

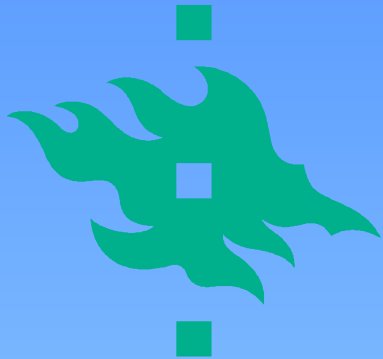
# **Lypsykarjatilojen energiankulutus ja energiankäytön tehostaminen**

**Energiasuunnittelijakoulutus 10.12.2014**

**Järvenpää**

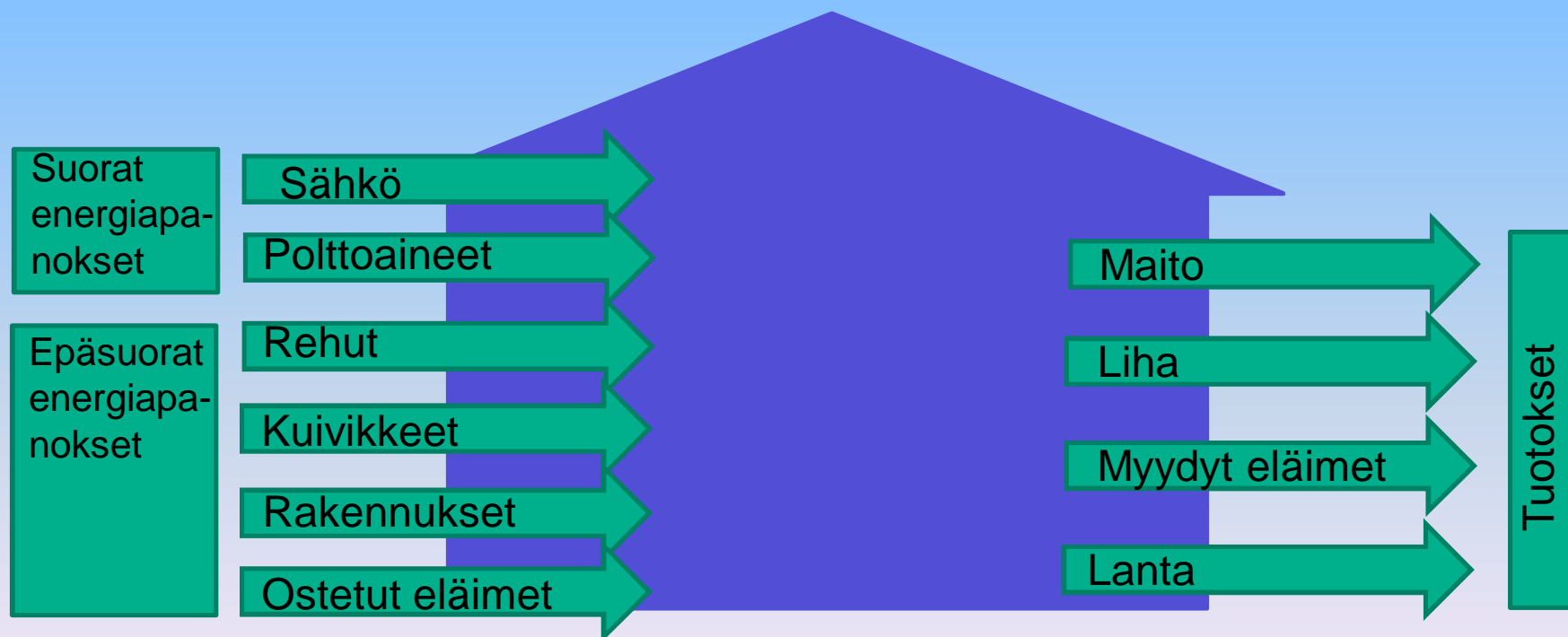
**Mari Rajaniemi**

**[mari.rajaniemi@helsinki.fi](mailto:mari.rajaniemi@helsinki.fi)**



# Lypsykarjatiljan energiapanokset ja tuotokset

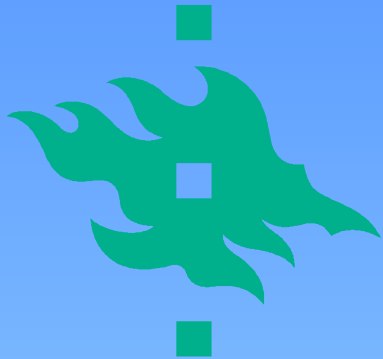
- Energiasuhdetta ( $N_e = E_{\text{tuote}}/E_{\text{tuotanto}}$ ) käytetään, kun halutaan verrata tuotannon energiatehokkuutta.
- Kasvintuotannossa energiasuhde on yleensä yli 1 ja kotieläintuotannossa alle.





