



LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Lunds universitet



Danmarks  
Tekniske Universitet

## Bioraffinaderi Öresund - potentialstudie för produktion av kemikalier och bränsle

Kristina Engdahl<sup>a</sup>, Linda Tufvesson<sup>a</sup>, Pär Tufvesson<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Institutionen för teknik och samhälle, avdelningen för miljö- och energisystemanalys, Lunds Tekniska Högskola

<sup>b</sup> Institut for Kemiteknik, Danmarks Tekniske Universitet

Oktober 2011



Interreg IVA  
ÖRESUND – KATTEGAT – SKAGERRAK

## Sammanfattning

Bioraffinaderi-konceptet lyfts fram som ett attraktivt alternativ för samproduktion av material och bränsle från förnyelsebar råvara. Tanken med ett bioraffinaderi är att många olika slutprodukter, exempelvis kemikalier, skall kunna samproduceras från olika inkommande förnyelsebara råvaror (inklusive restprodukter) och att kombinationen av produkter skall göra den ekonomiska och miljömässiga nyttan så stor som möjligt.

Syftet med denna studie har varit att kartlägga och kvantifiera de organiska avfallsströmmar som kan vara aktuella som ingångsstrukt i bioraffinaderier i Öresundsregionen. Undersökta sektorer är jordbruks-, livsmedels- och kemiindustrin, där data från miljörapporter och statistikdatabaser har sammanställts och kompletterats med information erhållen genom direkt kontakt med aktuella företag. En total mängdpotential uppskattas utan hänsyn till dagens eventuella avsättningsområden för de olika substraten.

Det totala flödet av organiska restmaterial i regionen har uppskattats till cirka 4,2 miljoner ton (våtvikt) per år. Det är dock svårt att utifrån denna siffra göra en kvantitativ bedömning av potentialen för kemikalieproduktion och bränsleproduktion i ett bioraffinaderi eftersom avfallsströmmarna ofta är mycket inhomogena och tekniken är relativt ny. Kemikalieproduktionspotentialen uppskattas dock till cirka 400 000 ton enbart från jordbruksresterna i regionen. Biogaspotentialen från samma jordbruksrester samt från livsmedelsresterna beräknas uppgå till cirka 5 TWh. Båda dessa potentialer bör emellertid ses som en övre gräns, då de inte är begränsade vad gäller substratens användning i dagsläget. Största delen av de kartlagda avfallsströmmarna används redan idag som foder eller för biogasproduktion. Konkurrensen med foder blir en framtida prioriteringsfråga medan biogasproduktionen kan integreras i bioraffinaderiet som ett slutligt användningsområde för materialet. I ett framtida hållbart energi- och materialsystem kommer alltså prioriteringar att behöva göras vad gäller diet, energi- och materialanvändning.

# Innehållsförteckning

|                                                                     |           |
|---------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Introduktion .....</b>                                           | <b>1</b>  |
| <b>Metod .....</b>                                                  | <b>2</b>  |
| <b>Öresundsregionen .....</b>                                       | <b>3</b>  |
| Näringsliv – producenter och användare av förnyelsebar råvara ..... | 4         |
| Biogasproduktion i regionen .....                                   | 4         |
| <b>Råmaterialpotential i Öresundsregionen .....</b>                 | <b>6</b>  |
| Råmaterial från jordbruksindustrin .....                            | 6         |
| Råmaterial från livsmedelsindustrin .....                           | 8         |
| <i>Sockerindustri .....</i>                                         | <i>8</i>  |
| <i>Bagerier/kvarnar .....</i>                                       | <i>8</i>  |
| <i>Frukt- och grönsaksberedning .....</i>                           | <i>9</i>  |
| <i>Mejerier .....</i>                                               | <i>10</i> |
| <i>Slakterier .....</i>                                             | <i>10</i> |
| <i>Fiskindustri .....</i>                                           | <i>11</i> |
| <i>Bryggerier .....</i>                                             | <i>12</i> |
| <i>Tillverkning av etanol för konsumtion .....</i>                  | <i>13</i> |
| <i>Stärkelseindustri .....</i>                                      | <i>13</i> |
| Kemi-, bioteknik- och läkemedelsindustri .....                      | 14        |
| <b>Sammanställning av potentialen .....</b>                         | <b>16</b> |
| Kemikalier .....                                                    | 16        |
| <i>Alkoholer .....</i>                                              | <i>16</i> |
| <i>Organiska syror .....</i>                                        | <i>17</i> |
| Hälsopreparat och kosttillskott .....                               | 19        |
| Biogas .....                                                        | 19        |
| <b>Diskussion .....</b>                                             | <b>22</b> |
| Dagens potential .....                                              | 22        |
| Framtida potential .....                                            | 23        |
| <i>Förändrade processer - bioraffinaderi .....</i>                  | <i>23</i> |
| <i>Alternativa råvaror och nya grödor .....</i>                     | <i>24</i> |
| <i>Hållbara odlingssystem .....</i>                                 | <i>24</i> |
| Informationstillgänglighet .....                                    | 25        |
| <b>Slutsatser .....</b>                                             | <b>26</b> |
| <b>Källförteckning .....</b>                                        | <b>27</b> |
| <i>Miljörapporter .....</i>                                         | <i>32</i> |
| <i>Personlig kontakt .....</i>                                      | <i>34</i> |
| <b>Appendix 1 – Jordbruksproduktion .....</b>                       | <b>36</b> |
| <b>Appendix 2 – Mass- och biogaspotential .....</b>                 | <b>37</b> |

## Introduktion

Hotet om en global klimatförändring, samt insikten om att de ändliga resurserna av fossila bränslen inte kommer att räcka till för att tillgodose en växande global folkmängd, har uppmärksammats av världssamfundet på senare år. En hållbar lösning kommer troligtvis att kräva en kombination av åtgärder, varav en övergång till förnyelsebar energi- och materialproduktion har förts fram som en viktig sådan.

Mycket hopp sätts därför till tekniker där biomassa ersätter fossila material. Exempel är användning av biomassa för uppvärmning och kraftvärmeproduktion samt produktion av olika typer av biobränslen för fordonsdrift. För att utnyttja biomassan på bästa sätt för miljön men också ur ekonomiskt perspektiv har konceptet om *Bioraffinaderiet* vuxit fram. Bioraffinaderiet är en produktionsanläggning som utnyttjar biomassa för att samproducera mat, material, bränsle och energi. Tanken är att produktion av värdefulla kemikalier som endast kan produceras i små mängder ska ge projektet ekonomisk lönsamhet samtidigt som produktion av grön energi från den biomassa som återstår efter kemikalieproduktionen ska ge miljömässig hållbarhet (Fernando m.fl., 2006). Utnyttjande av biprodukter från andra processer som råvara anses även det vara av vikt för optimal konkurrenskraft, miljömässigt och ekonomiskt. Kemikalierna kan i bioraffinaderiet även vidareförädlas till olika material och produkter.

Ett bioraffinaderi fungerar således enligt samma grundläggande koncept som ett konventionellt oljeraffinaderi. Teknikerna för att konvertera biomassan är dock mindre utvecklade, vilket i dagsläget kan vara ett hinder för utbyggnaden av storskaliga anläggningar (Ekman och Börjesson, 2011). Med stigande råoljepriser och utvecklandet av ny teknik är det dock troligt att bioraffinaderier, eller industrikomplex med liknande koncept (där en anläggnings avfall blir en annan anläggnings råmaterial), kommer att kunna konkurrera med konventionell teknik. Eftersom bioraffinaderier är beroende av korta transportsträckor för råvaran (för att minimera transportkostnader) anses bioraffinaderier också kunna bidra till en ökad utveckling av landsbygden (Cherubini, 2010).

Råmaterial lämpliga för kemikalieproduktion kan vara för ändamålet odlade grödor men även vissa typer av organiska avfallsströmmar. Dessa råmaterial är alltså ofta desamma som de som används för mat-, foder- eller energiproduktion varför en konkurrenssituation kan komma att uppstå. I de fallen odlade grödor används bildas inom den förnyelsebara energisektorn konkurrens med biobränsleproduktion (exempelvis etanol och RME) och kraftvärmeproduktion (exempelvis energiskog). Förutom denna konkurrens tillkommer konkurrensen med de konventionella näringarna och här diskuteras främst konkurrensen med grödor som går till matproduktion. Det finns en risk att produktionen av energigrödor tränger undan annan produktion av grödor (inom eller utom landet där energigrödan produceras) och leder till så kallat indirekt förändrad markanvändning (Ahlgren och Börjesson, 2011). När miljönyttan av nya tekniker utvärderas, är förändringen av andra system (direkta och indirekta), viktiga att ta i beaktning.

Konkurrensen om det organiska avfallet - *vad bör det användas till?* - och indirekta markanvändningseffekter är mycket komplexa problem och därför är en effektiv

användning av de tillgängliga resurserna av största vikt. Konkurrenssituationen kan delvis undvikas i ett bioraffinaderi eftersom råmaterialet används för produktion av många olika slutprodukter, däribland biogas och andra biobränslen, förnyelsebar energi, plattformskemikalier och/eller förädlade kemikalier. Genom att optimera materialflödet kan systemets effektivitet maximeras. Kemikalieproduktionen behöver alltså inte utesluta energiproduktion. Biomassan kan till exempel först användas till matproduktion, varpå reststömmarna används först till kemikalieproduktion och därefter används resten från denna process till energi och tillslut gödsel. Denna sekventiella användning av biomassan kallas ofta *cascading* (Dornburg, 2004). Hur mycket av materialet som går vidare i varje steg beror dock på vilken kemikalie som har extraherats, för produktion av vissa kemikalier (exempelvis antioxidanter) används endast några få procent av biomassan medan andra kemikalier (exempelvis etanol) tar en större del av råmaterialet i anspråk.

En viktig frågeställning är *Hur mycket kemikalier och energi kan vi tillverka med våra befintliga råmaterial?* Denna rapport syftar till att undersöka potentialen av råvaror lämpliga som ingångsstrukt i ett bioraffinaderi i Öresundsregionen och försöka besvara denna fråga. Rapporten är framtagen inom projektet *Bioraffinaderi Öresund* vilket är ett Interreg IVA<sup>1</sup>-finansierat projekt som syftar till att skapa en bred grund för utveckling och implementering av bioraffinaderier i Öresundsregionen. Detta genom kunskapsspridning samt etablering av ett bioraffinaderi i pilotskala.

## Metod

Genom litteraturstudier och kontakt med företag och myndigheter har så aktuell data som möjligt samlats in som visar mängden potentiella råvaror. Data för jordbruksarealer och skördar har hämtats från de nationella statistiska databaserna. Miljörapporter från tillståndspliktiga företag i Skåne har undersökts och en stor del av dessa företag har även kontaktats via mail eller telefonsamtal. Även de större företag i Danmark som bedömts ha avfall och biprodukter lämpliga för kemikalie- och biogasproduktion, till exempel livsmedelsföretag i regionen, har kontaktats direkt. Också här har miljörapporter – i den mån de varit tillgängliga – använts. Data för fiskerinäringen på båda sidorna om sundet har erhållits genom direkt kontakt med myndigheter.

Eftersom fokus i denna studie ligger på råmaterial som är lämpliga för kemikalieproduktion har avfall från vissa sektorer exkluderats. Flera läkemedelsföretag har uteslutits då deras biologiska avfall klassas som riskavfall och därmed inte bedömts vara en möjlig råvara för kemikalieproduktion. Även de flesta kemiföretag har exkluderats eftersom deras avfallsströmmar bedömts olämpliga för biologisk konvertering. Avloppsslam, gödsel och hushållsavfall, vilka lämpar sig bra för biogasproduktion men mindre bra för kemikalieproduktion, är heller inte inkluderade i denna studie vilket innebär att den biogaspotential som redovisas inte bör ses som heltäckande. Biogaspotentialen som redovisas i rapporten är inkluderad eftersom biogasproduktion ofta är ett alternativt användande av råmaterialet, och den miljövinst som kan göras vid kemikalieproduktion bör ställas i relation till den som fås vid biogasproduktion (eller annan lämplig användning). Biogasproduktion är en mer mogen

---

<sup>1</sup> Interreg IVA finansieras av EU:s strukturfondsprogram.

teknik för användning av organiska avfallsströmmar än kemikalieproduktion och data för biogasutbyte från olika substrat finns tillgänglig (se exempelvis Carlsson och Uldal, 2009 och Linné m.fl., 2008) samtidigt som mycket forskning sker på området. En uppskattning av biogaspotentialen kan alltså göras i denna studie men eftersom information inte finns tillgänglig för förnyelsebar kemikalieproduktion i samma utsträckning kan endast ett kvalitativt resonemang kring potentialen för denna produktion göras.

Rapporten kartlägger alla typer av organiska råvaror som kan vara lämpliga för kemikalieproduktion, även sådana som i dagsläget har ett väl definierat avsättningsområde (ofta som djurfoder). Den potential som anges kan därmed ses som överskattad, men eftersom syftet med rapporten är att redovisa den totala potentialen för kemikalieproduktion visas denna totalmängd. Det är framtida prioriteringar kring användningen som kommer att avgöra hur stor del av de potentiella råvarorna som kommer att användas till just kemikalieproduktion.

## Öresundsregionen

Öresundsregionen består av Skåne, Själland, Lolland-Falster, Mön och Bornholm. Regionen har totalt cirka 3,7 miljoner invånare varav två tredjedelar av dessa bor på den danska sidan. Regionen är relativt tätbefolkad, men både på Lolland och i Östra Skåne finns regioner som är mer glesbefolkade. Den totala landytan är 21 000 km<sup>2</sup>, uppdelad på 11 500 km<sup>2</sup> på den svenska sidan och 9 500 km<sup>2</sup> på den danska sidan. Skåne sköts administrativt av Region Skåne (Skåne län) som består av 33 kommuner. På den danska sidan har Region Hovedstaden och Region Sjælland motsvarande roll, dessa regioner är uppbyggda av 29 respektive 17 kommuner vardera. (Tendens Öresund, 2011a).



Bildkälla: Tendens Öresund (2011b).



Landskapet i Öresundsregionen varierar mycket mellan den nordöstra delen (norra Skåne), som har mycket skogsmark, och de södra och västra delarna, som har den största delen av jordbruksmarken. En tredjedel av Skåne består av skogsmark medan den danska sidan utanför Hovedstaden huvudsakligen består av jordbruksmark. Odling av vete och korn står för halva användningen av jordbruksmarken, men även vall och raps odlas på stora arealer. Öresundsregionen är omgiven av hav och därför är klimatet maritimt, vintrarna är milda och antalet dagar med snö är få.

### Näringsliv – producenter och användare av förnyelsebar råvara

Öresundsregionen har betydande industrier inom kemi, läkemedel, bioteknik och livsmedel. På den danska sidan av Öresund finns till exempel ett större kluster med företag inom bioteknik som använder stora mängder bioråvara för sin produktion. Företag i detta kluster är bland andra NovoNordisk, Novozymes och Chr. Hansen. DONG Energy som är Danmarks största energiföretag är också en viktig aktör genom företaget Inbicon. På den svenska sidan är kemi- och läkemedelsindustrin betydligt mindre men viktiga aktörer här är bland annat Perstorp AB. Perstorp har från sin produktion i Skåne i dagsläget inga avfallsströmmar eller restprodukter intressanta för studien, men är ett företag som är intresserade av förnyelsebar kemikalieproduktion (Holm, 2011). Exempelvis produceras redan plattformskemikalien pentaerythritol från förnyelsebara material (Perstorp, 2011).

Livsmedelsindustrin är väl utvecklad i hela Öresundsregionen och årligen produceras en stor mängd olika varor. I rapporten är data hämtad från mejerier, bagerier, kvarnar, sockerindustri, stärkelseindustri, konsumtionsspritsindustri, bryggerier, frukt- och grönsaksberedningsindustri samt fisk- och köttindustri. Viktiga aktörer inom denna sektor är Lyckeby Stärkelse, Absolut Company, Nordic Sugar, samt den danska bryggerisektorn.

### Biogasproduktion i regionen

Som nämnts ovan är produktion av biogas från grödor och avfallsströmmar ett viktigt alternativ till kemikalieproduktionen. Den råvara som idag används för biogasproduktion skulle i vissa fall också potentiellt kunna utnyttjas som råvara i ett bioraffinaderi. Därför beskrivs i denna rapport även dagens produktion av biogas samt befintliga anläggningar i regionen.

