsta avkastningarna. Här finns 13 fabriker som tidigare främst exporterade sin etanol till EU, men efter kraftigt höjda tullar planerar nu landet att istället blanda in 10% etanol i den inhemska bensinen. Även i Thailand finns planer på storskaliga fabriker med kassava, sockerrör och ris som råvaror (SJV, 2006a).

I Australien har man idag en inblandning av 10% etanol i vissa delstater (SJV, 2006a). Vanligen används spannmål som råvara. I landet finns dock farhågor om att foder- och köttdjursmarknaderna kan få problem om en ökande andel av spannmålen används för att göra etanol.

Odling av sockerbetor

Allmänt

Exempel på växter som är rika på socker (5-10%) är bananer, dadlar, morötter, rödbetor och gröna ärter, men det är endast sockerbetor och sockerrör som har så hög sockerhalt (17-18%) att det är lönsamt att utvinna sockret industriellt (Larsson, 1989). Sockerbetan härstammar från den vilda strandbetan, som är vanlig vid Medelhavet. Strandbetan kan också hittas vid de svenska kusterna. Betan är en två-årig växt, vilken bildar en kraftig pålrot under det första året. I pålroten lagras socker upp inför följande års frösättning. Betor för sockertillverkning skördas efter det första året, medan utsädesodlingar skördas under det andra året. I vissa fall kan det bildas plantor med fröstock redan under det första året, s k stocklöpare, som bör tas bort för att förhindra att de ger upphov till vildbetor kommande år (Sockerbolaget, 1988).

Sockerbetan behöver en lång växtperiod med sol och värme, och i Sverige är odlingen därför koncentrerad till Skåne (ca 85% av den totala arealen), södra Halland, Blekinge, sydöstra Småland, Öland och Gotland. Betan växer bäst på lättleror med ett gott kalk- och humustillstånd. För att få ett högt ekonomiskt utbyte ställs dock inte bara höga krav på klimat och jordmån, utan även på ett stort kunnande hos lantbrukaren när det gäller jordbearbetning, tillförsel av näringsämnen, bekämpning och övrig skötsel. Dessutom används dyra specialmaskiner i flera av de olika arbetsmomenten. Odlingen är därför kapital- och arbetsintensiv, men trots det har den hittills betraktas som en de mest lönsamma grödorna. All odling sker på kontrakt, där leveranser, prissättning m m, regleras i skrivna avtal mellan odlaren och Danisco Sugar AB.

Sådd och skötsel

Spannmål är lämplig som både förfrukt och efterföljande gröda, och sockerbetor passar därför utmärkt in i en stråsädesdominerad växtföljd. För att undvika växtföljdssjukdomar och vissa skadedjursangrepp, bör man dock inte odla grödan oftare än vart fjärde år på samma skifte.

Eftersom sockerbetan behöver en lång vegetationsperiod, sår man den så snart det är möjligt med hänsyn till vädret och markens tillstånd. Vanligen utförs sådden under den sista veckan i april, med en normal årsvariation mellan 20 april och 10 maj. Fröet pelleteras för att det ska få en rund form, vilket ger högre precision vid sådden. Själva pelleteringsmassan som omger fröet innehåller olika närings- och bekämpningsmedel. Fröna sås med precisionssåmaskiner med ett radavstånd på 48 cm och på ett djup av 2-3 cm. Utsädesmängden är kring 5,5-6 frö per meter, vilket ger 85 000-95 000 plantor per hektar vid en grobarhet på ca 75% (Sockerbolaget, 1988). Eftersom utsädesmängderna är små och kraven höga på uppkomsten, ställs stora krav på att såbädden har fin struktur och att harvningsdjupet är konstant. Dessutom ska jorden ha haft en jämn upptorkning, vilket underlättas om tiltorna jämnas vid höstplöjningen, samt god markstruktur, d v s minimala packningsskador.

Sockerbetor kräver relativt stora mängder näringsämnen. Vid skörden bortförs ca (rot+blast) 90+140 kg kväve, 15+15 kg fosfor, 90+190 kg kalium, 20+30 kg magnesium och 20+125 kg natrium. Värdena gäller för en rotskörd på 45 ton/ha och en blastskörd

på 31,5 ton/ha (Sockerbolaget, 1988). En ekonomiskt optimal kvävegiva till sockerbetor är ca 120 kg N/ha vid bredspridning och ca 100 kgN/ha vid radmyllning eller djupmyllning. Med ökande kvävetillgång ökar rot- och blastskörden, men å andra sidan sjunker betans sockerhalt och utbytet vid själva sockerframställningen. Kvävet kan t ex ges genom 500 kg ProBeta N per ha via radmyllning i samband med sådden. Detta gödselmedel tillför även magnesium, natrium, svavel, bor och mangan till grödan (Yara, 2005). På lerjordar rekommenderas oftast inte spridning av stallgödsel före sådd p g a risk för packningsskador och försämrad plantetablering. Däremot är det lämpligt att sprida stallgödsel på jordar som kan vårplöjas, förutsatt att spridningen är jämn och att givan är måttlig (max hälften av grödans kvävebehov), enligt Jordbruksverkets riktlinjer (SJV, 2005).

Tillförseln av fosfor och kalium bestäms utifrån resultaten från markkarteringen. Behovet av fosfor i P-AL-klass III är 25 kg P/ha vid en skörd på 45 ton/ha, medan kaliumbehovet för K-AL-klass III är 40 kg/ha (vid bortförsel av blast ökas givan med 75 kg K/ha) (SJV, 2005). För klass III är fosforbehovet alltså något högre jämfört med spannmålsgrödor (15 kg P/ha), men lägre än för potatis (60 kg/ha; räcker dock även för efterföljande gröda). Likaså är kaliumbehovet högre än för spannmål (25 kg/ha), men lägre jämfört med vall (50-100 kg/ha) och stärkelsepotatis (ca 85 kg/ha). Fosfor och kalium tillförs vanligen hösten före odlingen i form av organiska gödselmedel eller i form av handelsgödsel som bredsprids (t ex PK 11-21).

När betor ingår i växtföljden, är det viktigt att marken har ett gott kalktillstånd. På lerjordar bör pH-värdet vara 6,5 eller högre, och på sandjordar 6,0-6,5 (Sockerbolaget, 1988). Förutom de konventionella kalkningsmedlen, kan man använda den sockerbrukskalk som erhålls vid sockerframställningen. Den innehåller, förutom minst 37% CaO (SJV, 2005), även fosfor och magnesium (Sockerbolaget, 1988).

Betorna har svag konkurrensförmåga mot ogräs, eftersom tillväxten är låg i början på växtsäsongen. Plantorna täcker ofta inte marken förrän vid midsommar. Vid förekomst av svårbekämpade ogräs kan man använda en jordherbicid före eller i samband med sådden (t ex Pyramin, Goltix, Fiesta). Användningen av jordherbicider kräver dock högre doser, och idag är andelen odlare som använder jordherbicider mindre än 10% (Betodlaren, 2005b). Mot övervintrande ogräs och spillplantor av höstsäd kan man också använda ett glyfosatmedel (Roundup) före eller i samband med sådden. Normalt räcker det dock att bekämpa ogräsen med en kombination av olika bladherbicider (vanligen Goltix, Betanal och Tramat) efter uppkomsten. Denna bekämpning upprepas 1-2 gånger med 7-10 dagars mellanrum för bästa effekt (Danisco Sugar, 2006a). Genom bandsprutning och mekanisk ogräsbekämpning mellan raderna kan man halvera preparatåtgången, men vanligen används bredsprutning för ogräsbekämpningen.

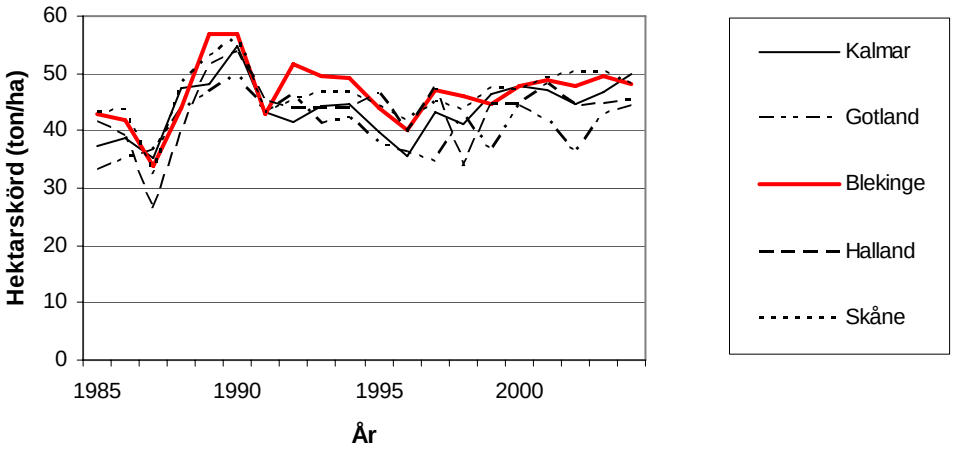
De viktigaste skadegörarna i sockerbetor är jordboende och angriper betans frön, groddar och groddplantor. Exempel på sådana arter är hoppstjärtar, tusenfotingar, lilla betbaggen och jordlöparen Clivina fossor (Sockerbolaget, 1988). Genom att fröet betas, behövs oftast inte någon ytterligare bekämpning av dessa skadeinsekter. Betcystnematoden kan orsaka allvarliga skador, framförallt på lättare jordar, men genom att inte odla betor (och raps) oftare än vart 4:e år på samma fält, kan man komma tillrätta med dessa problem. Övriga skadedjur (t ex betfluga, jordloppa, stinkfly, fjärilslarver, bladlöss) kan under vissa omständigheter orsaka stor skada, men normalt behövs ingen bekämpning. När det gäller svampsjukdomar, kan man undvika de flesta genom betning av fröet.

Dock kan Ramularia och mjöldagg angripa bladen på sensommaren och orsaka skador vid ogynnsam värderlek. De allvarliga virussjukdomarna virusgulsot och Rhizomania är ovanliga i vårt land p g a de väderförhållanden som normalt råder här (Sockerbolaget, 1988).

Skörd

Skörden börjar i september och pågår till mitten av november när det finns risk för fastfrysning av betorna i marken. Tidigare var bogserade 1-, 2- och 3-radiga upptagare vanliga, men numera sker skörden ofta med självgående maskiner, som kan ta upp 6 eller 9 rader samtidigt. För en 3-radig bogserad betupptagare ligger kapaciteten kring 0,4 ha/tim, för en 6-radig självgående upptagare kring 0,8 ha/tim och för en självgående 9-radig upptagare kring 1,4 ha/tim (Hoolmé, 2004). Vid skörden blastas och rensas betorna innan de läggs i maskinens tank. Tidigare var det ganska vanligt att man tillvaratog blasten och använde den som foder, t ex genom att man först skördade den med en slaghack och sedan ensilerade den. Denna användning har dock minskat kraftigt de senaste åren (Sockerbolaget, 1988). Däremot skulle man kunna använda blasten för produktion av biogas (Svensson m fl, 2005).

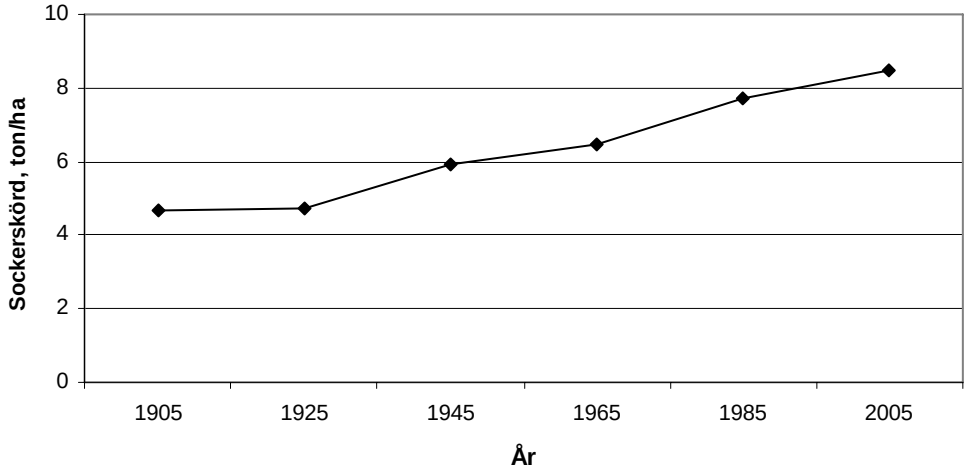
I Sverige är avkastningen hos sockerbetor i normala fall drygt 45 ton betor per ha (avräknad betmängd) och drygt 30 blast per ha. På de 47 600 ha som odlades under år 2004, var den totala skörden betor 2,29 milj ton (avräknad mängd), varav 87,6% skördades i Skåne län, 5,8% på Gotland, 3,4% i Kalmar län, 2,0% i Blekinge län och 1,3% i Hallands län. Den genomsnittliga hektarskörden under tioårsperioden 1995-2004 var 46,7 ton/ha i Skåne län, 46,4 ton/ha i Blekinge län, 44,3 ton/ha i Kalmar län, 43,9 ton/ha i Hallands län samt 39,7 ton/ha på Gotland (se även figur 4). Om man ser till normskörden, som är den skörd som kan förväntas under normala väderleksbetingelser, så var den 46 950 kg/ha i Blekinge under år 2004 (SCB, 2005b), vilket var högst i landet. I Sverige har den genomsnittliga sockerhalten under de senaste åren legat kring 17,5% (figur 5), och den totala sockerskörden på drygt 8,0 ton/ha (figur 6).



Figur 4. Hektarskörd av sockerbetor i Blekinge län jämfört med övriga län i landet där sockerbetor odlas. Fr o m år 1995 avser värdena avräknad betmängd, medan de avser bärgad mängd före år 1995, vilket innebär att värdena ej är helt jämförbara (Källa: SCB, 1986-2005).



Figur 5. Den genomsnittliga sockerhalten fr o m 1985 t o m 2004 (Källa: SCB, 1986-2005).



Figur 6. Ökningen av den genomsnittliga sockerskörden per hektar i Sverige från år 1905 till år 2005. Varje punkt baseras på 10-årsmedelvärden, förutom för punkten för år 2005, vilken baseras på genomsnittet för åren 2000-2004 (Källor: Kuuse, 1982; SCB, 1986-2005).

Betornas kvalitetsegenskaper (jordhalt, blasthalt, sockerhalt, blåtal och halt av alkalisalter (Na och K)) är av avgörande betydelse för både odlarna och sockerbruken. Andelen jord, sten, blast, gräs, betbitar m m, utgör 10-15% av den transporterade mängden, och de svarar därför för en stor andel av kostnaderna både när det gäller transporterna och den vidare hanteringen vid bruket, där det krävs anläggningar för stenfångning, blastfångning, tvättning, m m. När det gäller betornas sockerhalt, premieras odlarna med ett visst belopp (0,9% av betpriset vid 16,0% sockerhalt) per tiondel som sockerhalten ökar från grundnivån 16,0%. Blåtalet är ett mått på halten av kväveföreningar i betan. Hög halt av kväveföreningar innebär att sockerhalten blir lägre och att melassmängden ökar. Blåtalet, som mäts kolorimetriskt, kan påverkas genom gödslingen av kväve. En hög halt av Na- och K-salter kan ge ett sämre sockerutbyte och därmed högre sockerhalt i melassen (Sockerbolaget, 1988; Larsson, 1989).

Lagring och transport

En stor del av betskörden måste lagras på gården, eftersom sockerbruken inte kan ta emot alla betor under skördeperioden. För att minska lagringsförlusterna bör betorna ha låg jordhalt och vara väl blastade. Efter skörden sker en viss andning hos betan, och sockerförlusterna kan uppgå till ca 0,3% per dygn den första veckan av lagringen. Vid lagringen är det också viktigt att betorna skyddas mot frost. Om betorna frostskadas, sprängs cellväggarna, vilket innebär att olika mikrorgansimer lättare kommer åt att bryta ned sockret. Detta kan i sin tur leda till att sockerhalten sjunker snabbt. Vid upptining av en frostskadad beta ombildas även en del av sackarosen till en klibbig polysackarid (dextran), som kan orsaka stopp vid sockerframställningen. Frostskadade och tinade betor ska aldrig läggas i ett lager med friska betor, eftersom hela lagret snabbt kan förstöras genom spridning av mikroorganismerna. Optimal lagringstemperatur är mellan 0°C och +5°C. Oftast täcker man betstukorna med presenningar och halm för att förhindra frostskador (Sockerbolaget, 1988; Larsson, 1989).

Eftersom antalet sockerbruk hela tiden har minskat genom rationaliseringar, samtidigt som deras årskapacitet har ökat, har även transportarbetet ökat. Numera sker därför nästan alla transporter med lastbil. I Sverige är det Danisco Sugar som ansvarar för att organisera och planera transporterna. Oftast anlitas lokala åkerier som ombesörjer bettransporterna från sina respektive områden. Danisco Sugar betalar lastnings- och transportkostnaderna mellan odlarens lager och fabriken. Vid direktleverans utan lastning från lager får odlaren tillbaka den uteblivna lastningskostnaden (Hoolmé, 2004; Rasmusson, 2005).

Framställning av socker

Vid framställning av etanol ur sockerbetor kan det vara lämpligt att utnyttja vissa delar av den teknik som finns vid befintliga sockerbruk. I detta kapitel presenteras därför översiktligt de olika processteg som normalt förekommer vid ett svenskt sockerbruk. I figur 7 visas ett exempel på en sådan anläggning. Siffrorna i figuren avser ett sockerbruk som årligen antas ta emot 600 000 ton (smutsiga) betor, och som under betkampanjen antas ha en dygnskapacitet på 6 000 – 7 000 ton (observera att många av dagens moderna bruk kan ha betydligt högre dygnskapacitet). Uppgifterna i detta kapitel har i huvudsak hämtats från Larsson (1989).

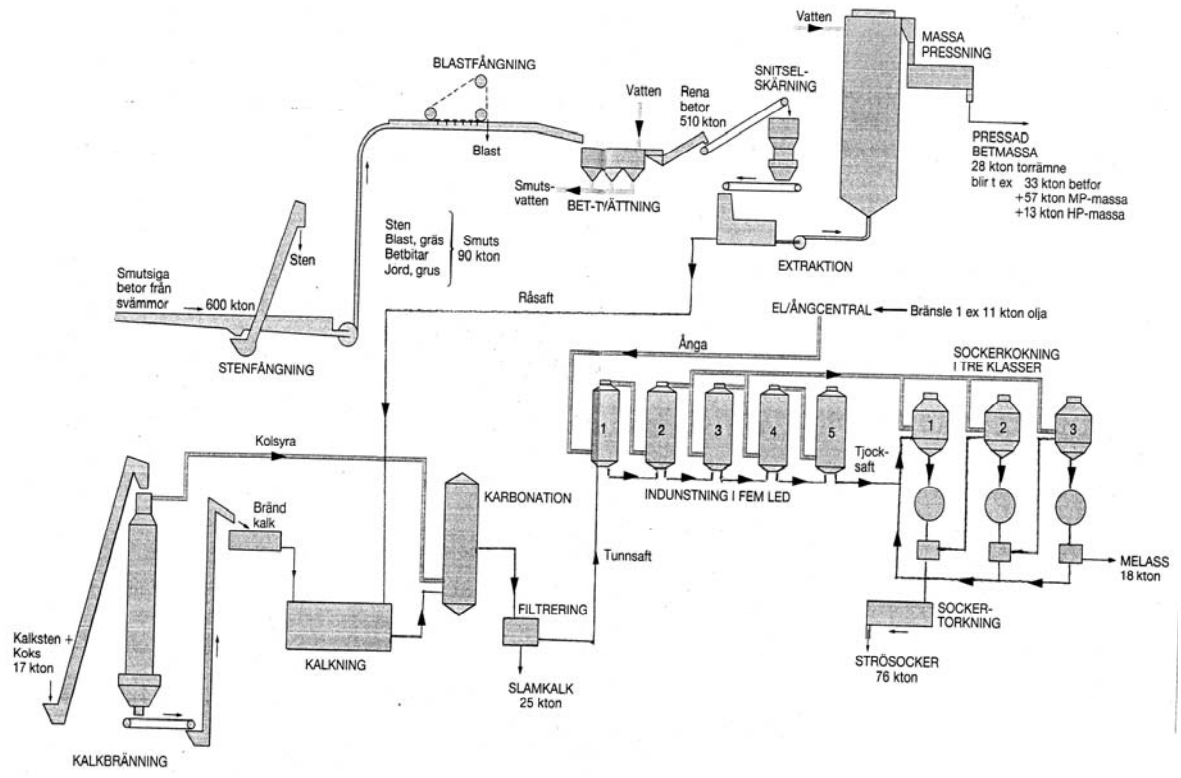
Vid brukets betmottagning vägs lasset och prover (ca 40 kg) tas med hjälp av en skruv för bestämning av smutshalt, sockerhalt, blåtal och natrium- och kaliumhalt. Därefter tippas betorna i s k svämmor för lagring 0-2 dygn innan de spolas in i en stenfångningsanläggning med hjälp av vattenkanoner. En pump lyfter sedan betorna till en blastfångningsanläggning, där blast och ogräs avskiljs med hjälp av rörliga krokar. I bettvätten, som består av vattenfyllda tråg, tas den jord bort som inte lossnade vid svämningen. Betorna måste vara rena för att inte förstöra knivarnas skärpa vid den efterföljande skärningen.

Vid bruket används stora mängder vatten. För insvämning och tvättning åtgår en vattenmängd motsvarande ca 10 ggr den intagna betmängden, vilket betyder ca 60 000 m^3 vatten per dygn vid en dygnskapacitet på 6 000 ton betor. Vattnet ingår i huvudsak i ett slutet system, och det förorenade vattnet renas mekaniskt vid bruket i olika steg med silar, sedimentationsdammar, m m, innan det går tillbaka till svämrännan och tvätten.

Det vatten som måste lämna systemet p g a för hög smutshalt, renas i olika aeroba och anaeroba reningsanläggningar innan det släpps ut i recipienten.

För att laka ut sockret ur betan skärs den sönder i små V-formade strimlor som kallas snitslar. Ju mindre snitslar, desto lättare blir det att laka ut sockret eftersom det får kortare väg att vandra till ytan. Å andra sidan kan urlakningen försvåras om snitslarna blir för tunna och bildar mos. Det är viktigt att knivarna i skärmaskinerna är skarpa för att få en hög kvalitet på snitslarna.

