

# Sokli, radioaktiivisuus, säteily ja säteilyturvallisuus

Savukoski, 12.1.2010

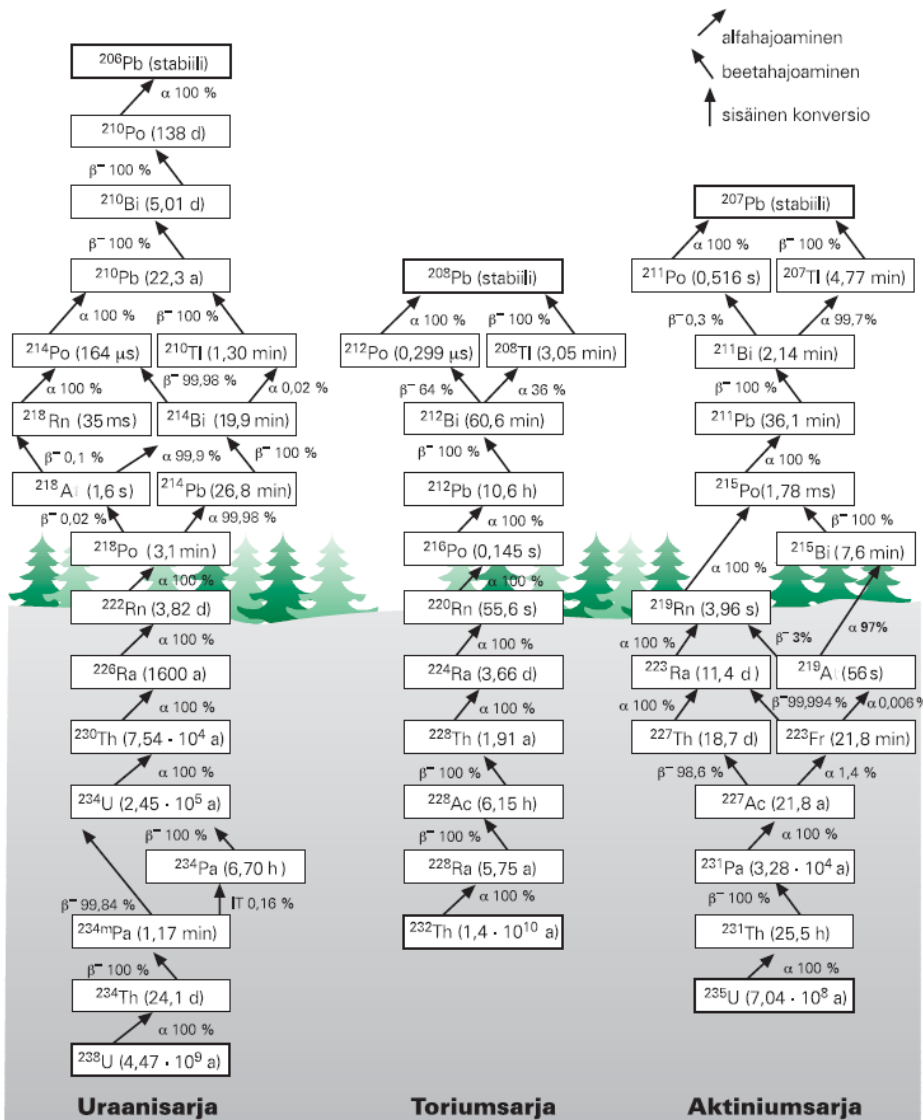
FT Raimo Mustonen  
Apulaisjohtaja  
Säteilyturvakeskus  
PL 14, 00881 Helsinki

[raimo.mustonen@stuk.fi](mailto:raimo.mustonen@stuk.fi)

# Sisältö

- Luonnon radioaktiivisuudesta
- Fosfaattimalmien luonnollinen radioaktiivisuus
- Lannoitteiden luonnollinen radioaktiivisuus (1980-luku)
- Säteilysuojelun perusteista
- Säteilyn terveysriskeistä
- Soklista ja säteilyturvallisuudesta
- Soklista ja ydinturvallisuudesta
- Savukosken talojen radonista