I Öresundsregionen finns sex större samrötningsanläggningar för biogasproduktion. På den danska sidan av Öresund förbränns idag all den producerade biogasen i kraftvärmeverk för kombinerad produktion av el och värme. I Danmark finns idag inga uppgraderingsanläggningar för fordonsgas eftersom man i större utsträckning använder kol i sina kraftvärmeverk och därmed erhåller den största miljönyttan genom att ersätta denna. Det finns totalt 175 biogasanläggningar i Danmark, där 80 stycken använder gödselbaserat ingångssubstrat. 60 av dessa är gårdsanläggningar där gödsel samrötas med andra organiska substrat. Rötning av gödsel förespråkades i slutet av 80-talet och början av 90-talet som en strategi för att få bukt på problem med övergödning. Fram till 2003 fanns även ekonomiska incitament för elproduktion från biogas men utvecklingen har avstannat då detta stöd togs bort 2003 (Bioenergiportalen, 2011). I den danska regeringens energistrategi från januari 2007 sattes dock ett mål om att 3-faldiga

biogasproduktionen (Brancheforeningen for Biogas, 2007), och med ett ambitiöst mål från 2009 att använda 50 % av all producerad gödsel för förnyelsebar energiproduktion år 2020 beräknas biogasproduktionen få en rejäl skjuts. Många projekt ligger också i startgroparna, de flesta på Jylland. En större anläggning planeras dock i Öresundsregionen, i Nakskov. Denna anläggning kommer att behandla 600 ton gödsel och annan biomassa per dag (Energistyrelsen, 2010). Under 2009 producerades cirka 1,16 TWh biogas i Danmark (Euroserver, 2010). Ingen siffra har hittats för produktionen i den danska delen av Öresundsregionen men eftersom endast 3 av totalt 15 samrötningsanläggningar ligger i denna östra del (Al Seadi, 2000) är det troligt att majoriteten av biogasproduktionen sker på Jylland. I tabell 1 nedan åskådliggörs biogasproduktionen vid de danska samrötningsanläggningarna.

Tabell 1. Produktion av biogas vid de danska samrötningsanläggningarna. Data hämtad från Al Seadi (2000).

|                                             | <b>Nysted</b>         | <b>Hashøj</b>         | <b>Snertinge</b>      |
|---------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| <i>Sammansättning</i>                       | <i>Mängd (ton/år)</i> | <i>Mängd (ton/år)</i> | <i>Mängd (ton/år)</i> |
| Gödsel                                      | 65 700                | 38 700                | 21 900                |
| Alternativ biomassa <sup>1</sup>            | 11 300                | 13 900                | 15 300                |
| <i>Total produktion (Nm<sup>3</sup>/år)</i> | 2 600 000             | 3 000 000             | 1 600 000             |

<sup>1</sup>Alternativ biomassa bland annat i form av rester från sockerindustrin, läkemedelsindustrin, fett- och avskiljningsslam samt frukt- och grönsaksavfall.

I Sverige produceras årligen cirka 1,4 TWh biogas, där Skåne är det län med störst produktion. I Sverige uppgraderas cirka 45 % av all producerad biogas till fordonsgas och resterande mängd används främst för uppvärmning (Energimyndigheten, 2011a). I Skåne finns tre samrötningsanläggningar för biogasproduktion, belägna i Kristianstad, Bjuv och Helsingborg, se tabell 2 nedan. Vid dessa anläggningar används i större utsträckning än i de danska anläggningarna livsmedelsavfall, exempelvis slakteriavfall, som ingångssubstrat. Viss uppsamling av metangas från deponier sker även, samt produktion av biogas från avloppsreningsverk. I Hagavik utanför Malmö finns en gårdsbaserad anläggning och i Örtofta använder Nordic Sugar restprodukter från sockerproduktionen för biogasproduktion (Biogasportalen, 2011). 2009 producerades totalt 309 GWh biogas i Skåne (Biogasportalen, 2011) men totalt beräknas potentialen i Skåne uppgå till 3 000 GWh, beräknat som begränsad potential (Linné m.fl., 2008). I Sverige förespråkas från politiskt håll en ökning av biogasproduktionen och år 2010 gav Energimyndigheten ut en omfattande strategi med konkreta förslag för det fortsatta arbetet (Energimyndigheten, 2010). Vilka av dessa förslag, som berör både ekonomiska och politiska styrmedel, som kommer att bli verklighet är fortfarande oklart. I nuläget räcker inte de ekonomiska stöd som finns för att ge lönsamhet i många av de fall där intressenter står redo att starta projekt.

Tabell 2. Produktion av biogas vid de svenska samrötningsanläggningarna. Data hämtad från Held m.fl. (2008).

|                                             | <b>Kristianstad</b>   | <b>Bjuv</b>           | <b>Helsingborg</b>    |
|---------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| <i>Sammansättning</i>                       | <i>Mängd (ton/år)</i> | <i>Mängd (ton/år)</i> | <i>Mängd (ton/år)</i> |
| Gödsel                                      | 22 000                | 3 000                 | 3 400                 |
| Livsmedelsavfall                            | 45                    | 50 000                | 35 200                |
| Organiskt hushållsavfall                    | 5 500                 | -                     | 5 600                 |
| Slakteriavfall                              | 35 000                | 6 500                 | -                     |
| Övrigt                                      | 10 000                | -                     | -                     |
| <i>Total produktion (Nm<sup>3</sup>/år)</i> | 5 700 000             | 3 000 000             | 3 300 000             |



## Råmaterialpotential i Öresundsregionen

Denna potentialstudie syftar till att ge en översiktlig bild av de råmaterial som finns i Öresundsregionen och som skulle kunna användas i ett bioraffinaderi. Odlade grödor beskrivs först, efter detta följer en genomgång av olika organiska avfallsströmmar, mestadels härrörande från livsmedelsindustrin. De olika sektorerna beskrivs först generellt och mängden material och restprodukter i Öresundsregionen redovisas i tabellform. Dagens avsättningsområde för de olika materialen kan även utläsas.

### Råmaterial från jordbruksindustrin

Många olika grödor är möjliga att använda som råmaterial för kemikalieproduktion, till exempel potatis, raps och sockerbetor. Eftersom omvandlingen till kemikalier och bränslen sker enklast från homogena material som är lättillgängliga för mikroorganismer är rent socker från sockerbetor det enklaste alternativet. För att uppnå störst ekonomisk och miljömässig bärighet skulle dock restprodukter som i dag inte används eller cellulosarika råmaterial vara det bästa alternativet. För att kunna ersätta dagens teknik som baseras på (i dagsläget) billig olja är det också viktigt att priset på råvaran är så lågt som möjligt. Tekniker för att omvandla dessa cellulosa- och ligninrika material till värdefulla produkter är under utveckling i många forskargrupper i världen (Bozell and Petersen, 2010).

I dagsläget utnyttjas jordbruksmarken främst för produktion av mat och foder. För produktion av så kallade första generationens drivmedel används samma grödor - etanol kan exempelvis produceras från vete, sockerbetor eller potatis och RME (biodiesel) från raps. När cellulosarika restprodukter från jordbruket (till exempel halm) istället används som råvara talar man om andra generationens drivmedel, men dessa kan även användas för andra energiändamål, antingen genom förbränning eller, med hjälp av förbehandling, till biogas- eller kemikalieproduktion. Från raps och vete beräknas 60 % av halmskörden kunna användas - ekologiska och praktiska aspekter sätter denna gräns. Från odling av sockerbetor fås istället blast som restprodukt, 50 % av denna kan användas (Börjesson m.fl., 2010). Mängden grödor och dess restprodukter i Öresundsregionen åskådliggörs i tabell 3 nedan. I tabell 4 visas sedan skördeutbytet för de olika grödorna. Restprodukter från processade livsmedel härrörande från jordbruket redovisas inte här utan istället som avfall från livsmedelsindustrin i kommande avsnitt. För en mer detaljerad tabell där mängder och arealer redovisas per region, se Appendix 1.

Tabell 3. Odlade grödor och restprodukter i Öresundsregionen. Data för arealer och total mängd våtvikt är hämtad från Jordbruksverket (2011b) samt Danmarks Statistik (2011).

|                                       | Total odlad areal | Total mängd (ton våtvikt) | Motsvarar i TS (ton)   |
|---------------------------------------|-------------------|---------------------------|------------------------|
| Vete                                  | 304 000           | 2 120 000                 | 1 820 000 <sup>4</sup> |
| Råg                                   | 20 200            | 117 000                   | 100 000 <sup>4</sup>   |
| Korn                                  | 204 000           | 1 140 000                 | 980 000 <sup>4</sup>   |
| Havre                                 | 12 800            | 73 100                    | 62 900 <sup>4</sup>    |
| Rågvete                               | 8 040             | 36 700                    | 31 600 <sup>4</sup>    |
| <i>användbar halm (tot. spannmål)</i> |                   | 1 390 000 <sup>1</sup>    | 1 180 000 <sup>5</sup> |
| Raps                                  | 89 400            | 318 000                   | 290 000 <sup>6</sup>   |
| <i>användbar halm</i>                 |                   | 224 000 <sup>2</sup>      | 191 000 <sup>6</sup>   |
| Potatis (även stärkelse)              | 14 000            | 433 000                   | 108 000 <sup>7</sup>   |
| <i>användbar blast</i>                |                   | 281 000 <sup>8</sup>      | 42 100 <sup>8</sup>    |
| Sockerbetor                           | 75 000            | 4 230 000                 | 1 060 000 <sup>9</sup> |
| <i>användbar blast</i>                |                   | 1 340 000 <sup>3</sup>    | 227 000 <sup>9</sup>   |
| Majs (helsäd)                         | 14 700            | 369 000                   | 111 000 <sup>10</sup>  |
| Ärtor                                 | 11 800            | 10 100                    | 8 590 <sup>11</sup>    |
| Energiskog (salix)                    | 2 310             |                           | 21 900 <sup>12</sup>   |
| Vall                                  | 151 000           | 2 040 000                 | 654 000 <sup>13</sup>  |
| Träda                                 | 12 500            |                           |                        |
| <b>Totalt</b>                         | <b>954 000</b>    |                           | <b>7 680 000</b>       |

<sup>1</sup> Baseras på Börjesson m.fl. (2010): Skörd<sub>vete</sub> = 6,4 ton TS/ha, år, skörd<sub>vete&halm</sub> = 10,7 ton TS/ha, år vilket ger: halm = 40% av grödan, samt antagandet att alla spannmål har samma utbyte kärna/halm. 60% av halmen kan användas.

<sup>2</sup> Baseras på Börjesson m.fl. (2010): Skörd<sub>raps</sub> = 2,8 ton TS/ha, år, skörd<sub>raps&halm</sub> = 6,1 ton TS/ha, år vilket ger: halm = 54% av grödan. 60% av halmen kan användas.

<sup>3</sup> Baseras på Börjesson m.fl. (2010): Skörd<sub>sockerbeta</sub> = 11,0 ton TS/ha, år, skörd<sub>sockerbeta&blast</sub> = 14,5 ton TS/ha, år vilket ger: blast = 24% av grödan. 50% av blasten kan användas.

<sup>4</sup> Baseras på Jordbruksverket (2011b): Vattenhalt<sub>spannmål</sub> = 14%.

<sup>5</sup> Baseras på Börjesson m.fl. (2010): TS<sub>halm</sub> = 85%.

<sup>6</sup> Baseras på Börjesson m.fl. (2010): TS<sub>raps</sub> = 91% och TS<sub>halm</sub> = 85%.

<sup>7</sup> Baseras på Carlsson och Uldal (2009): TS<sub>potatis</sub> = 25%.

<sup>8</sup> Baseras på LRF (2011): Skördeutbyte<sub>potatisblast</sub> = 3 ton TS/ha, år och Carlsson och Uldal (2009): TS<sub>potatisblast</sub> = 15%.

<sup>9</sup> Baseras på Carlsson och Uldal (2009): TS<sub>sockerbeta</sub> = 25% och TS<sub>sockerbetsblast</sub> = 17%.

<sup>10</sup> Baseras på Carlsson och Uldal (2009): TS<sub>majs</sub> = 30%.

<sup>11</sup> Baseras på Jordbruksverket (2011b): Vattenhalt<sub>ärtor</sub> = 15%.

<sup>12</sup> Baseras på Börjesson och Tufvesson (2011): Skördeutbyte<sub>salix</sub> = 9,5 ton TS/ha, år. Gäller sydvästra Sverige.

<sup>13</sup> Baseras på Börjesson m.fl. (2010): TS<sub>vall</sub> = 32%.

Tabell 4. Skördeutbyte i Öresundsregionen.

|                       | Skördeutbyte (ton TS/ha, år) |
|-----------------------|------------------------------|
| Vete, kärna           | 6,4 <sup>1</sup>             |
| Vete, kärna och halm  | 10,7 <sup>1</sup>            |
| Råg                   | 5,8 <sup>2</sup>             |
| Korn                  | 5,1 <sup>2</sup>             |
| Havre, kärna          | 4,8 <sup>1</sup>             |
| Havre, kärna och halm | 8,5 <sup>1</sup>             |
| Rågvete               | 4,6 <sup>2</sup>             |
| Raps, frö             | 2,8 <sup>1</sup>             |
| Raps, frö och halm    | 5,6 <sup>1</sup>             |
| Potatis               | 9,0 <sup>2</sup>             |
| Sockerbetor           | 11 <sup>1</sup>              |
| Sockerbetor och blast | 13,5 <sup>1</sup>            |
| Majs                  | 9,5 <sup>1</sup>             |
| Ärtor                 | 2,4 <sup>2</sup>             |
| Energiskog (salix)    | 9,5 <sup>1</sup>             |
| Vall                  | 7,5 <sup>1</sup>             |

<sup>1</sup> Baserat på SOU 2007:36. Gäller skördeutbyten för Götalands södra slättbygder.

<sup>2</sup> Baserat på SCB (2011a): Omräknat till TS/ha via Jordbruksverket (2011b): Vattenhalt<sub>spannmål</sub> = 14%, Vattenhalt<sub>ärtor</sub> = 15% samt Carlsson och Uldal (2009): TS<sub>potatis</sub> = 25%.

## Råmaterial från livsmedelsindustrin

### Sockerindustri

I Öresundsregionen produceras socker från sockerbetor vid tre större bruk, ett på den svenska sidan och två på den danska. På den svenska sidan finns dessutom en anläggning där socker endast vidareförädlas.

Vid sockerbetsskörden fås förutom sockerbetan även blast som lämpar sig väl för biogasproduktion (Carlsson och Uldal, 2009), se stycket ovan om skörderester. Därefter fås i själva sockerframställningen biprodukten melass, en trögflytande vätska som består av sockerarter, betain, kalium och natriumsalter från organiska och oorganiska syror (NE, 2011). Melassen är ett lämpligt utgångsmaterial för att tillverka kemikalier genom fermentation på grund av dess sockerinhåll (65 % kolhydrater). Den används dock idag huvudsakligen direkt som fodermedel och ingår även i foderprodukterna Betfor® och HP-massa®, vilka utöver melassen består av fiberrik betmassa (Nordic Sugar, 2010b). Betfor® är en torr produkt bestående till största del av betmassa, den har en TS-halt på 90 %. HP-massan® består av ensilerad betmassa som blandas med melass, detta fodermedel har en TS-halt på 25 % (Flysjö m.fl., 2008). I tabell 5 nedan visas insamlad data för sockerindustrin.

Tabell 5. Avfallsströmmar och restprodukter från sockerindustrin.

|                                      | Mängd<br>(ton våtvikt) | Avsättning i<br>dagsläget | Företag, anläggningar                               |
|--------------------------------------|------------------------|---------------------------|-----------------------------------------------------|
| Total produktion,<br>sockerprodukter | 1 000 000              |                           | Nordic Sugar (Örtofta, Arlöv, Nykøbing,<br>Nakskov) |
| <i>Biprodukter</i>                   |                        |                           |                                                     |
| Melass*                              | 110 000                | Foder                     | Nordic Sugar (Örtofta, Nykøbing, Nakskov)           |
| Betfor                               | 160 000                | Foder                     | Nordic Sugar (Örtofta, Nykøbing, Nakskov)           |
| HP-massa                             | 80 000                 | Foder                     | Nordic Sugar (Örtofta, Nykøbing)                    |
| Sockerprodukter med<br>ingredienser  | 250                    | Biogasproduktion          | Nordic Sugar (Arlöv)                                |
| Totalt, biprodukter                  | 350 000                |                           |                                                     |

\* Ett kilo melass består bland annat av 1 g fett, 96 g protein och 653 g kolhydrat (Carlsson och Uldal, 2009).

### Bagerier/kvarnar

I Skåne finns ett större bageri i Malmö där matbröd, skorpor och muffins produceras. Förutom denna produktion sker även produktion av bagerijäst i en annan fabrik där kasserat bröd används som råvara (SpecialYeast AB, 2010). Avfall från bageriet fås i form av sekunda bröd, skorpor och deg, samt icke sålt bröd som skickats tillbaka från butikerna.

Spannmål behandlas vid ytterligare sex anläggningar belägna i Malmö, Helsingborg, Kävlinge, Åhus och Tågarp. Vid dessa anläggningar produceras foder- och mjölprodukter och här fås restprodukterna spannmålsavrens, foderrester samt mjöl/agnar. Inga större anläggningar har identifierats på den danska sidan.