Sockret extraheras ur snitslarna i stora tråg eller torn, vilka kan vara drygt 20 m långa (vid en kapacitet på 3 000 ton snitslar/dygn) respektive ca 20 m höga (vid en kapacitet på 6 000 ton snitslar/dygn). Uppehållstiden i båda typerna är 70-90 minuter. Vid extraktionen används varmt vatten (70-72ºC) för att döda cellerna i betan och därmed göra det möjligt för sockermolekylerna att passera cellväggarna. Det urlakade sockret återfinns i den s k råsaften, medan den urlakade snitseln blir till betmassa. För att få så högt sockerutbyte som möjligt, måste extraktionsvattnets temperatur, pH-värde och mängd vara optimala.



Figur 7. Materialflöden i ett sockerbruk (Källa: Larsson, 1989).

Betmassan innehåller mycket vatten, och ts-halten brukar ligga kring 7%. För att man ska kunna använda den som foder, pressas den i stora pressar till HP-massa (hårdpressad massa) med en ts-halt på ca 30%. Det vatten som pressas ur betmassan innehåller mindre mängder socker, och det går efter uppvärmning och pH-justering tillbaka till extraktionen. Drygt 60% av betmassan blandas med melass, som utgör ca 50% i den färdiga produkten, och torkas till betfor. Ts-halten i det färdigtorkade fodret är ca 90%.

Torkningen är mycket energikrävande, och den svarar för ungefär en fjärdedel av sockerbrukets totala energianvändning (Feltborg, 1990).

Råsaften innehåller ca 85% vatten, 13-14% socker (sackaros) och 1-2% övriga ämnen, s k icke-socker. Icke-sockret består bl a av andra sockerarter (glukos, fruktos, raffinos, m m), pektiner, citronsyra, oxalsyra, aminosyror, amider, proteiner samt en rad oorganiska föreningar. Sockret som finns i råsaften kan inte utvinnas direkt med industriella metoder, utan saften måste därför renas. Under reningen behandlas saften först med kalk i två steg; förkalkning och huvudkalkning. Vid förkalkningen fälls bl a proteiner ut, medan vissa ämnen som inte kan fällas ut, t ex glukos och fruktos, till stora delar bryts ned vid huvudkalkningen. Därefter behandlas saften med kolsyra (karbonation) i två steg för att ta bort den tillsatta kalken. Efter varje karbonation filtreras saften, varvid man erhåller s k slamkalk, som används som kalkningsmedel på åkrarna. Den kalk och koldioxid som används vid reningen framställs vanligen internt vid bruken. Vid reningen tas ungefär en tredjedel av icke-sockret bort, och den saft som går vidare till indunsningsprocessen kallas nu för tunnsaft.

Tunnsaften är inte mättad med socker, utan den har ett stort vattenöverskott som tas bort vid indunstningen, då sockerhalten i slutprodukten (tjocksaft) ökar 4-5 gånger. Indunstningen utförs i ett antal successiva steg där vattnet avdunstar i s k indunstningsapparater med olika tryck. I den första apparaten är trycket som högst och därmed kokpunkten som högst, medan trycket och kokpunkten är som lägst i den sista apparaten. Ånga från brukets ångcentral behöver därför endast tillföras i den första apparaten. Det totala behovet av ånga är stort vid ett sockerbruk. Vid en dygnskapacitet på 6 000 ton betor, behöver t ex 6 000 ton vatten avdunstas per dygn vid indunstningen. Varje bruk har en egen ångpanna som tillgodoser behovet av ånga, och till viss del även behovet av el, via en ångturbin. Det är turbinens avloppsånga som används för indunstningen.

Efter indunstningen innehåller tjocksaften 65% socker och 5% icke-socker. Detta betyder att vattenhalten fortfarande är för hög för att sockret ska kunna kristalliseras. I nästa steg kokas därför tjocksaften vid ett tryck motsvarande en kokpunkt på 70ºC för att minska vatteninnehållet. Temperaturen 70ºC är vald med tanke på att tjocksaften är värmekänslig. Kokningen sker satsvis i kokpannor, innan kristallmassan töms ner i underliggande s k maischar. I maischarna kyls massan, varvid ytterligare kristallisation sker. Kristallerna avskiljs från massan i den efterföljande centrifugeringen. Vid en kokning får man endast ut ca 40-45% av sockret i tjocksaften, och proceduren upprepas därför ytterligare två gånger. Det socker man får vid den första kokningen (A-socker) går vidare till torkning, medan sockret som utvinns vid de följande kokningarna (B- och C-socker) smälts och går tillbaka till A-kokningen. Den rest som bildas vid C-kokningen har hög halt av icke-socker och kallas för melass. Den säljs bl a som ett fodermedel, antingen flytande eller torkad i blandning med betmassa (betfor).

Av det socker som ursprungligen fanns i betan vid brukets mottagning, blir 84,5% strösocker. Resten utgörs av förluster i tvättvattnet (1,5%), betmassan (4,5%) och melassen (9,5%).

Tillverkningsprocesser

Etanolens egenskaper och framställning

Etanol, som också kallas etylalkohol, är en klar och färglös vätska som kan användas för dryckes-, industri- eller bränsleändamål. Om etanolen inte ska användas för dryckesändamål, måste den enligt lag denatureras, d v s göras odrickbar. I Sverige blandar man in 2 liter metyletylketon och 3 liter metylisobutylketon per hektoliter etanol för s k fullständig denaturering, vilket innebär att den också befrias från punktskatt (SJV, 2004a). Etanolens kemiska beteckning är C_2H_5OH (ibland skriver man också CH_3CH_2OH).

Etanol kan användas som drivmedel i bensin- och dieselmotorer, dels i ren form och dels i blandningar. I tabell 4 visas de viktigaste bränsleegenskaperna för etanol, bensin och dieselolja. Etanol har ett lägre energiinnehåll än bensin, vilket gör att det behövs större volymer för samma transportarbete. Etanol har däremot ett högre oktantal, d v s förmåga att motstå kompressionständning, än bensin. Genom inblandning av etanol i bensin kan man därför använda högre kompression och därigenom få högre verkningsgrad i motorn. Sammantaget innebär detta att 1,0 liter ren etanol ersätter 0,87 liter bensin (värdet beror dock på blandningsförhållandet m m) (Murphy & McCarthy, 2005). Etanol har också ett högt ångbildningsvärme, vilket innebär att det vid körning på ren etanol eller på blandningar med hög etanolhalt kan bli problem med att starta vid kallt väder, eftersom det krävs mer värme att förgasa bränslet än för bensin. Idag innehåller nästan all bensin som säljs i landet 5% etanol, och för så låg inblandning behövs inga speciella modifieringar av motorerna.

Etanol har också ett lågt cetantal, vilket är ett mått på dess tändvillighet. För användning i dieselmotorer måste man därför tillsätta tändförbättrare eller göra vissa motormodifieringar.

Genom en reaktion med isobutan kan etanolen användas för framställning av etyldietylbutyleter (ETBE) (NE, 2006). ETBE har liksom etanol ett högt oktantal och kan därför användas som komponent för reformulering av bensin, vilket innebär att man ökar innehållet av syre i bränslet. En annan fördel med inblandning av ETBE i bensin är att avdunstningen av olika komponenter i bränslet som bidrar till bildningen av smog minskar (Wyman, 1996). ETBE består av 47% etanol och 53% isobutylen, som är en biprodukt från den petrokemiska industrin (Poitrat, 1999).

Tabell 4. Några viktiga egenskaper hos etanol, bensin och dieselolja (vissa mindre avvikelser kan förekomma för dagens bränslekvaliteter) (Källa: Norén & Danfors, 1981)

	Etanol	Bensin	Dieselolja
Densitet, kg/l	0,78	0,74	0,83
Energiinnehåll, MJ/l	23,7	33,9	38,9
kWh/l	6,6	9,4	10,8
Energiinnehåll, MJ/kg	30,0	46,0	45,5
kWh/kg	8,3	12,8	12,7
Oktantal	98-102	87-98	20-30
Blandningsförhållande luft:bränsle	9,0:1	14,9:1	15,0:1
Ångbildningsvärme, kJ/kg	925	411	156
Kokpunkt, ºC	78	-0,5 - +216	199-338
Cetantal	8	-	50

Etanol kan framställas på syntetisk väg eller genom jäsning. Ca 5% av den etanol som produceras i världen tillverkas syntetiskt. Detta motsvarar ca 2,3 milj m^3 per år, varav en stor del av produktionen sker i bl a Frankrike, Storbritannien och USA. Vanligen används fossila råvaror som gas, kol och råolja. Vid t ex raffinering av råolja bildas bl a eten, som tillsammans med vatten och en katalysator bildar etanol enligt $C_2H_4+H_2O \rightarrow C_2H_5OH$. En viktig anledning till att man väljer syntetisk etanol istället för fermenterad är att den syntetiska är mer enhetlig (SJV, 2004a).

Fermenterad etanol, ibland även kallad bioetanol, framställs genom jäsning av råvaror från jord- och skogsbruket (tabell 5). Dessa kan delas in i sockerrika, stärkelserika och cellulosarika råvaror. Exempel på sockerrika råvaror är sockerrör, melass, sockerbetor, frukter och vin, medan exempel på stärkelserika råvaror är vete, korn, majs och potatis. Ett par exempel på cellulosahaltiga råvaror är sulfitlut och träflis. Av den totala världsproduktionen av fermenterad etanol, härrör ca 57% från sockergrödor, 42% från spannmål och knappt 1% från skogsprodukter (SJV, 2004a).

Tabell 5. Mängd råvara som behövs för att tillverka 100 liter etanol (Källa: SJV, 2004a)

Råvara	Mängd (kg)
Sockerrör	1270
Jordärtskocka	1250
Sockerbetor	1030
Potatis	850
Trä	385
Melass	360
Majs	268
Vete	260
Hirs	230
Råris	225

De olika råvarorna har det gemensamt att de innehåller kolhydrater, som består av kol, väte och syre. Kolhydraterna kan delas in i tre grupper: cellulosa, stärkelse och sockerarter. Sockerarterna kan i sin tur delas in i monosackarider, disackarider, trisackarider och polysackarider. Exempel på monosackarider är glukos och fruktos. De har samma kemiska sammansättning, men skiljer sig åt genom att de har olika molekylstrukturer. Sackaros, eller ”vanligt socker”, är en disackarid som är uppbyggd av glukos och fruktos. Raffinos är ett exempel på en trisackarid som förekommer i sockerbetor, och som består av tre monosackarider.

Processteg vid tillverkningen

Framställningen av etanol sker i huvudsak i följande processteg

- Råvaruberedning
- Jäsning
- Destillation
- Dehydrering (avvattning, absolutering)
- Hantering av biprodukter
- Lagring och transport av etanolen.

Råvaruberedning

Syftet med råvaruberedningen är att få fram en råvara innehållande jäsbart socker, framförallt monosackariden glukos, som sedan kan jäsas till etanol med hjälp av jästsvampar. Vid användning av sockerrika råvaror såsom t ex sockerbetor, extraheras vanligen sackarosen i betan efter snitselskärningen med hjälp av varmvatten. Sackarosen spjälkas sedan till glukos enligt

$$C_{12}H_{22}O_{11} + 2H_2O \Rightarrow 2C_6H_{12}O_6$$

Vid denna hydrolys bildas lika delar med glukos och fruktos. Denna process är enkel eftersom man endast behöver tillsätta vatten.

För stärkelserika råvaror, t ex spannmål som innehåller 58-65% stärkelse, måste stärkelsemolekylerna hydrolyseras enligt

$$(C_6H_{10}O_5)n + nH_2O \Rightarrow nC_6H_{12}O_6$$

Detta görs genom att spannmålen först mals i en hammarkvarn. Mjölet blandas sedan med vatten och enzymer (t ex α-amylas) och värms till 90°C så att stärkelsens granulära struktur bryts ned och blandningen bildar en geléartad flytande massa. Vid denna s k likvifiering bryts stärkelsepolymererna ned till dextran. För att pH-värdet ska vara lämpligt för enzymerna (pH=6,6), tillsätts kalk och NaOH. Efter likvifieringen kyls massan till ca 60°C, samtidigt som pH sänks till 4,5, för att passa det enzym (glucoamylas) som sedan tillsätts. Vid denna s k försockring bryter glucoamylasen ned dextranet till glukos (Wilkie m fl, 2000; Bernesson, 2004).

För att bryta ned cellulosarika råvaror kan man använda enzymatisk hydrolys, starksyrahydrolys med stark syra vid låg temperatur, eller svagsyrahydrolys med en svagare syra vid högre temperatur, eller olika kombinationer av dessa tre metoder (Wilkie m fl, 2000; STEM, 2004). Hydrolys med starksyra är energikrävande och ger även allvarliga miljöproblem, och i Sverige har man därför inriktat forskningen på att utveckla hydrolysprocesser baserade på enzymer och svagsyra. Fördelarna med enzymatisk hydrolys är att utbytet av jäsbart socker blir större, men å andra sidan är metoden dyrare p g a att själva enzymerna är dyra och att processen är långsam (Wilkie m fl, 2000; STEM, 2004). Vid svagsyrahydrolysen används vanligen svavelsyra. En nackdel med syrahydrolysen är att det kan bli en del förluster av glukos och xylos genom bildning av furfural (Wilkie m fl, 2000). Xylos ($C_5H_{10}O_5$) är en pentos som framförallt bildas vid hydrolys av lövved.

Utbytet vid hydrolys av sackaros till glukos och fruktos är 99-100%, vid hydrolys av cellulosa till glukos 95-100%, och vid hydrolys av hemicellulosa till xylos 50-90% (Murphy & McCarthy, 2005).

Jäsning

Vid jäsningen omvandlas monosackariderna i råvarorna till etanol och koldioxid genom tillsats av jästsvampar. Den vanligaste jästsvampen är *Saccharomyces cerevisiae*, s k bagerijäst. Dessa svampar producerar enzymet zymase som svarar för omvandlingen enligt

$$C_6H_{12}O_6 \Rightarrow 2CO_2 + 2C_2H_5OH$$

Av en mol glukos blir det alltså två mol etanol och två mol koldioxid. Detta innebär att av 1,00 kg glukos blir det 0,51 kg etanol och 0,49 kg koldioxid. Ur energisynpunkt återfinns dock mer än 90% av energin i etanolen (Norén & Danfors, 1981). För att jäsa xylos, som bildas vid hydrolys av cellulosaråvaror, forskar man bl a på att försöka använda olika genmodifierade jästsvampar. Förutom glukos och xylos, kan även fruktos jäsas till etanol. Fruktos härrör från hydrolys av sackaros, då det bildas lika delar med glukos och fruktos. Fruktos beskrivs av samma formel som för glukos, men strukturen är något annorlunda.

Jäsningen kan ske satsvis i jästankar, eller i kaskadkopplade tankar eller i kontinuerliga system. Vid satsvis jäsning utgör jästkulturen ca 10% av fermentorns volym, och själva jäsningen tar vanligen ca två dagar (Wilkie m fl, 2000). Jäsningen avbryts då, eftersom jästsvamparna inte tål alltför höga etanolkoncentrationer. Man har dock visat att *Saccharomyces cerevisiae* tål så höga koncentrationer som 23% (Wilkie m fl, 2000), men normalt avbryts jäsningen vid en etanolkoncentration på runt 10% (Norén & Danfors, 1981). Vid de kontinuerliga processerna har man lägre etanolkoncentrationer och mindre mängd jästsvampar, vilket ökar produktiviteten.

Utbytet vid jäsning av glukos, fruktos och xylos till etanol är 95-100%, 95-100% respektive 40-90% (Murphy & McCarthy, 2005).

Destillation

Destillation är en separationsmetod för vätskeblandningar där den ånga som står i jämvikt med vätskan har en annan sammansättning än vätskan. Om vätskeblandningen förångas och ångan (destillatet) sedan kondenseras, sker en anrikning av någon av komponenterna i vätskeblandningen (NE, 2006). Denna princip utnyttjas stegvis i olika kolonner för att avskilja etanolen från mäsken. I mäskkolonnen tillförs mäsken ungefär i mitten på kolonnen och rinner sedan genom olika bottnar nedåt i kolonnen. I kolonnens botten kokas mäsken, och den uppåtstigande ångan för med sig etanol och vattenånga som lämnar kolonnen i dess topp. Mäsken, som nu kallas drank, tas ut i kolonnens botten. Ibland återförs en del av dranken till jäsningen (Schmitz, 2003).

I rektifieringskolonnen, som är sluten för att man ska kunna ha olika tryck- och temperaturförhållanden, sker ytterligare avskiljning av vatten och andra föroreningar som bildats vid jäsningen, t ex metanol, propanol, aldehyder, etc (Schmitz, 2003). Ofta har man flera kolonner där etanolen renas stegvis. Ren etanol kokar vid 78,3ºC, vilket betyder att den är mer flyktig än vatten, som kokar vid 100ºC. För en blandning av etanol och vatten varierar dock kokpunkten beroende på proportionerna av de ingående ämnena. När koncentrationen av etanol nått 95,6%, fås en azeotrop blandning med en kokpunkt som är lägre än för den rena etanolen. Detta innebär att man inte kan få högre koncentrationer med vanlig destillation än 95,6% (Norén & Danfors, 1981).

Destillationen är den process som är mest energikrävande vid etanolframställningen. Det är därför viktigt att olika energibesparande åtgärder sätts in med tanke på både ekonomi och energihushållning. Exempel på sådana åtgärder kan vara stegvis destillation med integration av kondensor-kokare-systemen, eller användning av värmepump för att

tillgodogöra sig den avgivna värmen i kondensorn för värmning av kokaren (Schmitz, 2003; NE, 2006).

Dehydrering

Om man vill ha en vattenfri etanol måste den avvattnas, d v s absoluteras eller dehydreras. Den mest beprövade metoden är s k azeotrop destillation, vid vilken ytterligare en komponent tillsätts, t ex bensen eller cyklohexan, till den 95%-iga etanolen. Vid destillation av denna blandning erhålls en flyktig azeotrop bestående av etanol, vatten och bensen/cyklohexan. Denna azeotropa blandning, som består av 7,5% vatten, 18,5% etanol och 74% bensen, erhålls som destillat, medan den rena etanolen tas ut i botten av kolonnen. Destillatet kondenseras, och sedan krävs minst ytterligare en destillation för att rena destillatet och för återvinning av bensenen/cyklohexanet (Norén & Danfors, 1981; Schmitz, 2003; NE, 2006).

En annan metod för att skilja det återstående vattnet från etanolen är membranfiltrering under högt tryck, s k pervaporation. I membranet, som består av homogena polymerer, separareras en komponent i en vätskeblandning genom att denna löser sig, diffunderar genom membranet och förångas på den andra sidan. Ångbildningen på membranets baksida uppkommer genom att man har ett partialtryck som är lägre än den flyktiga komponentens mättnadstryck. Denna dehydreringsmetod har inte fått någon större spridning p g a att membranen är mycket dyra och för att de har en relativt kort livslängd (Schmitz, 2003; NE, 2006).

Den absoluteringsmetod som blivit vanligast de senaste åren använder s k molekylsiktar. De består av behållare eller kolonner med syntetiska zeoliter, t ex kristallina aluminiumsilikater. Zeoliterna fångar upp små molekyler med dipolegenskaper i mycket små porer (0,3 nm). Vid absoluteringen komprimeras etanolångan och pressas genom molekylsikten. Medan vattenmolekylerna adsorberas i porerna, passerar etanolmolekylerna förbi obehindrat och kondenseras därefter till vätskefas med en vattenkoncentration på mindre än 500 ppm. Efter en relativt kort tid (ca 5-10 min) har så mycket vatten fångats upp att processen avbryts och fortsätter i en annan kolonn. Under tiden regenereras den mättade kolonnen genom att dehydrerad etanolånga passerar igenom den, varvid trycket i porerna sänks och vattnet frigörs. Fördelar med denna metod är den långa livslängden, de relativt låga driftskostnaderna, den relativt låga känsligheten mot föroreningar och etanolens ingångsvattenhalt. En nackdel är den höga investeringskostnaden, särskilt för zeoliten (Schmitz, 2003).

Hantering av biprodukter

Hanteringen av biprodukterna är en viktig faktor vid tillverkning av etanol, framförallt när det gäller anläggningens totalekonomi, energiåtgång och miljöpåverkan. Schmitz (2003) menar t ex att kostnaderna för hanteringen av biprodukter kan uppgå till 45% av anläggningens totala investeringsbehov, och att energiåtgången är av samma storleksordning om t ex dranken ska torkas. Bernesson m fl (2006) har också visat att sättet att allokera eller fördela energiåtgången och miljöbelastningen mellan huvudprodukten (etanol) och biprodukterna (drank) vid tillverkning av spannmålsetanol har en avgörande betydelse för vilka energikvoter resp växthusgasutsläpp man får för etanolen.

Vid tillverkning av sockerbetsetanol med den traditionella extraktionstekniken får man ut 5-6 kg ts betmassa per 100 kg rena betor. Denna betmassa används vanligen för att göra HP-massa och betfor. HP-massa är ett energirikt foder med lättlösliga kolhydrater och lättsmälta fibrer. Torrsubstansinnehållet är 27%. Fodret är smakligt och ökar dessutom utnyttjandet av proteiner i drank och enslige p g a det höga innehållet av lättsmälta kolhydrater. En nackdel med fodret är dock att det kan frysa. HP-massa lagras i plansilo eller limpa, men den kan också köpas i rundbalad form. Priset när man köper det hos Danisco är 0,27 kr/kg (Land, 2006a).

Betfor är, liksom HP-massa, ett energifoder som lämpar sig för utfodring till ungnöt. Torrsubstanshalten är 91% och den kan därför lagras på samma sätt som man lagrar kraftfoder. Fodret är lämpligt i kombination med spannmål för att få ner stärkelsehalten. Det innehåller emellertid mycket kalium, vilket kan vara en nackdel om man utfodrar med ett kaliumrikt ensilage (Land, 2006a).

Den drank som bildas vid tillverkning av spannmålsetanol passerar först genom en centrifugaldekanter för avvattning till en ts-halt på 25-30%, och därefter bl a en torktrumma om den ska torkas ytterligare och pelleteras (Schmitz, 2003). Drank från tillverkning av spannmålsetanol har hög proteinhalt och är lämpligt som foder till idisslare, slaktgrisar och suggor. Agroetanol i Norrköping säljer två olika drankprodukter, dels en pelleterad vara med en ts-halt på över 88%, och dels en flytande vara (”sirap”) med en ts-halt på runt 30% (Agroetanol, 2006). Råproteinhalterna är 300 g/kg ts resp 100 g/kg foder. Av 2,65 kg vete, blir det i Agroetanols fabrik 1,0 liter etanol, 0,85 kg drankpellets och 0,7 kg koldioxid. Drank från Sveriges Bränneriintressenter (SBI) har en ts-halt på 10% och kostar 0,068 kr/kg 2-4 mil från fabrik (Land, 2006a).

