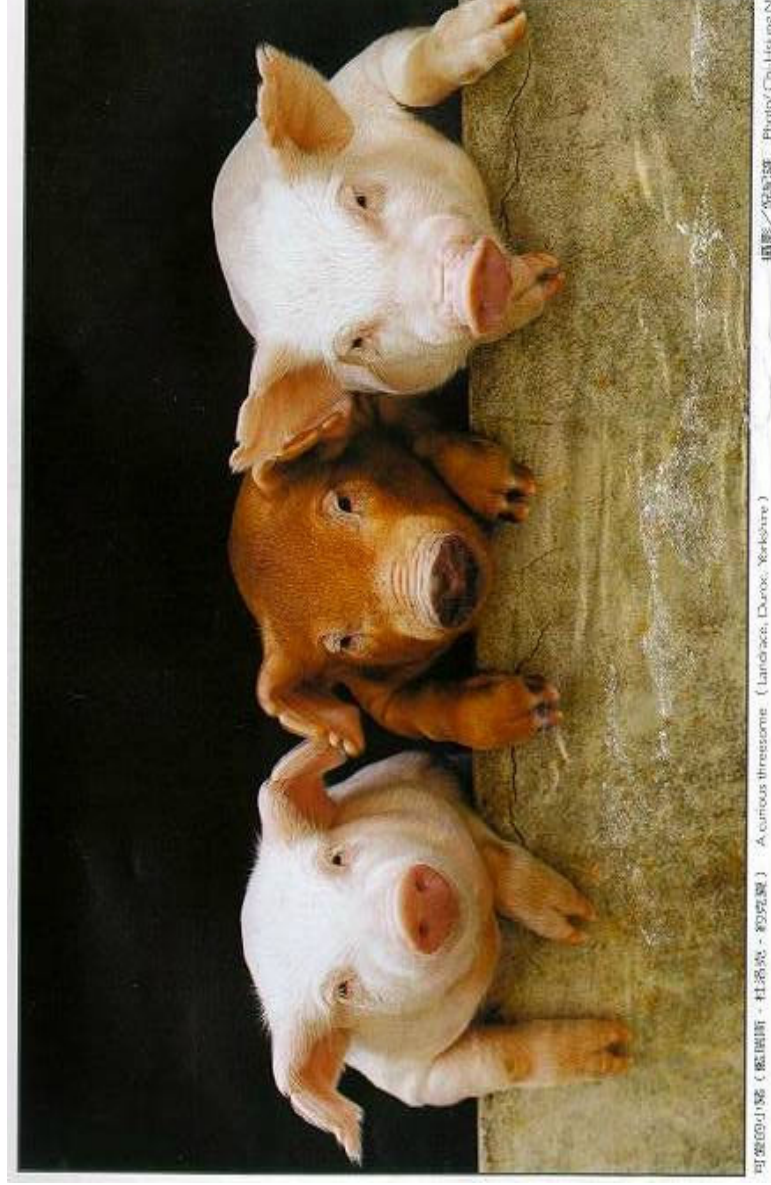


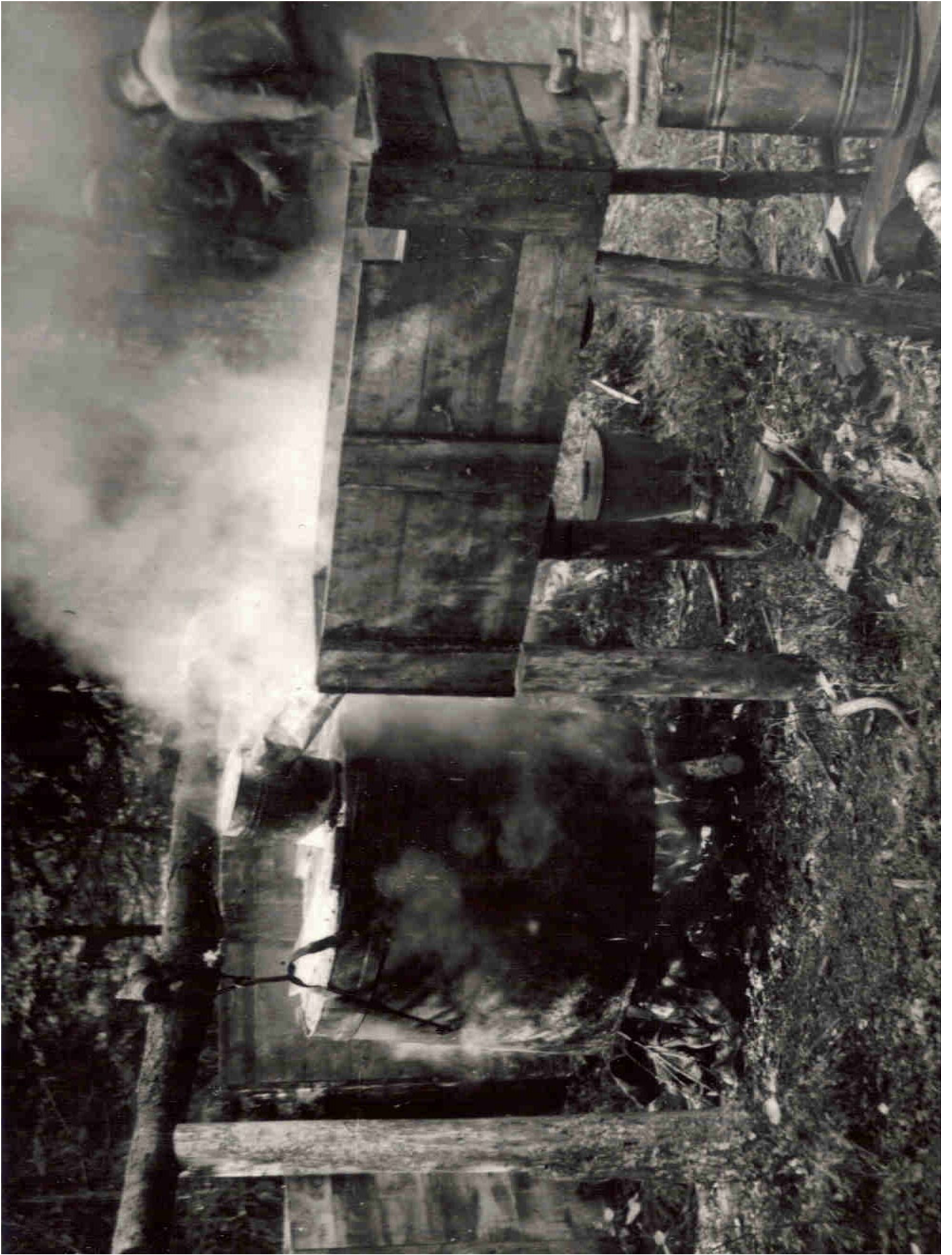
# Etanolin ihannuus



可愛的小豬（藍耳豬、杜洛克、粉皮豬） - A curious three-tone pig (Landrace, Duroc, Yorkshire)

攝影：高麗斌 Photo/Choi Heung Ni

**Bioenergiaa biomassasta**  
**Suomen maataloustieteellisen**  
**seuran seminaari**  
**Tieteiden talo**  
**9.11.2006**





Kuluuko etanolin tuotantoon enemmän energiaa kuin mitä lopputuote sisältää?

- **Ei**

Kasvatko kasvihuonekaasupäästöt nykytilanteeseen verrattuna?

- **Eivät**

Onko olemassa energiatehokkaampia tapoja hyödyntää biomassaa?

- **Kyllä**

Onko nyt käytössä parempia tapoja tuottaa bensiinin biokomponenttia?

- **Ei**



MTT

Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus | Agrifood Research Finland  
Forskningscentralen för jordbruk och livsmedelsekonomi

# Etanolin energiatase (USA)

David Pimentel et al. (2001), Pimentel, D & Patzek, T (2003), Pimentel, D & Patzek, T (2005) jne.

VS.

"**The Energy Balance of Corn Ethanol: An Update**", by Shapouri, H. et al (2002). U.S. Department of Agriculture, Office of Energy Policy and New Uses. "Corn ethanol is energy efficient... For every BTU dedicated to producing ethanol there is a **34% energy gain**... Only about **17% of the energy used to produce ethanol comes from liquid fuels**, such as gasoline and diesel fuel. For every 1 BTU of liquid fuel used to produce ethanol, there is a 6.34 BTU gain."

**Energy Balance/Life Cycle Inventory for Ethanol, Biodiesel and Petroleum Fuels**", by Minnesota Department of Agriculture. "The finished liquid fuel energy yield for fossil fuel dedicated to the production of ethanol is **1.34** but only 0.74 for gasoline. In other words the energy yield of ethanol is (1.34/0.74) or **81 percent greater than the comparable yield for gasoline.**"

"**Argonne National Laboratory Ethanol Study**", by Wang, M. 2005. "**Ethanol generates 35% more energy than it takes to produce** [...] The new findings support earlier research that determined ethanol has a positive net energy balance.