I tabell 6 nedan åskådliggörs mängden produkter och organiskt avfall som fås från bageriet och kvarnarna.

Tabell 6. Avfallsströmmar och restprodukter från bagerier/kvarnar.

|                                            | Mängd (ton våtvikt) | Avsättning i dagsläget        | Företag, anläggningar                                   |
|--------------------------------------------|---------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Total produktion, mjöl- och foderprodukter | 1 300 000           |                               | Pågen, Lantmännen (Malmö, Helsingborg och Åhus), Farina |
| <i>Biprodukter</i>                         |                     |                               |                                                         |
| Sekunda bröd samt tillbakaskickat bröd     | 8 400               | Jästtillverkning, svinfoder   | Pågen                                                   |
| Sekunda deg                                | 1 000               |                               | Pågen                                                   |
| Spannmålsavrens, mjöl/agnar, foderrester   | 1 300               | Förbränning, biogasproduktion | Lantmännen (Malmö, Helsingborg och Åhus), Farina        |
| Totalt, biprodukter                        | 11 000              |                               |                                                         |

### Frukt- och grönsaksberedning

I Skåne finns sju större anläggningar där grönsaker, mestadels rotfrukter, behandlas. Det finns även ett musterier där bland annat fruktdrycker, krämer och vin produceras. Från musteriet bildas utöver fruktavfallet även en restprodukt från jäsningen av vin och cider. Vid grönsaksberedningen uppstår olika typer av organiskt avfall i form av skal och grönsaksrester. Vid en anläggning tillverkas dessutom halv- och helfabrikat och här fås även en rest i form av frityrolja. På den danska sidan finns två större fabriker, i en produceras till största del helfabricerade potatissallader och i den andra produceras en rad olika såser, exempelvis ketchup, senap och smörgåspålägg. Från dessa två anläggningar fås avfallsströmmar bestående av olja, socker, stabilisator och vatten.

Insamlad data från frukt- och grönsaksberedningsindustrier redovisas i tabell 7 nedan. Två företag har valt att vara anonyma, dessa benämns Företag A respektive B.

Tabell 7. Avfallsströmmar och restprodukter från frukt- och grönsaksberedning.

|                                                   | Mängd (ton våtvikt)   | Avsättning i dagsläget                   | Företag, anläggningar                                                                                        |
|---------------------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Total produktion, grönsaker                       | 240 000               |                                          | Företag A, Solanum Odlarna i Kävlinge, 3N Produkter, Magnihills gård, Procordia Food (Eslöv), Mariannes Farm |
| Fruktdrycker, krämer, vin                         | 43 000 m <sup>3</sup> |                                          | Musteriet i Kivik                                                                                            |
| Såser & sallader                                  | 31 000 000            |                                          | Företag B                                                                                                    |
| <i>Biprodukter</i>                                |                       |                                          |                                                                                                              |
| Skal, stärkelse, potatisrester                    | 5 600                 | Gödselmedel, reningsverk                 | Solanum Odlarna i Kävlinge, 3N Produkter                                                                     |
| Grönsaks-, livsmedelsavfall, äppelrester, lökskal | 31 000                | Gödselmedel, djurfoder, biogasproduktion | 3N Produkter, Magnihills gård, Musteriet i Kivik, Företag A, Procordia Food (Eslöv), Mariannes Farm          |
| Bioslam                                           | 1 600                 | Gödselmedel, biogasproduktion            | Solanum Odlarna i Kävlinge, Magnihills gård, Musteriet i Kivik, Företag A                                    |
| Fettavskiljarslam                                 | 2 400                 | Biogasproduktion                         | Företag A                                                                                                    |
| Frityrolja                                        | 90                    |                                          | Procordia Food (Eslöv)                                                                                       |
| Jäsrester, bottensatser                           | 1 100                 | Jordförbättring                          | Musteriet i Kivik                                                                                            |
| Olja, socker, stabilisator                        | 730*                  | Biogasproduktion, kommunal slamavledning | Företag B                                                                                                    |
| Totalt, biprodukter                               | 43 000                |                                          |                                                                                                              |

\* TS = 100%.

## Mejerier

I Öresundsregionen produceras mejeriprodukter i Malmö, Kristianstad, Helsingborg, Dalby, Tomelilla samt i Slagelse. Det är i Skåne som den största delen av den svenska mejeriproduktionen finns och vid en av anläggningarna sker även produktion av diverse fruktbaserade drycker. Produktionen av dessa, samt mängden biprodukter dessa ger upphov till, har inkluderats i tabell 8 nedan då det inte har varit möjligt att särskilja dessa flöden från de andra flöden mejeriproduktionen ger upphov till vid denna anläggning. Andra biprodukter som fås vid mejeriproduktionen i regionen är vassle, gränsmjölk, fettavskiljarslam och fettsyror.

Vassle bildas i stora mängder vid ostproduktion (90 % av mjölken blir vassle), det är en vätskefas rik på protein. Avsättningen för denna har hittills främst varit begränsad till produktion av djurfoder. Gränsmjölken består av krossade produkter samt av en vatten/mjölkefas som fås från disken. Denna går i dagsläget till grisfoder eller till biogasproduktion (Skånemejerier, 2011). Fettavskiljarslam uppstår vid mejeriernas interna reningsverk och även detta används i vissa fall för biogasproduktion (Carlsson och Uldal, 2009). De producerade fettsyrorna går direkt till försäljning (Unilever, 2010).

Tabell 8. Avfallsströmmar och restprodukter från mejeriindustrin.

|                                   | Mängd (ton våtvikt) | Avsättning i dagsläget      | Företag, anläggningar                                                                                                                  |
|-----------------------------------|---------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Total produktion, mejeriprodukter | 750 000             |                             | Skånemejerier (Malmö, Kristianstad), Unilever Produktion (Helsingborg), Belico Food, Arla Foods Slagelse Mejericenter, Lunnarps mejeri |
| <i>Biprodukter</i>                |                     |                             |                                                                                                                                        |
| Vassle                            | 51 000              | Grisfoder, biogasproduktion | Skånemejerier (Malmö, Kristianstad), Arla Foods Slagelse Mejericenter                                                                  |
| Gränsmjölk                        | 16 000              | Grisfoder, biogasproduktion | Skånemejerier (Malmö, Kristianstad), Unilever Produktion (Helsingborg)                                                                 |
| Fettavskiljarslam                 | 490                 | Biogasproduktion            | Skånemejerier (Malmö, Kristianstad), Unilever Produktion (Helsingborg), Belico Food                                                    |
| Fettsyror                         | 1 600               | Försäljning                 | Unilever Produktion (Helsingborg)                                                                                                      |
| Rest från Lunnarp                 | 5 300               | Grisfoder                   | Lunnarps mejeri                                                                                                                        |
| Totalt, biprodukter               | 74 000              |                             |                                                                                                                                        |

## Slakterier

I Öresundsregionen finns fem större slakterier. Två danska svinslakterier ligger i Ringsted och Rønne medan det i Skåne finns två slakterier i Ugglarp där nöt, får och svin slaktas. I Kristianstad finns ytterligare ett svinslakteri som står för 60 % av den svenska industrin på detta område (Linné m.fl., 2008). I Kävlinge och Klippan finns dessutom fabriker där slakteriavfall behandlas för produktion av djurfoder och gelatin. Det finns även en anläggning i Malmö för förädling av köttprodukter.

I tabell 9 nedan redovisas mängden producerade köttprodukter samt det organiska avfall denna produktion ger upphov till.

Vid hantering av animaliska restprodukter måste hänsyn tas till den så kallade ABP-förordningen (*Animal By-Products regulation*) som är stiftad på EU-nivå. För att undvika spridning av sjukdomar såsom BSE och mul- och klövsjuka delas restprodukterna in i tre klasser som hanteras på olika sätt. I dagsläget är användningsområdena för klass 2- och

3-material (beskrivna nedan) fokuserade på kompostering eller biogasproduktion, men samma regler kan tänkas även omfatta kemikalieproduktion. Till klass 1 räknas animaliska restprodukter som består av specificerat riskmaterial, SRM. Även matavfall från internationella transporter ingår i denna kategori. Klass 1-avfall skall förbrännas (Avfall Sverige, 2011). Klass 2-avfall omfattar naturgödsel och vissa animaliska biprodukter. Naturgödseln hygieniseras genom upphettning till 70°C under 60 minuter medan de animaliska biprodukterna bearbetas genom upphettning till 133°C under 3 bars tryck under 20 minuter. Klass 3-material är slakteriavfall som inte ingår i klass 1 och 2, avfall från livsmedelsindustrin och matavfall från butiker. Dessa typer av avfall hygieniseras på samma sätt som naturgödseln beskriven ovan (Jordbruksverket, 2011a).

Tabell 9. Avfallsströmmar och restprodukter från köttproduktion.

|                                        | Mängd (ton våtvikt) | Avsättning i dagsläget        | Företag, anläggningar                               |
|----------------------------------------|---------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Total produktion, slakteriprodukter    | okänt*              |                               |                                                     |
| <i>Biprodukter</i>                     |                     |                               |                                                     |
| Klass 3, ospecificerat                 | 3 700               | Biogasproduktion              | Team Ugglarp, Ellco Food (Klippan, Kävlinge)        |
| Slam, spillblod, mag- och tarminnehåll | 37 000              | Biogasproduktion, gödselmedel | Scan (Kristianstad), Danish Crown (Ringsted, Rønne) |
| Tarmpaket                              | 2 500               | Biogasproduktion              | KLS Ugglarps                                        |
| Kasserade produkter och råvaror        | 220                 |                               | Atria Supply Fosie                                  |
| Fett från fettavskiljare               | 1 300               |                               | Atria Supply Fosie                                  |
| Totalt, biprodukter                    | 45 000              |                               |                                                     |

\* För vissa företag inom slakteriindustrin finns inte sammanställd data för totalt producerad mängd och därför har inte en total siffra kunnat anges.

## Fiskindustri

Organiska avfallsströmmar uppstår vid tre olika fiskberedningscentraler i Simrishamn. Avfallet består mestadels av fiskrens men vid en anläggning fås istället ett fettriakt slam då fiskrens och slaktavfall bereds för kommersiell djurfoderproduktion. Fiskrenset används idag som djurfoder (bland annat minkföda) medan slammet går till biogasproduktion. Se tabell 10 nedan för information om de olika avfallsströmmarna. Problem med lukt kan uppstå då fiskrens används för biogas- eller kemikalieproduktion och TS-halten kan även variera mycket i materialet (Carlsson och Uldal, 2009).

En ytterligare uppskattning av mängden fiskrens som produceras i regionen kan fås om den totala mängden ilandtagen fisk är känd. Med hjälp av en kvot för fångad fisk/ilandförd fisk kan den totala mängden fiskrens då beräknas, alltså en summa av det fiskrens som rensas och slängs till havs och det som rensas på land. Kvoten antas för Öresundsregionen vara ungefär 1,2 baserat på den fisk som till största delen fångas (Havs- och vattenmyndigheten, 2011) vilket innebär att cirka 20 % av den fångade fisken utgörs av fiskrens. 2010 landades 16 000 ton till skånska hamnar (Havs- och vattenmyndigheten, 2011) medan motsvarande siffra för den danska sidan av Öresund, inklusive Bornholm, är 30 400 ton (Fiskeridirektoratet, 2011). Den totala mängden fiskrens kan alltså med denna metod uppskattas till cirka 9 300 ton för Öresundsregionen.



Både Sverige och Danmark har långa kuststräckor och därmed också en relativt stor fiskenäring. I och med fiskekvotssystemet slängs emellertid stora mängder fisk, så kallad bifångst, direkt till havs istället för att nyttiggöras. Detta bör dock minska i och med EU-kommissionens "utkastförbud" som börjar gälla i januari 2013. Rensning till sjöss är även vanligt och detta fiskrens skulle istället kunna föras till land för vidare användning (Simrishamns kommun, 2011; Swedish Biogas International, 2008). I Simrishamn pågår ett projekt för att förbättra fisket ur ett hållbarhetsperspektiv. En pilotanläggning för biogasproduktion med bland annat fiskrens som ingångssubstrat skall byggas och en fiskebåt kommer att konverteras för att kunna drivas med biogas (Simrishamns kommun, 2011).

Tabell 10. Avfallsströmmar och restprodukter från fiskindustrin.

|                               | Mängd (ton våtvikt) | Avsättning i dagsläget | Företag, anläggningar                                                            |
|-------------------------------|---------------------|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| Total produktion, beredd fisk | 10 000              |                        | Skillinge-Fisk Impex, Skillinge-Fisk Impex Torskavdelningen, Simrishamns Fryshus |
| <i>Biprodukter</i>            |                     |                        |                                                                                  |
| Fiskrens*                     | 4 300               | Minkfoder              | Skillinge-Fisk Impex, Skillinge-Fisk Impex Torskavdelningen                      |
| Fettrikt slam                 | 1 600               | Biogasproduktion       | Simrishamns Fryshus                                                              |
| Totalt, biprodukter           | 5 900               |                        |                                                                                  |

\* 1 kg fiskrens består bland annat av 289 g totalfett, 106 g protein och 13 g kolhydrat (Carlsson och Uldal, 2009).

## Bryggerier

På den danska sidan av Öresundsregionen ligger två större bryggerier, ett i Faxe och ett i Skælskør. Dessutom ligger Danmarks största maltproduktionsanläggning i Vordingborg. Med hjälp av miljörapporter har viss information om produktion och avfall från denna sektor hittats men det har varit mycket svårt att få ytterligare information genom direkt kontakt med företagen. Av denna anledning har fler uppskattningar gjorts i beräkningen av potentialen från denna industri än i de övriga undersökta sektorerna.

Vid ölproduktion fås organiskt avfall i form av drav, humlerest och jästrest. Draven består av de olösliga delar som fås efter det att den malda malten har blandats med vatten under uppvärmning, den så kallade mäsken. Humleresten fås därefter när humlen har kokat tillsammans med vörten, som tillslut blir öl (Sveriges bryggerier, 2011).

Vid bryggeriet i Faxe produceras främst öl men även läsk. Råmaterialet för produktionen består av humle, malt, råfrukt, socker och glukos. Biprodukter fås bland annat i form av en mos- och jästrest som idag används både som djurfoder och jordförbättrare (Royal Unibrew, 2008). Vid bryggeriet i Skælskør produceras öl men främst läsk, juice och mineralvatten, denna produktion är ungefär dubbelt så stor som ölproduktionen. Vid detta bryggeri produceras även vinbaserade produkter och maltextrakt. Råmaterialet består av malt, humle, socker, extrakt och essenser, kolsyra och natriumhydroxid. Redovisad biprodukt är drav (Harboes Bryggeri, 2009). Från maltproduktionen i Vordingborg fås biprodukter i form av korn- och maltavrens samt så kallade grönmaltsgroddar (Danish Malting Group, 2008). En sammanställning av resultaten från datainsamlingen ges i tabell 11 nedan.

Tabell 11. Avfallsströmmar och restprodukter från bryggeriindustrin.

|                               | Mängd (ton våtvikt) | Avsättning i dagsläget | Företag, anläggningar |
|-------------------------------|---------------------|------------------------|-----------------------|
| Total produktion, öl och läsk | 220 000 + okänt*    |                        | Harboes bryggeri      |
| Maltextrakt                   | 7 000               |                        | Harboes bryggeri      |
| Malt                          | 116 000             |                        | Danish Malting Group  |
| <i>Biprodukter</i>            |                     |                        |                       |
| Korn- och maltavrens          | 6 600               | Foder                  | Danish Malting Group  |
| Grönmaltsgroddar              | 340                 | Foder                  | Danish Malting Group  |
| Drav                          | 8 600 <sup>1</sup>  | Foder                  | Harboes bryggeri      |
| "Mos- och jästrest"           | 28 000              | Foder, jordförbättring | Royal Unibrew (Faxe)  |
| Totalt, biprodukter           | 44 000              |                        |                       |

\* Den totala produktionsmängden från bryggeriet i Faxe har inte hittats.

<sup>1</sup> Baseras på Novozymes A/S (2009): 8 ton drav/sats öl, 680 HL/sats öl samt Harboes Bryggeri (2009): ölproduktion 2009 = 730 925 HL.

### Tillverkning av etanol för konsumtion

I Nöbbelöv i Skåne produceras all Absolut Vodka som i stora mängder exporteras och säljs världen över. Vodkan produceras från höstveten som odlas lokalt och vid produktionen fås restprodukten drank (Absolut AB, 2011). I tabell 12 nedan redovisas erhållna data. Drank fås vid all typ av alkoholtillverkning och dess innehåll beror på vilken råvara som har använts. Eftersom spannmål används i Absolut's produktion blir dranken fiberrik och passar därför som foder, vilket också är avsättningsområdet i dagsläget. Delar av dranken torkas även för att kunna transporteras längre sträckor på ett ekonomiskt försvarbart sätt.