Den drank som erhålles när man använder sockerbetor som råvara har ett lågt fodervärde, eftersom den nästan enbart består av vatten, jäst, sockerrester och ämnen som bildats vid jäsningen (Norén & Danfors, 1981). Innehållet av näringssalter är dock relativt högt, vilket innebär att ett alternativ vore att använda den som gödselmedel (Schmitz, 2003). I den internationella litteraturen kallas den drank som bildas när melass utgör råvaran för vinasse. Eftersom dess fodervärde är lågt, används den som gödselmedel.

Det alternativ som kanske blivit mest intressant är att använda dranken för anaerob rötning till biogas. Wramner (1980) anger att utbytet av biogas från vid rötning av drank med sockerbetsmelass och sockerbetor som råvara är 180-200 kg resp 60-70 oljeekvivalenter per ton framställd etanol. Om man även använder betmassan som råvara för produktion av biogas, skulle man kunna utvinna energi motsvarande 210 kg oljeekvivalenter per ton producerad etanol, vilket täcker hela energibehovet vid etanoltillverkningen (Wramner, 1980).

Vid etanoltillverkningen bildas ungefär lika många kg koldioxid som kg etanol. Koldioxiden kan användas i den kemiska industrin för tillverkning av t ex urea och metanol, eller inom livsmedelsindustrin för kolsyrade drycker, kylning eller förpackningar, eller inom växthusodlingen (Wramner, 1980). Under år 2005 var den svenska importen av koldioxid för dessa ändamål ca 39 000 ton till ett värde av ca 42 milj kr, och den svenska exporten drygt 2 000 ton till ett värde av drygt 2 milj kr (Thelander, pers. medd.). Detta motsvarar ett pris på drygt 1 000 kr/ton. Det är inte känt hur stor användningen av koldioxid var under år 2005, men i mitten på 70-talet var den runt 40 000 ton/år

(Wramner, 1980). Enligt Agroetanol är efterfrågan av koldioxid för liten idag för att man ska kunna tillskriva den något värde som biprodukt (Werling, pers. medd.).

Lagring och distribution av etanolen

Etanol skiljer sig inte avsevärt från bensin när det gäller hantering och lagring. Bränslet är en lättflyktig och brandfarlig vätska som ska hanteras enligt gällande brandskyddsregler. Etanolångor kan vid låga temperaturer vara explosivt i blandningar med luft, och Räddningsverket menar att riskerna behöver utredas ytterligare (BAFF, 2005). För E85 har man bedömt att det finns en ökad risk, särskilt vid sträng vinterkyla, för sådana tillbud. I USA och i Brasilien, där det finns miljontals FFV-bilar, har man dock samma brandskyddsregler för E85 som för bensin, och några allvarliga tillbud har inte heller rapporterats i Sverige. Med modern säkerhetsutrustning bedöms inte detta utgöra något problem för en storskalig introduktion av bränslet på den svenska marknaden, även om vädret är kallare här än i många andra länder (BAFF, 2005).

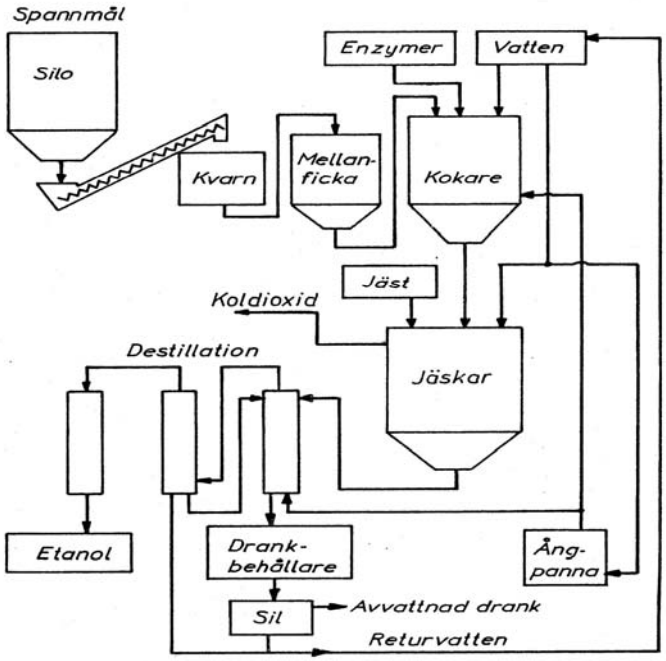
Etanol blandar sig, till skillnad mot bensin, med vatten. Vid inblandning av vatten i etanolen finns det därför stor risk för korrosion av metaller, särskilt om vattnet innehåller t ex vägsalt. Vatteninblandning kan även leda till fasseparation, där etanol-vattenblandningen hamnar underst och bensinen överst. Etanolens vattenlöslighet medför också att spill inte kan begränsas lika snabbt som för bensin. Å andra sidan kan man snabbt späda ut spillet till låga koncentrationer med vatten. Spill ger inte heller några allvarliga konsekvenser för miljön, eftersom etanol lättare bryts ned biologiskt och inte är lika giftigt för levande organismer om man jämför med t ex bensin (Wramner, 1980; Bechthold, 1997). Mer information om hantering, lagring och distribution av etanol presenteras av t ex Bechthold (1997).

Teknisk utformning av olika anläggningar

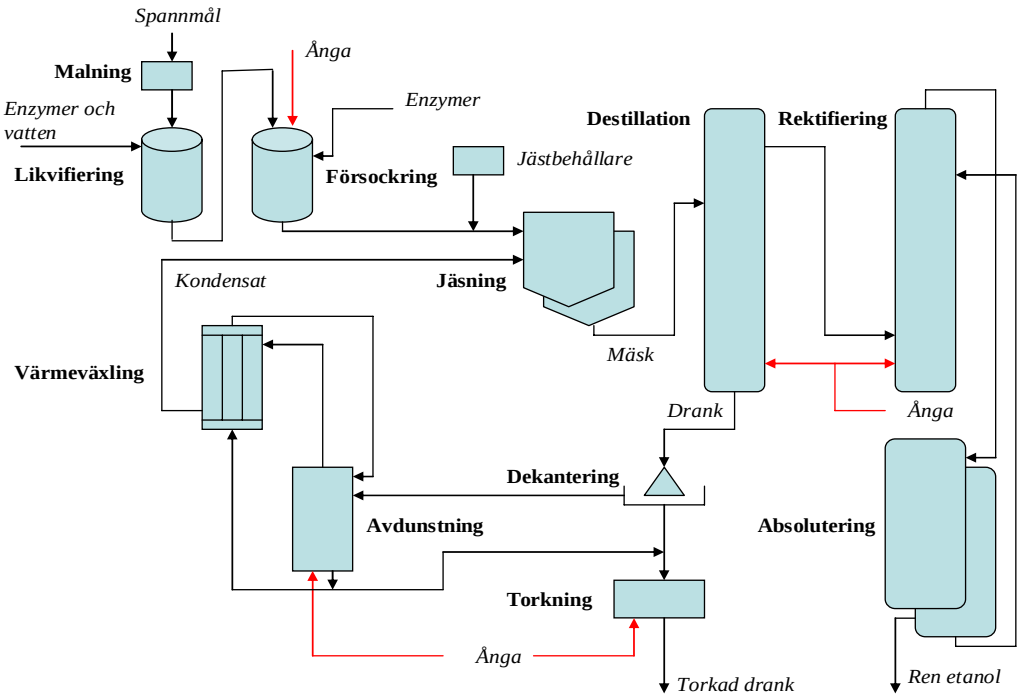
Ett exempel på en småskalig anläggning med satsvis jäsning (med spannmål som råvara) visas i figur 8. Satsvis jäsning är den klassiska metoden som använts i århundraden. Först framställs en mindre sats med mäsk och svamp under stark luftning för att påskynda svamptillväxten. Därefter fylls jäskaret på med ojäst mäsk, varefter jäsningen fortskrider tills etanolhalten blir ca 10%. Visserligen kan man driva processen tills etanolhalten är ca 14%, men man avbryter oftast tidigare av tidsskäl. Temperaturen i jästanken ska vara ca 35ºC. För att tillverkningen ska kunna ske oavbrutet, måste man ha minst tre jästankar, men i praktiken har man oftast många fler. Fördelen med satsvis jäsning är att den sker under robusta förhållanden. Det föreligger dock en infektionsrisk om förhållandena ändras så att andra svampar eller bakterier tar över. Dessa kan då förbruka socker för sin egen metabolism, vilket minskar etanolutbytet.

Ett exempel på en kaskadkopplad anläggning för framställning av spannmålsetanol visas i figur 9 (Schmitz, 2003). Efter malning likvifieras och försockras spannmålen med hjälp av enzymer. Jästankarna är kopplade efter varandra, och materialet transporteras från den ena tanken till den andra. I den första tanken sker en kraftig luftning så att jästsvamparna tillväxer, och i de därefter följande sker jäsningen. Efter den sista tanken kan jästen separeras och efter rengöring recirkulera till den första tanken. I figuren visas också en dekantercentrifug, som används för att öka drankens ts-halt. Kaskadkopplade anläggningar ger ett högre etanolutbyte än vid satsvis jäsning, bl a beroende på att etanolhalten kan hållas lägre i jäskaren, vilket innebär att svamparna störs mindre i sin till-

växt. Å andra sidan ställs högre krav här på personalen när det gäller övervakning av infektionsriskerna (Schmitz, 2003).

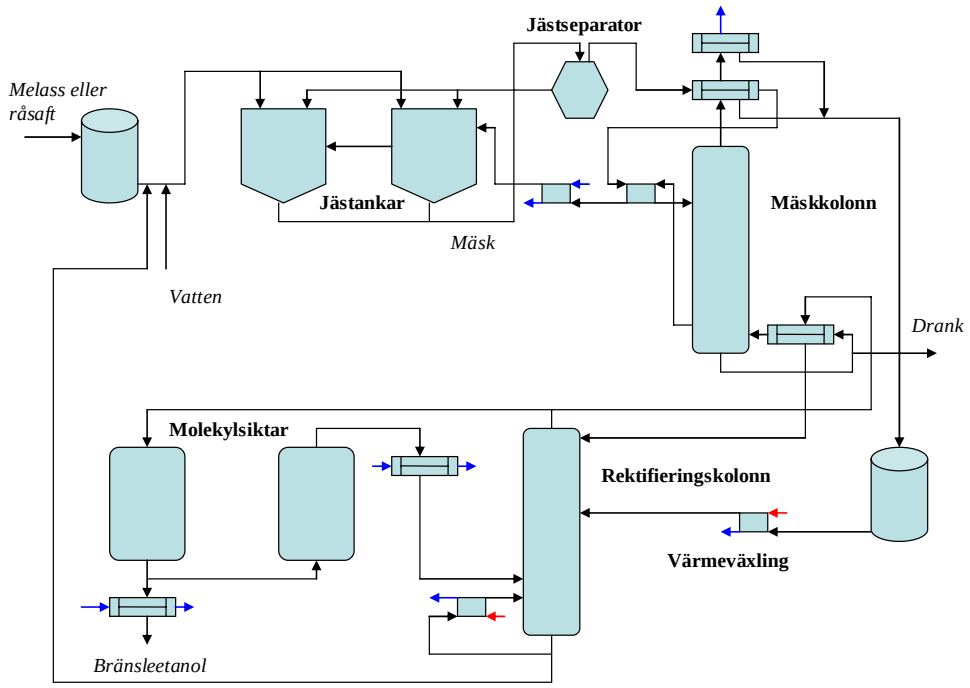


Figur 8. Småskalig anläggning för satsvis framställning av etanol ur spannmål (Källa: Norén & Danfors, 1981 (publicerad med tillstånd från JTI)).



Figur 9. Kaskadkopplad etanolanläggning med spannmål som råvara (omarb. efter Schmitz (2003)).

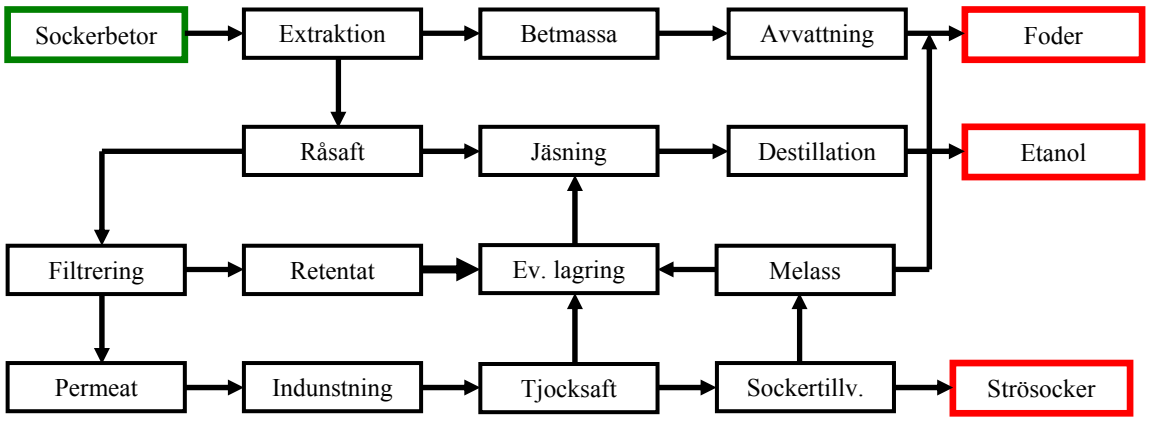
Biostil-processen är ett exempel på en kontinuerlig process (figur 10). Den utvecklades ursprungligen av Alfa Laval på 80-talet. Den kan användas för att tillverka etanol från t ex sockerbetor och spannmål (Chematur, 2006). I processen matas råvaran kontinuerligt till en av jästankarna med ett förinställt flöde. Etanolkoncentrationen hålls konstant (4,5 vikts-%) genom ett samtidigt kontinuerligt utflöde av mäsken. Innan mäsken når mäskkolonnen, passerar den en jästseparator, där jästen avskiljs och förs tillbaka till jästankarna. Mäsken förvärms i en värmeväxlare och förs sedan till mäskkolonnens förångningsdel. Omkring 90% av etanolen avskiljs från mäsken som en ånga bestående av etanol (40%) och vatten, vilken efter rektifiering och dehydrering blir färdig etanol. Den icke jäsbara delen tas från botten av mäskkolonnen som drank med en ts-halt på 30-35% (Chematur, 2006).



Figur 10. Förenklad beskrivning av Biostil-processen för tillverkning av sockerbetsetanol (omarb. efter Chematur, 2006).

I jämförelse med satsvisa system eller kaskadsystem, fås med Biostilprocessen en drank som har en fjärdedel så stor volym p g a den höga ts-halten (Chematur, 2006). Risken för kontamination är låg eftersom den mäsk som återförs till jästanken pastöriseras. Dessutom har man ett högt osmotiskt tryck i jästanken, vilket tolereras av den använda jästsvampen, medan andra mer känsliga mikroorganismer förhindras i sin tillväxt. I jästanken är också tillgången på socker begränsad, eftersom den jäses till etanol så snart den kommer in i tanken, bl a beroende på att man har en hög jästkoncentration i den. Skulle jästanken ändå bli infekterad, har man alltid minst en reservtank som kan tas i bruk medan den andra rengörs. Andra fördelar, i jämförelse med satsvis- och kaskadjäsning, är att etanolutbytet är högre, att behovet av vatten är mindre, att processen är enkel att styra och kräver mindre arbetskraft, att anläggningen är mer kompakt och kräver mindre yta, samt att energiförbrukningen är lägre (Chematur, 2006).

Ett flödesschema för en etanolanläggning vid ett befintligt sockerbruk visas i figur 11. I denna anläggning, som man har skissat på i Tjeckien (Hinkova & Bubnik, 2001; Henke m fl, 2005a), är det tänkt att man ska använda befintlig utrustning för mottagning, snitselskärning och extraktion av betorna. Råsaften kan sedan användas under kampanjen för att antingen tillverka etanol direkt eller för att tillverka socker. Den råsaft som inte används direkt för etanoltillverkning filtreras, och den bildade tunnsaften kan sedan användas för att tillverka socker under kampanjen, eller indunstas, lagras och fermenteras till etanol övriga delar av året (Henke, m fl, 2005a). Råsaft med ett sockerinnehåll på 17% är inte lagringsduglig, medan indunstad råsaft med ett sockerinnehåll på 65-68%, liksom melass, är lagringsduglig under hela året (Schmitz, 2003). En nackdel med att lagra tjocksaft är att det krävs mycket energi för indunstningen.



Figur 11. Etanolanläggning vid ett befintligt sockerbruk, där det bl a finns möjlighet att lagra tjocksaften för vidare jäsning till etanol när betkampanjen är över (omarb. efter Henke m fl, 2005a).

Energikvoter och utsläpp av växthusgaser

Energianalys

Metod

För att det ska vara någon idé med att producera biobränslen, bör energikvoten, d v s energiinnehållet i det utvunna bränslet dividerat med energiåtgången för att framställa det, vara högre än 1:1. Detta kan också utryckas som att energiutbytet, d v s den energi som finns i det framställda bränslet minus den energi som totalt går åt för att framställa det, bör vara större än noll. För att analysera energikvoter och energiutbyten för olika biobränslen använder man vanligen den s k processmetoden. Denna metod innebär att man utgår från den färdiga produkten och sedan följer den tillbaka i de olika tillverkningsprocesserna tills de olika energiinsatserna blir försumbara. Vid t ex tillverkning av en bil, kan man följa rattens väg tillbaka till den fabrik som tillverkade den, och sedan till den fabrik som tillverkade verktygen för att göra ratten, och sedan till den fabrik som tillverkade maskinerna för att göra verktygen o s v. När man gått så långt tillbaka blir dock energibidraget från den fabrik som tillverkade dessa maskiner försumbart i förhållande till det totala energibehov som behövs för att tillverka själva bilen.

Vid energianalyser använder man olika begrepp som kan definieras enligt följande. En *enhetsprocess* är den den minsta del av ett produktionssystem för vilka data är insamlade. Exempel på enhetsprocesser är odling (vid låg systemupplösning) eller plöjning (vid hög upplösning). *Direkt energi* är den energi som sätts in direkt i de olika enhetsprocesserna, t ex energiinnehållet i den dieselolja som används för att driva traktorerna när de plöjer. *Indirekt energi* är den energi som används för att framställa de olika produktionsmedlen, exempelvis förnödenheter (t ex handelsgödsel), maskiner (t ex traktorer), byggnader (t ex etanolfabriker), bränslen (t ex dieselolja), m m, som används vid framställningen av produkten. *Primär energi* är energiinnehållet hos ett visst energislag vid själva källan; för el kan den t ex vara ett vattenkraftverk i Norrland och för bensin en oljekälla i Mellanöstern. För 1,0 kWh dieselolja i traktorn kan den primära energin t ex vara 1,2 kWh, d v s det har gått åt 0,2 kWh (indirekt energi) för att utvinna och transportera oljan från Mellanöstern, och sedan raffinera den till färdig diesel och därefter transportera den till slutkonsumenten i Blekinge.

I litteraturen finns flera exempel på energianalyser för framställning av etanol från sockerbetor. Inga hittades dock som gäller för svenska förhållanden. Eftersom det är svårt att tolka de siffror som redovisas i olika rapporter utan att ha god kunskap om de förutsättningar som gäller för beräkningarna, har i följande kapitel två studier valts ut och granskats relativt ingående.

IEA:s studie

IEA (International Energy Agency) genomförde en studie i början på 90-talet där man beräknade energiåtgången för att producera olika biobränslen (IEA, 1994). IEA har räknat på den teknicknivå som gällde för år 1991, och på ett framtidsscenario som antas gälla för år 2010. I tabell 6 redovisas de data som ligger till grund för beräkningarna av energiåtgången för att tillverka etanol ur sockerbetor. Man har i huvudsak baserat uppgifterna på europeiska förhållanden, med högre kvävegivor och mer omfattande be-

kämpningsinsatser, men också med högre avkastning per hektar, än vad som är normalt under svenska förhållanden. I tabellen motsvarar energiåtgången för förnödenheterna den energi som gått åt för att producera dem (indirekt energi), medan energin för biprodukterna betmassa och drank motsvarar den energi som sparas in då de ersätter andra fodermedel med likvärdigt näringsinnehåll.

Tabell 6. Grunddata för IEA:s energianalysberäkningar (Källa: IEA, 1994)

	Befintlig teknik, år 1991		Framtida teknik, år 2010	
	Mängd (kg/ha)	Energimängd (MJ/kg)	Mängd (kg/ha)	Energimängd (MJ/kg)
Energiinsats				
Kvävegödsel (kg N)	180	60	120	45
Fosforgödsel	140	10	80	10
Kaliumgödsel	240	7	240	7
Bekämpningsmedel	4	190	2	190
Avkastning				
Betor	60 000		80 000	
Torkad betmassa + drank	4 100	1,89	5 467	1,89
Etanol	5 820[1]	23,48[2]	7 760[1]	23,48[2]

[1] Sorten är l/ha
[2] Sorten är MJ/l

I studien antas etanolen ha ett energivärde på 23,48 MJ/l. Genom att man inte bara sparar in motsvarande mängd bensin, utan också den indirekta energi som gått åt för att framställa bensinen, antar man i studien att 1,0 liter etanol motsvarar 28,15 MJ primär energi. I olika undersökningar brukar den indirekta energin för att framställa bensin motsvara runt 15% av bensinens energiinnehåll. Detta innebär således att man sparar in 1,15 MJ för varje MJ bensin som ersätts.

Tre alternativ för att tillgodose energibehoven vid själva etanolframställningsprocessen har analyserats. Det första alternativet (mix) bygger på att 20% av energin kommer från kol, 43% från oljeprodukter, 21% från naturgas och 15% från el. För det andra alternativet (naturgas) antas att 100% av energibehovet täcks med naturgas, medan det antas att 85% härrör från biobränslen och 15% från el (producerad från biobränslen) i det tredje alternativet. Som framgår av tabell 7, dominerar behovet av pocessenergi, och valet av energikälla för denna enhetsprocess har mycket stor beydelse. Författarna räknade med att behovet av direkt processenergi var 15-16 MJ/l etanol för år 1991, och att man genom optimering av tekniken skulle kunna minska den till 9 MJ/l etanol för år 2010.