# Luonnon radioaktiivisuus maaperässä



- Uraani-238:n, torium-232:n ja uraani-235:n hajoamis-sarjat ja kalium-40
- 45 eri alkuaineiden radioaktiivista isotooppia (lisäksi suuri määrä muita isotooppeja, joiden pitoisuudet pieniä, mm. C-14, H-3)
- Alfa-, beeta- ja gamma-säteilyä

# Luonnon radioaktiivisten aineiden määriä

- Keskimääräisiä aktiivisuuspitoisuuksia maa- ja kallioperässä:

$^{238}\text{U}$       10 - 70    Bq/kg

$^{232}\text{Th}$       20 - 80    Bq/kg

$^{235}\text{U}$       0,5 - 3,5   Bq/kg

$^{40}\text{K}$         300 - 1000 Bq/kg

(1 Bq = yksi becquerel = yksi radioaktiivinen hajoaminen sekunnissa)

- Keskimääräisiä aktiivisuusmääriä ihmiskehossa (70 kg):

$^{238}\text{U}$       1,1    Bq

$^{232}\text{Th}$       0,1    Bq

$^{235}\text{U}$       0,05   Bq

$^{40}\text{K}$         4500   Bq

(kaliumista 0,012 % on radioaktiivista  $^{40}\text{K}$ :ia)

# Fosfaattimalmien radioaktiivisuuksia eri maissa

| Maa                       | U-238<br>Bq/kg | Th-232   | K-40 |
|---------------------------|----------------|----------|------|
| Tansania, Minjingu        | 6 500          | 550      | 330  |
| USA, South Carolina       | 4 800          | 80       | -    |
| Marokko                   | 1 400          | 10       | 35   |
| Israel                    | 1 400          | 10       | 20   |
| Togo                      | 1 300          | 110      | 100  |
| USA, Florida              | 1 300          | 30       | 30   |
| Tunisia                   | 600            | 90       | -    |
| Algeria                   | 500            | 70       | 10   |
| Kiina                     | 150            | 25       | -    |
| Venäjä, Kuola             | 80             | 130      | 40   |
| Suomi, Siilinjärvi        | 10             | 10       | 110  |
| Suomi, Sokli              | 100-1000       | 200-1700 | 30   |
| Suomi, Sokli (niobimalmi) | 1 000          | 4 000    | 30   |