Tabell 12. Avfallsströmmar och restprodukter från tillverkning av konsumtionssprit.

|                            | Mängd (ton våtvikt) | Avsättning i dagsläget | Företag, anläggning |
|----------------------------|---------------------|------------------------|---------------------|
| Total produktion, finsprit | 40 000              |                        | Absolut             |
| <i>Biprodukt</i>           |                     |                        |                     |
| Drank                      | 345 000             | Nöt- och grisfoder     | Absolut             |

### Stärkelseindustri

I Skåne produceras industristärkelse från potatis i Nöbbelöv och i Bäckaskog. Vid produktionen fås utöver stärkelsen fruktsaft, en vätska som innehåller främst kväve, fosfor och kalium. Denna vätska utgör 75 % av potatisen, och den kan användas som gödsel. Vid fabriken i Nöbbelöv utvinns protein ur vätskan vilket säljs som foderprotein, det finns planer på att även införa denna teknik på flera av företagets anläggningar i Sverige. Efter utvinningen av protein fås en ny fruktsaft med ett lägre kväveinnehåll (Lyckeby Starch AB, 2011).

Potatisen består dessutom av 2 % cellulosa som kallas pulpa i extraherad form. Denna fraktion används traditionellt som foder. Pulpan kan även vidareförädlas till potatisfiber och säljs som sådan till chark- och bageriindustrin eller direkt till konsumenten (Lyckeby Starch AB, 2011). I Skåne finns även en anläggning där stärkelse från potatis, majs och tapioka vidareförädlas till olika stärkelsederivat. Vid denna produktion fås spill som i dagsläget går till biogasproduktion. I tabell 13 nedan åskådliggörs resultaten från datainsamlingen.

Tabell 13. Avfallsströmmar och restprodukter från stärkelseindustrin.

|                                      | Mängd (ton våtvikt)   | Avsättning i dagsläget                            | Företag, anläggningar                        |
|--------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Total produktion, stärkelseprodukter | 54 000                |                                                   | Lyckeby Starch (Nöbbelöv, Bäckaskog), Stadex |
| <i>Biprodukter</i>                   |                       |                                                   |                                              |
| Fruktsaft                            | 50 000 m <sup>3</sup> | Gödselmedel                                       | Lyckeby (Nöbbelöv, Bäckaskog)                |
| Fruktsaft med lägre kväveinnehåll    | 50 000 m <sup>3</sup> | Gödselmedel                                       | Lyckeby (Nöbbelöv, Bäckaskog)                |
| Foderprotein                         | 700                   | Foder                                             | Lyckeby (Nöbbelöv, Bäckaskog)                |
| Pulpa                                | 3 000                 | Förädlas delvis till potatisfiber - bageri, chark | Lyckeby (Nöbbelöv, Bäckaskog)                |
| Spill från förädling                 | 100                   | Biogasproduktion                                  | Stadex                                       |
| Totalt, biprodukter                  | 230 000               |                                                   |                                              |

### Kemi-, bioteknik- och läkemedelsindustri

Vid genomgången av företag och insamlande av data framkom att bara ett större läkemedelsföretag har restprodukter som kan vara användbara för kemikalie- eller biogasproduktion. De övriga företagens restprodukter och avfallsströmmar är riskklassificerade och måste därmed hanteras på annat sätt. Inom kemiindustrierna föll också många företag bort då de arbetar med petrokemisk eller metallurgisk kemi som inte genererar avfall som är lämpligt för den användning som studeras i denna studie.

I tabell 14 nedan visas de restprodukter som identifierats. NovoGro® är den fermenteringsrest som fås från Novozymes och NovoNordisks anläggningar i Kalundborg. Den årliga mängd som erhålls är cirka 150 000 ton och den används idag för att gödsla cirka 8 000 ha åkermark.

Insulinproduktionen vid NovoNordisk ger också upphov till en jästrest som idag används som grisfoder. Efter fermentering tillsätts sockervatten och mjölksyrebakterier för att göra resten mer attraktiv som grisfoder. Idag räcker denna rest för att föda cirka 800 000 grisar och ersätter cirka 70 % av sojaproteinet i traditionellt grisfoder. Vid överskott av denna jästrest används överflödet för biogasproduktion. Vid NovoNordisk i Bagsværd, Gentofte och Kalundborg fås även en etanolrest efter tvättning av reaktorerna, denna rest skickas idag till biogasproduktion.

I Kalundborg ligger även Inbicon, som ägs av DONG Energy. Företaget har en process för att tillverka etanol från halm genom vilken varje ton vetehalm ger 144 kg etanol (99.5%), 435 kg biomassa för förbränning samt 371 kg *C5 molass* (drank) som används för djurfoder. Företaget processar 30 000 ton halm årligen.

Chr. Hansen som producerar tillsatser för livsmedel och läkemedel får en rest när de separerar sina produkter. Denna kallas ELUAT och används idag som gödsel på åkermark.

Tabell 14. Avfallsströmmar och restprodukter från kemi-, bioteknik och läkemedelsindustrin.

|                     | Mängd (ton<br>våtvikt) | Avsättning i dagsläget | Företag, anläggningar                            |
|---------------------|------------------------|------------------------|--------------------------------------------------|
| <i>Biprodukter</i>  |                        |                        |                                                  |
| NovoGro®*           | 150 000                | Jordförbättrare        | NovoNordisk (Kalundborg), Novozymes (Kalundborg) |
| Jästrest            | 27 500                 | Djurfoder              | NovoNordisk (Kalundborg)                         |
| Etanolrest          | 3 000                  | Biogasproduktion       | NovoNordisk (Bagsværd, Gentofte, Kalundborg)     |
| C5 molass (65 % TS) | 11 500                 | Djurfoder              | Inbicon (Kalundborg)                             |
| ELUAT               | 40-50                  | Gödsel                 | Chr. Hansen (Roskilde, Hvidovre)                 |
| Totalt, biprodukter |                        |                        |                                                  |

\*NovoGro® innehåller flera näringsämnen, bl.a. kväve (8,2 kg/ton), fosfor (3,8 kg/ton), kalium (0,5 kg/ton) och kalk (160 kg/ton).

## Sammanställning av potentialen

I följande kapitel kommer potentialen för att använda de beskrivna råmaterialen och avfallsströmmarna att beräknas och diskuteras. Ett resonemang kring möjliga alternativ till dagens användning förs även. Beroende på substratens sammansättning lämpar de sig olika väl för olika ändamål men hur biomassan egentligen "bör" användas diskuteras senare i rapporten. Nedan beskrivs enbart de olika användningsområden de undersökta grödorna och avfallsströmmarna skulle kunna ha.

### Kemikalier

Nedan följer kortare beskrivningar av några av de kemikalier som är intressanta att framställa med biomassa som bas istället för på petrokemisk väg. Valet av dessa kemikalier baseras på forskning där förnyelsebara kemikaliers olika miljömässiga och ekonomiska potential vägs emot varandra, se exempelvis Bozell och Petersen (2010) och BREW (2006).

I och med att den förnyelsebara kemikalieproduktionen är så pass utvecklad i dagsläget är det mycket svårt att avgöra vilka av de undersökta avfallsströmmarna som i verkligheten kommer att vara aktuella för produktion. Det är dock möjligt att man kommer att kunna ta vara på all redovisad biomassa om ett bioraffinaderi används där kemikalier först produceras och där resterna från denna produktion utnyttjas för exempelvis biogasproduktion.

### Alkoholer

Etanol produceras då socker omvandlas genom jäsning. Tekniken har utnyttjats av människan i över tusen år för tillverkning av alkoholhaltiga drycker men har på senare år också börjat användas i stor skala för produktion av fordonsbränsle, till exempel i Brasilien, men också i Sverige. Med konventionell teknik utnyttjas för produktionen bagerijäst samt socker från sockerbetor eller sockerrör, eller från hydrolyserade stärkelserika råmaterial såsom potatis eller cerealier. Dessa processer ger cirka 10-15 % etanol i ett högt utbyte (cirka 90 %) av alkohol per socker. För att minska miljöeffekterna ytterligare samt för att bättre konkurrera med fossila bränslen har processer som använder cellulosa som råmaterial utvecklats. Dessa processer har dock länge haft svårt att bli konkurrenskraftiga. Detta på grund av svårigheter att få tillräckligt höga utbyten och koncentrationer av etanol i processen (Service, 2010). Med nuvarande teknik fås ca 4-8 % etanol. Tekniken utvecklas dock ständigt och många tror på ett genombrott inom kort. Etanol kan inte bara användas som bränsle utan kan också användas som plattformskemikalie för att vidare processas till önskad slutprodukt.

I en artikel av Kim och Dale (2004) uppskattas mängden etanol som kan utvinnas ur olika råmaterial och restprodukter från jordbruket. Om detta appliceras på den mängd spannmål och tillgängliga restprodukter som finns i Öresundsregionen kan den totala potentialen uppskattas, se tabell 15 nedan.

Tabell 15. Produktionspotential av etanol i Öresundsregionen.

|                                              | Total mängd (ton<br>våtvikt) | TS<br>(%)         | Etanol<br>(L/kg TS) | Etanolpotential (m <sup>3</sup> ) |
|----------------------------------------------|------------------------------|-------------------|---------------------|-----------------------------------|
| <i>Spannmål</i>                              |                              |                   |                     |                                   |
| Vete                                         | 2 120 000                    | 86 <sup>1</sup>   | 0,40 <sup>2</sup>   | 730 000                           |
| Råg                                          | 117 000                      | 86 <sup>1</sup>   | 0,40 <sup>2</sup>   | 40 000                            |
| Korn                                         | 1 140 000                    | 86 <sup>1</sup>   | 0,40 <sup>2</sup>   | 390 000                           |
| Havre                                        | 73 100                       | 86 <sup>1</sup>   | 0,40 <sup>2</sup>   | 25 000                            |
| Rågvete                                      | 36 700                       | 86 <sup>1</sup>   | 0,40 <sup>2</sup>   | 13 000                            |
| <i>Totalt, spannmål</i>                      | 3 500 000                    |                   |                     | 1 200 000                         |
| Användbar halm<br>från spannmål              | 1 390 000                    | 90 <sup>2</sup>   | 0.3 <sup>2</sup>    | 380 000                           |
| Användbar halm<br>från raps                  | 224 000                      | 85 <sup>3</sup>   | 0.3 <sup>5</sup>    | 57 000                            |
| Användbar blast<br>från potatis och<br>betor | 1 620 000                    | 15 <sup>4</sup>   | 0.3 <sup>5</sup>    | 73 000                            |
| Blast från majs                              | 184 000                      | 78,5 <sup>2</sup> | 0.29 <sup>2</sup>   | 42 000                            |
| <i>Totalt,<br/>jordbruksrester</i>           | 3 400 000                    |                   |                     | 550 000                           |

<sup>1</sup> Jordbruksverket (2011b).

<sup>2</sup> Kim & Dale (2004). Alla spannmål antas ha samma etanolutbyte.

<sup>3</sup> Börjesson (2007).

<sup>4</sup> Linné m.fl. (2008).

<sup>5</sup> Utbyte liknande det för spannmål antages.

<sup>6</sup> Vid ett energiinnehåll motsvarande 70% för etanol jämfört med bensin.

Observera att den redovisade potentialen för etanolproduktion från spannmål inte bör ses som realistisk då grödorna idag används för mat- och foderproduktion. I Sverige används 50 % av spannmålet till foderproduktion (Naturskyddsföreningen, 2010), vilket motsvarar 600 000 m<sup>3</sup> etanol för Öresundsregionen. Detta kan sättas i relation till att den svenska etanolanvändningen i transportsektorn uppgick till totalt 400 000 m<sup>3</sup> år 2010 (Energimyndigheten, 2011b).

En annan alkohol, butanol, produceras biologiskt genom så kallad Aceton-, Butanol-, Etanoljäsning (ABE-jäsning) där exempelvis bakterien *Clostridium acetobutylicum* används. Butanol framställdes på detta sätt i stor skala redan under första halvan av 1900-talet, men efter andra världskriget övergavs tekniken för den billigare petrokemiska framställningen. Glukos- och stärkelserika substrat har använts för produktion i labbskala, men det är även möjligt att jäsa mer fiberrika material såsom jordbruksrester. Dessa substrat kräver dock förbehandling med exempelvis syra eller så kallad ammoniakfiberexpansion (Ezeji m.fl., 2007). Butanol används främst som lösningsmedel i färg och lacker (BREW, 2006), men kan även användas som drivmedel för att ersätta fossila bränslen (Wu m.fl., 2007).

### Organiska syror

Från kolhydrater kan man i ett bioraffinaderi producera organiska syror vilka är intressanta som plattformskemikalier. Det finns ett flertal olika organiska syror vars användningsområden varierar beroende på deras fysikaliska och kemiska egenskaper. Mjölksyra är en organisk syra som idag produceras genom fermentation av glykos. Primärt används mjölksyra för att tillverka PLA (polylactic acid), en polymer med egenskaper liknande polystyren (Bozell och Petersen, 2010). PLA produceras idag med

biotekniska metoder i stor skala av bland andra Cargill-Dow (Vink m.fl., 2010). En annan intressant syra är succinsyra som kan användas för att producera ett flertal olika kemikalier, bland annat 1,4-butandiol, fumarsyra och maleinsyra. Roquette och DSM i Europa har gått samman i ett stort projekt för bioteknisk produktion av succinsyra (DSM, 2011). Levulinsyra produceras från socker med syrabehandling (Bozell och Petersen, 2010), och används för vidare produktion av nylonlika polymerer och plaster.

En annan industriellt intressant produkt är propionsyra vilket är en karboxylsyra som produceras i volymer om cirka 192 000 ton per år från icke förnyelsebara resurser. Estrar av propionsyra har flera användningsområden inom den kemiska industrin, till exempel som mellanled i produktionen av plaster eller som lösningsmedel i färger och hartser. Den största delen av propionsyran används som kalcium-, natrium- och ammoniumsalter som konserveringsmedel i bröd och bageriprodukter och är också viktiga ingredienser i djurfoder. Forskare vid Lunds Universitet har nyligen utvecklat en bioprocess där glycerol från biodieselproduktion tillsammans med potatisjuice från stärkelseproduktion kan användas för propionsyraproduktion. Omvandlingen av glycerol till propionsyra är mycket effektiv, 0.7 g propionsyra/g glycerol och en koncentration av 100 g/l kan uppnås (Hedström och Dishisha, 2010).

I tabell 16 visas en översikt över ytterligare kemikalier som kan produceras från olika substrat. Koncentrationen och utbytet i processen är en viktig indikator för kostnaden. Oftast krävs höga utbyten (uppemot 1 g produkt per gram om socker (glukos i tabellen) används) och koncentrationer (över 100 g/L) för att kostnaden skall kunna konkurrera med fossila kemikalier (för bulkkemikalier). Tabellen visar enbart ett urval av de många kemikalier som kan tillverkas. Som kan ses i tabellen (till exempel butanol) är det ofta svårare att tillverka kemikalier från odefinierade material så som hushållsavfall. Detta blandade avfall kan emellertid bli aktuellt att använda med framtida teknik.

Tabell 16. Kemikalier möjliga att producera från olika substrat.

| Produkt       | Råmaterial     | Utbyte<br>(g/g)   | Koncentration<br>(g/L) |
|---------------|----------------|-------------------|------------------------|
| Butanol       | Glukos         | 0,4 <sup>1</sup>  | 20 <sup>1</sup>        |
|               | Hushållsavfall | 0,04 <sup>2</sup> | 4 <sup>2</sup>         |
| Mjölksyra     | Stärkelse      | 0,77 <sup>3</sup> | 92,5 <sup>3</sup>      |
|               | Glukos         | 0,9 <sup>4</sup>  | 120 <sup>4</sup>       |
|               | Glukos         | 0,9 <sup>5</sup>  | 86 <sup>5</sup>        |
| 1,3 PDO       | Glukos         | 0,5 <sup>6</sup>  | 135 <sup>6</sup>       |
|               | Glycerol       | 0,67 <sup>7</sup> | 84 <sup>7</sup>        |
| Itaconic acid | Glukos         | 0,5 <sup>8</sup>  | 80 <sup>8</sup>        |
| Propionsyra   | Melass/Socker  | 0,32 <sup>9</sup> | 16 <sup>9</sup>        |

<sup>1</sup> Ezeji m. fl. (2004).

<sup>2</sup> López-Contreras m.fl. (2000).

<sup>3</sup> Mercier m.fl. (1992).

<sup>4</sup> Tao och Kazlauskas (2011).

<sup>5</sup> Okano m.fl. (2010)

<sup>6</sup> Nakamura m.fl. (2000).

<sup>7</sup> Gonzalez-Pajuelo m.fl. (2005).

<sup>8</sup> Yahiro m. fl. (1995).