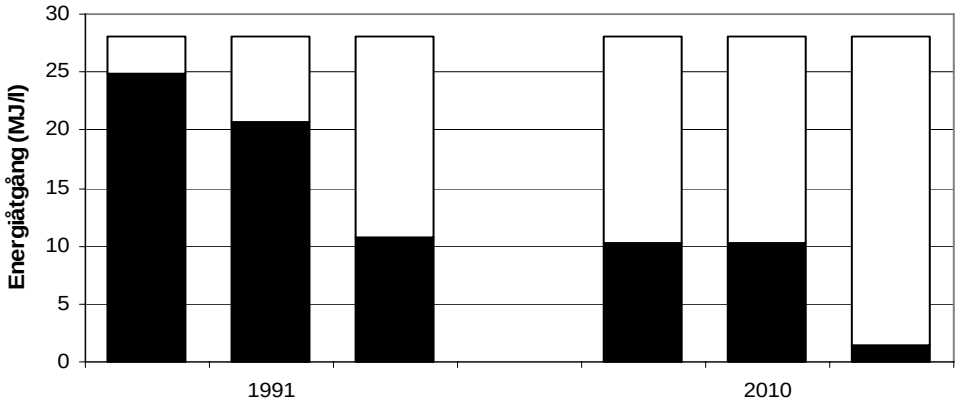
Tabell 7. Åtgång av primär energi för att producera etanol från sockerbetor, dels under de förutsättningar som gällde år 1991, och dels under de förutsättningar som antas gälla år 2010 (Källa: IEA, 1994)

	Befintlig teknik, år 1991, primär energi		Framtida teknik, år 2010, primär energi	
	MJ/ha	MJ/l	MJ/ha	MJ/l
Gödsel- och bekämpningsmedel	21 089	3,62	11 899	1,53
Diesel, vid odling och transport	13 344	2,29	13 344	1,72
Processenergi, mix	121 243	20,83	68 392	8,81
naturgas	97 135	16,69	68 556	8,83
biobränslen	38 876	6,68	0	0,00
Biprodukter	-10 796	-1,85	-14 395	-1,86

För scenariot gällande år 2010 är processenergibehovet 0 för biobränslealternativet, vilket förklaras med att all tillförd energi kommer från biobränslen och att den primära energin för dessa bränslen ej inkluderar värmevärdet (vilket var fallet för de fossila

bränslena i studien). Utifrån dagens kunskaper är ett sådant resultat knappast realiserbart inom den närmaste framtiden. I studien antogs 70 kg biprodukter ersätta 50 kg sojamjöl, vilket totalt sett minskade energibehovet (därav minustecknen i tabell 7).

I figur 12 visas hur stor andel av den nyttiggjorda energin i etanolen som behövs för att framställa den, och i tabell 8 ges en sammanställning av energikvoterna och nettoenergiutbytet för att producera etanol med sockerbetor som råvara enligt IEA (1994). I tabellen redovisas också motsvarande resultat från studien om etanolen tillverkas med vete som råvara. Resultaten visar att energikvoterna och nettoenergiutbytena är högre för sockerbetsetanol för samtliga scenarier/processenergialternativ.



Figur 12. Den primära energi som ersätts då en viss mängd bensin byts ut mot en liter etanol (28,15 MJ/l), i förhållande till den energi som går åt för att producera denna mängd etanol (svarta staplar) (omarb. efter IEA (1994)).

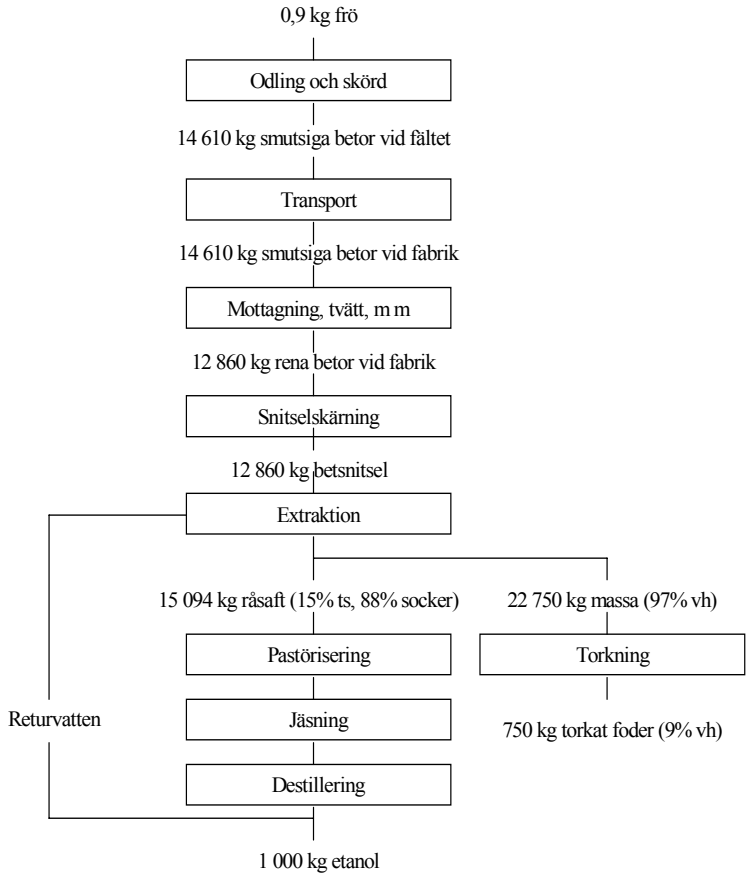
Tabell 8. Energikvoter (energi ut/energi in) för hela produktionskedjan vid framställning av etanol från sockerbetor och vete för olika sätt att tillgodose behovet av processenergi (i beräkningarna antas etanolen ha ett värmevärde på 23,48 MJ/l plus ett ersättningsvärde på 4,67 MJ/l som kompenserar för den indirekta energin som krävs för att framställa bensin) (Källa: IEA, 1994)

	Sockerbetor		Vete	
	1991	2010	1991	2010
Energikvot				
Processenergi: Mix	1,13	2,76	0,96	1,96
Naturgas	1,36	2,75	1,12	1,95
Biobränsle	2,62	20,12	1,93	5,91
Nettoenergiutbyte (GJ/ha)				
Processenergi: Mix	19	139	-4	36
Naturgas	43	139	7	36
Biobränsle	101	208	33	61

DTI-studien

I Storbritannien geomfördes nyligen en omfattande studie av DTI (Department of Trade and Industry) av energibalanserna och utsläppen av växthusgaser för olika biobränslen, bl a när det gäller tillverkning av etanol med sockerbetor som råvara (Elsayed m fl, 2003). Den använda metodiken baseras huvudsakligen på s k livscykelanalys, där man följde etanolen från ”vaggan” (d v s odlingen) till ”grinden” (d v s till tankstationen). I figur 13 visas flödesschemat och massbalanserna för framställning av 1 000 kg etanol (i studien var etanolens densitet 0,79 kg/l, undre värmevärdet 26,72 MJ/kg och övre värmevärdet 29,74 MJ/kg). Bränslet var tänkt att tillverkas i en fabrik med en årlig kapaci-

tet på 40 000 ton etanol. De indata som använts antogs gälla för år 1996 under de förutsättningar som då rådde i Storbritannien.



Figur 13. Flödesschema med tillhörande massbalanser för att framställa 1 000 kg etanol (Källa: Elsayed m fl, 2003).

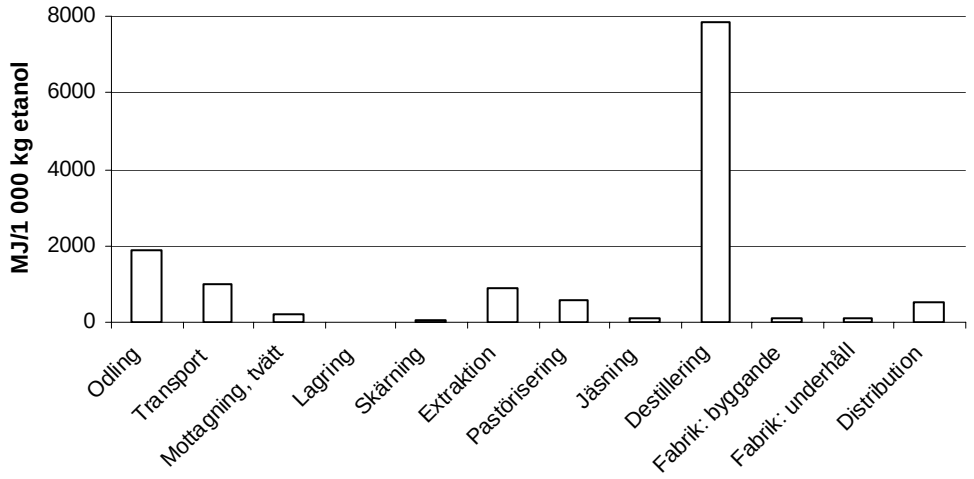
Vid odlingen använde man bl a 147 kg kväve per ha, och 56 kg/ha P_2O_5 och 141 kg/ha K_2O (se tabell 9). I beräkningarna var det genomsnittliga transportavståndet mellan fält och fabrik 80 km tur och retur. För att tillverka 1 000 kg etanol krävdes 12 860 kg rena betor. Med en antagen hektarskörd på 56 400 kg/ha, var etanolutbytet 4 390 kg/ha eller 5 560 l/ha. Den el och den ånga som användes i själva fabriken antogs komma från ett oljeeldat kraftvärmeverk. För alla enhetsprocesser fram till extraktionen gjordes en ekonomisk allokering mellan huvudprodukten och biprodukterna, så att 76,4% av energiåtgången hänfördes till etanolen och resten till biprodukterna. Indirekt energi för byggande och underhåll av fabriken var medtaget i studien. Dessutom ingick distributionen av den färdiga etanolen till tankställena, och det antogs att det genomsnittliga avståndet var 450 km tur och retur.

Det totala energibehovet, uttryckt i primär energi, var 13 200 MJ/ton etanol. Fördelningen mellan de olika enhetsprocesserna visas i figur 14. Destilleringen var den dominerande processen, och den svarade för 59,2% av det totala energibehovet. Energikvoten, beräknad i relation till det effektiva värmevärdet, var 2,02, och nettoenergiutbytet 59 GJ/ha. Elsayed m fl (2003) beräknade också energibehovet för att tillverka etanol med vete som råvara. Energikvoten var 2,16 och energiutbytet 33 GJ/ha, vilket betyder

att kvoten var ca 7% högre för spannmålsetanol, medan energiutbytet var ca 44% lägre, jämfört med sockerbetsetanol.

Tabell 9. Mängd och primär energiåtgång för några av de förnödenheter som användes i DTI:s studie (Källa: Elsayed m fl, 2003)

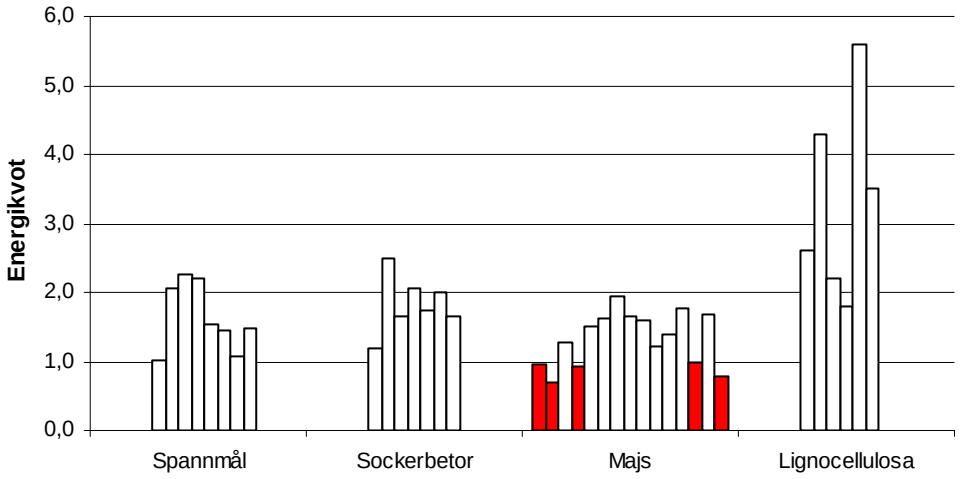
	Mängd (kg/ha)	Primär energiåtgång (MJ/kg)
Utsäde	4,0	35,5
Kvävegödsel	147	40,6
Fosforgödsel, P_2O_5	56	15,8
Kaliumgödsel, K_2O	141	9,3
Pesticider	1,15	274
Diesel för odling och skörd	68	49



Figur 14. Primär energiåtgång (efter ekonomisk allokering av huvud- och biprodukterna fram till extraktionen) för de olika enhetsprocesserna i DTI:s studie (Källa: Elsayed m fl, 2003).

Andra studier

Börjesson (2006) presenterade en sammanställning av olika energibalanstudier för etanol. I sin litteraturgenomgång fann han inga svenska studier när det gäller energikvoten för sockerbetsetanol. Däremot har ett antal internationella studier, förutom de ovan redovisade, genomförts. I figur 15 visas resultaten från dessa studier, tillsammans med resultaten för andra etanolråvaror. För lignocellulosarika råvaror låg energikvoten i genomsnitt på 3,2, för sockerbetor på 1,8, för spannmål på 1,6 och för majs på 1,4. Författaren konstaterade att skillnaderna kan vara ganska stora för samma råvara, beroende på geografisk lokalisering (klimat, tillgång på råvaror, skördenivå, typ av energisystem, etc), val av allokeringsmetod för värdering av biprodukter, transportavstånd och transportslag, anläggningens storlek och teknik, ålder och tillförlitlighet på indata, val av systemgränser, m m.



Figur 15. Energikvoter för etanol med spannmål, sockerbetor, majs och lignocellulosa som råvaror (Källa: Börjesson, 2006). Röda staplar innebär att kvoten är mindre än 1,00.

Utsläpp av växthusgaser

Metod

Användning av fossila bränslen innebär att det blir ett nettoutsläpp av växthusgaser, eftersom det kol som finns bundet i bränslet frigörs vid förbränningen och ökar halten av koldioxid i atmosfären. Däremot anses biobränseln vara koldioxid-neutrala, eftersom de växter som biobränslena härrör från tar upp koldioxid under odlingsfasen. Däremot kan det bli höga utsläpp av växthusgaser då fossila bränslen används för att odla, transportera och förädla biobränslena. Om man ska minska utsläppen av växthusgaser, måste därför detta bidrag vara mindre än vad som släpps ut när de fossila bränslen används direkt som drivmedel.

Olika gaser har olika mycket påverkan på den potentiella växthuseffekten, bl a beroende på deras förmåga att absorbera infraröd strålning och deras uppehållstid i atmosfären. Därför använder man s k ekvivalensfaktorer som är specifika för varje ämne, och som använder koldioxid som referensämne. Andra ämnens potentiella miljöpåverkan beräknas alltså genom att man multiplicerar ekvivalensfaktorn med ämnets mängd, och man får på så sätt den potentiella växthuseffekten uttryckt i koldioxidekvivalenter.

IEA:s studie

I IEA:s studie beräknades utsläppen av olika växthusgaser samt den potentiella växthuseffekten för dessa gaser (IEA, 1994). De ämnen som togs med i studien var kolmonoxid, koldioxid, metan, VOC (volatile organic compounds - flyktiga organiska ämnen) samt lustgas. Följande ekvivalensfaktorer har använts: CO - 3 CO_2-ekv/kg, CH_4 - 26 CO_2-ekv/kg, VOC - 8 CO_2-ekv/kg samt för N_2O 270 CO_2-ekv/kg. Systemgränserna var sanmma som de som användes för energianalyserna ovan. När gödselmedel bryts ned i marken bildas lustgas, och i studien antogs att dessa utsläpp var 1% av mängden tillfört kväve. Vidare har man i studien tagit hänsyn till att utsläppen vid användning av bioetanol och bensin skiljer sig beträffande VOC m m. Utsläppen av koldioxid och de totala

utsläppen av växthusgaser, uttryckt i kg CO_2-ekv per liter etanol, för etanol framställd av sockerbetor och vete redovisas i tabell 10.

Tabell 10. Utsläpp av koldioxid och total växthuseffekt vid framställning av etanol med sockerbetor och vete som råvaror, dels för teknicknivån som gällde 1991 och dels för en antagen teknicknivå år 2010 (Källa: IEA, 1994)

Typ av processenergi	Teknicknivå 1991				Teknicknivå 2010			
	CO_2-utsläpp (kg CO_2/l)		Växthuseffekt (kg CO_2-ekv/l)		CO_2-utsläpp (kg CO_2/l)		Växthuseffekt (kg CO_2-ekv/l)	
	Sockerbetor	Vete	Sockerbetor	Vete	Sockerbetor	Vete	Sockerbetor	Vete
mix	1,54	1,80	2,01	2,42	0,71	0,97	1,03	1,44
naturgas	1,08	1,32	1,50	1,88	0,53	0,77	0,84	1,23
biobränslen	0,54	0,75	0,92	1,28	0,08	0,28	0,35	0,70

Resultaten visar att spannmålsetanol generellt sett medför högre utsläpp av växthusgaser jämfört med sockerbetsetanol, både för den teknicknivå som gällde för år 1991 och för den teknicknivå som antas gälla år 2010. De olika bidragen när det gäller utsläpp av växthusgaser för sockerbetsetanol för år 1991 (processenergi: mix) fördelas enligt: tillverkning av gödselmedel och pesticider 0,21 CO_2-ekv/l, markemissioner (N_2O) 0,13 CO_2-ekv/l, jordbearbetning, skörd och transporter 0,17 CO_2-ekv/l, biprodukter –0,13 CO_2-ekv/l, tillverkningsprocesser 1,43 CO_2-ekv/l och avgaser vid användning (exkl CO_2) 0,20 CO_2-ekv/l (totalt 2,01 CO_2-ekv/l). De största bidragen härrör alltså från själva tillverkningsprocessen.

Resultaten i tabell 10 kan jämföras med de utsläpp som gäller för den bensin som ersätts av etanolen enligt IEA (1994). För denna var utsläppen av koldioxid 1,90 kg/l och total växthuseffekt 2,20 kg CO_2-ekv/l. Vid användning av sockerbetsetanol, där processenergin kommer från en mix av bränslen, blir alltså reduktionen av växthusgaserna endast ca 9% för teknicknivån år 1991. Däremot halveras den potentiella växthuseffekten för framtidsscenariot år 2010 jämfört med teknicknivån 1991 för detta processalternativ.

DTI:s studie

I studien av DTI (Elsayed m fl, 2003) geonmfördes också beräkningar av utsläppen av växthusgaser. De gaser som togs med i arbetet var koldioxid, metan och lustgas (inkl markemissioner). Vid omräkningen till CO_2-ekvialenter användes faktorerna 24,5 kg CO_2-ekv/kg CH_4 och 320 kg CO_2-ekv /kg N_2O för metan respektive lustgas. Systemgränserna var identiska med de som användes vid beräkningarna av energiåtgången (se figur 13). Resultaten för tillverkning av etanol med sockerbetor och vete som råvaror, tillsammans med utsläppen för blyfri bensin, visas i tabell 11. För blyfri bensin gäller att utsläppen av koldioxid är medtagna för både framtagning och förbränning av bränslet, medan utsläppen vid förbränningen ej ingår för bioetanolen, eftersom själva råvaran är CO_2-neutral.

Resultaten visar att utsläppen av koldioxid halveras om man använder sockerbetsetanol som drivmedel jämfört med om man använder blyfri bensin. För spannmålsetanol är minskningen ännu större (64%). Av de totala utsläppen på 1 076 CO_2-ekv/ton etanol från sockerbetor, svarade destilleringen för 54%, odlingen för 23%, transporterna mellan fälten och fabrik för 6%, extraktionen för 6% och pastöriseringen för 5%. För övriga enhetsprocesser var bidraget mindre än 5%.

Tabell 11. Utsläpp av växthusgaser för produktion och användning av sockerbetsetanol, spannmålsetanol och blyfri bensin (Källa: Elsayed m fl, 2003)

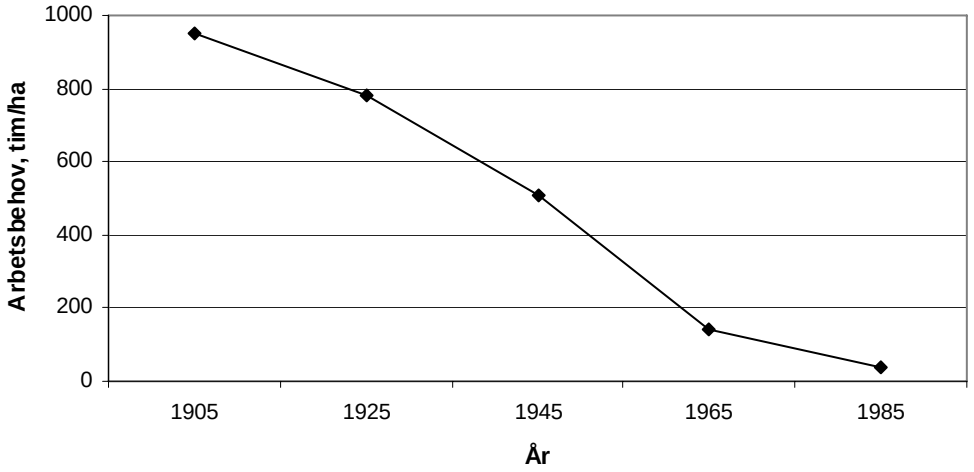
Bränsle	CO_2-emissioner (kg/ton etanol)	CH_4-emissioner (kg/ton etanol)	N_2O-emissioner (kg/ton etanol)	Totalt (CO_2-ekv/ton etanol)	Totalt (CO_2-ekv/MJ bränsle*)
Sockerbetsetanol	916	0,334	0,477	1 076	0,040
Spannmålsetanol (vete)	654	0,760	0,322	775	0,029
Blyfri bensin					0,081**

*beräknat på bränslenas effektiva värmevärde (26,72 MJ/kg för etanol)
** utsläppen av CH_4 och N_2O vid förbränning ingår ej p g a stora variationer mellan olika fordon

Sysselsättningseffekter

En fördel med inhemsk produktion av biobränslen är att de genererar arbetstillfällen på landsbygden. Det är inte bara det direkta personalbehovet vid själva produktionen som berörs, utan även de indirekta arbetstillfällen som skapas för att bygga och tillverka produktionskapitalet, samt underhålla och ge service vid de olika produktionsstegen.

I ett historiskt perspektiv har odlingen av sockerbetor varit mycket arbetskrävande (figur 16). På hundra år har dock arbetsbehovet per hektar minskat dramatiskt, bl a beroende på en ökad mekanisering och användningen av precisionssåmaskiner och kemiska bekämpningsmedel. Samtidigt har sockerskörden per hektar nästan fördubblats de senaste hundra åren (från ca 4,6 ton i början på nittonhundratalet till ca 8,5 ton/ha idag, se figur 6), både beroende på ökad hektarskörd och ökad sockerhalt. Sammantaget innebär detta att arbetsbehovet för betodlingen har minskat från drygt 200 timmar till knappt 5 timmar per ton skördad socker. Processerna för att framställa socker har också blivit mycket mer effektiva. År 1955 behövdes 250 manminuter i sockerbruket per ton producerad socker, medan arbetsbehovet var ca 70 manminuter per ton år 1985 (Larsson, 1989). Sedan dess har arbetsbehovet sjunkit ytterligare p g a olika rationaliseringar.