# Suora energiankulutus lypsykarjanavetassa

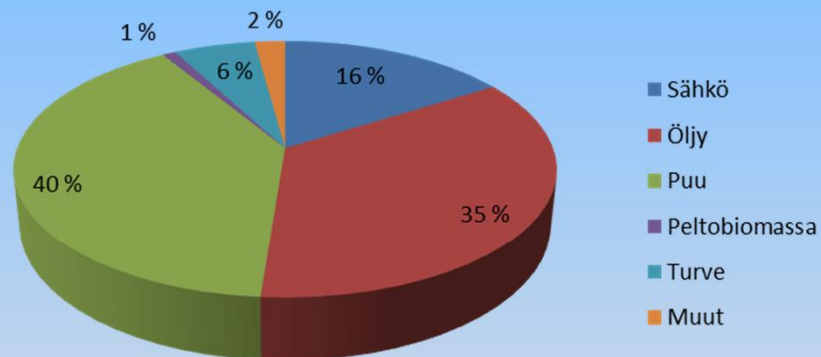
kWh/maitolitra		Lähde
0,148	150 lehmää, lypsyasema, aumasiilo, sis. diesel ruokintaan	Hördahl 2008
0,141	220 lehmää, lypsyasema, aumasiilo, sis. diesel ruokintaan	Hördahl 2008
0,203	Sähkönkulutus, 120 lehmää, robotti, tornisiilo	Hördahl 2008
0,125	146 lehmää, robotti/lypsyasema, aumasiilo, sis. diesel ruokintaan	Hördahl 2008
0,18 0,16 <sup>1)</sup>	Kyselytutkimus, sähkönkulutus	TTS 2009
0,10 - 0,14	Sähkönkulutus	Schäfer 2013
0,09	Sähkönkulutus (esimerkkitala 2)	Rajaniemi 2014



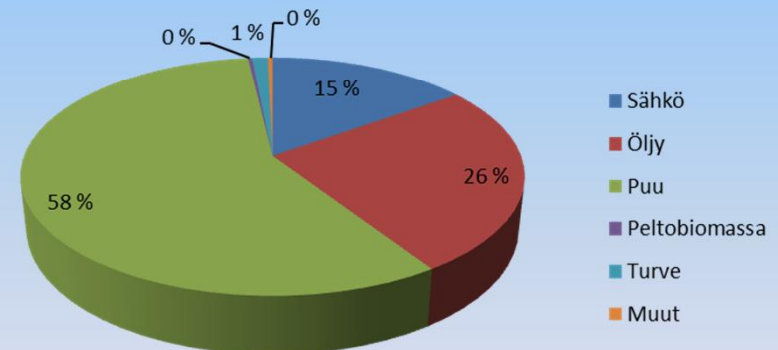
# Mihin energiaa kuluu maidontuotannossa?

- Vajaa 30 % maa- ja puutarhatalouden energiankulutuksesta.

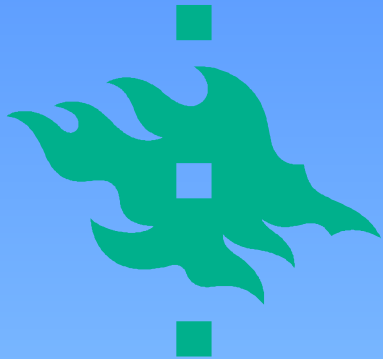
Maa- ja puutarhatalous (10,44 TWh)



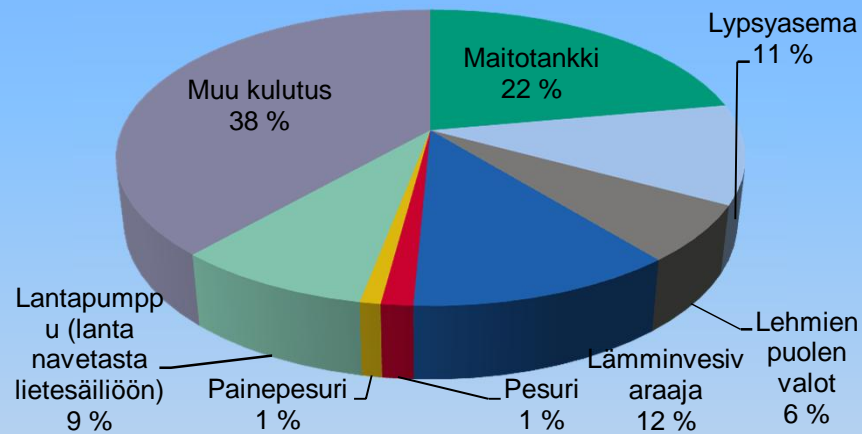
Lypsykarjatalous (3,083 TWh)