"**The 2001 Net energy balance of Corn Ethanol**" by USDA (2004). "**Ethanol may net as much as 67% more energy than it takes to produce.**"





## Energiatase (USA)

*"Only Dr. Pimentel disagrees with this analysis. But his outdated work has been refuted by experts from entities as diverse as the **USDA, DOE, Argonne National Laboratory, Michigan State University, and the Colorado School of Mines**. While the opponents of ethanol will no doubt continue to peddle Pimentel's baseless charges, they are absolutely without credibility."*

- Renewable Fuels Association (2002)



# KHK- ja energiatase (Suomi)

Tuula Mäkinen, Sampo Soimakallio, Teuvo Paappanen, Katri Pahkala, Hannu Mikkola:  
*Liikenteen biopolttoaineiden ja peltoenergian kasviuonekaasutaseet ja uudet liiketoimintakonseptit*. VTT tiedotteita, kesäkuu 2006. 133 + 21 s.

*”Tässä työssä tarkastelujen vertailutilanteeksi valittiin hoidettu viljelemätön pelto, koska energiantuotanto tai viljelemättömyys on todennäköisin vaihtoehto alueilla, joilla viljan tuotantoedellytykset ovat heikot.” s. 20*

- Vaikutuksia tutkittaessa pitäisi tehdä jaottelu lisäisen tuotannon ja nykyisen tuotannon uudelleenkohdentamisen välillä
- Todellisuudessa etanoliohra, rypsi ja ruokohelpi korvaavat rehuohraa ja muita taloudellisesti heikkotuottoisia viljoja.
- koko elinkaaren taseessa etanolin KHK -päästöistä n. 75 % syntyy alkutuotannossa (N2O merkittävä)
- ilman alkutuotantoa etanolin primääripanokset ovat n. 65 % saatavasta energiasta, alkutuotannon kanssa 83 %
- ilman alkutuotantoa etanolin KHK -päästöt ovat n. 35 kg CO2/GJ, alkutuotannon kanssa 105 kg CO2/GJ. (s. 107 – 108)

# Etanolituotannon taloudesta

- Tislauksessa erotettu rankki prosessoidaan kuitu- ja valkuaispitoiseksi kuiva- tai märkärehuksi
- Tärkein etanolituotannon kannattavuuteen vaikuttava tekijä on etanolin myyntihinta
- Eurooppalaisen viljaetanolinuotannon tuotantokustannuksen arvioidaan olevan noin 42 - 50 snt/l
- Chicagon raaka-ainepörssin etanolifutuurit määrittävät etanolin hinnan Yhdysvalloissa
- Kesän 2006 hintahuiput olivat 90 snt/l, mutta nyttemmin hinta on laskenut jopa alle 40 snt/l tasolle
- Euroopassa hinnat ovat olleet korkeammat rahtikustannusten ja tullien mahdollistamana (60 - 63 snt/l)

# Etanoliprosessin ominaisuuksia

- 20 % – 60 % kokonaiskustannuksista aiheutuu prosessoinnista (raaka-aineen käsittely, fermentointi, talteenotto), myös tähän kiinnitettävä huomiota
- Raaka-aineen käsittelyn kehittämiseen panostettu selvästi enemmän kuin fermentoinnin kehittämiseen (erityisesti toisen sukupolven etanoliraaka-aineisiin)
- Perinteinen hiivafermentointi edelleen vallalla: hiivan tuotto, panosfermentointi, etanolin tislaus



# Hiiwafermentoinnin heikkouksia

- Hiivamassan tuotto ja huono hyödyntäminen
- Alhainen volumetrinen tuottonopeus (g etanolia/litra x tunti)
- **Suuret laitteistot, korkeat investointikustannukset**
- Vain heksoosisokerit hyödynnetään (erit. 2. sukupolven raaka-aineet)
- Hiiwa sietää huonosti inhibiittoreita (2. sukupolven raaka-aineet)
- Muita biopolttoaineita heikempi energiatalous