Figur 16. Antalet arbetstimmar för betodling, inkl jordbearbetning, sådd, skötsel, skörd och leverans, från 1905 till 1985 (Källa: Kuuse, 1982; Larsson, 1989).

I detta kapitel görs en beräkning av vilken påverkan en etanolfabrik skulle ha för sysselsättningen i länet. Både det direkta arbetsbehovet vid odlingen och vid fabriken tas med, och uppskattningar görs även av det indirekta arbetsbehovet.

Arbetsbehov vid odlingen

För att odla och leverera betorna till en etanolfabrik är det framförallt lantbrukare och transportföretag som är direkt inblandade. Arbetsbehovet för ett specifikt fält beror av många faktorer, t ex fältets storlek, form och typografi, samt jordart, odlingens intensitet, avkastningen, maskinernas storlek, traktorförarnas skicklighet, m m. Arbetsbehovet för alla led mellan upptagning, via lagring och transporter till fabriken, beror av hur stor andel betor som lagras, transportavstånden, lastkapaciteten hos fordonen, m m. I tabell

12 visas en sammanställning över det direkta arbetsbehovet för ett typiskt konventionellt system och ett system där mer rationella maskinkedjor används.

Betupptagningen är det mest arbetskrävande momentet vid odlingen, och man kan välja mellan olika system, bl a beroende på typ av upptagare. För en 3-radig bogserad betupptagare ligger kapaciteten kring 0,4 ha/tim, för en 6-radig självgående upptagare kring 0,8 ha/tim och för en självgående 9-radig upptagare kring 1,4 ha/tim (Hoolmé, 2004). För det ”konventionella” systemet valdes en bogserad 3-radig upptagare med en följevagn med lastkapaciteten 16 ton, vilket innebär att två personer krävs. Betorna läggs i stuka på fältet för lagring kortare tid. För det ”rationella” systemet valdes en självgående 6-radig upptagare. Upptagaren lastar lastbilarna genom tanktömning för direktleverans till fabriken. Om skörden ligger på ca 50 ton/ha och transportavståndet är 50 km, behövs tre lastbilar (Hoolmé, 2004).

Tabell 12. Arbetsbehov vid odling av sockerbetor (kapaciteterna har hämtats från Maskinkalkylgruppen (2004))

	Konventionellt system	Kapacitet (ha/tim)	Arbete (tim/ha)	Rationellt system	Kapacitet (ha/tim)	Arbete (tim/ha)
Kalkning, 0,5 ggr		2,5	0,2		5,0	0,1
PK-gödsling, 0,5 ggr	buren, 12 m	2,0	0,3	bogserad, 24 m	4,5	0,1
Stubbearbetn, 2 ggr	2,5 m	1,0	2,0	4,2 m	1,8	1,1
Plöjning	4-skärig tegplog	0,6	1,7	5-skärig växelplog	0,7	1,4
Harvning, 2,5 ggr	buren, 5 m	3,0	0,8	bogserad, 8 m	5,0	0,5
Precisionssåmaskin	9 rader	1,2	0,8	12 rader	1,8	0,6
Kem bekämpn, 2 ggr	buren, 12 m	4,0	0,5	bogserad, 24 m	7,0	0,3
Radrensare	9 rader	1,8	0,6	12 rader	2,7	0,4
Upptagning	3-radig bogserad	0,5	4,0	6-radig självgående	1,0	1,4
Summa			**10,9**			**5,9**
Lastning	100% lastas		1,0	15% lastas		0,2
Lastbilstransp, 38 ton	100 km t o r		2,6	100 km t o r		2,6
Avlastning			0,5			0,5
Stuklagring	25% lagras		1,0	15% lagras		0,6
Summa			**5,1**			**3,7**
Administration m m			2,0			2,0
Totalt			**18,0**			**11,6**

Det direkta arbetsbehovet för ett ”konventionellt” odlingssystem ligger på runt 18 timmar/ha, och för ett ”rationellt” system ca 50% lägre. Det ska då observeras att den indirekta arbetsinsatsen inte är medtagen i denna siffra. Det indirekta arbetsbehovet innefattar t ex tillverkning, försäljning och leverans av förnödenheter, tillverkning, försäljning, leverans och underhåll av maskiner, odlingsrådgivning, ekonomisk rådgivning, etc. Det är svårt att uppskatta hur stor den indirekta arbetsinsatsen är, men om man sätter den till 60% av det direkta arbetsbehovet (se även LRF, 2006a), skulle den totala arbetsinsatsen bli 29 resp 19 timmar per ha.

När man beräknar arbetsbehovet för odlingen, ska man dock vara medveten om vilka alternativ som står till buds. Om man väljer mellan sockerbetsodling och träda eller Salix-odling, är arbetsinsatsen mycket liten för de sistnämnda i förhållande till den förstnämnda. För spannmålsodling, inkl torkning och transporter, är arbetsbehovet ca 10 tim/ha för ett konventionellt system, och ca 6 tim/ha för ett rationellt system (Bernes-

son, 2004). Jämfört med spannmålsodling är arbetsinsatsen alltså ungefär 80% högre för sockerbetsodling.

Arbetsbehov vid etanolfabriken

Schmitz (2003) har beräknat arbetsbehovet för fyra olika storlekar på etanolanläggningar. Han menar att arbetsbehovet främst bestäms av anläggningens storlek och att typen av råvara (sockerbetor eller spannmål) har mindre betydelse. För en anläggning med årskapaciteten 20 000 m^3 per år är arbetskraftsbehovet 18 manår, för en anläggning på 60 000 m^3 26 manår, för 120 000 m^3 30 manår och för 240 000 m^3 är personalbehovet 34 manår (Schmitz, 2003). För exempelvis fabriken på 60 000 m^3/år fördelar sig personalbehovet enligt följande: VD (1 person), produktionschef (1 person), sekreterare (1 person), laboratorium (2 personer), avlastning/mottagning (4 personer), reglertekniker (2 personer), skiftledare (5 personer), truckförare m m (5 personer) samt maskinoperatörer m m (5 personer).

Som en jämförelse kan nämnas att Agroetanols fabrik i Norrköping, med en årlig produktion på 50 000 m^3 spannmålsetanol, har 33 personer anställda. Av dessa ingår 18 personer i sex skift om vardera tre personer som svarar för själva driften (Ny Teknik, 2001).

Det direkta arbetsbehovet för en anläggning med en årsproduktion på 25 000 m^3 kan alltså antas vara runt 22 personer och för en anläggning på 60 000 m^3 etanol/år runt 30 personer. Enligt LRF (2006a) motsvarar den indirekta sysselsättningen för kemisk industri ca 75% av den direkta sysselsättningen, vilket i detta fall innebär att det totala arbetskraftsbehovet blir ungefär 38 respektive 53 personer för dessa fabriker.

Totala sysselsättningseffekter

I tabell 13 redovisas de totala sysselsättningseffekterna för två etanolanläggningar med årskapaciteter på 25 000 respektive 60 000 m^3 etanol. I den första fabriken används enbart sockerbetor som råvara, medan man i den andra även antas använda höstvete för tillverkning av 35 000 m^3 spannmålsetanol (se även nästa kapitel). Vid beräkningarna har det antagits en hektaravkastning på 47 000 ton för sockerbetor och 6,5 ton för höstvete, ett utbyte på 1,0 liter etanol per 10 kg sockerbetor resp 2,65 kg höstvete, samt en årsarbetstid på 2 000 tim/år. För den mindre anläggningen blev det totala arbetsbehovet 115 manår, eller 9,2 tim/m^3 etanol, medan siffrorna för den större anläggningen blev 245 manår eller 8,2 tim/m^3 etanol (gäller för ”konventionellt” odlingssystem).

Som en jämförelse kan nämnas att Poitrat (1999) menar att det skapas 1 arbetstillfälle per 100 000 liter etanol som produceras (under franska förhållanden). Detta motsvarar 20 timmar/m^3 etanol vid en årsarbetstid på 2 000 timmar. Vidare menar LRF (2006a) att det skapas 300 arbetstillfällen per TWh tillförd energi, utslaget som ett genomsnitt för den svenska bioenergimarknaden inklusive indirekt sysselsättning. För tillverkning av pellets för försäljning till småhus blir dock sysselsättningen så hög som ca 500 manår per TWh. Om man antar att det krävs 50% mer arbete för att tillverka etanol jämfört med pellets, och att etanol innehåller 6,6 kWh/liter, blir arbetsbehovet ca 10 tim/m^3 etanol.

Tabell 13. Totala sysselsättningseffekter för två etanolanläggningar (värdena inom parentes gäller för det ”rationella” odlingssystemet)

	Årskapacitet 25 000 m^3/år	Årskapacitet 60 000 m^3/år
Odling inkl transporter		
direkt	48 (31)	48+72 (31+43)
indirekt	29 (19)	29+43 (19+26)
summa	77 (50)	192 (119)
Tillverkning		
direkt	22	30
indirekt	16	23
summa	38	53
Totalt	115 (88)	245 (172)

Kostnadsberäkningar

Beroende på brist på data för etanolanläggningar med sockerbetor som råvara, och eftersom studien har genomförts under en mycket begränsad tidrymd, har inga detaljerade analyser gjorts av kostnaderna för framställning av sockerbetsetanol. Istället har kostnaderna översiktligt beräknats för en tänkt fabrik som placeras i närheten av Mörrums bruk. Fabrikens behov av betor har antagits vara 250 000 ton per år, vilket ger en årsproduktion av sockerbetsetanol på 25 000 m^3. Mängden 250 000 ton betor per år motsvarar 80% av den produktion som finns idag i Blekinge, Kalmar (inkl Öland) och nordöstra Skåne län (se nedan).

Tre olika scenarier har undersökts. I det första används en etanolfabrik (fabrik A) som enbart är igång under betkampanjen. I det andra är fabriken (B) igång under hela året, och under kampanjen används råsaft som råvara för jäsningen, medan man använder indunstad tjocksaft resten av året. I den tredje fabriken (C) används sockerbetor som råvara under betkampanjen (25 000 m^3 sockerbetsetanol), och spannmål som råvara resten av året (35 000 m^3 spannmålsetanol). En årlig produktion av 35 000 m^3 spannmålsetanol kräver ca 93 000 ton vete, vilket kan produceras på ca 23% av den nuvarande spannmålsarealen i de aktuella kommunerna i Blekinge, Kalmar och Skåne län (se nedan).

Förslag på anläggningens lokalisering och storlek

Lokalisering

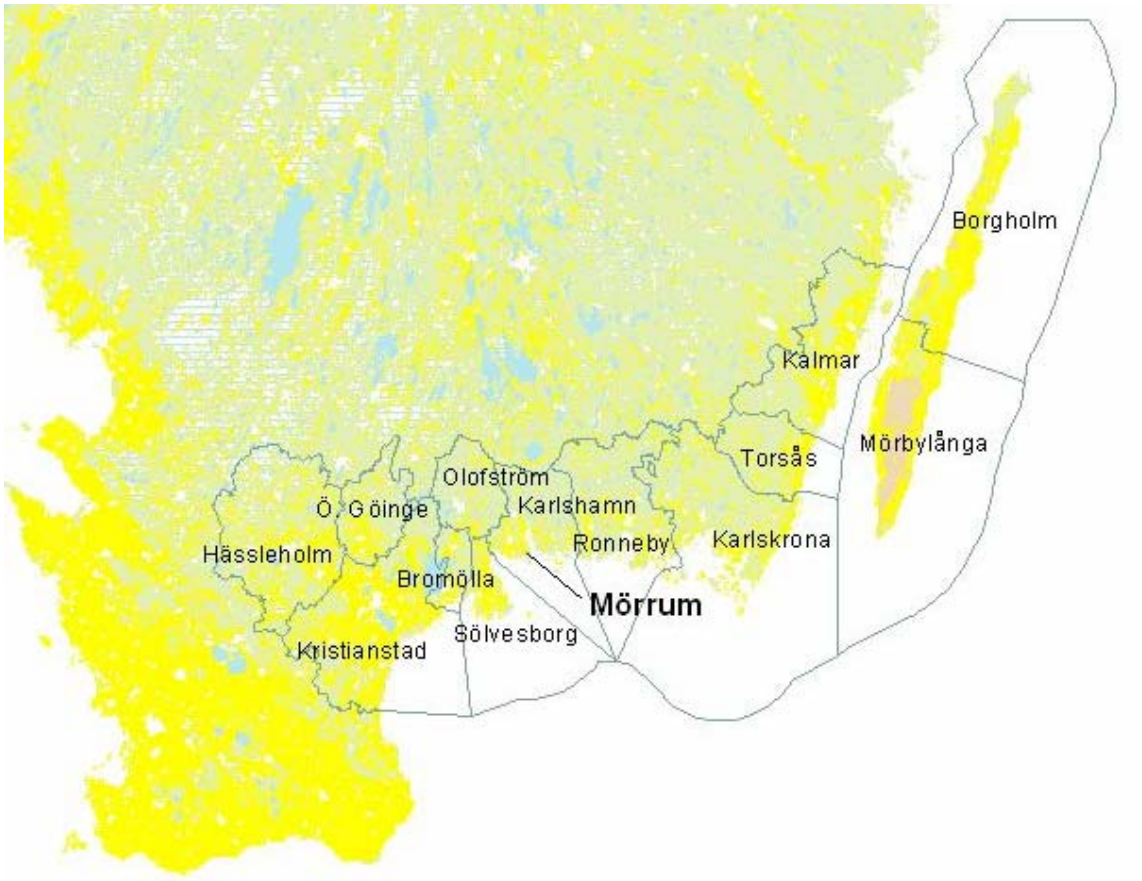
Någon ingående analys av var det skulle vara mest lämpligt att lokalisera en anläggning i Blekinge har inte gjorts p g a studiens begränsade omfattning (det kan dock nämnas att Blekinges enda sockerbruk en gång i tiden låg i Karlshamn (Kuuse, 1982)). Ett förslag är dock att lokalisera en etanolfabrik i närheten av Södra Cells sulfatmassafabrik i Mörrum. Fördelarna med en sådan lokalisering är

- Lägre investeringskostnader för anläggningen, eftersom man till stor del skulle kunna använda befintliga pannor vid bruket för att generera ånga för etanolens olika tillverkningsprocesser. I bruket blir ungefär hälften av vedens innehåll till pappersmassa (cellulosa), medan den andra hälften (främst lignin) omvandlas till energi för produktion av ånga och el. Den höga andelen energi innebär att den inte bara räcker för den interna energianvändningen inom bruket, utan också för försäljning till externa förbrukare. Idag säljer man bl a fjärrvärme till Karlshamns kommun, men det finns potential att sälja ännu mer, särskilt under sommarhalvåret. Priset för ångan till en ev etanolfabrik skulle sannolikt hamna mellan priset för flisbränsle (ca 15 öre/kWh) och för fjärrvärme (ca 50 öre/kWh) (Eliasson, pers medd).

- Lägre utsläpp av växthusgaser per producerad m^3 etanol, eftersom den ånga och el som produceras härrör från biobränslen. Exempelvis visade studien av IEA (1994), vilken stor betydelse valet av energikälla för generering av processenergi har för etanolens totala påverkan på växthuseffekten (se tidigare kapitel).

- Kortare transportavstånd, eftersom Mörrum ligger nästan mittemellan de stora odlingsdistrikten i Blekinge, och nästan mittemellan de större sockerbetsodlingar som finns i Kalmar län (inkl på Öland) och i f d Kristianstads län (figur 17). I nästa kapitel beräknas transportarbetet som krävs om en fabrik lokaliseras till Mörrum.

- Man kan utnyttja befintlig infrastruktur, eftersom vägnätet och hamnarna runt bruket är anpassade för hantering av mycket stora transportvolymer. Vid bruket producerades t ex 422 000 ton massa under år 2004 vilket motsvarar en råvaruförsörjning på ca 2 milj m^3 ved. De goda hamnförhållandena skulle också kunna göra det möjligt att använda sockerbetor från Gotland.



Figur 17. Exempel på upptagningsområde för en fabrik i Mörrum.

Anläggningens storlek

Anläggningens storlek bestäms bl a av transportarbetet för betorna. Transportarbetet är i sin tur beroende av i vilka kommuner betorna odlas (och därmed transportavståndet till en eventuell fabrik) och hur omfattande odlingen är i varje enskild kommun. I tabell 14 visas hur stor odlingen var under år 2005 i Blekinge och Kalmar län, samt i den nordöstra delen av Skåne län (i de fortsatta beräkningarna har eventuella sjötransporter från Gotland ej beaktats).

I tabell 14 visas också det totala transportarbetet som krävs för att försörja en fiktiv etanolanläggning i närheten av Mörrums bruk. I beräkningarna antogs att genomsnittsskör-

den var lika med normskörden, d v s ca 47 ton/ha i Skåne och Blekinge län, medan den var ca 45 ton/ha i Kalmar län (SCB, 2006). Inom varje kommun antogs det finnas en tänkt odlingsmedelpunkt som betorna transporterades till, varefter de transporterades till etanolanläggningen. En uppskattning av det genomsnittliga transportavståndet mellan odlingarna och medelpunkten, samt mellan medelpunkten och etanolfabriken, gjordes.

Tabell 14. Odlad areal av sockerbetor och spannmål år 2005 i några kommuner i Blekinge, Kalmar och Skåne län (Källa: SJV, 2006b), samt mängd betor och etanolvete och det uppskattade transportarbetet till en tänkt anläggning i närheten av Mörrums bruk

Kommun	Sockerbetor			Spannmål		
	Areal (ha)	Mängd betor (tusen ton)	Trans-portarb (tusen tonkm)	Total areal (ha)	Mängd et.-vete (tusen ton)	Trans-portarb (tusen tonkm)
Blekinge län						
Karlshamn	18	0,8	6	1 264	1,9	13
Karlskrona	230	10,8	703	2 693	4,0	262
Olofström	16	0,8	19	422	0,6	16
Ronneby	20	0,9	28	2 450	3,7	110
Sölvesborg	458	21,5	538	2 097	3,1	78
Totalt	742	34,9	1 294	8 926	13,3	479
Kalmar län						
Borgholm	125	5,6	984	5 555	7,9	1 386
Kalmar	650	29,3	3 656	9 889	14,1	1 763
Mörbylånga	638	28,7	5 024	7 137	10,2	1 781
Torsås	30	1,4	115	1 714	2,4	208
Totalt	1 443	64,9	9 780	24 295	34,6	5 138
Skåne län						
Bromölla	164	7,7	308	899	1,6	65
Hässleholm	262	12,3	1 108	4 493	8,2	735
Kristianstad	4 014	188,7	11 319	16 637	30,2	1 814
Ö. Göinge	149	7,0	350	2 460	4,5	223
Totalt	4 589	215,7	13 086	24 489	44,5	2 837
Summa	6 774	315,5	24 160	57 711	92,5	8 454

I Blekinge uppgick arealen sockerbetor under år 2005 till 742 ha, motsvarande en genomsnittlig årsproduktion på 34 900 ton och ett genomsnittligt transportavstånd på 1 294/34,9 = 37 km. Om betorna enbart skulle hämtas från Blekinge med dagens odlingsareal, skulle årsproduktionen av etanol ligga kring 3 500 m^3 etanol. Med dagens teknik är sådana små anläggningar troligen inte ekonomiskt konkurrenskraftiga (Schmitz, 2003; Bernesson, 2004); och betorna bör därför hämtas från ett större upptagningsområde. Om alla betor i de i tabell 14 nämnda kommunerna levereras till en etanolanläggning, skulle arealen bli 6 774 ha motsvarande en årsproduktion på 315 500 ton och med ett genomsnittligt transportavstånd på 77 km. Om man antar att 250 000 ton, d v s ca 80%, levereras från det ovan nämnda upptagningsområdet till en etanolanläggning, och att odlingarna är jämnt fördelade inom de nämnda kommunerna, blir det genomsnittliga transportavståndet 77 km för en fabrik med en årsproduktion på 25 000 m^3 sockerbetsetanol.

I det följande har det antagits att fabrikerna A, B och C har en årskapacitet på 25 000 m^3 sockerbetsetanol. För en fabrik som använder både sockerbetor och vete som råvaror (fabrik C), och där sockeretanolproduktionen är 25 000 m^3/år, bör spannmålsetanolen utgöra åtminstone 35 000 m^3/år för att få en rimlig årlig driftstid på anläggningen. Detta motsvarar ett behov av t ex höstvete på ca 93 000 ton/år (Agroetanol, 2006).

I tabell 14 redovisas totala arealen med spannmål i de berörda kommunerna, samt mängden etanolvete om man antar att en areal motsvarande 23% av den nuvarande spannmålsarealen används för odling av etanolvete, och om normskörden av höstvete är 6,5 ton/ha i Blekinge län, 6,2 ton/ha i Kalmar län och 7,9 ton/ha i Skåne län (SCB, 2006). På samma sätt som för betorna, har även transportarbetet uppskattats. För spannmålsetanolen blir det totala transportarbetet 8 454 tusen tonkm, och det genomsnittliga transportavståndet 91 km vid ett årsbehov på 93 000 ton.

Råvarukostnader

Prissättning på sockerbetor enligt hittillsvarande marknadsordning

Det pris P_b (kr/ton) som lantbrukarna får för betorna har bl a bestämts av sockerhalten s (%) enligt (Sockerbolaget, 1988; Rasmusson, 2005)

$$P_b = G(1+0{,}009n),\ s>16{,}0$$
$$P_b = G(1-0{,}009n),\ 14{,}0<s<16{,}0$$
$$P_b = G(1-0{,}02n),\ s<14{,}0$$

där G (kr/ton) är grundpriset vid 16,0% sockerhalt och n antalet tiondelar som sockerhalten avviker från 16,0%. Om t ex G är 350 kr/ton och sockerhalten 16,0%, blir betpriset 350 kr/ton och priset per kg socker 2,19 kr, medan bet- och sockerpriset blir 413 kr/ton resp 2,29 kr/kg om sockerhalten är 18,0%. Detta innebär alltså att inte bara betpriset, utan även priset per kg socker, är beroende av sockerhalten.