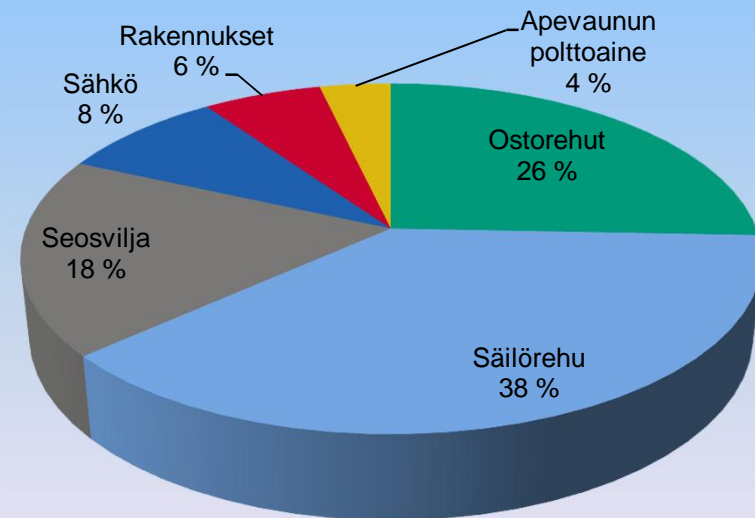
Lähde: Tike 2010



# Energiankulutuksen jakautuminen (tila 2)



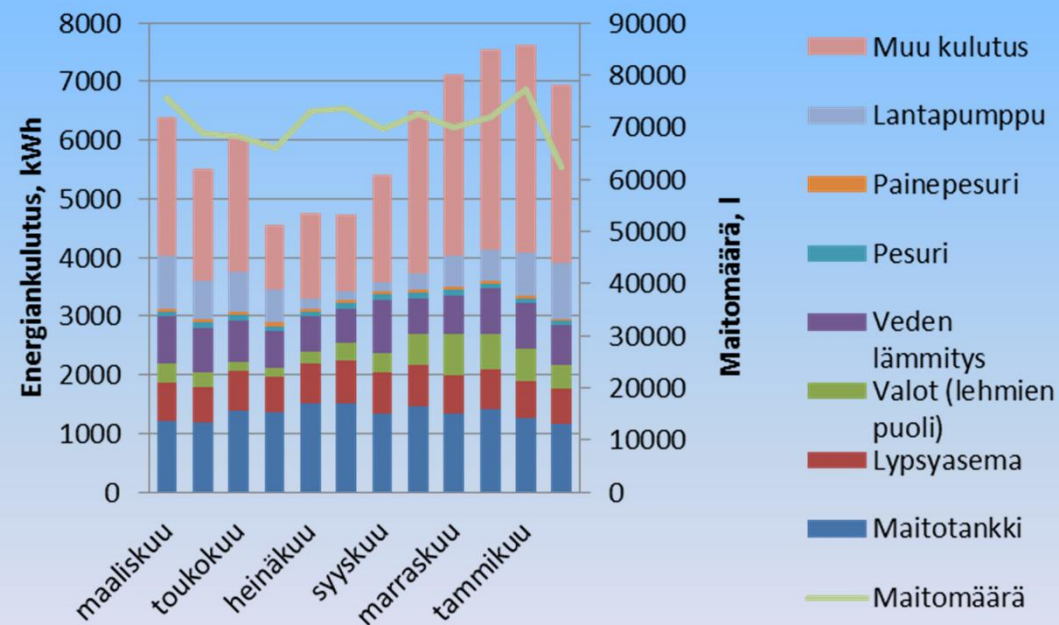
Lähde: Rajaniemi 2014



Lähde: Kinnunen 2014



# Sähkönkulutuksen jakautuminen (tila 2)

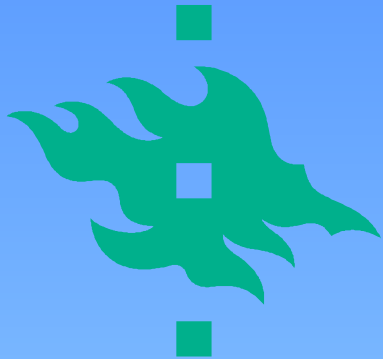




# Valaistus (1/3)



- Valaistuksen energiankulutus (80 - 500 kWh/lehmä) vaihtelee paljon tilojen välillä (Turunen 2013).
- Huomioi mm. lamppujen polttoikä (h), energiatehokkuus ja himmennettävyys sekä valaisimen hyötysuhde.
  - Pitkä polttoikä vähentää huoltotarvetta (lamppujen vaihtamista).
  - Hyvä energiatehokkuus. Paljon valoa suhteessa energiankulutukseen.
  - Himmennyksellä voidaan pienentää energiankulutusta.
  - Valaisimen hyötysuhde.
- Valovirran alenema.
  - Kannattaa vaihtaa lamput jo ennen kuin ne ovat palaneet loppuun.
- Lamppujen valotehokkuus (lm/W) kertoo lamppujen energiatehokkuudesta.
  - Mitä suurempi luku, sitä parempi.
  - Watit kertovat vain lampun tehosta, eivät siitä kuinka paljon valoa lamppu tuottaa!

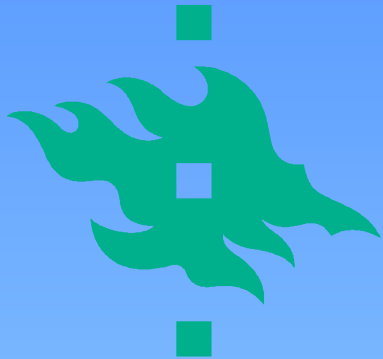


## Valaistus (2/3)

---

- Luonnonvalon hyödyntäminen valaistuksessa.
  - Valokate
  - Ikkunat
- Valaistuksen himmentäminen, liiketunnistin, aikakatkaistu ja hämäräkytkin.
  - Tarkista onko lamppu himmennettävissä.
- Turhien valojen sammuttaminen.
- Valaisinten puhtaanapito.
  - Valotehokkuus pienenee, jos lamput likaisia.
  - Tärkeää, että valaisimet olisivat helposti puhdistettavia.
  - Paloturvallisuus

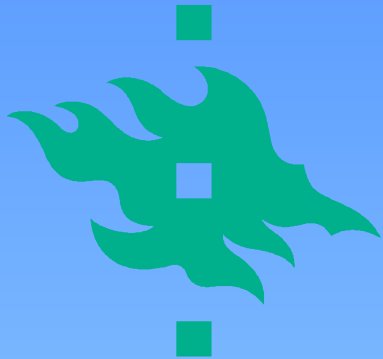




## Valaistus (3/3)

---

- Vaaleat, puhtaat pinnat.
  - Vaaleat ja puhtaat pinnat heijastavat paremmin valoa kuin tummat tai likaiset.