# Luonnon radioaktiivisuus lannoitteissa (1)

Normaali Y-lannos (16-7-13) Suomessa 1980-luvun alussa

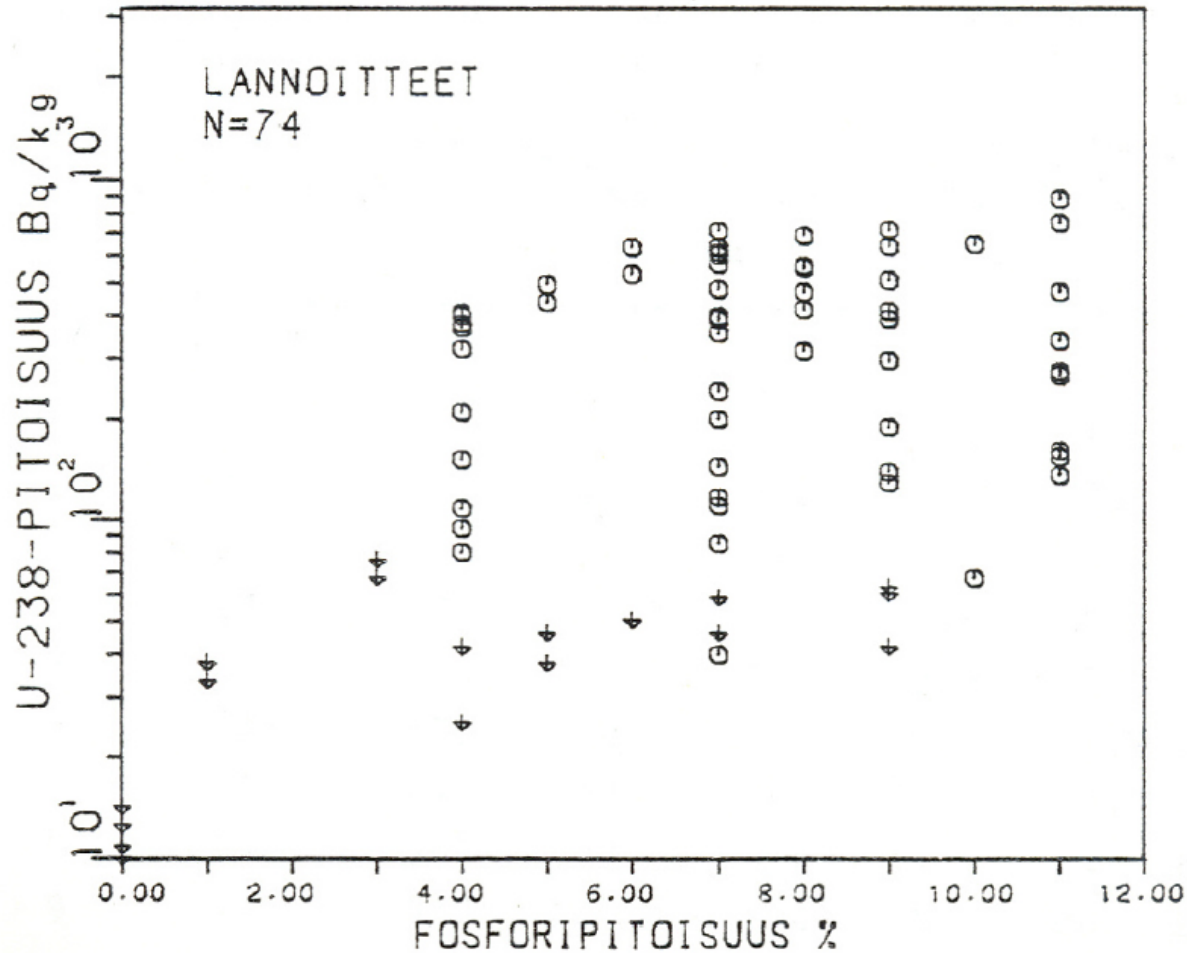
| Näyte | Tehdas | $^{238}\text{U}$ | $^{226}\text{Ra}$ | $^{228}\text{Ra}$ | $^{228}\text{Th}$ | $^{235}\text{U}$ | $^{40}\text{K}$ |
|-------|--------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|-----------------|
| Bq/kg |        |                  |                   |                   |                   |                  |                 |
| 1     | I      | 110              | 43                | 5,6               | 16                | 5,5              | 3880            |
| 2     | I      | 390              | 53                | 5,7               | 10                | 15               | 3880            |
| 3     | II     | 145              | 53                | 5,5               | 14                | 6,5              | 3820            |
| 4     | II     | <55              | 1,5               | -                 | 4,2               | 0,4              | 4080            |
| 5     | III    | 120              | 32                | 6,4               | 20                | 8,5              | 3690            |
| 6     | III    | 240              | 90                | 9,0               | 15                | 9,8              | 3950            |
| 7     | IV     | 400              | 44                | 5,3               | 15                | 23               | 3680            |
| 8     | IV     | 610              | 110               | 2,4               | 13                | 32               | 4110            |
| 9     | IV     | 600              | 110               | -                 | 11                | 32               | 4060            |
| 10    | IV     | 370              | 96                | 2,6               | 13                | 30               | 3780            |

# Luonnon radioaktiivisuus lannoitteissa (2)

Typpirikas lannoite (16-7-13) Suomessa 1980-luvun alussa

| Näyte | Tehdas | $^{238}\text{U}$ | $^{226}\text{Ra}$ | $^{228}\text{Ra}$ | $^{228}\text{Th}$ | $^{235}\text{U}$ | $^{40}\text{K}$ |
|-------|--------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|-----------------|
| Bq/kg |        |                  |                   |                   |                   |                  |                 |
| 1     | I      | 210              | 36                | 5,0               | 6,8               | 15               | 2390            |
| 2     | I      | 94               | 58                | 3,2               | 12                | 4,8              | 2630            |
| 3     | II     | 80               | 43                | 5,0               | 8,1               | 4,4              | 2390            |
| 4     | II     | <30              | 2,3               | 1,4               | 2,8               | 0,5              | 2500            |
| 5     | II     | <50              | 2,1               | 1,6               | 3,4               | 0,6              | 2490            |
| 6     | III    | 150              | 52                | 4,7               | 14                | 7,7              | 2150            |
| 7     | III    | 110              | 99                | 10                | 14                | 6,7              | 2540            |
| 8     | IV     | 380              | 99                | 4,8               | 11                | 22               | 2340            |
| 9     | IV     | 410              | 120               | 3,2               | 8,4               | 20               | 2500            |