I den marknadsordning som rått inom EU fram till nu, har det för varje land funnits två stödreglerade produktionskvoter; A- och B-kvoter. För Sveriges del var A- och B-kvoterna under åren 2001/02-2005/06 334 784 resp 33 478 ton socker (SJV, 2004b). Grundpriset i januari 2006 var, vid en sockerhalt på 16,0%, 46,72 €/ton för A-betor och 28,84 €/ton för B-betor (Betodlarna, 2006), vilket vid en kurs på 9,32 euro/kr (Riksbanken, 2006) blir 435 kr/ton resp 269 kr/ton. Produktion utöver A- och B-kvoterna benämns C-socker, och för detta socker lämnas inga stöd utan priset bestäms av världsmarknadspriserna. Priset på C-betor har de senaste åren legat kring 100 kr/ton (Rasmusson, 2005).

I nuvarande avtal har det också utgått sentillägg, renhetspremier och ersättning för betornas torrämne (Rasmusson, 2005). För att kompensera lantbrukarna för de förluster som uppstår vid lagring av betorna, har de fått ett sentillägg på i genomsnitt 10,20 kr/ton. För att stimulera till leverans av rena betor har de också fått en renhetspremie på i genomsnitt 8,80 kr/ton. Lantbrukarna ersätts även för det torrämne i betorna som bruken sedan säljer i form av bl a betmassa och betfor. Denna ersättning har i genomsnitt varit 8,50 kr/ton (Rasmusson, 2005). Beträffande fraktkostnaderna, har Danisco stått för dem på avstånd upp till 125 km mellan odlingarna och bruken, men fr o m 2006 har denna gräns sänkts till 80 km (ATL, 2006).

Odlingskostnader

I tabell 15 visas en bidragskalkyl för odling av sockerbetor under ”goda” skånska förhållanden. Avkastningen har satts till 55 ton/ha, som med ett pris på 450 kr/ton gav en

intäkt på 24 750 kr/ha. De rörliga kostnaderna var 9 683 kr/ha, vilket gav ett täckningsbidrag (1) på 15 067 kr/ha. Kostnaderna för arbete och fasta maskinkostnader var 2 740 kr/ha, och de totala kostnaderna därmed 12 423 kr/ha. Täckningsbidrag 2 blev således 12 327 kr/ha. Lönsamheten för odling av sockerbetor har alltså varit mycket god. Täckningsbidrag 2 för sockerbetor kan t ex jämföras med motsvarande för höstvete och maltkorn, som under skånska förhållanden var 3 941 och 4 147 kr/ha (Hoolmé, 2004).

Om man antar att täckningsbidraget (2) för sockerbetor är på samma nivå som för höstvete (4 000 kr/ha, skånska förhållanden), blir betalningsförmågan ca 350 kr/ton vid en avkastning på 47 ton/ha (reducerat för blekingska förhållanden). Å andra sidan kommer den inledda sockerreformen att leda till ett betpris på runt 270 kr/ton (Betodlaren, 2005a). Om man i ett grundscenario antar att priset på etanolbetor ligger på 300 kr/ton, kommer den totala råvarukostnaden för 250 000 ton betor att bli 75 milj kr/år.

Agroetanol i Norrköping betalar 1,00-1,10 kr/kg för spannmål, beroende på vilken säsong det är (Werling, pers. medd.). För höstvete betalade man under år 2005 1,03 kr/kg och under år 2006 betalar man 0,95 kr/kg (LRF, 2006b). I dessa beräkningar antogs ett pris på 1,05 kr/kg för vårlevererad höstvete. Vid en produktion av 35 000 m^3 spannmålsetanol behövs ca 93 000 ton vete (Agroetanol, 2006), och den totala råvarukostnaden för spannmål blir således 98 milj kr/år.

Tabell 15. Bidragskalkyl för odling av sockerbetor (Källa: Hoolmé, 2004)

	Enhet	Kvant	Pris	Totalt
Intäkter				
Sockerbetor	ton	55	450	24 750
Summa intäkter				24 750
Direkta kostnader				
Utsäde	enhet	1,2	1 047	1 256
Probeta N	kg	600	2,17	1 302
Växtskydd ogräs	ha	1	1 563	1 563
Växtskydd insekter	ha	1	104	104
Kalkning	ha	1	68	68
Summa direkta kostnader				4 293
Övriga rörliga kostnader				
Odlaravgift	st	1	67	67
Analys/försäkring	ha	1	101	101
Drivmedel	liter	142	5,8	824
Täckning stuka, 20% lagras	ton	11	44	484
Underhåll traktor och basredskap	ha	1	570	570
Lejd betsådd, 12-radig	ha	1	450	450
Lejd radrensning, 12-radig	ha	1	300	300
Lejd betupptagning	ha	1	2 400	2 400
Ränta rörelsekapital (faktor)	0,3	10 773	0,06	194
Summa övriga produktionskostnader				5 390
Täckningsbidrag 1				15 067
Arbete och fasta maskinkostnader				
Arbete	tim	11	160	1 760
Basmaskiner (avskrivning och ränta)	ha	1	680	980
Summa arbete och fasta maskinkostnader				2 740
Täckningsbidrag 2				12 327

Transportkostnader

Med hjälp av uppgifter från Maskinkalkylgruppen (2004) kan man beräkna att transportkostnaden (exkl. lastning och lossning) för ett lastbilsekipage som tar 35 ton är Tr=22+0,28x (kr/ton), där x är transportavståndet. Om 250 000 ton betor i genomsnitt ska transporteras 77 km med ett sådant ekipage, blir den totala kostnaden 10,9 milj kr/år (exkl. lastning och lossning). Tidsåtgången för lastning plus lossning kan antas vara runt 1,0+0,5 tim/lass (inkl ställtider m m), och kostnaden 425 kr/tim (maskin+förare) resp 200 kr/tim (förare). Den totala kostnaden för lastning och lossning blir i så fall 3,8 milj kr, och de totala transportkostnaderna för sockerbetor runt 15 milj kr.

I priset för den spannmål som levereras till Agroetanols fabrik i Norrköping ingår alla frakter (Werling, pers. medd.). Därför antogs även här att transportkostnaderna ingår i råvarukostnaden (1,05 kr/kg).

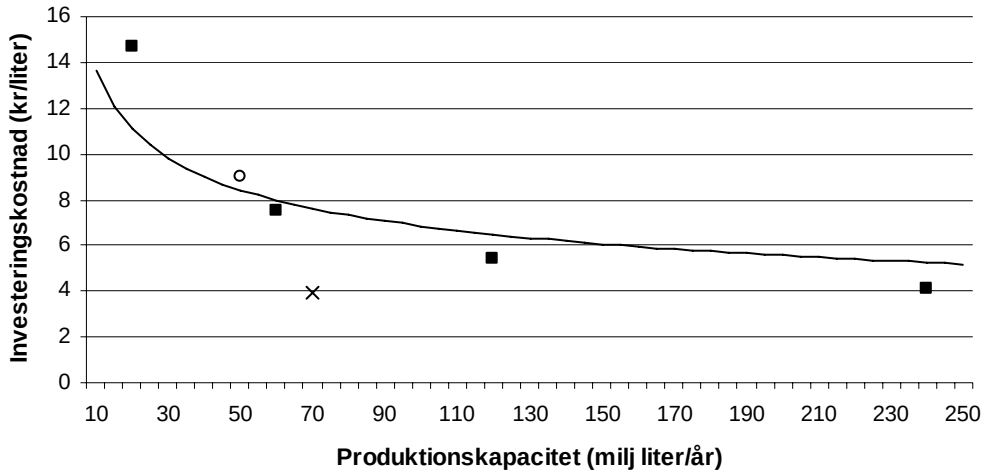
Tillverkningskostnader

Investeringskostnad för produktionsanläggning

I en irländsk studie menade Murphy och McCarthy (2005) att investeringskostnaden för en etanolanläggning med sockerbetor som råvara kan beskrivas av formeln $X = 27{,}3C^{0{,}7}$ där X är investeringskostnaden i milj kr (vid en valutakurs på 9,32 euro/kr (Riksbanken, 2006)), och där C är anläggningens produktionskapacitet i milj liter per år. Investeringskostnaderna gäller för en komplett anläggning (Murphy, pers medd.). Om investeringskostnaden uttrycks per liter årsproduktion, erhålls den kurva som visas i figur 18. Kurvan visar tydligt kostnadernas beroende av anläggningens skala.

I samma diagram har resultaten från beräkningar av Schmitz (2003) lagts in. Han beräknade investeringskostnaden för fyra etanolanläggningar, med en årsproduktion på 20 milj liter, 60 milj liter, 120 milj liter resp 240 milj liter, med sockerbetor som råvara. Anläggningarna har en produktionstid på 333 dagar per år. Som råvara används melass och/eller tjocksaft. Tjocksaften är indunstad råsaft med en sockerhalt på 65-68% och den är därför, liksom melass, lagringsbar under året. I investeringen ingår kostnaderna för ångpannor m m, men däremot inte utrustning för att framställa melass/tjocksaft.

Dessutom har värdena för anläggningen i Norrköping (spannmålsetanol) lagts in, liksom för det nyligen påbörjade bygget av en sockerbetsanläggning i Wissington, Storbritannien. Den senare byggs vid ett befintligt sockerbruk, vilket gör att man kan hålla nere investeringskostnaderna.



Figur 18. Investeringskostnaden som funktion av produktionskapaciteten för en etanolfabrik (omarbetad efter Murphy och McCarthy, 2005), samt beräkningar för fyra anläggningsstorlekar enligt Schmitz (2003) (■), för etanolanläggningen (spannmål) i Norrköping (Ny Teknik, 2001) (○), och för den planerade anläggningen i Wissington, Storbritannien (ATL, 2006) (x).

Kapitalkostnader

För att uppskatta investeringsbehovet för de tre olika fabrikerna A, B och C, har diagrammet i figur 18 använts. Vid beräkning av kapitalkostnaderna har en avskrivningstid på 15 år och en ränta på 7% använts för samtliga anläggningar. Detta ger en annuitetsfaktor på 0,110. För fabrik A, där anläggningen endast är igång under betkampanjen, kan det ifrågasättas om avskrivningstiden bör vara lika lång som för de andra anläggningarna. Här har detta dock delvis kompenserats genom att underhållskostnaderna har satts högre för de två senare alternativen (se kapitlet nedan).

Om man ska uppföra en etanolanläggning i Blekinge, måste man inkludera investeringarna för mottagning och råvaruberedning av betorna, eftersom här inte finns något sockerbruk där man kan utnyttja befintlig utrustning. Däremot skulle man kunna utnyttja befintliga ångpannor för generering av ånga, t ex vid Mörrums bruk. För samtliga anläggningsalternativ har det antagits att utrustning för mottagning och råvaruberedning av sockerbetorna ingår i investeringen, medan utrustning för generering av ånga och el ej ingår. Vidare har det antagits att utrustning för hantering av biprodukterna ingår i de nedan redovisade investeringarna.

För en anläggning med en årsproduktion på 25 000 m^3 sockerbetsetanol, och som är igång året runt (fabrik B), antogs investeringskostnaden vara 11,50 kr/l (figur 18), vilket ger en total investering på 290 milj kr. Om årsproduktionen är 60 000 m^3 etanol, från både sockerbetor och spannmål, sattes investeringen till 9,50 kr/l, som innebär en total investeringskostnad på 570 milj kr. Kostnaden antogs vara ca 10% högre än vad som framgår av figur 18, eftersom utrustning för mottagning och hydrolys av spannmålen tillkommer. En anläggning som ska producera 25 000 m^3 sockerbetsetanol enbart under betkampanjen, antogs ha en årskapacitet på minst 60 000 m^3 etanol. Till skillnad mot den kombinerade fabriken ovan (fabrik C), behövs dock ej utrustning för mottagning och hydrolys av spannmålen, vilket gör att investeringen blir lägre. Ett rimligt antagande är att den totala investeringen blir runt 470 milj kr för fabrik A.

Kapitalkostnaderna för fabrikerna A, B och C blir enligt ovan 52 milj kr, 32 milj kr respektive 63 milj kr.

Driftskostnader

En fabrik (B) med en årsproduktion på 25 000 m^3 kan antas ha ett personalbehov på ca 22 manår (se kapitlet om sysselsättningseffekter). Med en antagen lönekostnad på 450 000 kr/manår, blir de totala personalkostnaderna runt 10 milj kr/år. Personalkostnaderna antogs vara i samma storleksordning för fabrik A. För fabrik C med en årsproduktion på 60 000 m^3 etanol, kan personalbehovet antas vara 30 manår (se kapitlet om sysselsättningseffekter), vilket ger en total personalkostnad på ca 13 milj kr/år.

Schmitz (2003) anger att behovet av ånga när melass, tjocksaft och vete används som råvaror är 3,60, 2,90 respektive 5,45 ton/m^3 etanol, inklusive förädling av biprodukter. Enligt författaren är ångbehovet alltså nästan 90% högre för vete än för tjocksaft, men då tillkommer ånga för att framställa tjocksaften. Vid Agroetanols fabrik i Norrköping är behovet av ånga 4,0 ton/m^3 spannmålsetanol, inklusive torkning av drank (Werling, pers. medd.). I dessa kostnadsuppskattningar antogs att det totala ångbehovet för råsaft är 3,0 ton/m^3, för tjocksaft (inkl framställning av tjocksaften) 3,5 ton/m^3 och för spannmål 4,0 ton/m^3. Med ett ångpris på 250 kr/ton motsvarande ett bränslepris på ca 0,30 kr/kWh (beräknat efter Schmitz, 2003), blir kostnaden för ånga i fabrik A 19 milj kr/år, i fabrik B 22 milj kr/år och i fabrik C 54 milj kr/år.

Enligt Schmitz (2003) är elbehovet när man använder sockerbetor och spannmål som råvaror 160 resp 350 kWh/m^3 etanol. Med ett elpris på 0,50 kr/kWh (för tillverkningsindustri, inkl nätavgifter), blir den totala elkostnaden 2 milj kr/år i fabrikerna A och B, medan den blir 8 milj kr/år i fabrik C. Totala energikostnaderna (ånga plus el) blir således 21 milj kr/år för fabrik A, 24 milj kr/år för fabrik B och 62 milj kr/år för fabrik C. I praktiken torde energikostnaderna kunna bli lägre om fabrikerna placeras vid, eller integreras med, en anläggning med industriellt mottryck.

Inga detaljerade siffror har hittats i litteraturen när det gäller anläggningarnas underhållskostnader. För fabrikerna B och C har dessa antagits vara 2% av investeringskostnaden, medan den antagits vara 1% för fabrik A. Detta betyder att underhållskostnaderna för fabrikerna A, B och C blir 5, 6 respektive 11 milj kr/år.

Enligt Bernesson (2004) utgör kostnaderna för kemikalier (fosforsyra, svavelsyra, natriumhydroxid, kalciumklorid, m m) och enzymer vid tillverkningen av spannmålsetanol 110 kr/m^3 etanol, där enzymerna svara för ca 80% av kostnaderna. Vid en årlig produktion på 35 000 m^3 spannmålsetanol, blir kostnaden totalt ca 4 milj kr. För tillverkning av sockerbetsetanol har dessa kostnader antagits vara försumbara. Kostnaderna för process- och avloppsvatten är låga i relation till de övriga beräknade kostnaderna (Bernesson, 2004), och de har därför inte tagits med i beräkningarna.

De totala driftskostnaderna för fabrik A, B och C blir 36, 40 och 90 milj kr/år, vilket utgör 8%, 14% respektive 16% av de totala investeringarna.

Biprodukter

Det bildas ca 5,5 kg ts betmassa per 100 kg rena betor (Larsson, 1989; Rasmusson, 2005). Med en ts-halt på 27% för HP-massa, motsvarar det ca 20 kg HP-massa per 100 kg rena betor. Priset för HP-massa i bulk är 0,27 kr/kg (Land, 2006a). Priset för rundbalad HP-massa varierar från 1,55 kr/kg ts (hämtpris Köpingebro) till 2,25 kr/kg ts (zon VI, d v s norra Svealand) (Danisco Sugar, 2006b). Efter den 1 april tillkommer dessutom ett lagringstillägg på 0,10 kr/kg ts. Med detta tillägg varierar priset för rundbalad HP-massa, med en ts-halt på 27%, mellan 0,44 och 0,63 kr/kg.

I beräkningarna har det antagits ett värde på 0,35 kr/kg för den HP-massa som erhålles vid etanoltillverkningen. Detta värde motsvarar genomsnittet av priset för bulk (0,27 kr/kg) resp rundbalad vara (0,44 kr/kg). Med ett årsbehov av 250 000 ton betor, innebär detta att inkomsterna från försäljning av betmassa uppgår till 17 milj kr/år. Som framgått ovan, kan man få ett högre pris om man säljer betmassan ”förädlad” i form av rundbalar eller som betfor. Här har dock antagits att hela detta förädlingsvärde inte krediteras etanolen.

Den drank som Agroetanol i Norrköping säljer i form av torkad (ts-halt på minst 88%) och pelleterad vara, har ett pris på ca 1,00 kr/kg (Beckman, pers. medd.). Däremot kostar Agroetanols ”dranksirap”, med en ts-halt på ca 30%, runt 0,50 kr/kg ts eller ca 0,15 kr/kg vara. Trots det högre priset, är pelleterad drank den helt dominerande biprodukten vid Agroetanols anläggning (Beckman, pers. medd.). Som jämförelse kan nämnas att Sveriges Bränneriintressenter säljer potatisdrank med en ts-halt på runt 10% för 0,068 kr/kg (2-4 mil från fabrik) (Land, 2006a).

Av 1,00 kg vete kan man utvinna 0,32 kg drank med en ts-halt på 91% (Bernesson, 2004). Från 93 000 ton vete får man alltså ca 30 000 ton drank (ts=91%), och vid ett antaget värde på 0,58 kr/kg (genomsnitt av 0,15 resp 1,00 kr/kg av samma skäl som för betmassa), blir det totalt 17 milj kr/år.

Totala produktionskostnader

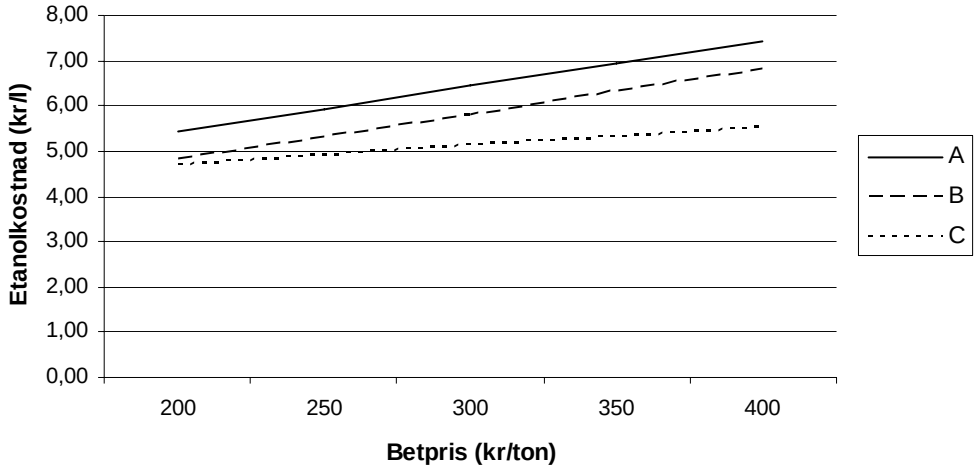
Totala kostnader för en anläggning i Blekinge

De totala kostnaderna för de olika fabrikerna A, B och C visas i tabell 16. Tillverkningskostnaden blir högst för en fabrik som dimensioneras att vara igång endast under betkampanjen (6,4 kr/l), medan kostnaderna sjunker nästan 10% om fabriken kan vara igång under året (5,8 kr/l). De högre kapitalkostnaderna för fabrik A kan alltså inte kompenseras fullt ut för de lägre driftskostnaderna. De lägsta kostnaderna i detta räkneexempel fås för en anläggning som är igång året runt och som använder både betor och spannmål som råvaror. Produktionskostnaden blev i detta fall 5,2 kr/l.

Den viktigaste utgiftsposten utgörs av råvarorna. I figur 19 visas produktionskostnaden per liter som funktion av råvarupriset på sockerbetor. För fabrikerna A och B är priskänsligheten mycket stor, eftersom sockerbetor är den enda råvaran. Däremot är fabrik C mindre priskänslig för betpriset, beroende på att endast ca 40% av etanolen härrör från sockerbetor.

Tabell 16. Totala kostnader för fabrik A (25 000 m^3 etanol/år, sockerbetor som råvara, igång endast under kampanjen), fabrik B (25 000 m^3 etanol/år, sockerbetor som råvara, igång året runt) och fabrik C (60 000 m^3 etanol/år, sockerbetor som råvara under kampanjen, spannmål som råvara resten av året)

	Fabrik A		Fabrik B		Fabrik C	
	(milj kr)	(kr/l)	(milj kr)	(kr/l)	(milj kr)	(kr/l)
Råvara	75	3,0	75	3,0	173	2,9
Transport	15	0,6	15	0,6	15	0,3
Kapitalkostnad fabrik	52	2,1	32	1,3	63	1,1
Driftskostnader	36	1,4	40	1,6	90	1,5
Biprodukter	-17	-0,7	-17	-0,7	-34	-0,6
Summa	153	6,4	136	5,8	285	5,2



Figur 19. Produktionskostnaden som funktion av sockerbetornas råvarupris för fabrikerna A, B och C.

Vid ett spannmålspris på 1,05 kr/kg blir råvarukostnaden för spannmålsetanol 2,78 kr/l. För att få samma råvarukostnad för sockerbetor, måste betpriset vara 278 kr/ton. Om man även beaktar betornas transportkostnader (77 km, 60 kr/ton), blir betpriset 218 kr/ton. Om transportavståndet däremot minskas till 45 km, blir betpriset 228 kr/ton. Å andra sidan är driftskostnaderna lägre för sockerbetsetanol, främst för energi, och dessutom är intäkterna från biprodukterna något högre.

En jämförelse med några internationella studier

Enligt rapporten ”Ethanol Production Costs – A Worldwide Survey” (F. O. Licht, 2004), varierar produktionskostnaderna för etanol (exkl fabrikens kapitalkostnader) från 0,89 kr/l för brasiliansk sockerrörsetanol till 4,88 kr/l för europeisk veteetanol (Tabell 17). I beräkningarna för sockerbetor har man utgått från existerande franska etanolfabriker som ligger i nära anslutning till de högavkastande odlingarna och som använder både betor och spannmål som råvaror. Man har t ex använt ett råvarupris för betorna på 205 kr/ton och en transportkostnad på 19 kr/ton, vilket knappast är representativt för övriga EU (Lindberg Yilmaz, 2005). För vetet har man använt en råvarukostnad på 1,22 kr/kg, vilket var baserat på de onormalt höga priser som rådde inom EU år 2003 (Lindberg Yilmaz, 2005).