# Valaistusvaatimukset

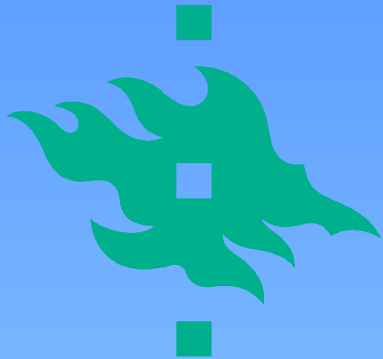
MMMä (8/2012) Tuettavaa rakentamista koskevista lypsykarjarakennusten rakennusteknisistä ja toiminnallisista vaatimuksista, 6 § ja 7 §

*”Lypsykarjarakennuksessa on oltava sellainen keinovalaistus, että eläimet voidaan hoitaa ja tarkastaa turvallisesti ja asianmukaisesti. Valaisimet on sijoitettava ja suunnattava tarkoituksenmukaisesti siten, että ne eivät aiheuttaa häikäisyä eikä keinovalo saa olla eläimille häiritsevän voimakas.”*

- Kotelointiluokka vähintään IP44.
- Ikkunoita ja valoaukkoja vähintään 5 % lattiapinta-alasta.
- Valaistuksen vähimmäisvaatimukset

Kohde	Lx
Eläintilan yleisvalaistus	150 <sup>1)</sup>
Lypsyasema	250 <sup>2)</sup>
Nuoren karjan tila	100 <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> 2 metrin korkeudella, <sup>2)</sup> Utarekorkeudella



# Valaistuksen vaikutus tuotokseen

---

- Tutkimuksissa on saatu tuloksia, että erilaisilla valo-ohjelmilla voidaan saavuttaa mm. tuotoslisäys.
- Pitkänpäivän valo-ohjelma (16 -18 h valoa ja 8 - 6 h pimeää) tuotannossa oleville lehmille ja hiehoille.
  - Valoa vähintään 160 lx, pimeää alle 10 lx (vaihtelee eri tutkimuksissa).
- Lyhyen päivän valo-ohjelma (8h valoa ja 16 h pimeää) ummessa oleville ja hiehoille ennen poikimista.



# Ilmanvaihto (1/2)

---

- Ilmanvaihdon tarkoituksena on mm. alentaa haitallisten kaasujen pitoisuuksia, vähentää kosteutta ja tuoda tilalle raikasta korvausilmaa.
- Riittävä ilmanvaihto
  - Lämpöstressi vähentää maitotuotosta.
  - Lämpötilan lisäksi ilman suhteellinen kosteus vaikuttaa lehmän kokemaan lämpöön.
    - Alentaa rehunsyöntiä.
    - Korkeatuotoksisiin lehmiin vaikuttaa enempi kuin matalatuotoksisiin.
- Koneellisista ilmanvaihtoratkaisuista tyypillisin on alipaineilmanvaihto.



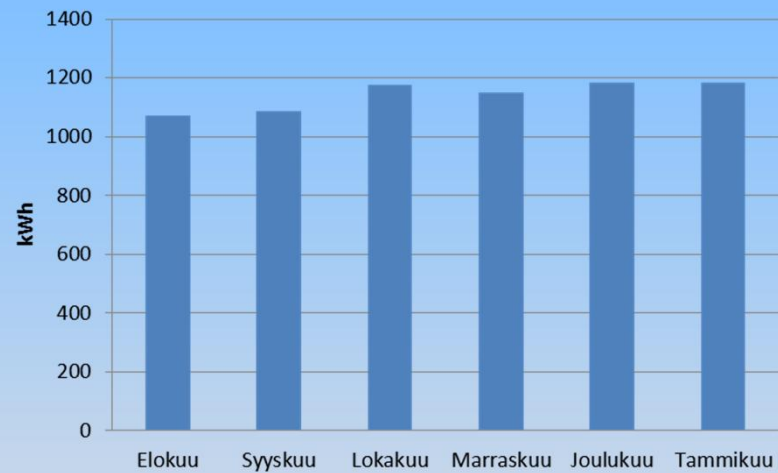
# Ilmanvaihto (2/2)

---

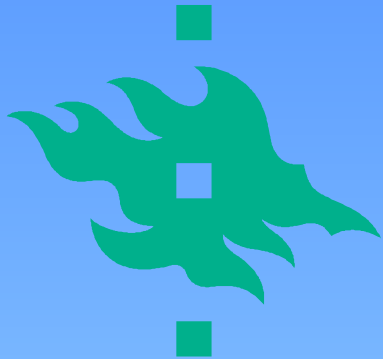
- Ilmanvaihtotapa.
  - Luonnollinen ilmanvaihto vs. koneellinen ilmanvaihto.
  - Osittain luonnollinen ilmanvaihto vähentää energiankulutusta.
  - Tasapaineilmanvaihto kuluttaa enemmän energiaa kuin alipaineilmanvaihto.
- Puhaltimen energiatehokkuus,  $W/(m^3/h)$ .
  - Puhaltimien energiatehokkuudet vaihtelevat paljon.
- Ilmanvaihtohormin muotoilu.
  - Sulavasti muotoiltu hormi.
- Puhaltimen säätö taajuusmuuntajalla.
- Puhaltimien huolto ja puhtaanapito.



# Ilmanvaihdon energiankulutus, (tila 1)

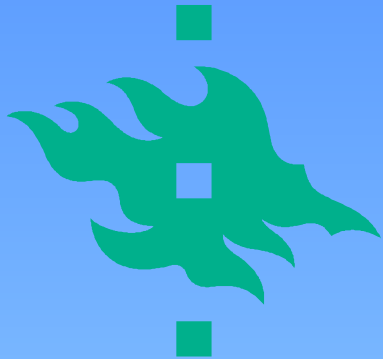


Lehmät laitumella osittain syyskuun puoleenväliin saakka. Katossa viisi poistoilmapuhallinta (teho 0,29 kW/puhallin).



# Lypsy

- Eri tutkimuksissa sähkönkulutus vaihtelee välillä 8 - 30 Wh/maitolitra.
- Robotin kulutus yleensä suurempaa kuin lypsyaseman kulutus.
  - Vaihtelee paljon merkkien välillä.
  - Robotin kulutus melko tasaista, vaikka tilan maitomäärä tai lehmämäärä vaihtelisikin.
- Tyhjiöpumppu, joka on varustettu taajuusmuuntajalla kuluttaa vähemmän energiaa kuin ilman taajuusmuuntajaa.
  - Useimmiten puhutaan noin 40 – 60 % energiansäästöstä.
  - Tyhjiöpumpun oikea mitoitus.
- Kompressorin kuluttaa enemmän energiaa, jos ilmavuotoja tai liian korkea paine.