# Mahdollisuuksia

- Hyödyntää kerran tuotettua mikrobimassaa toistuvasti => vaatii vähän raaka-aineita mikrobimassan tuottamiseen ja vastaavasti tuottaa vähemmän jätettä (mikrobit kiinni kiinteässä kantajamateriaalissa)
- Prosessissa huomattavasti vähemmän luppoaikaa (pesut, panostaminen, steriloinnit, tyhjennykset, siirrostamiset, mikrobien kasvu)
- Korkeampi mikrobiitiheys prosessissa (5 - 20 kertainen) => korkeampi volumetrinen tuottonopeus (5 - 10 kertainen) => pienemmät laitteistot => alaisemmat investointikustannukset
- Mahdollisuus jatkuvaan prosessiin
- Olosuhteiden ei tarvitse suosia mikrobien kasvua, ainoastaan etanolin tuottoa
- Perinteinen hiivaprosessi on kypsää tekniikkaa – immotekniikalla saavutettu 10 - 50 kertaisia volumetrisiä tuottonopeuksia erittäin korkeilla solutiheyksillä (teolliseen mittakaavaan soveltumattomilla kantajilla)
- Immotekniikkaa sovelletaan teollisessa mittakaavassa oluen jälkikäymisessä



### Options 3 And 4: Bioethanol From Wood or Straw using Acid Hydrolysis

This process is under experimental testing in several countries, but only a few countries, including Sweden, are using it for the large-scale production of ethanol. In the case of Sweden, it is used for the production of ethanol to run buses for the Stockholm Transportation agency. The cost of the acid is a major consideration, but a **greater issue is the equipment and reagents required to remove the acid before the fermentation process**. A further cost is the cultures required for the conversion of the C5 and C6 sugars to alcohol. **The process has relative low levels of productivity - partly due to the lack of efficiency in the fermentation of C5 sugars, and this further pushes up costs**. Improving the efficiency of this fermentation process could bring about considerable increases in the efficiency of the process, but the problems and costs entailed by the use of acids for the hydrolysis process are inevitable, and therefore the enzymic hydrolysis route may be the only route to lower costs in the medium term for a lignocellulosic route to ethanol.

### Option 5: Bioethanol From Wheat

This is a well-established process, not for the production of bioethanol for transport, but due to experience in the production of alcoholic beverages. However, it is an expensive and energy intense processes. The issue of C5 sugar fermentation, however, does not apply to this chain, but **the costs of fermentation remains high and there is little chance of these costs being reduced**. High-energy costs derive from the high temperatures used, including within the final distillation process to produce pure ethanol from the fermentation liquor. These energy costs could be reduced by the use of CHP plant, providing heat and electricity for the plant and additional electricity to export to the grid. CHP plants are already used at some breweries (CHPA 2001), but it is possible that further cost reductions could be derived by burning wheat residue (husks) in the CHP boiler, thereby making use of a low value by-product of the process. In summary, there is little potential for reduction in costs through improving process efficiency but some cost savings could be made in energy costs.

Lähde: Department for transport / AEA, UK

# Tuotanto ja tulevaisuus Suomessa

- Perinteisellä etanolilla rajallinen potentiaali

- Viljelymaan ja etanolin kysynnän rajallisuus
- Rehun kysynnän rajallisuus
- Ei kilpailukykyä vientiin asti
- Välikauden ratkaisu
- 2 – 3 suurehkoa tehdasta?

- Tulevaisuus

- Hajautettu pienen mittakaavan etanolintuotanto mahdolliseksi?
- Etanolia puusta, oljesta ja ruokohelvestä vielä suuremmalla volyyymilla?
- Jotain muuta polttoainetta?



# Mitä tutkimustietoa tarvitaan?

- **Tietoa sovelluksista ja systeemeistä**
  - Ei enää naiiveja yleistyksiä energiataaseista tai raaka-aineista
  - Hyvät ratkaisut usein paikallisia
  - Lämpöyrittäjäys ja pellettiiketoiminta nousevat jo
  - Hajautettu polttoainetuotanto on vaarassa unohtua
- **Skenaarioita eri tulevaisuuksista**
  - eri päästöjen rajoitusvaihtoehdoilla
  - eri fossiilisten polttoaineiden hintakehityksillä
  - eri maatalousmaan käyttövaihtoehdoilla
  - eri metsäteollisuuden kehitysurilla



Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus | Agrifood Research Finland  
Forskningscentralen för jordbruk och livsmedelsekonomi

www.mtt.fi

# Lisätietoja

[antto.vihma@mtt.fi](mailto:antto.vihma@mtt.fi)