Den råvarukostnad som använts i rapporten för majs i USA baserades på det genomsnittliga priset under år 2003, vilket var 0,65 kr/kg (Lindberg Yilmaz, 2005). I USA används framförallt ”dry mill”-processen (i 65% av anläggningarna), bl a beroende på lägre kapitalkostnader och att etanolutbytet är högre (395 liter etanol per ton majs) jämfört med i ”wet mill”-anläggningarna. I ”wet mill”-anläggningarna finns å andra sidan möjligheter att få ett högre pris för biprodukterna (Lindberg Yilmaz, 2005).

I Brasilien var råvarupriset för sockerrör ca 6 öre/kg under år 2003. Dessutom kan man utnyttja de synergieffekter som uppstår då etanolanläggningarna oftast ligger i anslutning till sockerbruken. Vidare är energikostnaderna mycket låga, eftersom man använder biprodukten bagasse för att generera den processenergi som behövs (Lindberg Yilmaz, 2005).

Tabell 17. Produktionskostnader för bioetanol producerad av sockerbetor, vete, majs och sockerrör, exkl kapitalkostnader för fabriken (1 Euro=9,32 SEK (Riksbanken, 2006)) (Källa: F. O. Licht, 2004)

	Sockerbetor[1], EU (kr/l)	Vete, EU (kr/l)	Majs, ”dry milled”, USA (kr/l)	Sockerrör, Brasilien (kr/l)
Produktionskapacitet (m^3/år)	50 000	50 000	57 000	55 000
Råvarukostnader	2,23	3,22	1,64	0,69
Personalkostnader	0,40	0,40	0,13	0,04
Underhåll, försäkr., m m	0,15	0,15	0,06	0,04
Övr driftskostnader, inkl energi	1,48	1,74	0,67	0,19
Totala driftskostnader	2,03	2,29	0,86	0,27
Biprodukter	-0,46	-0,63	-0,61	-0,07
Nettokostnad (exkl kapitalkostn.)	3,80	4,88	1,89	0,89

[1] Kostnaderna avser den del i en kombinerad sockerbets- och spannmålsetanolanläggning som kan hänföras till sockerbetorna

Om man för fabrik C bortser från kapitalkostnaderna, ligger de kostnader som beräknats tidigare något under de som redovisas i tabell 17. Den största skillnaden gäller driftskostnaderna, där F.O Licht (2004) har ca 40% högre värden.

I en tysk studie jämförde Henniges och Zeddies (2003) de totala produktionskostnaderna för två anläggningar på 50 000 m^3 resp 200 000 m^3 etanol per år (tabell 18). I båda anläggningarna använde man sockerbetor och vete som råvaror i proportionerna 36%-64% av total producerad mängd etanol. Råvarukostnaden för sockerbetor och vete var 280 kr/ton respektive 1,02 kr/kg, och det genomsnittliga transportavståndet var 50 km för båda råvarorna.

Tabell 18. Produktionskostnader för etanol när 36% av etanolen härrör från sockerbetor och 64% från vete (Källa: Henniges & Zeddies, 2003)

	50 000 m^3 etanol/år (kr/l)		200 000 m^3 etanol/år (kr/l)	
	Betor (36%)	Vete (64%)	Betor (36%)	Vete (64%)
Råvarukostnader (inkl transporter)	3,27	2,59	3,27	2,59
Kapitalkostnader	0,89	0,89	0,57	0,57
Personalkostnader	0,40	0,40	0,13	0,13
Underhåll, försäkringar, m m	0,15	0,15	0,10	0,10
Övriga driftskostnader	1,48	1,74	1,48	1,74
Biprodukter	-0,67	-0,63	-0,67	-0,63
Summa nettokostnad	5,52	5,14	4,88	4,50
Genomsnitt	5,27		4,64	

De värden som beräknades för fabrik C i denna studie stämmer ganska väl överens med resultaten i tabell 18. Råvarukostnaderna var på ungefär samma nivå, medan kapitalkostnaderna var något högre och driftskostnaderna något lägre jämfört med värdena i tabellen.

Diskussion

Marknad

Världsproduktionen av drivmedelsetanol ökar nu mycket snabbt. År 1975 var produktionen ca 0,5 miljarder liter, år 2005 var den drygt 35 miljarder liter, och år 2010 bedöms den komma upp i nästan 50 miljarder liter per år (SJV, 2006a). De viktigaste drivkrafterna för denna kraftiga expansion är det internationella klimatsamarbetet och ratificeringen av Kyoto-protokollet, en ökad medvetenhet i många länder om en ökad efterfrågan och ett minskat utbud på fossila bränslen och därmed långsiktigt stigande priser, samt en strävan efter att bli mindre beroende av de oljeproducerande länderna.

Etanol, inblandad i bensin antingen i ren form eller i form av ETBE, bedöms av många vara det främsta drivmedelsalternativet idag, jämfört med t ex metanol, MTBE, biogas, m m. Genom inblandning av etanol i bensin kan man utnyttja befintlig infrastruktur för distribution av bränslet, några större modifieringar behövs inte när det gäller motortekniken, framställningen av råvaror och processtekniken är väl utvecklad, och tillverkningskostnaden är jämförelsevis låg. I de flesta länder ser man dock etanol som ett övergångsbränsle tills man får fram mer effektiva och långsiktigt mer uthålliga drivmedel. De jordbruksarealer som finns tillgängliga för bränsleproduktion kommer i de flesta länder att endast kunna bidra med en bråkdel av bränslebehovet. Visserligen finns det stora förhoppningar om att man i framtiden ska kunna framställa etanol ur lignocellulosarika råvaror till ett konkurrenskraftigt pris, men det kommer troligen att dröja något eller några decennier innan produktionen kommer upp i samma volymer som gäller för jordbruksgrödor idag.

I Sverige förväntas efterfrågan på etanol öka mycket starkt i framtiden, bl a beroende på att försäljningen av bränsleflexibla bilar har ökat dramatiskt, och beroende på att stora volymer krävs om man ska följa intentionerna i EU:s drivmedelsdirektiv för åren 2010 och 2020 med 5,75% respektive 20% andel biodrivmedel. Världsmarknadspriset på etanol är betydligt lägre än de svenska produktionskostnaderna, men genom EU:s tullar och genom de ökade importrestriktioner som aviserats från svenskt håll, kommer det troligen att finnas ett visst utrymme för en ökad företagsekonomisk lönsamhet för inhemskt producerad etanol. Om de planer förverkligas som finns hos lantbrukskooperationen när det gäller nya fabriker, kommer utbudet av jordbruksetanol att kanske femfaldigas inom en femårsperiod. Den råvara som hittills har tilldragit sig det största intresset i Sverige är spannmål, men sockerbetor är också ett mycket intressant alternativ av flera skäl.

För spannmål kan man få det särskilda stödet för odling av energigrödor (45 euro/ha) om man odlar för energiändamål. Detta gäller dock inte för sockerbetor för etanolproduktion. Sockerbetor får däremot odlas som energigröda på både ordinarie och uttagen areal, men man får inget gårdsstöd för odlingen på uttagen areal. För en sådan odling gäller dock samma krav som finns för andra ettåriga ersättningsberättigade energigrödor beträffande kontrakt, säkerhet och leveransförsäkran (SJV, 2006c). Det är troligt att betor inom en snar framtid kommer att bli en ersättningsberättigande energigröda på uttagen areal (Europakommissionen, 2005).

Odlingsaspekter

Kommer sockerbetor att vara en gröda för framtiden med tanke på olika miljö- och uthållighetsaspekter? Många menar att sockerbetor är en värdefull omväxlingsgröda i spannmålsdominerande växtföljder. Tidigare har grödan visserligen ansetts ha en negativ verkan på mullhalten, men om blasten lämnas kvar är den i det närmaste neutral i detta avseende (Märländer m fl, 2003). Eftersom blasten dessutom innehåller den mesta näringen, och betorna främst innehåller vatten och kolhydrater, återförs en stor del av näringsämnena om blasten lämnas på fälten. Även om man skulle använda blasten för att göra biogas, recirkuleras näringen tillbaka till fälten när rötresterna återförs.

Användningen av kvävegödsel i sockerbetor är idag tämligen optimal, bl a med tanke på sockerbrukens kvalitetskrav. Ändå är kväveläckaget från odling av sockerbetor relativt högt, trots att grödans växtsäsong är lång. Utlakningen av kväve är lägre jämfört med höst- och vårraps, i samma nivå som för potatis och korn, men högre jämfört med t ex höstråg, höstvete och vall. Däremot ökar markens kväveinnehåll vid odling av sockerbetor. Den stora mängden skörderester vid odling av sockerbetor tycks alltså bidra till både ökad utlakning och uppbyggnad av kväveförrådet (Johnsson & Hoffman, 1996).

De största bekämpningsinsatserna görs idag vid ogräsbekämpningen. Märländer m fl (2003) menar att det bästa sättet att minska odlingens miljöpåverkan i detta avseende skulle vara att ta fram genmodifierade herbicidresistenta sorter. Detta skulle leda till en lägre ekotoxisk miljöpåverkan, eftersom mer skonsamma bekämpningsmedel skulle kunna användas, samtidigt som doserna skulle kunna vara lägre. När det gäller insekticider och fungicider, är användningsbehoven mindre i Sverige, medan man i Europa satsar mycket på att få fram sorter som är mer resistenta mot olika sjukdomar och skadeangrepp (Märländer m fl, 2003). Inom växtförädlingsföretaget Hilleshög, som ingår i den multinationella Syngenta-koncernen, håller man på med att ta fram genmodifierade betor som kan användas för att bl a tillverka bränslen och förpackningsmaterial (Agrifack, 2005). Redan idag har man t ex tagit fram en herbicidresistent sort. Nu utvecklar man sorter som är resistenta mot virussjukdomen rhizomania,

I Sverige begränsas avkastningspotentialen av den i ett europeiskt perspektiv korta växtodlingssäsongen, eftersom temperaturerna och markens bärighet sätter begränsningar när det gäller datum för sådd och skörd. I södra Europa begränsas avkastningen däremot av hög värme i kombination med vattenbrist, vilket medför att man i bl a Spanien och Italien sår grödan i oktober/november och skördar den i juli innan det blir för varmt (Märländer m fl, 2003). Inom Syngenta-koncernen utvecklar man idag s k vinterbetor för odling även i kallare regioner (Agrifack, 2005). Dessa betor skulle alltså kunna sås på hösten och skördas i juli, vilket inte bara skulle innebära högre avkastning, utan också att industrin får råvara under en längre period. Framtagningen av vinterbetor för svenska förhållanden är dock ett projekt på längre sikt (Weich, pers. medd.).

Ett viktigt mål för en framtida forskning bör vara att öka avkastningen så mycket som möjligt, samtidigt som insatserna i form av ändliga resurser i odlingen minimeras. Det förekommer ekologisk odling av sockerbetor i bl a Sverige, Tyskland, Nederländerna och Storbritannien (Märländer m fl, 2003). Under år 2004 uppgick t ex den ekologiska odlingen av sockerbetor i Sverige till 319 ha, vilket motsvarade 0,7% av den totala arealen (SJV, 2004b). Det är dock inte troligt att omfattningen av den ekologiska odlingen av sockerbetor skulle öka dramatiskt vid en storskalig användning för tillverkning av etanol, åtminstone inte i ett kortare perspektiv.

Tillverkningsprocesser

Tekniken för att göra etanol ur sockerbetor är enkel i jämförelse med för stärkelse- och lignocellulosarika råvaror. Man behöver t ex inget hydrolyssteg, man kan använda vanlig bagerijäst vid jäsningen, och själva processutrustningen är relativt okomplicerad. Destillations- och dehydreringsstegen har tidigare varit mycket energikrävande, men med modern teknik har man kunnat minska energibehoven ganska mycket. Två stora nackdelar med sockerbetor är att det är stora volymer som hanteras, eftersom vattenhalten är hög i råvaran, och att möjligheterna att lagra betorna är begränsade.

Vid Institutet för jordbruks- och miljöteknik (JTI) och Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) i Uppsala har man inlett ett forskningsprojekt som går ut på att ta reda på om man kan driva en fabrik för tillverkning av sockerbetsetanol året runt genom långtidslagring av betorna. Man kommer att göra försök med finmalda betor som ensileras med tillsats av mjölksyrabakterier och jäst. Tanken är att långtidslagra betorna hos odlarna. Genom att betorna är finmalda, hoppas man också att det går att förenkla processerna genom att slippa extraktionen med vatten och istället förjäsa ”gröten” direkt. En annan fördel med att finmala betorna är att materialet ska vara pumpbart. I konceptet ingår också att man ska göra biogas av restprodukterna. Under år 2007 räknar man med att kunna avgöra om den föreslagna metoden går att utveckla och om man ska gå vidare med att bygga en pilotanläggning, som i så fall skulle kunna vara klar tidigast år 2010 (Edström, pers medd.). En fördel med denna idé är också att energikvoten kan förbättras avsevärt genom att man inte behöver energi för extraktionen och torkningen av biprodukter (foder).

Ett alternativ till etanol är att använda sockerbetorna för att göra biogas. Energiutbytet per hektar är 50-55 MWh i form av biogas om både betor och blast används (Lindberg Yilmaz, 2005). Detta kan jämföras med energiutbytet för vallgrödor (gräs, lucern, klöver), som ligger kring 23-40 MWh/ha. Vid en avkastning på 47 ton sockerbetor per ha, motsvarar energivärdet hos den etanol som kan utvinnas ca 31 MWh/ha. Om man bortser från biprodukterna och endast tar hänsyn till drivmedelsutbytet, är alltså energiskörden per hektar större när man gör biogas, förutsatt att även blasten används som substrat. Andra fördelar med att göra biogas är att energikvoten är något högre vid produktion av biogas, eftersom det krävs mer energi för att tillverka etanol, samt att rötresten är ett utmärkt gödselmedel.

De största problemen vid rötning av sockerbetor gäller rötningsprocessen och kostnaderna (Lindberg Yilmaz, 2005). I dagens system används ofta substrat med jämförelsevis låga ts-halter, och substrat med högre ts-halter, som t ex sockerbetor, är därför relativt oprövade. Dessutom blir råvarukostnaden högre jämfört med många av dagens substrat, som består av organiskt avfall och billiga restprodukter. Visserligen behöver man inte hygienisera sockerbetorna, men trots detta kan det bli svårt att framställa biogasen till konkurrenskraftiga kostnader (Lindberg Yilmaz, 2005). Som nämnts tidigare kan man dock framställa biogas från restprodukterna vid etanoltillverkningen, och man kan då till stor del ersätta den processenergi som behövs med biogas. Här behövs emellertid mer ingående studier om t ex ekonomin för ett sådant alternativ för en eventuell etanolanläggning i Blekinge.

Energikvoter och utsläpp av växthusgaser

Är det lönsamt ur energi- och miljösynpunkt att producera etanol med jordbruksprodukter som råvara? Ett argument som anförs mot användningen av etanol är att det går åt mer energi i produktionen än vad man får ut, och att användningen därmed är ett stort slöseri av naturresurser. Genom att använda den s k emergianalysmetoden, har man t ex visat att det går åt mycket mer energi i ett systemekologiskt perspektiv för att tillverka etanolen än vad man får ut i själva produkten (Veckans Affärer, 2006). Emergianalys är dock en metod som värderar naturens insatser, värdet av pengar, arbetskraft m m i ett enda energimått, medan man i traditionella processanalyser och i livscykelanalyser har valt att t ex utelämna hur mycket energi en person behöver för att utföra en viss arbetsuppgift (Nilsson, 1997).

Den övervägande delen av alla energianalyser (process- och livscykelanalyser) som utförts har visat att energikvoterna för etanoltillverkning ur jordbruksprodukter är större än 1,0. För råvaror baserade på lignocellulosa är energikvoten högst (i genomsnitt ca 3,2 enligt Börjesson (2006)), medan den är något högre för sockerbetsetanol jämfört med för spannmålsetanol (i genomsnitt ca 1,8 respektive 1,6 enligt Börjesson (2006)). Ett par anledningar till att energikvoten är något högre för sockerbetsetanol jämfört med spannmålsetanol, är att etanolutbytet per hektar är högre, och att man inte behöver hydrolysera råvaran. I de flesta redovisade energianalysstudierna kompenserar detta mer än väl det ökade transportbehovet för sockerbetor. Om man dessutom ser åkerarealen som en begränsande resurs, är det bättre att använda sockerbetor som råvara, eftersom nettoenergiutbytet är högre jämfört med för spannmål. Dessa slutsatser baseras dock på utländska studier, och det rekommenderas därför att nya studier genomförs för modern odlings- och tillverkningsteknik under svenska förhållanden.

En mycket viktig faktor vid beräkning av energikvoter är hur man värderar biprodukterna. Vid t ex användning av spannmål för etanoltillverkning får man ut ca 2,9 kg etanol och 2,6 kg drank (med en vattenhalt på 9%) ur 10 kg spannmål. Om man fördelar (allokerar) alla energiinsatser till etanolen, och alltså inget till dranken, blir energikvoten 1,7 enligt Bernesson m fl (2006). Om man däremot allokerar efter energiinnehållet i de båda produkterna, fördelas 61% av energibehovet till etanolen och 39% till dranken, vilket medför att etanolens energikvot nu blir 2,8. Om man på motsvarande sätt allokerar ekonomiskt utifrån produkternas priser, fördelas 87% av energiinsatserna till etanolen och 13% till dranken, vilket ger en energikvot för etanolen på 2,3. Om man slutligen tänker sig att 2,6 kg drank ersätter 1,9 kg importerat sojamjöl och 0,4 kg sojaolja, blir energikvoten för etanolen så hög som 5,3 (Bernesson m fl, 2006). Ett viktigt skäl till detta är man sparar in en stor del av den energi som gått åt för att odla och transportera den importerade sojan till Sverige om den ersätts med lokalt producerad drank.

Man bör också vara medveten om att man vid beräkning av energikvoter ofta adderar olika energislag oberoende av deras energikvalitet och ursprung. I en del studier kan man t ex addera 1,0 MJ olja med 1,0 MJ spillvärme från en biobränsleanläggning utan att ta hänsyn till att oljan är ett fossilt bränsle som har en högre energikvalitet än spillvärmen, vilken å andra sidan inte ger något nettoutsläpp av växthusgaser om den härrör från biobränslen. Även om ett system skulle ha en lägre energikvot än ett annat, skulle det alltså vara bättre att välja det om det t ex baseras på spillvärme från biobränslen, än om det har en högre energikvot men till stora delar baseras på olja.

Enligt Elsayed m fl (2003) halveras utsläppen av växthusgaser om man använder sockerbetsetanol istället för bensin. Vid användning av spannmålsetanol blir reduktionen ännu större. IEA:s studie (IEA, 1994) visade dock att resultaten är starkt beroende av vilka bränslen man använder för att framställa den ånga och el som används i tillverkningsprocesserna. Om man i huvudsak använder fossila bränslen, blir det ingen större skillnad om man byter ut etanol mot bensin ur växthusgassynpunkt, men om man använder biobränslen blir de positiva följderna mycket stora. De energieffektiviseringar som gjorts på senare år när det gäller etanolens tillverkningsprocesser kan också få stor betydelse. Bernesson m fl (2006) visade exempelvis att det numera är själva odlingen som svarar för de största utsläppen av växthusgaser, till skillnad mot studien av t ex Elsayed m fl (2003), där själva tillverkningsprocesserna hade störst betydelse. Resultatet i studien av Bernesson m fl (2006) gällde för spannmålsetanol, men det är troligt att liknande förhållanden numera även gäller för sockerbetor. På samma sätt som när det gäller energikvoter, är det därför önskvärt att fördjupade analyser görs av utsläppen av växthusgaser för sockerbetsetanol under svenska förhållanden.

En slutsats är att det ur energi- och växthusgassynpunkt är bättre att använda bensinblandad (eller ren) sockerbetsetanol som bränsle än (ren) bensin. Med dagens fordonsteknik och infrastruktur kan utsläppen av växthusgaser snabbt minskas vid inblandning i bensin. På längre sikt måste dock andra alternativ tas fram med lägre insatsbehov av fossila bränslen och lägre utsläpp av växthusgaser. Även om etanol från jordbruksgrödor kan framstå som ett av ”dagens” bästa alternativ, är alltså bränslet ur denna synpunkt kanske inte ”framtidens” bränsle.

Sysselsättningseffekter

Uppskattningarna av sysselsättningseffekterna vid en etablering av en etanolfabrik med sockerbetor som råvara pekar på att det finns ett totalt arbetsbehov på 6-10 tim/m^3 etanol, bl a beroende anläggningens storlek. För en kombinerad fabrik med en årskapacitet på 60 000 m^3, blir sysselsättningseffekterna totalt runt 250 årsarbetstillfällen. Den största delen av dessa återfinns inom jordbruks- och transportsektorerna, medan själva fabriken svarar för endast ca 22%. Antalet nya arbetstillfällen som skulle skapas är dock troligen betydligt lägre än 250, bl a eftersom lantbrukarna sannolikt skulle odla andra grödor på åkermarken om de inte odlade sockerbetor. I siffran ingår också de indirekta sysselsättningseffekterna, och dessa är svåra att uppskatta numerärt både när det gäller den totala omfattningen och hur stor del av denna som består av nya årsarbeten. En rimlig bedömning är dock att det skulle skapas närmare ett hundratal nya arbetstillfällen vid byggande av en anläggning i denna storlek.

Kostnadsberäkningar

Med dagens framställningsteknik behöver en anläggning troligen komma upp i en årsproduktion på kanske 50 000 m^3 etanol för att vara konkurrenskraftig. Eftersom endast en tiondel av denna mängd skulle kunna produceras i Blekinge med dagens odlingsareal, måste man ha ett upptagningsområde som även omfattar Kalmar län och de nordöstra delarna av Skåne län. Om anläggningen placeras i Blekinge hamnar den visserligen mittemellan de stora odlingsdistrikten i Kalmar län och i nordöstra Skåne län, men i närområdet är odlingen förhållandevis liten. Detta medför att transportavstånden ändå blir långa. Sockerbetor är en gröda som har ett högt transportbehov, eftersom avkastningen per hektar är hög i jämförelse med andra grödor. De etanolfabriker som byggts i

Frankrike och som använder sockerbetor som råvara, har minimerat transportkostnaderna genom att de placerats mitt i odlingsdistrikten.

I beräkningarna antogs att 80% av den nuvarande sockerbetsarealen i Blekinge, Kalmar och nordöstra Skåne län används för att producera etanol. Denna siffra är svår att uppskatta, men i framtiden blir det sannolikt endast ett sockerbruk kvar i landet (Örtofta), vilken eventuellt kommer att kunna erbjuda ett högre pris för betorna jämfört med om de används för etanolproduktion. De betor som framförallt odlas i Skåne kommer därför att ha ett konkurrerande användningsområde. Samtidigt blir troligen transportsubventionerna lägre framöver, och i kombination med ett lägre avräkningspris för etanolbetor, kommer odlingen antagligen att minska i Blekinge och Kalmar län.