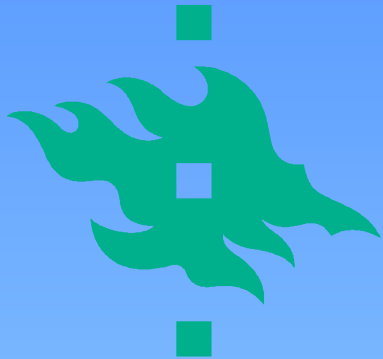


# Maitotankki

---

- Eri tutkimuksissa sähkönkulutus vaihtelee välillä 8 - 25 Wh/maitolitra.
- Suorajäähdytteinen tankki kuluttaa vähemmän energiaa kuin jääpankki.
- Maidon esijäähdytys vähentää tankin energiankulutusta.
  - Lyhentää sekoitus- ja jäähdytysaikaa
  - Voidaan käyttää pienempää jäähdytysyksikköä.
  - Peebles et al. 2003 raportoi noin 44 % säästöstä.
- Lämmön talteenottoalaite vähentää hieman tankin energiankulutusta.
  - 3 - 5 % pienempi kulutus (Peebles et al. 2003)
- Näiden laitteiden yhteisvaikutus ei kuitenkaan tuo yhtä suurta säästöä kuin laitteet toisivat erikseen.

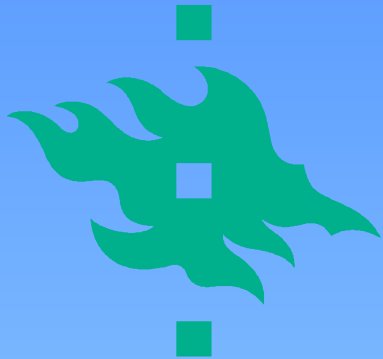




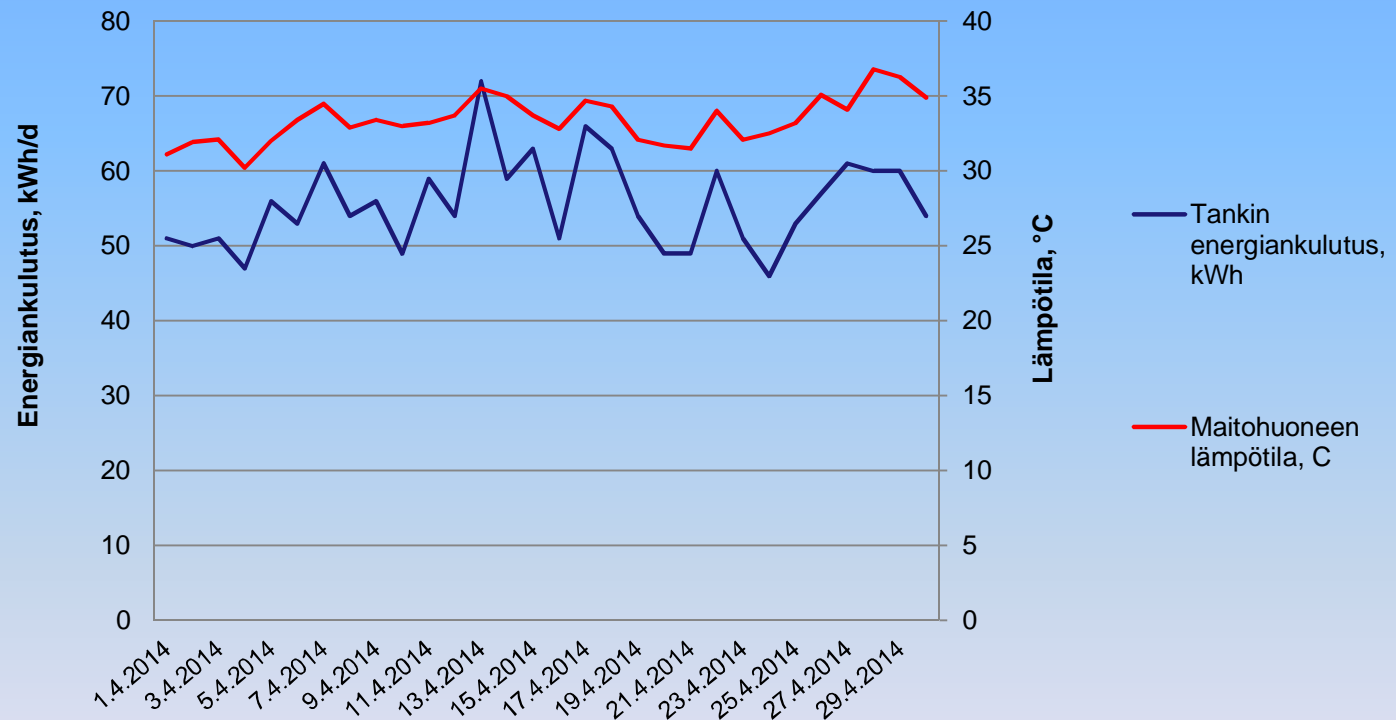
# Maitotankki

---

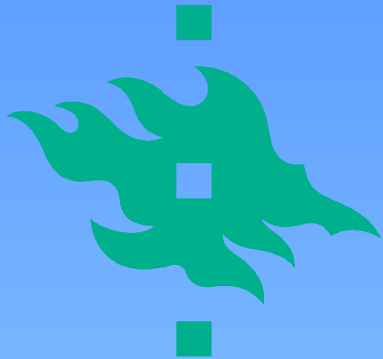
- Puhdista lauhdutin säännöllisesti.
  - Vaikuttaa lauhduttimen tehoon.
- Huolehdi maitohuoneen ilmanvaihdosta (riittävän matala lämpötila).
  - Tankin energiankulutus nousee, jos maitohuoneen lämpötila korkea.