# Suomalaisten lannoitteiden uraanipitoisuuden riippuvuus fosforipitoisuudesta (1980-luku)



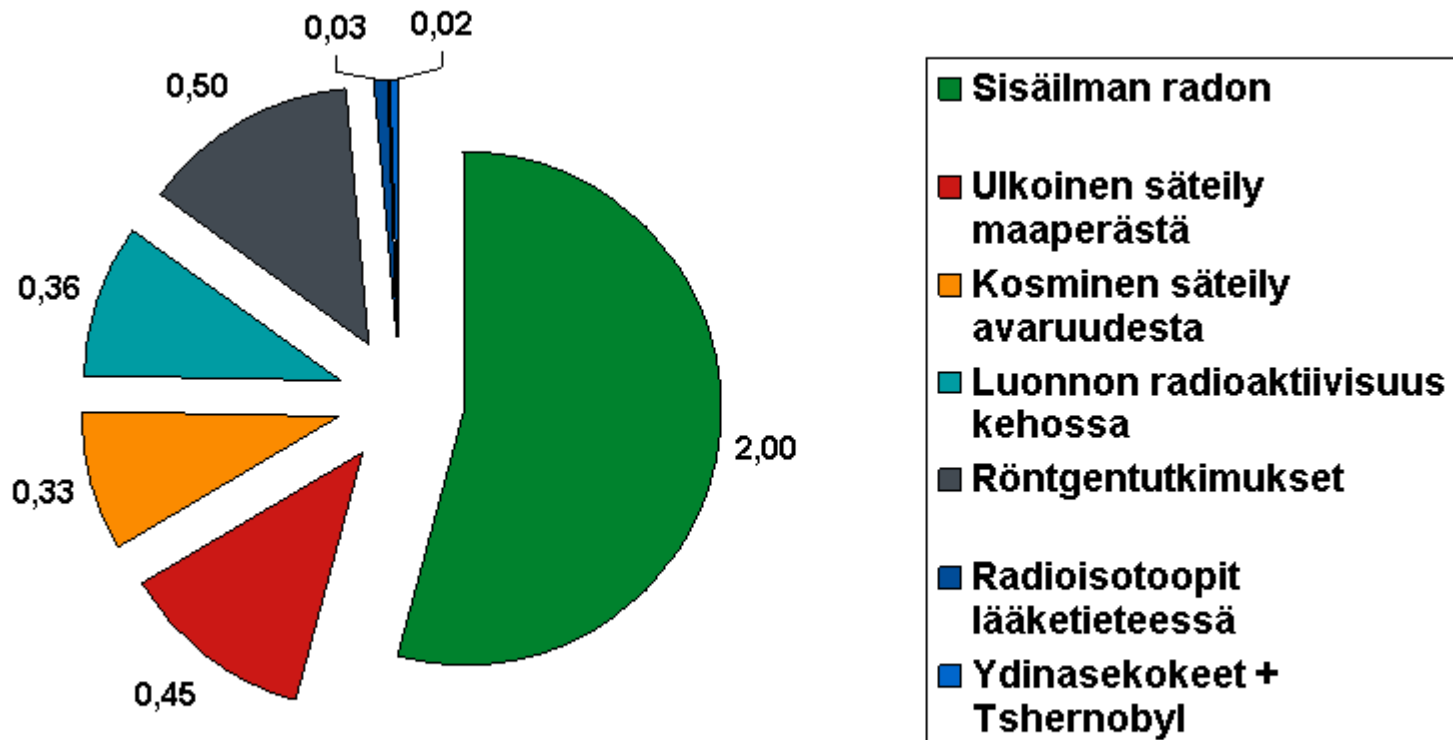
# Lyhyt johdatus säteilysuojeluun (1)