<sup>9</sup> Quesada-Chanto m.fl. (1994).



## Hälsopreparat och kosttillskott

Marknaden för hälso- och kosttillskott växer och flera olika produkter går att utvinna från avfallsströmmar och restprodukter från livsmedelsindustrin. I ett bioraffinaderi skulle dessa produkter, vars produktion i vissa fall kräver en mycket liten del av biomassan, kunna extraheras för att finansiera projektet. Denna sektor har emellertid inte varit fokus i denna studie, och av denna anledning har data inte sammanställts. Nedan ges dock två exempel på preparat som kan extraheras från avfallsströmmar.

Proteinpulver kan intas som hälsokostpreparat och detta kan utvinnas ur den erhållna vasslen från mejeriproduktion. Vid Norrmejeriers osttillverkning separeras till exempel den proteinrika delen av vasslen med hjälp av ultrafiltrering. Denna del används idag som tillsats i livsmedel medan den resterande delen används för biogasproduktion (Held m.fl., 2008).

Forskning pågår också där man tittar på möjligheterna att extrahera eller producera antioxidanter och vitaminer från olika restprodukter. Ett exempel på detta är extraktion av antioxidanten *Anthocyanins* som finns i bland annat rödlök. Anthocyanins kan vara aktuellt att använda som preventiv behandling av exempelvis cancer, Alzheimers och Parkinsons sjukdom. Tekniken testas dock fortfarande endast i labbskala och hinder återstår för kommersiell framställning (Petersson m. fl., 2010).

## Biogas

Biogas, som i huvudsak består av metan och koldioxid, bildas naturligt när organiska substrat bryts ner av olika mikroorganismer under syrefria förhållanden, så kallad anaerob nedbrytning. Den råa biogasen kan användas direkt för värme- eller kraftvärmeproduktion, och om gasen uppgraderas (metanhalten ökas till 98 %) kan den även användas som fordonsbränsle eller ersätta naturgas i gasnätet (AEBIOM, 2009). Biogasen kan även ersätta naturgas i den kemiska industrin, exempelvis för produktion av syntesgas som används för vidare produktion av den viktiga plattformskemikalien metanol. Det rötade materialet, den så kallade rötresten, kan vara ett utmärkt gödningsmedel eftersom rötningsprocessen gör en del av kvävet i substratet lättillgängligt för växter (Lantz m.fl., 2007). Nedbrytningshastigheten varierar betydligt beroende på vilken typ av ämne som används som ingångsmaterial - flyktiga fettsyror, alkoholer och socker med få molekyler kan brytas ner på några timmar medan nedbrytningen av fiberrik råvara som inte förbehandlats kan behöva veckor (AEBIOM, 2009).

I tabell 17 nedan åskådliggörs den uträknade metanproduktion som skulle fås om de undersökta avfallsströmmarna användes enbart för biogasproduktion. Tilläggas bör att potentialerna för avfall från livsmedelsindustrin inte är redovisade "med begränsningar" - exempelvis har hänsyn inte tagits till konkurrensen från dagens avsättningsområden för materialen. Om allt detta avfall skulle användas för biogasproduktion skulle dessutom mycket planering krävas för att utveckla ett så väl fungerande system som möjligt, där samrötning av olika passande material sker i stor utsträckning för att få optimala gasutbyten och praktiska driftsförutsättningar. Även väl genomtänkta logistiska lösningar skulle krävas för transporter av råmaterial och rötrest. Den uträknade metanproduktionen baseras dessutom på metanutbyten från rötningsförsök i labbskala med bästa möjliga förutsättningar för gasproduktion ges, exempelvis

finfördelning av råvara och lång rötningstid. I praktiken fås 80-90% av denna produktion.

Tabell 17. Sammanlagd biogaspotential i Öresundsregionen – för mer specifika siffror, se Appendix 2.

|                              | Total mängd (ton<br>våtvikt/år) | Potentiell metanproduktion<br>(Nm <sup>3</sup> /år) | Potential<br>(GWh/år) <sup>2</sup> |
|------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------|
| Jordbruk, restprodukter      | 3 200 000                       | 360 000 000                                         | 3 600                              |
| Sockerindustri               | 350 000                         | 110 000 000                                         | 1 100                              |
| Bagerier/kvarnar             | 11 000                          | 2 000 000                                           | 20                                 |
| Frukt- och grönsaksberedning | 43 000                          | 2 800 000 m <sup>3</sup> + 740 MWh                  | 29                                 |
| Mejerier                     | 74 000                          | 3 000 000                                           | 30                                 |
| Köttindustri                 | 45 000                          | 2 700 000                                           | 27                                 |
| Fiskindustri                 | 5 900                           | 340 000                                             | 3,4                                |
| Bryggeri                     | 44 000                          | 50 000 MWh                                          | 50                                 |
| Konsumtionssprit             | 350 000                         | 8 300 000                                           | 83                                 |
| Stärkelseindustri            | 100 000                         | 510 000 m <sup>3</sup> + 8 800 MWh                  | 14                                 |
| Kemi- och läkemedelsindustri | 190 000                         | Okänd produktion*                                   |                                    |
| Totalt                       | 4 400 000                       | 490 000 000 m <sup>3</sup> + 60 000 MWh             | 5 000                              |

\* En biogaspotential kan inte beräknas eftersom inte tillräcklig information om avfallsströmmarna har hittats. En relativt omfattande potential bör dock finnas inom denna sektor och planer på framtida biogasproduktion från avfallsströmmar finns inom vissa företag.

Om biogas skulle produceras från alla kartlagda restprodukter skulle 5 TWh fås. Jordbruket och sockerindustrin står för den absolut största delen av potentialen. Denna potential kan jämföras med en skånsk biogaspotential på cirka 3 TWh som nyligen publicerats i en rapport utgiven av Länsstyrelsen i Skåne län (Björnsson m.fl., 2011). Utöver att Länsstyrelsens studie enbart gäller för Skåne - och inte Öresundsregionen - inkluderar och exkluderar studierna olika restströmmar. Som exempel så inkluderar Länsstyrelsens studie gödsel, men inte denna. Detta gör att en direkt jämförelse inte är möjlig, men uppskattad potential är av samma storleksordning.

Om enbart restprodukterna från jordbruket (halm och blast) används för biogasproduktion fås en total metanproduktion på knappt 360 miljoner m<sup>3</sup>, vilket motsvarar cirka 3,6 TWh. Om dessutom en del av de odlade grödorna används, exempelvis vallgrödan och majs, kan ytterligare knappt 180 miljoner m<sup>3</sup> produceras, motsvarande cirka 1,7 TWh. En total biogasproduktion på 5,3 TWh kan alltså fås från jordbruket om dessa grödor används. Om mark som i dagsläget ligger i träda dessutom kan användas för odling av grödor till biogas/kemikalieproduktion ökar naturligtvis potentialen ytterligare. En diskussion kring användningen av dessa odlade grödor för icke-matproduktion följer i kommande kapitel.

Biogaspotentialen från avfall från livsmedelstillverkare i Öresundsregionen beräknas uppgå till 1,4 TWh, där sockerindustrin står för det största bidraget. Biogaspotentialen från sockerrester är stor men man måste ha i åtanke att melass, betfor® och HP-massa® idag används som djurfoder och att det därmed uppstår en konkurrenssituation om biogas eller kemikalier skall produceras istället för dessa fodermedel.

Beroende på vilket råmaterial som används och vilken kemikalie som utvinns blir en större eller mindre mängd organiskt material över för produktion av biogas och/eller

<sup>2</sup> Det lägre värmevärdet för metan används: 9,97 kWh/Nm<sup>3</sup>.

kraftvärme. I vissa fall, exempelvis vid extraktion av antioxidanter från grönsaksavfall, används endast en mycket liten del av råvaran för kemikalieproduktionen, och biogaspotentialen bör alltså vara ungefär densamma som i det fall endast biogas hade producerats. Om däremot majs används för produktion av mjölksyra används hela den stärkelserika delen, och endast de mer svårnedbrytbara delarna återstår.

Med en effektiv återvinning av de förnyelsebara kemikalierna är det ändå troligt att de tillslut går till biogasproduktion, att man kan se kemikalieproduktionen som en "gynnsam omväg" till denna avsättning och att nettoeffekten blir en lika stor biogasproduktion.

## Diskussion

Denna rapport är en första del av en större studie av tillverkning av förnyelsebara kemikalier i Öresundsregionen. Rapporten kommer att följas av en studie där de förnyelsebara kemikaliernas miljöpåverkan sammanställs. Parallellt med undersökningen av miljöpåverkan kommer också de ekonomiska aspekterna att analyseras. Det är först när den mer heltäckande studien avslutats som det kommer att vara möjligt att dra slutsatser om potentialen för framställning av förnyelsebara kemikalier baserad på en bred bas av fakta. I denna rapport ges endast en mängdpotential, det vill säga, den mängd avfall och biomassa som skulle kunna användas till många olika ändamål. Vad den tillgängliga biomassan, restprodukter såväl som odlade grödor, bör användas till är en mer komplicerad fråga som påverkas av många olika faktorer, och i viss mån även värderingar.

## Dagens potential

Det går inte att ge en absolut bild av potentialen för kemikalieproduktion för hela Öresundsregionen då denna potential beror mycket på både substratets sammansättning och på vilken kemikalie som skall produceras. I föregående kapitel ges i tabell 15 och 16 en översikt över några olika kemikalier möjliga att producera från avfallsströmmar och restprodukter, potentialen för produktion av kemikalier kan uppskattas till cirka 400 000<sup>3</sup> ton baserat på mängd tillgänglig råmaterial samt antaget att utbyten likande de för etanol. Sammantaget kan sägas att det finns en del strömmar lämpliga för kemikalieproduktion men att dessa behöver studeras experimentellt i varje enskilt fall för att kunna göra en mer precis uppskattning av potentialen. Även miljömässiga och ekonomiska aspekter måste studeras för att kunna svara på om produktionen utöver att vara praktiskt möjlig även är ekonomiskt lönsam och miljömässigt fördelaktig.

Olika sektorer konkurrerar om de råvaru-, avfalls- och restströmmar som finns tillgängliga: foder-, livsmedels-, kraftvärme-, kemikalie- och biogasproduktion samt jordförbättring (gödsling). Användningen i de olika sektorerna har olika fördelar och nackdelar som bör vägas emot varandra. Olika användningsområden passar dessutom olika bra beroende på systemets förutsättningar och råmaterialets karaktär.

Fördelen med att använda strömmarna för kemikalieproduktion är att ett högre ekonomiskt värde kan fås jämfört med om de används som till exempel djurfoder. Kemikaliesektorn är idag dessutom nästan helt beroende av fossil olja som råvara och är därför känslig för en framtida brist. Positivt är även de eventuella miljövinster som fås vid en övergång till förnyelsebar råvara. Ett problem som identifierats i rapporten är dock att många av de tillgängliga restprodukterna lämpar sig mindre bra för kemikalieproduktion då det ofta krävs substrat med relativt homogen sammansättning. Några exempel på lämpliga substrat är de relativt rena kolhydratströmmar som fås från socker- och stärkelseindustrin.

Som ett alternativt scenario beräknas den potentiella mängd biogas som kan produceras från de avfallsströmmar och restprodukter som identifierats. Detta eftersom biogasproduktion ur ett miljöperspektiv ofta är ett intressant alternativt

---

<sup>3</sup> Motsvarar ungefärligen mängden tillverkad polyeten i Sverige per år (Kemikalieinspektionen, 2011)

användningsområde. Biogasproduktion har fördelen att relativt blöta och blandade substrat kan användas, exempelvis gödsel och slam. Rötning av gödsel ger en extra stor miljönytta då spontana metanemissioner vid gödselhanteringen undviks. Den naturliga integrationen i lantbruket kan ge en utveckling av landsbygden och när rötrest ersätter mineralgödsel fås också miljömässiga fördelar. I Danmark ersätter producerad biogas idag främst kol för värmeproduktion då detta ger störst klimatnytta. I Sverige uppgraderas istället närmare hälften av biogasen för att sedan användas som fordonsgas för att minska oljeberoendet inom transportsektorn.

Den uppskattade biogaspotentialen i rapporten bedöms vara relativt stor, cirka 5 TWh. Denna potential ses dock inte som möjlig att uppnå då mycket av råmaterialen redan har en annan avsättning idag, främst som djurfoder. Att ersätta detta djurfoder med annat foder skulle troligen inte vara miljömässigt eller ekonomiskt fördelaktigt. Oavsett vilket användningsområde som i framtiden prioriteras lär dock bioraffinaderikonceptet bli aktuellt, och därigenom indirekt även biogasproduktion som slutlig behandlingsmetod för avfall.

### **Framtida potential**

För att undvika de problem som uppstår vid en konkurrenssituation om de tillgängliga restprodukterna och avfallsströmmarna finns en rad tänkbara framtida lösningar. I denna studie diskuteras tre områden: effektivare användning av tillgängligt avfall genom förändrade processer, användning av alternativa råvaror samt hållbara odlingssystem.

### **Förändrade processer - bioraffinaderi**

Som redan diskuterats behöver inte användning av substrat för kemikalieproduktion utesluta biogasproduktion, det är istället möjligt att en betydande biogasproduktion kan ske från restprodukter som fås vid produktionen av förnyelsebara kemikalier. I ett bioraffinaderi är den centrala tanken att effektivt utnyttja de råvaror som finns tillgängliga för produktion av flera olika slutprodukter – exempelvis kemikalier, biogas och djurfoder. Genom att på detta sätt effektivt utnyttja råmaterialet erhålls så stor miljönytta som möjligt.

Idag pågår mycket forskning på just samproduktion av olika produkter i bioraffinaderier. De bioraffinaderier som finns idag utnyttjar till största del så kallad första generationens teknik där man utnyttjar kolhydrater från till exempel vete och majs, som startmaterial. I framtiden hoppas man kunna utnyttja även vedartade ämnen rika på cellulosa och lignin och därmed kunna vidareförädla restprodukter från skogs- och jordbruket. I dagsläget krävs förbehandling av olika slag för att kunna röta eller producera kemikalier från dessa råmaterial. En central idé med andra generationens bioraffinaderier är dock att denna förbehandling ska integreras på ett effektivt sätt eftersom användningen av detta restmaterial kan ge stora både miljömässiga och ekonomiska fördelar. Ett exempel är Inbicon som idag producerar etanol från halm. De restprodukter som fås används idag för värmeproduktion och som djurfoder.

### Alternativa råvaror och nya grödor

Restprodukter från skogsindustrin utgör en i Sverige relativt stor potential för uttag av biomassa men eftersom de skånska och danska skogsarealerna är relativt små är tekniken framförallt av intresse i övriga delar av Sverige. I Öresundsregionen är vedartade jordbruksrester mer aktuella, exempelvis halm.

Råvaror från havet är även de intressanta för framtida uttag av biomassa. Utöver den potential som utgörs av fisk och fiskrens som slängs tillbaka vid storskaligt fiske forskas det på biogasproduktion med tång och alger som ingångssubstrat. Odlade mikroalger kan även vara intressanta som råvara i bioraffinaderier (se exempelvis Wijffels m.fl., 2010). Biogasproduktion från odlade musslor är en annan teknik under utveckling, denna produktion ger en positiv synergieffekt genom att musslorna tar upp näringsämnen som leder till övergödning.

Inom projektet *Bioraffinaderi Öresund* odlas jordärtskocka, cikoria och hampa eftersom de har egenskaper som passar för kemikalieproduktion. Jordärtskocka och cikoria innehåller inulin som är intressant för industriella ändamål. Både jordärtskocka och cikoria är fleråriga örter med höga utbyten per hektar (Naturhistoriska riksmuseet, 1998). Hampaströet kan användas för produktion av olika oljor men växten kan även användas för produktion av kläder, briketter och etanol (Nilsson och Olsson, 2008; Andersson, 2009). Odlingen av hampa är även intressant ur miljösynpunkt då hampan bara behöver små mängder bekämpningsmedel och är snabbväxande (Hansson m.fl., 2011).

### Hållbara odlingssystem

Den globala utmaningen att uppnå ett fossilfritt samhälle kommer sannolikt att kräva stora förändringar i vår energi- och materialproduktion. Energieffektivisering i kombination med förnyelsebar energiproduktion från exempelvis sol och vind är dellösningar, men även odling av biomassa för både energi- och materialproduktion är troligtvis nödvändig.

Som tidigare diskuterats är kemikalieproduktion från odlade grödor intressant eftersom rena kolhydratkällor kan fås, alternativt grödor med speciellt funktionella kemiska beståndsdelar. Grödor som är intressanta för denna produktion kan vara antingen traditionella mat- och fodergrödor, exempelvis majs och raps, eller för ändamålet anpassade växter såsom cikoria och hampa. Odlingen kan genomföras på många olika sätt och beroende på olika faktorer, exempelvis på vilken mark och i vilket geografiskt läge grödan odlas och vilken typ av gröda som används, kan odlingen ge positiv eller negativ påverkan på ekosystemet och jordbruksmarken. I vissa fall kan positiva synergieffekter fås i odlingssystemet, exempelvis om den önskade grödan är kvävefixerande och därmed minskar risken för kväveläckage i jordbrukssystemet (Hansson m.fl., 2011).