För alternativ C, där både betor och höstvete användes som råvaror, utgjorde andelen med spannmålsetanol endast ca 58% av den totala produktionen på 60 000 m^3/år. Sett till hur lång betkampanjen är, skulle man dock kunna öka andelen spannmål ytterligare för att hålla igång anläggningen längre under året. Skälet till att denna andel inte var högre i dessa kostnadsberäkningar var att potentialen för att öka odlingen av höstvete är begränsad i de aktuella kommunerna. Här antogs att 23% av den nuvarande spannmålsarealen används för etanolproduktion. Det är osäkert om man kan öka denna areal i någon större omfattning inom det angivna upptagningsområdet, bl a beroende på att djurtätheten är hög. För att öka andelen spannmål måste man därför troligen utöka upptagningsområdet.

Den största osäkerheten i de kostnadsberäkningar som gjordes i denna studie finns kring uppskattningen av kapitalkostnaderna. En anledning är att så få anläggningar har byggts i världen där man använder sockerbetor som råvara. I de fall man har beräknat investeringskostnaderna, skiljer sig förutsättningarna kraftigt beroende på om man t ex har tagit med utrustning för mottagning, lagring och förbehandling av betorna, utrustning för att generera processenergi, samt utrustning för att torka och vidareförädla biprodukterna. Exempelvis hittades ingen litteratur där man detaljerat har specificerat vad de olika delarna i en anläggning kostar. Därför kan osäkerheten vara särskilt stor för fabriksalternativen A och B, där enbart sockerbetor används som råvara.

Om man lyckas lösa problemet med att en anläggning som endast använder sockerbetor som råvara bara är igång under betkampanjen, t ex genom att man kan lagra betorna på ett kostnadseffektivt sätt, kan även mindre anläggningar bli konkurrenskraftiga i framtiden. För sockerbetsetanol är transportkostnaderna höga och tillverkningskostnaderna låga, medan det omvända förhållandet gäller för t ex spannmål. Därför är det inte omöjligt att betydligt mindre anläggningar än vad som skissats på i denna studie kan bli lönsamma framöver. Idag har man t ex ofta placerat specialiserade anläggningar för betetanol i anslutning till befintliga sockerbruk och dimensionerat dem efter dessa. Därför rekommenderas ytterligare studier i syfte att utröna vilken påverkan en framtida teknikutveckling skulle ha på val av lämplig storlek för en sockerbetsanläggning.

I denna studie blev kostnaderna lägst för etanol som produceras i en kombinerad anläggning (fabrik C). Det konstaterades också att denna kostnad, ca 5,20 kr/l, ligger i nivå med vad andra internationella studier har visat. Om man beaktar att kostnader för denaturering, lagring och distribution av etanolen, samt eventuella vinstkrav, inte ingår i den framräknade kostnaden, blir priset runt 6,00 kr/l om man gör ett påslag med 15% för dessa utlägg. Om hänsyn tas till skillnaderna i energiinnehåll hos etanol och bensin,

motsvarar denna kostnad ett bensinpris på 8,40 kr/l. Med moms blir priset i konsumentledet ca 10,50 kr/l. Förutsatt att biodrivmedlen även i fortsättningen undantas från energi- och koldioxidskatt, bör det av företagsekonomiska skäl finnas ett utrymme för ökad inhemsk produktion av bioetanol i framtiden. En förutsättning är också att importen begränsas, eftersom världsmarknadspriset är betydligt lägre än det svenska produktionspriset (under december 2005 var världsmarknadspriset på etanol 3,73 kr/l (SJV, 2006a)).

Vilken råvara ska man använda sett ur ett kostnadsperspektiv? I tabell 19 görs en jämförelse mellan sockerbetor och spannmål. Det är svårt att ge ett generellt svar, eftersom de lokala förutsättningarna har mycket stor betydelse. Med dagens teknik och under de förhållanden som råder i länet idag, blir det troligen billigast om man bygger en anläggning som kan använda både sockerbetor och spannmål som råvaror (alternativ C), jämfört med om man enbart använder sockerbetor som råvara (alternativen A och B). Alternativet att endast använda spannmål som råvara har inte utretts i denna förstudie.

Tabell 19. För- och nackdelar med sockerbetor och spannmål som råvaror

Sockerbetor		Spannmål	
Fördelar	Nackdelar	Fördelar	Nackdelar
+ Hög hektaravkastning; runt 5 000 liter etanol per ha. + Enklare framställningsteknik; bl a behövs inget hydrolyssteg.	- Stora transportvolymer; för 1,0 liter etanol krävs ca 10 kg betor. - Betorna ej lagringsbara; har ej tillgång till betor året runt.	+ Lägre transportkostnader; för 1,0 liter etanol krävs ca 2,65 kg spannmål. + Råvaran lagringsbar; har tillgång till spannmål året runt. + Säker råvarutillgång; finns att köpa på världsmarknaden.	- Hektaravkastningen lägre; runt 2 500 liter etanol per ha. - Längre transporter p g a ett större arealbehov. - Framställningen dyrare och mer energikrävande, bl a p g a hydrolysen.

Enligt Energimyndigheten (STEM, 2004), kommer produktionskostnaden för cellulosabaserad etanol att ligga på 3,50-5,50 kr/liter. Om man kan utnyttja de synergieffekter som en sådan anläggning kan ge när det gäller användning av biprodukterna, är det möjligt att kostnaderna kan pressas ytterligare. Men eftersom det ännu inte finns någon kommersiell anläggning igång, kommer det troligen att dröja innan volymerna blir så stora och lönsamheten så god att jordbruksgrödor inte blir något konkurrenskraftigt alternativ.

Även om det skulle vara lönsamt att producera inhemsk bioetanol i ett företagsekonomiskt perspektiv, kan det ifrågasättas i ett mer långsiktigt samhällsekonomiskt perspektiv (Henke m fl, 2005b). Idag gynnas den inhemska produktionen och användningen av bioetanol genom skattebefrielser, tull- och importrestriktioner, EU-stöd till odlingen m m. Dessa subventioner kan snabbt förändras genom olika energi- och jordbrukspolitiska beslut på både lands- och EU-nivå. Därför måste man noga överväga sådana aspekter innan eventuella beslut tas om att bygga en etanolanläggning i länet.

Slutsatser

Följande slutsatser kan dras av denna förstudie:

- I ett internationellt perspektiv ökar produktionen och efterfrågan på bränsleetanol mycket starkt. Även i Sverige förväntas efterfrågan öka kraftigt, bl a som en följd av ökad försäljning av bränsleflexibla bilar. Inom en femårsperiod kan den inhemska produktionen bli femfaldigad.

- Odlingen av sockerbetor är intensiv och kunskapskrävande, men den är också en av de mest lönsamma grödorna i södra Sveriges slättbygder. Ur miljösynpunkt kan man bl a invända att behovet av herbicider är relativt stort, men betorna utgör å andra sidan en värdefull omväxlingsgröda i spannmålsdominerade växtföljder. I Blekinge är avkastningen bland de högsta i landet.

- Tekniken för att göra etanol från sockerbetor är jämförelsevis enkel och kostnadseffektiv då man bl a inte behöver något föregående hydrolyssteg. En nackdel är att etanolutbytet är lågt, eftersom man behöver ca 10 kg betor för att få 1,0 liter etanol. En annan nackdel är att betorna inte är lagringsbara, och att man därför inte har tillgång på betor året runt.

- Flera internationella studier har visat att energikvoten för sockerbetsetanol ligger runt 1,8:1 och att utsläppen av växthusgaser halveras i jämförelse med för bensin. Resultaten är dock starkt beroende av vilka förutsättningar som gäller för beräkningarna.

- Vid uppförande av en kombinerad etanolanläggning (sockerbetor och spannmål) i Blekinge med en årskapacitet på 60 000 m^3 etanol, skulle det uppskattningsvis skapas upp emot ett hundratal nya arbetstillfällen.

- Ur kostnadssynpunkt finns det flera fördelar med att anlägga en etanolfabrik vid en befintlig processindustri, förslagsvis vid Mörrums bruk. Därför gjordes en grov uppskattning av kostnaderna för tre anläggningsalternativ i närheten av Mörrum. De lägsta produktionskostnaderna erhölls för en anläggning som använder både sockerbetor och spannmål som råvaror (med en årsproduktion på 60 000 m^3 etanol). I ett företagsekonomiskt perspektiv skulle en sådan anläggning kunna vara konkurrenskraftig i förhållande till dagens bensinpriser.

- Med hänsyn till att inslaget av subventioner och importskydd är omfattande när det gäller jordbruksetanol, bör man noga överväga olika samhällsekonomiska och energi- och jordbrukspolitiska aspekter innan beslut tas om uppförande av en anläggning.

Litteratur

Agrifack. 2005. Agrifack nr 12, 2005, sid 6-7.

Agroetanol. 2006. Se: www.agroetanol.se

Aleklett, K. & Campbell, C. 2002. ASPO Statistical Review of Oil and Gas, Proceedings of the 1:st International Workshop on Oil Depletion, Uppsala, Sweden, 23-25 May, 2002. Edited by K. Aleklett and C. Campbell, www.isv.uu.se/iwood2002.

ATL. 2006. Nytt avtal fördyrar bettransporterna. ATL, fredagen den 24 mars 2006.

BAFF. 2005. Bioalcohol Fuel Foundation. Se: www.baff.info

Bechtold, R. L. 1997. Alternative fuels guidebook. Properties, storage, dispensing, and vehicle facility modifications. SAE International. Society of Automotive Engineers Inc., Warrendale, PA, USA.

Bernesson, S. 2004. Life cycle assessment of rapeseed oil, rape methyl ester and ethanol as fuels – a comparison between large- and small-scale production. Miljö, teknik och lantbruk, Rapport 2004:01. Department of Biometry and Engineering, SLU, Uppsala.

Bernesson, S., Nilsson, D. & Hansson, P-A. 2006. A limited LCA comparing large- and small-scale production of ethanol for heavy engines under Swedish conditions. Biomass and Bioenergy, 30, 46-57.

Betodlaren. 2005a. Reformbeslutet i korthet. Betodlaren – organ för Sveriges Betodlares Centralförening. Nr 4, december 2005, sid 6-7.

Betodlaren. 2005b. Lösningar med problem på ogrässidan. Betodlaren – organ för Sveriges Betodlares Centralförening. Nr 3, september 2005, sid 55-57.

Betodlarna. 2006. Se: www.betodlarna.se

British Sugar. 2006. UK bioethanol industry takes off. Se: http://www.britishsugar.com

Börjesson, P. 2006. Energibalans för bioetanol – en kunskapsöversikt. Rapport nr 59. Avdelningen för miljö- och energisystem, Institutionen för teknik och samhälle, Lunds Tekniska Högskola, Lund.

CARMEN. 2006. Bioethanol: a fuel with bright prospects. Centrales Agrar-Rohstoff-Marketing- und Entwicklungs-Netzwerk e. V. Se: http://www.carmen-ev.de/en/aktuelles/nawaros/nawaros2003/nawa1203.html

Chematur. 2006. www.chematur.se. 17 mars 2006.

Cropenergies. 2006. Se: http://cropenergies.com

CRU. 2006. Climatic Research Unit, Norwich, UK. Se: http://www.cru.uea.ac.uk/.

Cuypers, P. 2003. Les Biocarburants. Föredragspresentation tillgänglig på http://europolagro.univ-reims.fr/pcuypersadeca2003.ppt.

Danisco Sugar. 2005. Se: www.danisco.com 12 dec 2005.

Danisco Sugar. 2006a. Grundrekommendationer. Se: www.sockerbetor.nu

Danisco Sugar. 2006b. Prislista. Se: www.hpmassa.nu

Eckerberg, L. 2006. Energibalans Blekinge län år 2003. Energikontor Sydost, Oskarshamn.

Elsayed, M. A., Matthews, R. & Mortimer, N. D. 2003. Carbon and energy balances for a range of biofuels options. Department of Trade and Industry, UK. Finns på www.shu.ac.uk

Etha-plus. 2006. Se: www.etha-plus.ch

Europakommissionen. 2005. Proposal for a council regulation on the markets in the sugar sector. Finns på: http://europa.eu.int/comm./agriculture/capreform/sugar/prop_en.pdf

Feltborg, G. 1990. Sockerfabrikens energianvändning. En systemstudie. Doktorsavhandling. Department of Chemical Engineering, Lund Institute of Technology, Lund.
F. O. Licht. 2004. Ethanol Production Costs – A Worldwide Survey. Citerad av: Lindberg Yilmaz, J. 2005. Bioethanol and biogas production. Environmental and economical aspects of the use of sugar beet as feedstock. Literature study. Syngenta Seeds AB, Landskrona.
Guderjahn, L. 2005. Bioethanol-Anlage in Zeitz. Se: http://www.vsz.de/dzz/
Henke, S., Bubnik, Z., Hinkova, A. & Pour, V. 2005a. Model of a sugar factory with bioethanol production in program Sugars. Journal of Food Engineering. Article in press.
Henke, S., Klepper, G. & Schmitz, N. 2005b. Tax exemption for biofuels in Germany: Is bio-ethanol really an option for climate policy? Energy, 30, 2617-2635.
Henniges, O. & Zeddies, J. 2003. F. O. Licht´s World ethanol and biofuels report 1(11), 204-208. Fuel ethanol production in the USA and Germany – a cost comparison. Citerad av: Lindberg Yilmaz, J. 2005. Bioethanol and biogas production. Environmental and economical aspects of the use of sugar beet as feedstock. Literature study. Syngenta Seeds AB, Landskrona.
Hinkova, A. & Bubnik, Z. 2001. Sugar beet as a raw material for bioethanol production. Czech Journal of Food Science, 19, 224-234.
Hoolmé, J. 2004. Produktionskostnader för sockerbetsodlingen vid tre olika upptagningssystem. Examensarbete 373. Institutionen för ekonomi, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
IEA. 1994. Biofuels. International Energy Agency (IEA), Paris.
Johnsson, H. & Hoffman, M. 1996. Normalutlakning av kväve från svensk åkermark 1985 och 1994. Ekohydrologi nr 39. Avdelningen för vattenvårdslära, Institutionen för markvetenskap, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
Jordbruksaktuellt. 2006. USA världens största etanolproducent. Jordbruksaktuellt, 16 mars 2006. Se: www.jordbruksaktuellt.se
Julin, E. 1985. Sockerbetsodling för produktion av etanol och foder. En studie avgränsad till Skaraborg och demonstrationsanläggningen i Lidköping. Examensarbete 99. Institutionen för ekonomi och statistik, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
Kuuse, J. 1982. Sockerbolaget – Cardo 1907-1982. AB Cardo, Malmö. 304 sid.
Land. 2005. Sockerpriser sänks snabbare än sagts. Land Lantbruk, 9 dec 2005.
Land. 2006a. Biprodukter nya fodret. Land Lantbruk, 17 mars 2006.
Land. 2006b. Lantmännen bygger ny etanolfabrik i Norrköping. Land Lantbruk, 20 april 2006. Se: http://www.lantbruk.com/Article.jsp?article=28801
Land. 2006c. Planer på ny etanolfabrik i Skåne. Land Lantbruk, 11 april 2006. Se: http://www.lantbruk.com/Article.jsp?article=28677
Land. 2006d. Etanolfabrik på gång i Sveg. Land Lantbruk, 23 mars 2006. Se: http://www.lantbruk.com/Article.jsp?article=28384
Land. 2006e. Ryssland bygger sin första etanolfabrik. Land Lantbruk, 25 april, 2006. Se: http://www.lantbruk.com/Article.jsp?article=28871
Larsson, H. 1989. Svenskt socker. Sockerbolaget, Malmö. 144 sid.
Lindberg Yilmaz, J. 2005. Bioethanol and biogas production. Environmental and economical aspects of the use of sugar beet as feedstock. Literature study. Syngenta Seeds AB, Landskrona.
LRF. 2006a. Sysselsättningseffekter av ökad användning av bioenergi. Bakgrundsfakta till kampanjen ”Vi kan ge Sverige ny energi och 35 000 nya jobb”, tillgängligt via: http://valet 2006.lrf.se

LRF. 2006b. Bondeenergi. Ett knippe goda exempel på energiproduktion och energieffektivisering i det svenska lantbruket. Skrift producerad av LRF inför det nationella nätverksmötet om förnybar energi i Uppsala den 10 januari 2006.
Länsstyrelsen Blekinge Län. 2005. Förslag på åtgärder för att nå miljömålen i Blekinge län. Länsstyrelsen Blekinge län, Karlskrona.
Magasinet. 2006. Etanol – framtidens drivmedel? Magasinet, januari 2006, sid 8-9. Informationstidning från Danisco Sugar till betodlarna.
Maskinkalkylgruppen. 2004. Maskinkostnader 2004. Underlag och kalkylexempel på timkostnader för lantbruksmaskiner. Hushållningssällskapet Östergötland.
Miljömålsportalen. 2006. Sveriges miljömål. Se: www.miljomalen.nu.
Murphy, J. D. & McCarthy, K. 2005. Ethanol production from energy crops and wastes for use as a transport fuel in Ireland. Applied Energy, 82, 148-166.
Märländer, B., Hoffman, C., Koch, H-J., Ladewig, E., Merkes, R., Petersen, J. & Stockfisch, N. 2003. Environmental situation and yield performance of the sugar beet crop in Germany: heading for sustainable development. Journal of Agronomy and Crop Science, 189, 201-226.
NE. 2006. Nationalencyklopedin. Se: http://www.ne.se
Nedalco. 2006. Royal Nedalco. Se: http://www.nedalco.nl
Nilsson, D. 1997. Energy, exergy and emergy analysis of using straw as fuel in district heating plants. Biomass and Bioenergy, 13, 63-73.
Norén, O. & Danfors, B. 1981. Etanol som motorbränsle. Egenskaper, framställning, ekonomi. Meddelande nr 387. Jordbrukstekniska Institutet, Uppsala.
Ny Teknik. 2001. Nyöppnad spritfabrik redan föråldrad. Ny teknik, 2001-01-30.
Ny Teknik. 2005. Forskare varnar för oljekris. Ny Teknik, 2005-03-14. Se: http://www.nyteknik.se/art/39493
Ohlsson, P. 2005. Etanolmarknaden i Brasilien. Etanol som fordonsbränsle. Examensarbete inom Lantmästarprogrammet 2005:57. Institutionen för jordbrukets biosystem och teknologi, Sveriges lantbruksuniversitet, Alnarp.
Poitrat, E. 1999. The potential of liquid biofuels in France. Renewable Energy, 16, 1084-1089.
Rasmusson, A. 2005. Sockerbetornas konkurrensvärde som råvara för etanolproduktion. Utkast från delar av rapporten. LRF, Lantmännen MO Skåne och Sveriges Betodlares Centralförening.
Riksbanken. 2006. Genomsnittlig valutakurs för januari 2006 enligt www.riksbanken.se
SCB. 1966-2005. Jordbruksstatistisk årsbok. Statistiska Centralbyrån, Örebro.
SCB. 1986-2005. Jordbruksstatistisk årsbok. Statistiska Centralbyrån, Örebro.
SCB. 2005a. Jordbruksmarkens användning 2005. Preliminära uppgifter. Statistiska Meddelanden. JO 10 SM 0502. Statistiska centralbyrån, Örebro.
SCB. 2005b. Normskördar 2004. Se: www.scb.se
SCB. 2006. Normskördar 2005. Se: www.scb.se
Schmitz, N (ed.). 2003. Bioethanol in Deutschland. Schriftenreihe ”Nachwachsende Rohstoffe” Band 21. Meó Consulting Team, Köln. Landwirtschaftsverlag, GmbH, Műnster, Tyskland.
SJV. 2004a. Marknadsöversikt. Etanol, en jordbruks- och industriprodukt. Rapport 2004:21. Jordbruksverket, Jönköping.
SJV. 2004b. Marknadsöversikt – vegetabilier. Rapport 2004:24. Jordbruksverket, Jönköping.
SJV. 2005. Riktlinjer för gödsling och kalkning 2006. Rapport 2005:21. Jordbruksverket, Jönköping.

SJV. 2006a. Marknadsöversikt. Etanol, en jordbruks- och industriprodukt. Rapport 2006:11. Jordbruksverket, Jönköping.
SJV. 2006b. Dawa Rapport. Jordbruksverket, Landsbygdsavdelningen.
SJV. 2006c. Stöd för odling av grödor för industri- och energiändamål. Jordbruksverket. Broschyr tillgänglig på http://www.sjv.se
Sockerbolaget. 1988. Betboken. Sockerbolaget, Jordbruksteknik, Staffanstorp. 73 sid.
STEM. 2004. Etanol som drivmedel. ET 11:2004. Statens Energimyndighet, Eskilstuna.
STEM. 2005. Energiläget 2005. Statens Energimyndighet. Eskilstuna.
Svensson, L. M., Christensson, K. & Björnsson, L. 2005. Biogas production from crop residues on a farm-scale level: is it economically feasible under conditions in Sweden? Bioprocess and Biosystems Engineering, 28, 139-148.
Veckans Affärer. 2006. Koloss på lerfötter. De svenska bönderna står inför ett vägval. En strategisk kursändring är inte för sent. Nr 12, 2006, sid 28-39.
Wilkie, A. C., Riedesel, K. J. & Owens, J. M. 2000. Stillage characterisation and an-aerobic treatment of ethanol stillage from conventional and cellulosic feedstocks. Biomass and Bioenergy, 19, 63-102.
Wramner, P. 1980. Etanol ur jordbruksprodukter. Jordbruksdepartementet. Ds Jo 1980:7. Liber Förlag, Stockholm.
Wyman, C. E. (red.).1996. Handbook on bioethanol: production and utilization. Taylor & Francis, Washington, USA. 424 sid.
Yara. 2005. ProBeta – två knep för betydligt lönsammare sockerbetsodling. Se: http://fert.yara.se/se/crop_fertilization/crop_advice/agriculture/sugarbeets/sockerodling.html

Personliga meddelanden:

Beckman, Börje. Agroetanol, Norrköping. 2006-04-28.
Edström, Mats. Institutet för jordbruks- och miljöteknik (JTI), Uppsala. 2006-03-16.
Eliasson, Anders. Södra Cell AB, Mörrum. 2006-03-30.
Murphy, Jerry. Cork Institute of Technology, Cork, Irland. E-post, 2006-04-10.
Thelander, Helge. Statistiska Centralbyrån (SCB), Örebro. 2006-03-27.
Weich, Elisabeth. Syngenta (Hilleshög), Landskrona. 2006-04-26.
Werling, Kenneth. Agroetanol, Norrköping. 2006-04-27.
Wilson, Helen. British Sugar, London. E-post, 2006-04-11.