- Säteilysuojelussa säteilyn aiheuttamat **terveysriskit** lasketaan niin, että ihmisen altistuminen erityyppisille säteilyille ovat **yhteismitallisia** - eli niiden vaarallisuutta voidaan verrata keskenään
- Säteilyaltistuksen **kokonaisriskin** mittana käytetään ns. **efektiivistä annosta**
- Efektiivinen annos ottaa huomioon **säteilylajin** ja säteilylle altistuvien **elinten ja kudosten säteilyherkkyyden**
- Efektiivisen annoksen yksikkönä on sievert (Sv) ja sen tuhannesosa, millisievert (mSv)
- 1 mSv vastaa riskiä 0,00005 ( $5 \times 10^{-5}$ ) saada kuolemaan johtava syöpä
- ”Normaali” syöpäkuoleman riski on noin 0,25 (eli joka neljäs meistä kuolee syöpään)

# Lyhyt johdatus säteilysojeluun (2)

- Säteilysojelu perustuu kolmeen peruseriaatteeseen:
  - **oikeutusperiaate** - kaikki säteilyn käyttö ja säteilylle altistava toiminta pitää olla oikeutettua
  - **optimointiperiaate** - säteilyaltistus pitää optimoida niin, että toiminnasta aiheutuva haitta on niin pieni kuin käytännöllisin toimenpitein on mahdollista
  - **yksilönsuojaperiaate** - kaikesta säteilyn käytöstä ja valvotuista säteilylähteistä yksittäiselle ihmiselle aiheutuva kokonaisannos ei saa ylittää lainsäädännössä asetettuja **annosrajoja**
- Optimoinnin toteutuksessa yksittäiselle säteilylähteelle voidaan lisäksi asettaa lähdekohtaisia **annosrajoituksia**
- **Oikeutuksen ja optimoinnin yhteydessä eri sidosryhmät mukaan päätöksentekoon** (vrt. YVA-menettely)
- Myös muut eliölajit säteilysojeluun piiriin

# Suomalaisten keskimääräinen säteilyannos vuodessa on noin 3,7 mSv (millisieverttiä)



Eli, noin 900 suomalaista kuolee vuosittain säteilyn aiheuttamaan syöpään

# Sokli ja säteilyturvallisuus (1)

- Soklin malmit sisältävät säteilysuojelullisesti merkittäviä määriä luonnon radioaktiivisia aineita, erityisesti toriumia mutta myös uraania ja radiumia
- Jos näitä malmivaroja aiotaan hyödyntää, toiminta tulee mitä todennäköisimmin olemaan **säteilytoimintaa** (Säteilylaki 11 §)
  - *toimintaa tai olosuhdetta, jossa luonnonsäteilystä ihmiseen kohdistuva säteilyaltistus aiheuttaa tai saattaa aiheuttaa terveydellistä haittaa.*
  - *Säteilyturvakeskus ratkaisee tarvittaessa yksittäistapauksessa, onko toimintaa pidettävä säteilytoimintana.*