Hur förändringar av markanvändningen bedöms kan ge betydande effekter för miljönyttan då energi eller material produceras från odlade grödor. En direkt förändring av markanvändningen (dLUC, direct land-use change) fås då ny jordbruksmark bryts för produktion av energi/kemikaliegrödor eller om odling av fleråriga grödor förändras till odling av ettåriga grödor. Båda dessa förändringar påverkar markens inbindning av kol

vilket kan leda till nettoutsläpp av koldioxid. I dag inkluderas effekterna av den direkta markanvändningen vid beräkningar av miljöpåverkan för olika odlade grödor.

Indirekta förändringar av markanvändningen (iLUC, indirect land-use change) fås när produktionen av energi/kemikaliegrödor ersätter produktionen av andra grödor och är en effekt som måste beaktas. Undanträngningseffekter kan då uppstå genom att den tidigare grödan istället produceras någon annanstans, inom eller utom landet. Huruvida en utökad odling av grödor för produktion av bioenergi och/eller förnyelsebara kemikalier kommer att leda till indirekta förändringar av markanvändningen är en mycket komplex fråga. Enligt Börjesson m.fl. (2010) ger dagens svenska biodrivmedelsproduktion inte upphov till iLUC. Detta eftersom det i dagsläget finns jordbruksmark som inte används fullt ut och att odlingsintensiteten inom det befintliga jordbruket kan öka. Om detta kommer att gälla även framtida produktion beror dock på hur snabbt vi ökar användningen av traditionella grödor för biodrivmedels- och kemikalieproduktion och hur stora produktionsvolymerna kommer att bli (Börjesson m.fl., 2010). Idag fokuserar diskussionen kring iLUC på produktionen av energigrödor. Produktionen av foder (på grund av ökad köttkonsumtion) eller produktion av material som används till textilproduktion (exempelvis bomull) diskuteras sällan. Exempelvis används cirka 70 % av den globala jordbruksmarken som betesmark samtidigt som cirka 10 % används till produktion av fodergrödor (Hallström m.fl., 2011). Det finns därmed en risk att utvecklingen energi- och materialproduktion från biomassa hämmas genom denna ensidiga debatt.

Vid en jämförelse av olika organiska råvaror skiljer sig odlade grödor från restprodukter genom att mark tas i anspråk för produktionen. Detta gör användningen av dessa odlade grödor för energi- och materialproduktion mer komplex än utnyttjandet av avfall. Trots detta är det inom jord- och skogbrukssektorn en mycket stor del av den globala, men även den svensk/danska, potentialen finns. Med ett bättre utnyttjande av jordbruksmarken, exempelvis genom att använda outnyttjad marginalmark eller en smart odlingsföljd, i kombination med att i större utsträckning även återanvända och återvinna det organiska materialet i systemet (se Dornburg (2004), minskar konkurrensen om marken. Genom att samtidigt minska användningen av produkter (bränslen, foder, material) som tar mark i anspråk, är det möjligt att en hållbar biomassaproduktion kan ske.

### Informationstillgänglighet

Vid genomförandet av denna studie har det visat sig att det överlag varit lättare att hitta material och information på den svenska sidan. På den danska sidan är till exempel inte företagens miljörapporter (grøna regnskaber) lika tillgängliga. Dessa innehåller inte heller alltid lika detaljerad information om avfallsfraktioner som många av de svenska miljörapporterna. Det verkar även finnas en större skepsis mot att lämna ut data på den danska sidan.



## Slutsatser

Kartläggningen redovisad i denna rapport visar att Öresundsregionen är intressant för etablering av bioraffinaderier eftersom stora mängder organiskt avfall fås från både livsmedelsindustrin och jordbruket. Även kemiindustrin på den danska sidan är en möjlig framtida intressent, både som leverantör av råvara och som producent av förnyelsebara kemikalier.

Restprodukter från jordbruket, livsmedelsindustrin och den danska kemiindustrin ger en masspotential på cirka 4,2 miljoner ton (våtvikt) per år men det är svårt att utifrån denna siffra göra en kvantitativ bedömning av potentialen för kemikalieproduktion och bränsleproduktion i ett bioraffinaderi. Avfallsströmmarna ofta är mycket inhomogena och många tekniker för kemikalieproduktion från biomassa är relativt nya, varför processdata är svåra att hitta. Etanolproduktionspotentialen uppskattas dock till cirka 400 000 ton från jordbruksresterna i regionen. Biogaspotentialen från samma jordbruksrester samt från livsmedelsresterna beräknas uppgå till cirka 5 TWh. Båda dessa potentialer bör emellertid ses som överskattade då de inte är begränsade vad gäller substratens användning i dagsläget. En stor del av de kartlagda avfallsströmmarna används i själva verket som foder eller redan nu för biogasproduktion. Konkurrensen med foder blir en framtida prioriteringsfråga medan biogasproduktionen kan integreras i bioraffinaderiet som ett slutligt användningsområde för materialet.

Trots en effektiv användning av det organiska materialet blir det, i och med konkurrenssituationen, uppenbart att avfallsströmmarna inte kommer att räcka till för att tillgodose en kraftigt ökad produktion av foder, förnyelsebara kemikalier och energi. I ett framtida hållbart energi- och materialsystem kommer alltså prioriteringar att behöva göras vad gäller diet, energi- och materialanvändning.

Eftersom lyckad implementering av bioraffinaderier är beroende av lokala förutsättningar (exempelvis tillgängligt substrat, infrastruktur och avsättning för restprodukter) bör varje enskilt fall undersökas med hjälp av systemstudier. Detta för att uppnå den största effektiviteten för systemet. Det behövs med andra ord mer studier på området, både vad gäller ekonomin och miljönyttan. Hur det i framtiden värdefulla avfallet bör användas är en komplex fråga som även den bör undersökas vidare. I kommande rapport kommer miljöpåverkan från produktionen av olika kemikalier att undersökas, förhoppningsvis kan detta bidra med en ytterligare del till pusslet.

## Källförteckning

AEBIOM (2009). *A Biogas Road Map for Europe*. Bryssel.

Ahlgren S, Börjesson P (2011). *Indirekt förändrad markanvändning och biodrivmedel – en kunskapsöversikt*. Rapport nr. 73. Avd. för miljö- och energisystem, Lunds tekniska högskola, Lund.

Al Seadi T (2000). *Danish Centralised Biogas Plants – Plant Descriptions*. Bioenergy Department, University of Southern Denmark.

Andersson C (2009). *Kläder i hampa – ett miljövänligt alternativ till bomull?* Högskolan i Halmstad, Halmstad.

Avfall Sverige (2011). *Kategorier i ABP-förordningen*.

<http://www.avfallsverige.se/avfallshantering/biologisk-aatervinning/animaliska-biprodukter/kategorier/>, besökt 2011-09-06.

BACAS (Belgian Academy Council of Applied Sciences) (2011). *Industrial Biomass: Source of Chemicals, Materials and Energy!* UNIVERSA, Wetteren.

Berglund M, Börjesson P (2003). *Energianalys av biogassystem*. Rapport nr. 44. Avd. för miljö- och energisystem, Lunds tekniska högskola, Lund.

Bernesson S, Hansson K, Robertsson M, Thyselius L (1999). *Torr biogasprocess för lantbruksgrödor – studier av aerob förbehandling, torrsubstans- och ympningsförutsättningar. Litteraturgenomgång och inledande försök*. JTI-rapport nr. 19. Uppsala.

Bioenergiportalen (2011). *Biogasproduktion i Europa*.

<http://www.bioenergiportalen.se/?p=1456&m=939>, besökt 2011-09-30.

Biogasbranchen (2000). *Biogasfællesanlæg - et bidrag til bæredygtigt landbrug*.

[http://www.landbruksraadet.dk/getMedia.asp?mb\\_GUID=E683A685-C5B8-495F-85A5-C166DD124BB7.pdf](http://www.landbruksraadet.dk/getMedia.asp?mb_GUID=E683A685-C5B8-495F-85A5-C166DD124BB7.pdf), hämtat från [www.biogasbranchen.dk](http://www.biogasbranchen.dk) 2011-09-23.

Biogasportalen (2011). *Svenska Anläggningar*.

<http://www.biogasportalen.se/BiogasISverigeOchVarlden/Anlaggningskarta#lan=Sk%E5ne%20l%E4n>, besökt 2011-09-23.

Björnsson L, Lantz M, Murto M, Davidsson Å (2011). *Biogaspotential i Skåne – inventering och planeringsunderlag på översiktsnivå*. Rapport beställd av Länsstyrelsen i Skåne län.

Bozell JJ, Petersen GR (2010). *Technology development for the production of biobased products from biorefinery carbohydrates—the US Department of Energy's "Top 10" revisited*. Green Chem., 12, 539–554.

Brancheforeningen för Biogas (2007). *Regeringens energistrategi*. Medlemsblad för Brancheforeningen för Biogas. Årgang 10, nr. 1.

BREW (2006). *Medium and Long-term Opportunities and Risks of the Biotechnological Production of Bulk Chemicals from Renewable Resources – The Potential of White Biotechnology. Final Report*. Utrecht.

Börjesson P (2007). *Produktionsförutsättningar för biobränslen inom svenskt jordbruk*, Rapport nr 61. Avd. för miljö- och energisystem, Lunds Tekniska Högskola, Lund.

Börjesson P, Tufvesson L, Lantz M (2010). *Livscykelanalys av svenska biodrivmedel*. Rapport nr. 70. Avd. för miljö- och energisystem, Lunds tekniska högskola, Lund.

Börjesson P, Tufvesson L (2011). *Agricultural crop-based biofuels – resource efficiency and environmental performance including direct land use changes*. Journal of Cleaner Production 19: 108-120. Carlsson M, Uldal M (2009). *Rapport SGC 200 – Substrathandbok för biogasproduktion*.

Cherubini F (2010). *The biorefinery concept: Using biomass instead of oil for producing energy and chemicals*. Energy Conversion and Management 51:1412-1421.

Danmarks Statistik (2011). *Agriculture and fishery, HST77: Harvest by region, crop and unit och AFG07: Cultivated area by region, unit and crop (Region Hovedstaden och Sjælland)*. <http://www.statistikbanken.dk/statbank5a/default.asp?w=1366>, Besökt 2011-09-22.

Dornburg V (2004). *Multi-functional biomass systems*. Doctoral thesis, University of Utrecht, Utrecht.

DSM (2011). *DSM and Roquette to start bio-based succinic acid joint venture*. [http://www.dsm.com/en\\_US/cworld/public/media/pages/press-releases/28\\_10\\_dsm\\_and\\_roquette\\_to\\_start\\_bio\\_based\\_succinic\\_acid\\_joint\\_venture.jsp](http://www.dsm.com/en_US/cworld/public/media/pages/press-releases/28_10_dsm_and_roquette_to_start_bio_based_succinic_acid_joint_venture.jsp), besökt 2011-09-23.

Ekman A, Börjesson P (2011). *Environmental assessment of propionic acid produced in an agricultural biomass-based biorefinery system*. Journal of Cleaner Production 19:1257-1265.

Energimyndigheten (2010). *ER 2010:23 Förslag till en sektorsövergripande biogasstrategi*.

Energimyndigheten (2011a). *ES 2011:07 Produktion och användning av biogas 2010*.

Energimyndigheten (2011b). *ES 2011:05 Transportsektorns energianvändning 2010*.

Energistyrelsen (2010). *Anvendelse af biogasressourcerne og gasstrategi herfor*. Klima- og energiministeriet.

Euroobserver (2010). *Baromètre biogaz - Biogas barometer*. SYSTÈMES SOLAIRES le journal des énergies renouvelables No. 200.

Ezeji TC, Qureshi N, Blaschek HP (2004). *Acetone butanol ethanol (ABE) production from concentrated substrate: reduction in substrate inhibition by fed-batch technique and product inhibition by gas stripping* Appl. Microbiol. Biotechnol. 63:653–658.

Ezeji TC, Qureshi N, Blaschek HP (2007). *Bioproduction of butanol from biomass: from genes to bioreactors*. Current Opinion in Biotechnology 18:220-227.

Fagerström E (2010). *Marknadsanalys av substrat för biogasproduktion*. Examensarbete. Avd. för miljö- och energisystem, Lunds tekniska högskola, Lund.

Fernando S, Adhikari S, Chandrapal C, Murali N (2006). *Biorefineries: Current Status, Challenges, and Future Direction*. Energy & Fuels 20, 1727-1737.

Fiskeridirektoratet (2011). Dansk fiskeristatistik hämtad från statistisk databas. [http://fd-statweb.f.dk/landingsrapport/landingsrapport\\_periode](http://fd-statweb.f.dk/landingsrapport/landingsrapport_periode), hämtad 2011-10-12.

Flysjö A, Cederberg C, Strid I (2008). *LCA-databas för konventionella fodermedel – miljöpåverkan i samband med produktion*. SIK-rapport Nr. 772.

Gonzalez-Pajuelo M, Meynial-Salles I, Mendes F, Andrade JC, Vasconcelos I, Soucaille P (2005). *Metabolic engineering of Clostridium acetobutylicum for the industrial production of 1,3-propanediol from glycerol*. Metab. Eng. 7:329-336.

Hallström E, Ahlgren S, Börjesson P (2011). *Challenges and opportunities for future production of food, feed and biofuel – A land use perspective*. Report no. 74. Avd. för miljö- och energisystem, Lunds tekniska högskola, Lund.

Hansson A, Blomquist J, Christensson K (2011). *Energigrödor till biogasproduktion - effekter på odlingssystemet*. Rapport utgiven av Agellus Miljökonsulter, Biogas Syd och Agraria Ord & Jord. [www.bioenergiportalen.se/attachments/42/413.pdf](http://www.bioenergiportalen.se/attachments/42/413.pdf), hämtad 2011-09-26.

Held J, Mathiasson A, Nylander A (2008). *Biogas ur gödsel, avfall och restprodukter – goda svenska exempel*. Rapport utgiven av SGC, Gasföreningen och Svenska Biogasföreningen.

Holm L (2011). Chairman Perstorp Group. *Even a Green Coin has two sides...* Presentation at conference in Lund 2011-10-26.

Hutnan M, Drtil M, Mrafkova L (2000). *Anaerobic biodegradation of sugar beet pulp*. Biodegradation 11: 203–211.

Jordbruksverket (2011a). *Användning av animaliska biprodukter vid biogasframställning enligt förordning (EG) nr 1774/2002*. [www.avfallnorge.no](http://www.avfallnorge.no), powerpoint-presentation hämtad 2011-09-26.

Jordbruksverket (2011b). *Skörd av spannmål, trindsäd och oljeväxter, Skördar efter län och gröda (Skåne) samt Jordbruksmarkens användning, Åkerarealens användning efter län/riket och gröda (Skåne)*,  
<http://statistik.sjv.se/Database/Jordbruksverket/databasetree.asp>, besökt 2011-09-22.

Kemikalieinspektionen (2011). *Omsättning av de största termoplasterna*.  
<http://kemi.se/sv/Innehall/Statistik/Kortstatistik/Kortstatistik-over-amnen-och-amnesgrupper/PVC/>, besökt 2011-10-28.

Kim S, Dale B (2004). Global potential bioethanol production from wasted crops and crop residues. *Biomass and Bioenergy* 26: 361–375.

Lantz M, Svensson M, Björnsson L, Börjesson P (2007). *The prospects for an expansion of biogas systems in Sweden – Incentives, barriers and potentials*. *Energy Policy* 35:1830–1843.

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

López-Contreras AM, Claassen PAM, Mooibroek H, De Vos WM (2000). *Utilisation of saccharides in extruded domestic organic waste by Clostridium acetobutylicum ATCC 824 for production of acetone, butanol and ethanol*. *Appl. Microbiol. Biotech.* 54:162–167.

LRF (2011). *Affärsutveckling för gårdsbaserad biogas*.  
[http://www.lrf.se/PageFiles/7440/Affarsutveckling\\_for\\_gardsbaserad\\_biogas\\_LR.pdf](http://www.lrf.se/PageFiles/7440/Affarsutveckling_for_gardsbaserad_biogas_LR.pdf)  
Hämtad 2011-10-03.

Mathews JA, Tan H (2009). *Biofuels and indirect land use change effects: the debate continues*. *Biofuels, Bioprod. Bioref.* 3:305–317.

Mercier P, Yerushalami L, Rouleau D, Dochania D (1992). *Kinetics of lactic acid fermentations on glucose and corn by Lactobacillus amylophilus*. *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 55:111–121.