# Esimerkki tankin kulutuksesta, (tila 1)



Lehmiä lypsyssä vajaa 60.



# Veden lämmitys

---

- Eri tutkimuksissa sähkönkulutus vaihtelee välillä 5 - 23 Wh/maitolitra.
- Tilakoon kasvaessa veden lämmitykseen kuluva energiamäärä laskee ja maidonjäähdytykseen kuluva energiamäärä kasvaa suhteessa.
- Lämmön talteenotto maidonjäähdytyksessä säästää energiaa.
  - Peebles et al. (2003) raportoi 40 - 50 %:n säästöstä.



# Maidon jäädytyksessä vapautuva lämpöenergia

Kuinka paljon maidon jäädytyksessä vapautuu lämpöä vuodessa, kun navetassa on tuotannossa keskimäärin 80 lehmää. Keskituotos on 10 000 kg/lehmä. Maidon lämpötila on noin 38 °C ja se jäädytetään 4 celsiusasteeseen.

$$E_q = c * q_m * \Delta T$$

$$E_q = \text{Maidosta vapautuva lämpö, KJ}$$

$$q_m = \text{Maitotuotos, kg}$$

$$c = \text{Maidon ominaislämpökapasiteetti, 3.93 KJ/kg °C}$$

$$\Delta T = \text{Lämpötilaero}$$

Maidosta vapautuva lämpömäärä on:

$$3,93 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} * 800\,000 \text{ kg} * 34 \text{ }^\circ\text{C} = \mathbf{106\,896 \text{ MJ}} \text{ eli } \mathbf{29\,693 \text{ kWh.}}$$

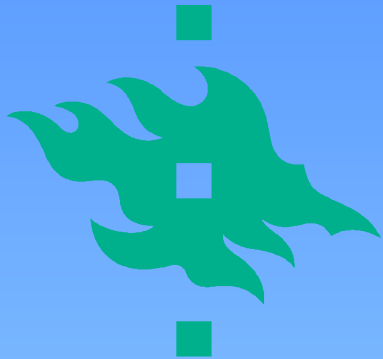
**Koko määrää ei saada kuitenkaan hyödynnettyä veden lämmityksessä!**



# Rehut ja ruokinta

---

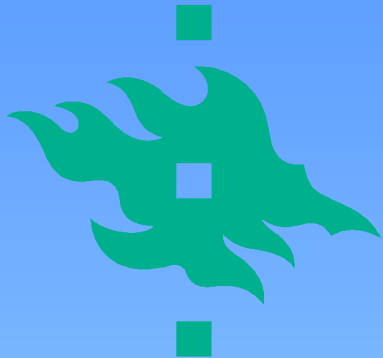
- Rehut ovat suurin energiapanos!
- Viljan ilmatiivis- tai murskesäilöntä.
- Kuivurin eristäminen (korkeintaan 30 % säästö).
- Typensitojakasvien käyttö.
  - Ostetun N-lannoitteen käytön vähentäminen.
- Väkirehut yleensä suurempi energiapanos kWh/kg ka kuin korsirehut.
- Laitumien energianpanos pieni, koska ei vaadi juurikaan konetyötä perustamisen jälkeen.
- Ruokinnan energiankulutus vaihtelee paljon tilojen välillä (yleensä pienintä, kun rehunjakoon käytetään sähkötoimisia laitteita).
  - Sähkömoottorin hyötysuhde noin 80 - 90 %, kun dieselmoottorin 25 – 35 % (parhaimmillaan noin 45 %).