Mittnytt (2009). *Oljeindustrin ska lockas satsa*.  
[http://svt.se/2.55868/1.1667664/oljeindustrin\\_ska\\_lockas\\_satsa?lid=senasteNytt\\_648870&lpos=rubrik\\_1667664](http://svt.se/2.55868/1.1667664/oljeindustrin_ska_lockas_satsa?lid=senasteNytt_648870&lpos=rubrik_1667664), besökt 2011-08-31.

Nakamura CE, Gatenby AA, Hsu AK, La Reau RD, Haynie SL, Diaz-Torres R, Timbur DE, Whited GM, Nagarajan V, Payne MS, Picataggio SK, Nair RV (2000). *Method for the production of 1,3-propanediol by recombinant microorganisms*. E. L du Pont de Nemours and Company (Wilmington, DE), Genencor International (Palo Alto, CA), US patent 6013494.

Naturhistoriska riksmuseet (1998). *Den virtuella floran*.  
<http://linnaeus.nrm.se/flora/di/astera/cicho/cichint.html>, besökt 2011-11-07.

- Naturskyddsföreningen (2010). *Ekologiskt och global matförsörjning*.  
<http://www.naturskyddsforeningen.se/natur-och-miljo/jordbruk-och-mat/ekologisk-produktion/ekologiskt-jordbruk/>, besökt 2011-09-08.
- NE (1992). Nationalencyklopedin Band 9, sökord: inulin. Bra Böcker, Höganäs.
- NE (2011). Nationalencyklopedin, sökord: melass, [www.ne.se](http://www.ne.se), besökt 2011-09-01.
- Nilsson J, Olsson M (2008). *Teknik för vårskörd av hampa till stråbränsle*. Sveriges lantbruksuniversitet, LTJ-Fakulteten, Alnarp.
- Nordic Sugar (2011a). *Nordic Sugar Nyköping*.  
<http://www.nordicsugar.com/sv/om-nordic-sugar/vaar-organisation/vaara-fabriker-och-kontor/nykobing/>, besökt 2011-09-26.
- Nordic Sugar (2011b). *Nordic Sugar Nakskov*.  
<http://www.nordicsugar.com/sv/om-nordic-sugar/vaar-organisation/vaara-fabriker-och-kontor/nakskov/>, besökt 2011-09-26.
- Novozymes A/S (2009). *Comparative Life Cycle Assessment of Malt-based Beer and 100% Barley Beer*. In co-operation with Harboes Bryggeri.
- Okano K, Tanaka T, Ogino C, Fukuda H, Kondo A (2010) Biotechnological production of enantiomeric pure lactic acid from renewable resources: recent achievements, perspectives, and limits, *Appl Microbiol Biotechnol* 85:413–423.
- Perstorp (2011). *Voxtar™*.  
<http://www.voxtar.perstorp.com/About-Voxtar.aspx>, besökt 2011-10-30.
- Petersson EV, Liu J, Sjöberg PJR, Danielsson R, Turner C (2010). *Pressurized Hot Water Extraction of anthocyanins from red onion: A study on extraction and degradation rates*. *Analytica Chimica Acta* 663: 27-32.
- SCB, Statistiska Centralbyrån (2011a). *Normskördar*.  
[http://www.scb.se/Pages/ProductTables\\_\\_\\_9467.aspx](http://www.scb.se/Pages/ProductTables___9467.aspx), besökt 2011-10-03.
- SCB, Statistiska Centralbyrån (2011b). *Skörd av spannmål, trindsäd och oljeväxter, Skördar efter län och gröda (Skåne) samt Jordbruksmarkens användning, Åkerarealens användning efter län/riket och gröda (Skåne)*.  
<http://statistik.sjv.se/Database/Jordbruksverket/databasetree.asp>, besökt 2011-09-22.
- Searchinger T, Heimlich R, Houghton RA, Dong F, Elobeid A, Fabiosa J, Tokgoz S, Hayes D, Yu T-H (2008). *Use of US croplands for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land-use change*. *Science* 319:1238-1240.
- Service R F (2010) *Is there a road to cellulosic ethanol?* *Science* 329: 784-785.

Simrishamns kommun (2011). *Sydkustens fiskeområde satsar på biogas*. <http://www.simrishamn.se/sv/pressinformation/2011-06-14-biogas/>, besökt 2011-08-30.

SOU (2007). *Bioenergi från jordbruket – en växande resurs*. Bilagedel. SOU 2007:36.

Sveriges bryggerier (2011). *Att tillverka öl*. <http://sverigesbryggerier.se/ol/tillverkning/>, besökt 2011-10-04.

Swedish Biogas International (2008). *Möjligheter för biogas i Kalmar län – en idéstudie*. Linköping.

Tendens Öresund (2011a). *Geografi*. <http://www.tendensoresund.org/sv/geografi>, hämtad 2011-09-30.

Tendens Öresund (2011b). *Översiktskarta*. <http://www.tendensoresund.org/sv/oversiktskarta>, hämtad 2011-09-27.

Tao J och Kazlauskas R J. *Biocatalysis for Green Chemistry and Chemical Process Development*. Wiley, Hoboken, NJ, 2011.

Quesada-Chanto A, Afschar AS, Wagner F (1994). *Microbial production of propionic acid and vitamin B12 using molasses or sugar*. Appl. Microbiol. Biotech. 41(4) 378 – 383.

Vink ETH, Davies S, Kolstad JJ (2010). *The eco-profile for current Ingeo® polylactide production*. Industrial Biotechnology, 6, 4, 212-224.

Wijffels RH, Barbosa MJ, Eppink MHM (2010). *Microalgae for the production of bulk chemicals and biofuels*. Biofuels, Bioprod. Bioref. 4:287-295.

Wu M, Wang M, Liu J, Huo H (2007). *Life-Cycle Assessment of Corn-Based Butanol as a Potential Transportation Fuel. Report ANL/ESD/07-10*, Argonne, Illinois, USA: Energy Systems Division, Argonne National Laboratory.

Yahiro K, Takahama T, Park YS, Okabe M (1995). *Breeding of Aspergillus terreus mutant TN-484 for itaconic acid production with high yield*. Journal of Fermentation and Bioengineering, Vol. 79, No. 5, 506-508.

## Miljörapporter

3N Produkter AB (2010). *MILJÖRAPPORT Grunddel För 3N Produkter AB(1283-1059) år: 2010 version: 1*. Helsingborg.

Atria Supply AB (2010). *MILJÖRAPPORT Grunddel För Atria Supply Fosie AB(1280-1147) år: 2010 version: 1*. Malmö.

Belico Food AB fd. ALBA Handels AB (2010). *MILJÖRAPPORT Grunddel För Belico Food AB fd. ALBA Handels AB(1281-120) år: 2010 version: 1*. Dalby.



Björnekulla Fruktindustrier AB (2010). *MILJÖRAPPORT Grunddel För Björnekulla Fruktindustrier AB(1277-101) år: 2010 version: 1.* Åstorp.

Danish Crown (2010). *Grønt Regnskab Danish Crown 2009/2010.*

Danish Malting Group (2008). *Grønt regnskab 2008.*

Ellco Food AB (2010a). *MILJÖRAPPORT Grunddel För ELLCO FOOD AB(1261-116) år: 2010 version: 2.* Kävlinge.

Ellco Food AB (2010b). *MILJÖRAPPORT Grunddel För ELLCO FOOD AB(1276-112) år: 2010 version: 1.* Klippan.

Farina AB (2010). *MILJÖRAPPORT Grunddel För Farina AB(1261-138) år: 2010 version: 1.* Kävlinge.

Harboes Bryggeri (2009). *Grønt Regnskab 2008/2009.* Skælskør.

Findus Sverige AB (2010). *MILJÖRAPPORT Grunddel För Findus Sverige AB, Bjuv(1260-101) år: 2010 version: 1.* Bjuv.

Kiviks Musteri AB (2010). *MILJÖRAPPORT Grunddel För Musteriet i Kivik(1291-102) år: 2010 version: 1.* Kivik.

KLS Ugglarps AB (2010). *MILJÖRAPPORT Grunddel För KLS UGGLARPS AB (1287-121) år: 2010 version: 1.* Trelleborg.

Lantmännen Cerealia AB (2010). *MILJÖRAPPORT Grunddel För Lantmännen Cerealia AB(1280-186) år: 2010 version: 1.* Malmö.

Lantmännen (2010a). *MILJÖRAPPORT Grunddel För Lantmännen ekonomisk förening(1290-145) år: 2010 version: 1.* Åhus.

Lantmännen (2010b). *MILJÖRAPPORT Grunddel För Lantmännen ek för, Helsingborg(1283-121) år: 2010 version: 1.* Helsingborg.

Lunnarps Mejeri AB (2010). *MILJÖRAPPORT Grunddel För Lunnarps Mejeri AB(1270-104) år: 2010 version: 2.* Tomelilla.

Magnihill gård (2010). *MILJÖRAPPORT Grunddel För MAGNIHILLS GÅRD(1283-104) år: 2010 version: 1.* Mörrarp.

Mariannes Farm AB (2010). *MILJÖRAPPORT Grunddel För Mariannes Farm AB(1292-124) år: 2010 version: 1.* Strövelstorp.

Nordic Sugar (2010a). *MILJÖRAPPORT Grunddel För Danisco Sugar AB Arlövs socker(1231-101) år: 2010 version: 1.* Arlöv.

Nordic Sugar (2010b). *MILJÖRAPPORT Grunddel För ÖRTOFTA SOCKERBRUK(1285-105) år: 2010 version: 1.* Eslöv.

Procordia Food AB (2010). *MILJÖRAPPORT Grunddel För Procordia Food AB Eslöv(1285-101) år: 2010 version: 1.* Eslöv.

Royal Unibrew (2008). *Miljøregnskab.* Faxe Bryggeri.

Scan AB (2010). *MILJÖRAPPORT Grunddel För Scan AB, Kristianstad(1290-108) år: 2010 version: 1.* Kristianstad.

Simrishamn Fryshus AB (2010). *MILJÖRAPPORT Grunddel För Simrishamn Fryshus AB(1291-107) år: 2010 version: 1.* Simrishamn.

Skillinge Fisk-Impex AB (2010). *MILJÖRAPPORT Grunddel För Skillinge-Fisk Impex AB(1291-147) år: 2010 version: 1.* Simrishamn.

Skillinge Fisk-Impex Torksavdelningen AB (2010). *MILJÖRAPPORT Grunddel För Skillinge Fisk-Impex Torksavdelningen AB(1291-105) år: 2010 version: 1.* Simrishamn.

Solanum Odlarna i Kävlinge AB (2010). *MILJÖRAPPORT Grunddel För Solanum Odlarna i Kävlinge AB(1261-109) år: 2010 version: 1.* Kävlinge.

SpecialYeast AB (2010). *MILJÖRAPPORT Grunddel För SpecialYeast i Malmö AB(1280-1217) år: 2010 version: 1.* Malmö.

Team Ugglarp AB (2010). *MILJÖRAPPORT Grunddel För Team Ugglarp AB(1266-103) år: 2010 version: 2.* Hörby.

Unilever Produktion AB (2010). *MILJÖRAPPORT Grunddel För Unilever Produktion AB(1283-135) år: 2010 version: 1.* Helsingborg.

### Personlig kontakt

Absolut AB (2011). Robertsson T. Director Quality & Environment. Mail 2011- 08-11.

Arla Foods Slagelse Mejericenter (2011). Knudsen J. Mail 2011-08-26.

Havs- och vattenmyndigheten (2011). Engquist J. Mail 2011-09-21.

Hedström M och Dishisha T (2010). Avdelningen för bioteknik, Lunds Universitet.

Företag A (2011). Mail 2011-09-14.

Företag B (2011). Mail 2011-09-14.

Lyckeby Starch AB (2011). Wikström O. Director, Senior Scientific Advisor, Environmental co-ordinator. Mail 2011-08-12 samt telefon 2011-10-31.

Mariannes Farm (2011). Olsson H. Produktutvecklings- & kvalitetsansvarig. Telefon 2011-10-10.

Pågen (2011). Ascard I. Kvalitetschef. Mail 2011- 08-17.

Skånemejerier (2011). Javensköld F. Miljöansvarig. Mail 2011-08-17.

Stadex AB. (2011). Krook C. QESH-manager. Mail 2011-09-02.

## Appendix 1 – Jordbruksproduktion

Totalskörd 2010, ton våtvikt. Odlad areal visas i hektar inom parentes. Data hämtad från Statistiska Centralbyrån (2011b) och Dansk Statistik (2011):

|                                                                                        | Skåne                        | Hovedstaden      | Själland            | Totalt,<br>Öresundsregionen |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|------------------|---------------------|-----------------------------|
| Vete                                                                                   | 710 000 (110 000)            | 210 000 (31 000) | 1 200 000 (160 000) | 2 100 000                   |
| Råg                                                                                    | 67 000 (11 000)              | 22 000 (4 100)   | 27 000 (4 800)      | 120 000                     |
| Korn                                                                                   | 390 000 (74 000)             | 81 000 (16 000)  | 670 000 (110 000)   | 1 100 000                   |
| Havre                                                                                  | 33 000 (7 600)               | 15 000 (2 400)   | 25 000 (2 900)      | 73 000                      |
| Rågvete                                                                                | 23 000 (4 600)               | 1 400 (580)      | 12 000 (2 900)      | 37 000                      |
| Raps                                                                                   | 140 000 (42 000)             | 30 000 (8 600)   | 150 000 (39 000)    | 320 000                     |
| Potatis (även stärkelse)                                                               | 370 000 (11 000)             | 22 000 (560)     | 39 000 (2 100)      | 430 000                     |
| Sockerbeter (dk: även foderbeter)                                                      | 1 900 000 (36000)            | 7 300 (140)      | 2 300 000 (39 000)  | 4 200 000                   |
| Majs                                                                                   | 160 000 <sup>1</sup> (5 500) | 130 000 (2 900)  | 77 000 (6 300)      | 370 000                     |
| Ärtor                                                                                  | 4 000 (9 600)                | 300 (50)         | 5 800 (2 200)       | 10 000                      |
| Energiskog                                                                             | (2 300)                      |                  |                     | (2 300)                     |
| Frö till utsäde                                                                        | (4 900)                      | (3 000)          | (26 000)            | (34 000)                    |
| Gräs till klövermark, totalt (dk: grass and clover in rotation & set aside with grass) | 480 000 (110 000)            | 790 000 (13 000) | 780 000(24 000)     | 2 000 000                   |
| Träda                                                                                  | (6 100)                      | (1 200)          | (5 100)             | (12 000)                    |
|                                                                                        |                              |                  |                     |                             |
| Total jordbruksareal                                                                   | (450 000)                    | (99 000)         | (480 000)           | (1 000 000)                 |
| Summerad areal för inkluderade grödor                                                  | (440 000)                    | (84 000)         | (430 000)           | (950 000)                   |
| Andel inkluderade grödor                                                               | 98%                          | 85%              | 91%                 | 93%                         |

<sup>1</sup> Baseras på Börjesson m.fl. (2010): Skörd<sub>majs(helgröda)</sub> = 9,5 ton TS/ha, år. VV<sub>majs</sub> fås genom TS<sub>majs</sub> = 32%.