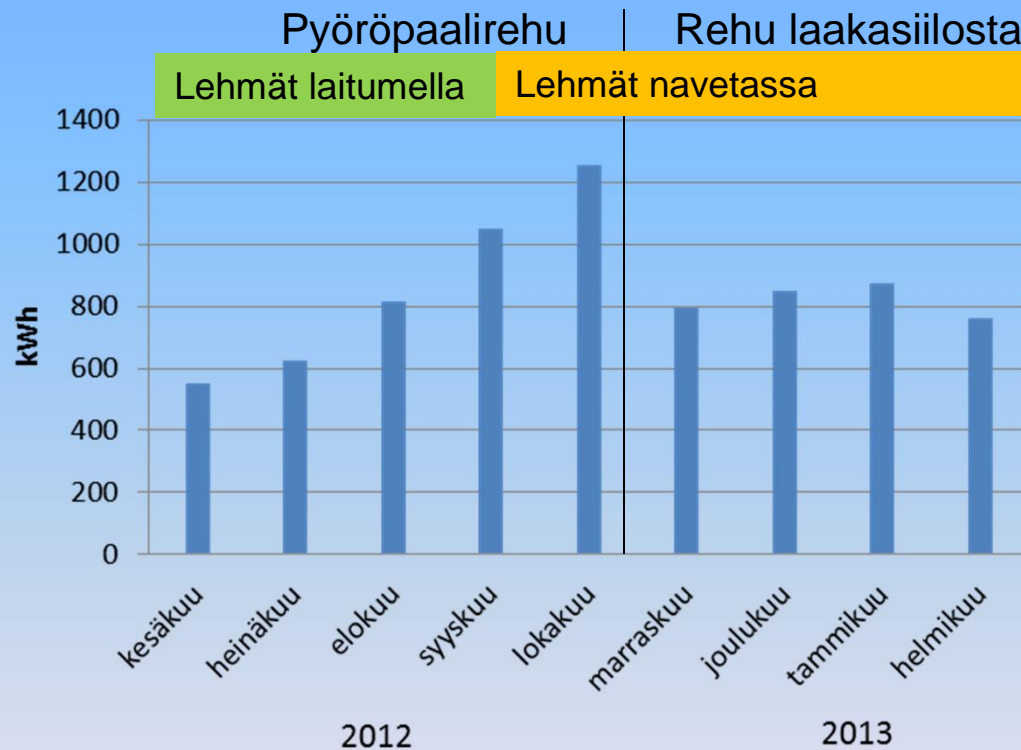
# Rehut ja ruokinta

---

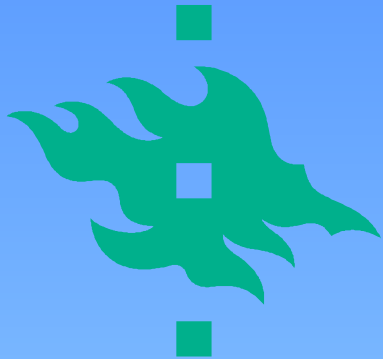
- Seosrehun valmistuksessa energiankulutukseen vaikuttavat mm.
  - Terien kunto
  - Valmistettava rehumäärä
  - Korsirehun ja väkirehun suhde
- Säilörehun korjuutekniikka
  - Pyöröpaalaus 5 l/ha (ei sisällä käärimistä, eikä paalien kuljetusta), noukinvaunu 15 l/ha (ei sisällä auman tiivistämistä) (Jokiniemi ym., 2012).
- Rehunhakulogistiikka
  - Tuodaanko pellolta yksi paali vai useampi kerrallaan.
- Rehun kuiva-ainepitoisuus.
  - Kuljetetaanko pellolta turhaan vettä.



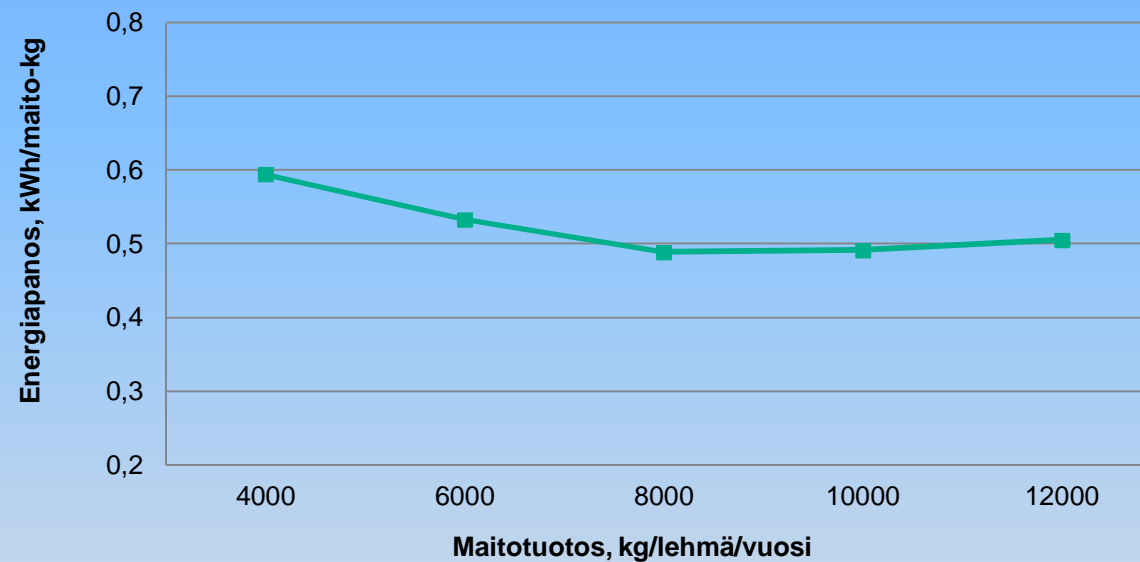
# Seosrehun tuotannon sähkönkulutus (tila 1)



Sähkökäyttöinen, kiinteä seosrehusekoitin.



# Rehujen energiapanos eri tuotostasoilla



Rehujen energiapanos maidontuotannossa eri tuotostasoilla. Laskelmassa ei ole huomioitu uudistusastetta. Lehmien väkirehutasot rehuista (% DMI:sta): 17% 4000 kg maitoa/lehmä/vuosi, 23% 6000 kg maitoa/lehmä/vuosi, 27% 8000 kg maitoa/lehmä/vuosi, 34% 10000 kg maitoa/lehmä/vuosi ja 38% 12000 kg maitoa/lehmä/vuosi. Lähde: Kraatz et al. 2009



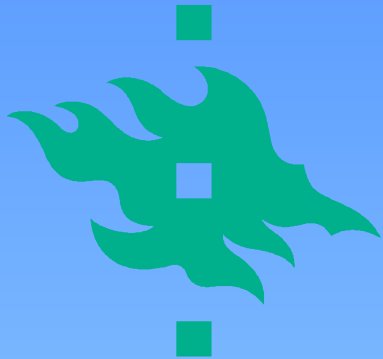


# Hiehon kasvatus

(Kraatz & Berg 2009)

- Kun lehmien uudistus-% kasvaa, energiankulutus ja kasvihuonekaasupäästöt tuotettua maitokiloa kohti kasvavat.
- Huomio karjan terveyteen (utaretulehdus, jalkojen kunto (ontumiset), hedelmällisyys) ja hyvinvointiin (DairyCo 2012).
- Hiehon kasvatus 0-25 kk.

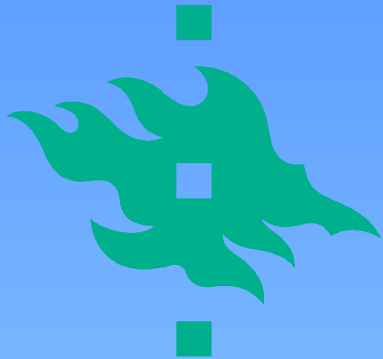
	Yksikkö	Rehut	Rakennukset ja varastot	Koneet ja laitteet
Kesällä täysipäiväinen laidunnus	MJ/hieho	9408	859	2530
Kasvatus sisätiloissa	MJ/hieho	11645	859	3719



# Potentiaalisimmat säästökohteet

---

- Vaihtelevat tilakohtaisesti.
- Suurin osa energiasta kuluu rehujen tuottamiseen.
  - Etenkin lannoitteisiin.
- Pääsääntöisesti suurin osa sähköstä kuluu lypsyyn ja maidonkäsittelyyn (lypsyyn, vedenlämmitykseen ja maidon jäähdytykseen).



# Energiansäästö Sähkö

- Sähkön kulutus pientä suhteessa muuhun energiankulutukseen.
  - Sähkönkäytön tehostamismahdollisuudet melko pieniä.
- Huomioi jo navettaa rakentaessa energiatehokkaat laiteratkaisut.
  - Energiatehokkaat ja pitkäikäiset lamput valaistuksessa (lumen/W).
    - LED
  - Energiatehokkaat puhaltimet
    - Taajuusmuuntaja.
  - Puhallinten tarkka säätöminen.
  - Älä polta valoja turhaan.
  - Pihavaloihin esim. kello- tai hämäräkytkin.
- Maidon jäädytyksessä lämmön talteenotto ja esijäädytys.
- Lypsyssä tyhjiöpumppu taajuusmuuntajalla.
- Huolla laitteet säännöllisesti.



# Energiansäästö Rehut

---

- Rehut suurin maidontuotannon energiapanos.
  - Ostorehun ja tilalla tuotetun rehun suhde.
  - Rehun prosessointi ja kuljetukset lisäävät aina rehun energiapanosta.
- Energiansäästö viljelyssä.
- Tavanomainen kylvöketju vs. suorakylvö
- Energiansäästö viljan säilönnässä.
  - Kuivurin eristäminen.
- Onko kuivaus tarpeellista.
  - Mahdolliset säilymistappiot ja hygieniaongelmat.
- Uusiutuvaan energiaan siirtyminen ei tarkoita energiansäästöä, mutta rahaa voi säästyä, energiaomavaraisuus lisääntyä ja kasvihuonekaasumäärä pienentyä.
  - Vaarana, että energiatehokkuus heikkenee, kun energian hinta halpenee. Käytetään energiaa tehokkaasti, vaikka se olisi halpaakin.



# Lähteet

**Agree 2012.** State of the art on energy efficiency in agriculture, Country data on energy consumption in different agroproduction sectors in the European countries. [http://www.agree.aua.gr/Files/Agree\\_State.pdf](http://www.agree.aua.gr/Files/Agree_State.pdf)

**Hörndahl, T. 2008.** Energy use in farm buildings – A study of 16 farms with different enterprises. Revised and translated second edition. Swedish university of agricultural sciences, Faculty of landscape planning, horticulture and agriculture science. Report 2008:8.

**Jokiniemi, T., Rossner, H. & Ahokas, J. 2012.** Simple and cost effective method for fuel consumption measurements of agricultural machinery. Agronomy Research. Biosystems engineering. Special issue 1, s. 97-107.

**Kinnunen, T. 2014.** Lypsykarjanavetan energia-analyysi: case tutkimus. Pro gradu –tutkielma. 87 s.

**Kraatz, S. & Berg, W. 2009.** Energy efficiency in raising livestock at the example of dairy farming. An ASABE meeting presentation. Paper number: 096715

**Kraatz, S., Berg, W. & Brunsch, R. 2009.** Factors influencing energy demand in dairy farming. South African Journal of Animal Science, 39 (supplement 1).

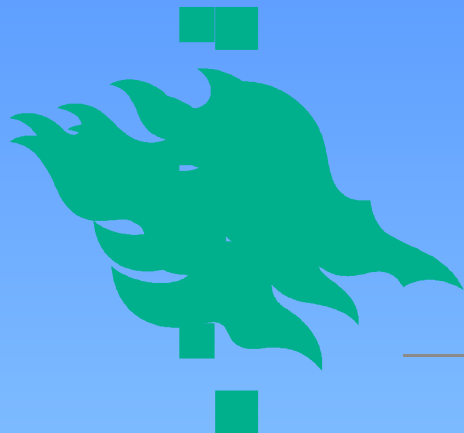
**Peebles, R.W., Reinemann, D.J. & Straub, R.J. 2003.** Analysis of milking center energy use. ASAE. Paper No 93-3534

**Schäfer, W. 2013.** Esimerkkejä seurannasta. Teoksessa: Ahokas, J. (toim.), Maatilojen energiankäyttö, ENPOS-hankkeen tulokset. Maataloustieteen laitoksen julkaisuja 15.

**Turunen, M.** Energiankäyttö ja säästö maidontuotannossa. Teoksessa: Ahokas, J. (toim), Energiankulutus ja säästö karjataloudessa.

**Tike 2010.** Maa- ja puutarhatalouden energiankulutuksen jakautuminen tuotantosuunnittain ja energialähteittäin vuonna 2010. Maatalouden rakennetutkimus, Maatalouslaskenta 2010.

**TTS 2009.** Maatilojen energiankäyttö. Maatilojen energiasuunnittelijakoulutuksen 13.-14.10.2010 materiaali.



**European Union**  
European Regional  
Development Fund  
Investing in your future



Tutkimus on osa Maaseudun energia-  
akatemia –hanketta. Lisätietoa tuloksista  
[www.energia-akatemia.fi](http://www.energia-akatemia.fi)