## Appendix 2 – Mass- och biogaspotential

|                                                        | Total mängd (ton våtvikt/år) | Potentiell metanproduktion (Nm <sup>3</sup> /år) |
|--------------------------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------------------|
| <b>Jordbruk</b>                                        |                              |                                                  |
| Halm från tot. spannmål                                | 1 400 000 <sup>1</sup>       | 230 000 000 <sup>4</sup>                         |
| Halm från raps                                         | 220 000 <sup>2</sup>         | 37 000 000 <sup>4</sup>                          |
| Blast från sockerbetor och potatis                     | 1 600 000 <sup>3</sup>       | 92 000 000 <sup>5</sup>                          |
| <b>Totalt, restprodukter</b>                           | 3 200 000                    | 360 000 000                                      |
| Majs (helsäd)                                          | 370 000                      | 35 000 000 <sup>6</sup>                          |
| Vall                                                   | 2 000 000                    | 140 000 000 <sup>7</sup>                         |
| <b>Totalt, jordbruk</b>                                | 5 647 568                    | 540 000 000                                      |
| <b>Sockerindustri</b>                                  |                              |                                                  |
| Melass                                                 | 110 000                      | 35 000 000 <sup>8</sup>                          |
| Betfor                                                 | 160 000                      | 47 000 000 <sup>9</sup>                          |
| HP-massa                                               | 80 000                       | 24 000 000 <sup>10</sup>                         |
| Sockerprodukter med ingredienser                       | 250                          | 93 000 <sup>11</sup>                             |
| <b>Totalt, sockerindustrin</b>                         | 350 000                      | 110 000 000                                      |
| <b>Bagerier/kvarnar</b>                                |                              |                                                  |
| Sekunda bröd samt tillbakaskickat bröd                 | 8 400                        | 1 600 000 <sup>12</sup>                          |
| Sekunda deg                                            | 1 000                        | 170 000 <sup>13</sup>                            |
| Spannmålsavrens, mjöl/agnar, foderrester               | 1 300                        | 250 000 <sup>14</sup>                            |
| <b>Totalt, bagerier/kvarnar</b>                        | 11 000                       | 2 000 000                                        |
| <b>Frukt- och grönsaksberedning</b>                    |                              |                                                  |
| Skal, stärkelse, potatisrester                         | 5 600                        | 550 000 <sup>15</sup>                            |
| Grönsaksavfall, äppelrester, lökskal, livsmedelsavfall | 31 000                       | 1 700 000 <sup>16</sup>                          |
| Bioslam                                                | 1 600                        | 31 000 <sup>17</sup>                             |
| Fettavskiljarslam                                      | 2 400                        | 62 000 <sup>18</sup>                             |
| Frityrolja                                             | 90                           | 61 000 <sup>19</sup>                             |
| Jäsrester, bottensatser                                | 1 100                        | 740 MWh <sup>20</sup>                            |
| Olja, socker, stabilisator                             | 730                          | 380 000 <sup>21</sup>                            |
| <b>Totalt, frukt- och grönsaksberedning</b>            | 43 000                       | 2 800 000 m <sup>3</sup> + 740 MWh               |
| <b>Mejerier</b>                                        |                              |                                                  |
| Vassle                                                 | 51 000                       | 1 500 000 <sup>22</sup>                          |
| Gräsmjölk                                              | 16 000                       | 79 000 <sup>22</sup>                             |
| Fettavskiljarslam                                      | 490                          | 13 000 <sup>23</sup>                             |
| Fettsyror                                              | 1 600                        | 1 100 000 <sup>24</sup>                          |
| Rest från Lunnarp                                      | 5 300                        | 280 000 <sup>25</sup>                            |
| <b>Totalt, mejerier</b>                                | 74 000                       | 3 000 000                                        |
| <b>Köttindustri</b>                                    |                              |                                                  |
| Klass 3, ospecificerat                                 | 3 700                        | 230 000 <sup>26</sup>                            |
| Slam, spillblod, mag- och tarminnehåll                 | 37 000                       | 2 100 000 <sup>27</sup>                          |
| Tarmpaket                                              | 2 500                        | 140 000 <sup>28</sup>                            |
| Kasserade produkter och råvaror                        | 220                          | 110 000 <sup>29</sup>                            |
| Fett från fettavskiljare                               | 1 300                        | 130 000 <sup>30</sup>                            |
| <b>Totalt, köttindustri</b>                            | 45 000                       | 2 700 000                                        |
| <b>Fiskindustri</b>                                    |                              |                                                  |
| Fiskrens                                               | 4 300                        | 290 000 <sup>31</sup>                            |
| Fettriikt slam                                         | 1 600                        | 54 000 <sup>31</sup>                             |
| <b>Totalt, fiskindustri</b>                            | 5 900                        | 340 000                                          |

|                                             |                       |                                          |
|---------------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------|
| <b>Bryggerier</b>                           |                       |                                          |
| Korn- och maltavrens                        | 6 600                 | 24 000 MWh <sup>32</sup>                 |
| Grönmaltsgröddar                            | 340                   | 1 100 MWh <sup>33</sup>                  |
| Drav                                        | 8 600                 | 7 200 MWh <sup>34</sup>                  |
| "Mos- och jästrest"                         | 22 000                | 18 000 MWh <sup>34</sup>                 |
| <b>Totalt, bryggerier</b>                   | <b>38 000</b>         | <b>50 000 MWh</b>                        |
| <b>Konsumtionssprit</b>                     |                       |                                          |
| Drank                                       | 345 000               | 8 300 000 <sup>35</sup>                  |
| <b>Totalt, konsumtionssprit</b>             | <b>345 000</b>        | <b>8 300 000</b>                         |
| <b>Stärkelseindustri</b>                    |                       |                                          |
| Fruktsaft                                   | 50 000 m <sup>3</sup> | 4 400 MWh <sup>36</sup>                  |
| Fruktsaft med lägre kväveinnehåll           | 50 000 m <sup>3</sup> | 4 400 MWh <sup>36</sup>                  |
| Foderprotein                                | 700                   | 340 000 <sup>37</sup>                    |
| Pulpa                                       | 3 000                 | 130 000 <sup>38</sup>                    |
| Spill från förädling                        | 100                   | 37 000 <sup>39</sup>                     |
| <b>Totalt stärkelseindustri</b>             | <b>100 000</b>        | <b>8 800 MWh + 510 000 m<sup>3</sup></b> |
| <b>Kemi- och läkemedelsindustri</b>         |                       |                                          |
| NovoGro®                                    | 150 000               | *                                        |
| Jästrest                                    | 28 000                | *                                        |
| Etanolrest                                  | 3 000                 | *                                        |
| C5 molass (65% TS)                          | 12 000                | *                                        |
| ELUAT                                       | 40-50                 | *                                        |
| <b>Totalt, kemi- och läkemedelsindustri</b> | <b>190 000</b>        | <b>*</b>                                 |

<sup>1</sup> Baseras på Börjesson m.fl. (2010): Skörd<sub>vete</sub> = 6,4 ton TS/ha, år, skörd<sub>vete&halm</sub> = 10,7 ton TS/ha, år vilket ger: halm = 40% av grödan, samt antagandet att alla spannmål har samma utbyte kärna/halm. 60% av halmen kan användas.

<sup>2</sup> Baseras på Börjesson m.fl. (2010): Skörd<sub>rap</sub> = 2,8 ton TS/ha, år, skörd<sub>rap&halm</sub> = 6,1 ton TS/ha, år vilket ger: halm = 54% av grödan. 60% av halmen kan användas.

<sup>3</sup> Baseras på Börjesson m.fl. (2010): Skörd<sub>sockerbeta</sub> = 11,0 ton TS/ha, år, skörd<sub>sockerbeta&blast</sub> = 14,5 ton TS/ha, år vilket ger: blast = 24% av grödan. 50% av blasten kan användas.

<sup>4</sup> Baseras på Berglund och Börjesson (2003): TS<sub>halm</sub> = 82% och metanutbyte<sub>halm</sub> = 200 m<sup>3</sup>/ton TS.

<sup>5</sup> Baseras på Berglund och Börjesson (2003): TS<sub>betblast</sub> = 19% och metanutbyte<sub>betblast</sub> = 300 m<sup>3</sup>/ton TS.

<sup>6</sup> Baseras på Carlsson och Uldal (2009): TS<sub>majs</sub> = 30%, VS = 90% av TS, metanutbyte<sub>majs</sub> = 351 m<sup>3</sup>/ton VS.

<sup>7</sup> Baseras på Berglund och Börjesson (2003): TS<sub>vall</sub> = 23% och metanutbyte<sub>vall</sub> = 300 m<sup>3</sup>/ton TS.

<sup>8</sup> Baserat på Carlsson och Uldal (2009): TS<sub>melass</sub> = 85%, VS = 88% av TS, metanutbyte<sub>melass</sub> = 422 m<sup>3</sup>/ton VS.

<sup>9</sup> Betfor antas bestå av enbart betmassa eftersom melass enbart tillsätts för att söta fodermedlet (Flysjö m.fl., 2008). Resultatet fås baserat på Hutnan m.fl. (2000): TS<sub>betmassa</sub> = 90%, VS = 90% av TS, metanutbyte<sub>betmassa</sub> = 363 m<sup>3</sup>/ton VS.

<sup>10</sup> HP-massa består av 83% betmassa och 17% melass (Flysjö m.fl., 2000). Resultatet fås baserat på Hutnan m.fl. (2000): TS<sub>betmassa</sub> = 90%, VS = 90% av TS, metanutbyte<sub>betmassa</sub> = 363 m<sup>3</sup>/ton VS samt Carlsson och Uldal (2009): TS<sub>melass</sub> = 85%, VS = 88% av TS, metanutbyte<sub>melass</sub> = 422 m<sup>3</sup>/ton VS.

<sup>11</sup> Baseras på Bernesson m.fl. (1999): Metanutbyte<sub>kolhydrat</sub> = 370 m<sup>3</sup>/ton torrt material.

<sup>12</sup> Baseras på Carlsson och Uldal (2009): TS<sub>bröd</sub> = 61%, VS = 87% av TS, metanutbyte<sub>bröd</sub> = 350 m<sup>3</sup>/ton VS.

<sup>13</sup> Baseras på Carlsson och Uldal (2009): TS<sub>deg</sub> = 67%, VS = 90% av TS, metanutbyte<sub>deg</sub> = 290 m<sup>3</sup>/ton VS.

<sup>14</sup> Baseras på Carlsson och Uldal (2009): TS<sub>boss/agnar</sub> = 87%, VS = 90% av TS, metanutbyte<sub>boss/agnar</sub> = 250 m<sup>3</sup>/ton VS.

<sup>15</sup> Baseras på Carlsson och Uldal (2009): TS<sub>potatis</sub> = 25%, VS = 95% av TS, metanutbyte<sub>potatis</sub> = 411 m<sup>3</sup>/ton VS.

<sup>16</sup> Baseras på Carlsson och Uldal (2009): TS<sub>frukt- och grönsaksavfall</sub> = 15%, VS = 95% av TS samt Fagerström (2010): metanutbyte<sub>frukt- och grönsaksavfall</sub> = 374 m<sup>3</sup>/ton VS.

<sup>17</sup> Baseras på Carlsson och Uldal (2009): TS<sub>bioslam</sub> antas vara ett medelvärde av TS<sub>fettavskiljarslam</sub> (4%) och TS<sub>slam från slakteri</sub> (16%) vilket ger TS<sub>bioslam</sub> = 10%, samt Linné m.fl. (2008): metanutbyte<sub>avloppsslam</sub> = 195 m<sup>3</sup>/ton TS.

<sup>18</sup> Baseras på Carlsson och Uldal (2009): TS<sub>fettavskiljarslam</sub> = 4%, VS = 95% av TS, metanutbyte<sub>fettavskiljarslam</sub> = 682 m<sup>3</sup>/ton VS.

- <sup>19</sup> Baseras på Carlsson och Uldal (2009):  $TS_{\text{frityrfett}} = 90\%$ ,  $VS = 100\%$  av TS,  $\text{metanutbyte}_{\text{frityrfett}} = 757 \text{ m}^3/\text{ton VS}$ .
- <sup>20</sup> Baseras på Linné m.fl. (2008):  $TS_{\text{jäst}} = 15\%$ ,  $\text{metanutbyte}_{\text{jäst från bryggeri}} = 4,5 \text{ MWh/ton TS}$ .
- <sup>21</sup> Denna odefinierade avfallsström antas bestå av 50% olja och 50% socker. Resultatet fås baserat på Carlsson och Uldal (2009):  $TS_{\text{frityrfett}} = 90\%$ ,  $VS = 100\%$  av TS,  $\text{metanutbyte}_{\text{frityrfett}} = 757 \text{ m}^3/\text{ton VS}$  och Bernesson m.fl.(1999):  $\text{Metanutbyte}_{\text{kolhydrat}} = 370 \text{ m}^3/\text{kg torrt material}$ .
- <sup>22</sup> Baserat på Broberg (2009):  $TS_{\text{vassle}} = 6\%$ ,  $TS_{\text{gränsmjölk}} = 1\%$ ,  $\text{metanutbyte}_{\text{vassle/gränsmjölk}} = 494 \text{ Nm}^3/\text{ton TS}$ .
- <sup>23</sup> Baserat på Carlsson och Uldal (2009):  $TS_{\text{fettavskiljarslam}} = 4\%$ ,  $VS = 95\%$  av TS,  $\text{metanutbyte}_{\text{fettavskiljarslam}} = 682 \text{ Nm}^3/\text{VS}$ .
- <sup>24</sup> Baseras på Carlsson och Uldal (2009):  $TS_{\text{frityrfett}} = 90\%$ ,  $VS = 100\%$  av TS,  $\text{metanutbyte}_{\text{frityrfett}} = 757 \text{ m}^3/\text{ton VS}$ .
- <sup>25</sup> Baseras på Carlsson och Uldal (2009):  $TS_{\text{frukt- och grönsaksavfall}} = 15\%$ ,  $VS = 95\%$  av TS samt Fagerström (2010):  $\text{metanutbyte}_{\text{frukt- och grönsaksavfall}} = 374 \text{ m}^3/\text{ton VS}$ .
- <sup>26</sup> Baserat på Broberg (2009):  $TS_{\text{slakteriavfall}} = 15\%$ ,  $\text{metanutbyte}_{\text{slakteriavfall}} = 420 \text{ m}^3/\text{ton TS}$ .
- <sup>27</sup> Baserat på Carlsson och Uldal (2009):  $TS_{\text{mag/tarminnehåll}} = 16\%$ ,  $VS = 83\%$  av TS,  $\text{metanutbyte}_{\text{mag/tarminnehåll}} = 434 \text{ m}^3/\text{ton VS}$  och  $TS_{\text{spillblod}} = 10\%$ ,  $VS = 95\%$  av TS,  $\text{metanutbyte}_{\text{spillblod}} = 547 \text{ m}^3/\text{ton VS}$ . Ett medelvärde av dessa värden har använts för denna ospecificerade fraktion.
- <sup>28</sup> Baserat på Carlsson och Uldal (2009):  $TS_{\text{mag/tarminnehåll}} = 16\%$ ,  $VS = 83\%$  av TS,  $\text{metanutbyte}_{\text{mag/tarminnehåll}} = 434 \text{ m}^3/\text{ton VS}$ .
- <sup>29</sup> Baserat på Carlsson och Uldal (2009):  $TS_{\text{hundmat}} = 91\%$ ,  $VS = 91\%$  av TS,  $\text{metanutbyte}_{\text{hundmat}} = 615 \text{ m}^3/\text{ton VS}$ .
- <sup>30</sup> Baserat på Berglund och Börjesson (2003):  $TS_{\text{slakterislam}} = 18\%$ ,  $VS = 89\%$  av TS,  $\text{metanutbyte}_{\text{slakterislam}} = 620 \text{ m}^3/\text{ton VS}$ .
- <sup>31</sup> Baserat på Broberg (2009):  $VS_{\text{fiskrens}} = 13,3\%$ ,  $VS_{\text{fiskslam}} = 6,7\%$ ,  $\text{metanutbyte}_{\text{fiskrens/fiskslam}} = 500 \text{ Nm}^3/\text{ton VS}$ .
- <sup>32</sup> Baseras på Novozymes A/S (2009):  $TS_{\text{korn- och maltavrens}} = 95\%$ , "nedbrytbart energiinnehåll"  $_{\text{korn- och maltavrens}} = 13\,600 \text{ MJ/ton TS}$ .
- <sup>33</sup> Baseras på Novozymes A/S (2009):  $TS_{\text{grönmaltsgroddar}} = 88\%$ , "nedbrytbart energiinnehåll"  $_{\text{grönmaltsgroddar}} = 12\,700 \text{ MJ/ton TS}$ .
- <sup>34</sup> Baseras på Linné m.fl. (2008):  $TS_{\text{dravavfall}} = 21\%$ ,  $\text{metanutbyte}_{\text{dravavfall}} = 4 \text{ MWh/ton TS}$ .
- <sup>35</sup> Baseras på Carlsson och Uldal (2009):  $TS_{\text{drank}} = 8\%$ ,  $VS = 93\%$  av TS,  $\text{metanutbyte}_{\text{drank}} = 323 \text{ m}^3/\text{ton VS}$ .
- <sup>36</sup> En kubikmeter fruktsaft antas väga ett ton. Resultatet fås baserat på Fagerström (2010):  $TS_{\text{fruktsaft}} = 3,5\%$  och Linné m.fl. (2008):  $\text{energiutbyte}_{\text{fruktsaft}} = 2,5 \text{ MWh/ton TS}$ .
- <sup>37</sup> Baseras på Bernesson m.fl.(1999):  $\text{metanutbyte}_{\text{protein}} = 490 \text{ m}^3/\text{ton torrt material}$ .
- <sup>38</sup> Baseras på Carlsson och Uldal (2009):  $TS_{\text{potatisgröt}} = 15\%$ ,  $VS = 93\%$  av TS,  $\text{metanutbyte}_{\text{potatisgröt}} = 300 \text{ m}^3/\text{ton VS}$ .
- <sup>39</sup> Antas bestå av ren stärkelse. Resultatet baseras på Bernesson m.fl.(1999):  $\text{metanutbyte}_{\text{kolhydrat}} = 370 \text{ m}^3/\text{ton torrt material}$ .

\* Som redan nämnts har biogaspotentialen för restprodukter från kemi- och läkemedelsindustrin inte kunnat beräknas eftersom inte tillräcklig information om avfallsströmmarnas sammansättning hittats.