# Sokli ja säteilyturvallisuus (2)

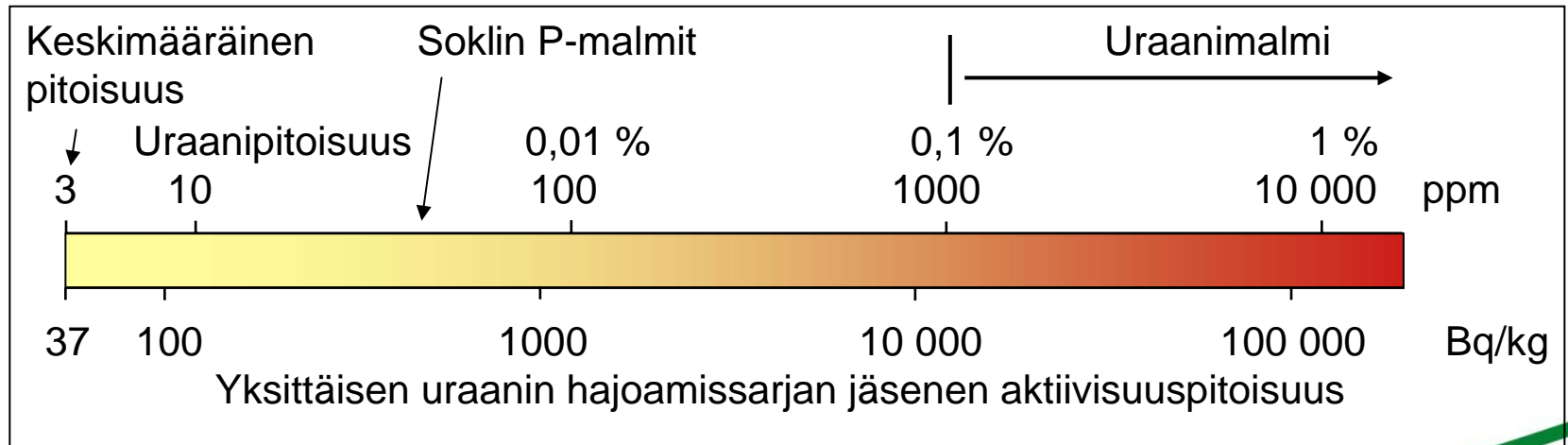
- Selvitysvelvollisuus (Säteilylaki 45 §)
  - *Joka käyttää luonnossa olevia maa-, kivi- tai muita aineksia taikka näiden aineksien käytön tuloksena syntyneitä materiaaleja elinkeinotoiminnassa tai siihen rinnastettavassa toiminnassa, on velvollinen säteilyturvakeskuksen hyväksymällä tavalla selvittämään toiminnasta aiheutuvan säteilyaltistuksen, **jos ilmenee tai perustellusti epäillään, että toiminta on säteilytoimintaa...***
  - *Säteilyturvakeskuksella on oikeus määrätä tehtäväksi tässä pykälässä tarkoitettu selvitys, jos selvityksen tekemiseen velvollinen ei sitä muuten tee.*
- Ilmoitusvelvollisuus (Säteilyasetus 29 §)
  - Säteilyturvakeskukselle tulee ennen toiminnan aloittamista tehdä ilmoitus seuraavista toiminnoista:
    - *kaivoslaissa tarkoitettu kaivostoiminta;*
    - *kauemmin kuin kaksi kuukautta kestävä louhintatyö, joka tehdään pääasiallisesti maan alla tai suljetussa tilassa; sekä*
    - *sellaisten luonnonvarojen, joiden uraani- tai toriumpitoisuus on suurempi kuin 0,1 kg tonnissa (100 ppm), laajamittainen hyödyntäminen.*

# Sokli ja säteilyturvallisuus (3)

- Luonnonsäteilyaltistuksen rajoittaminen työpaikoilla (Säteilyasetus 27 §); tarvitaan korjaavia toimenpiteitä, jos
  - radonpitoisuus hengitysilmassa ylittää 400 Bq/m<sup>3</sup>
  - vuosiansos muista altistusteista ylittää 1 mSv/a
- Jätteistä huolehtimisvelvollisuus (Säteilylaki 50 §)
  - *Toiminnan harjoittaja on velvollinen huolehtimaan toiminnassa syntyvien radioaktiivisten jätteiden vaarattomiksi tekemiseksi tarpeellisista toimenpiteistä.*
  - *Hyödynnettäessä luonnonvaroja, jotka sisältävät radioaktiivisia aineita, toiminnan harjoittaja on toiminnan aikana ja sitä lopetettaessa velvollinen huolehtimaan siitä, että radioaktiivisista jätteistä ei aiheudu terveydellistä eikä ympäristöllistä haittaa.*
  - ...

# Sokli ja ydinturvallisuus

- Ydinenergia-asetus 54 §:
  - Malmirikasteiden vientiin tarvitaan lupa, jos uraanipitoisuus on suurempi kuin 0,1 % (12 400 Bq/kg U-238) tai toriumpitoisuus suurempi kuin 3 % (122 000 Bq/kg Th-232) (Ydinenergia-asetus 54 §)
  - tulee kyseeseen vain niobirikasteen kohdalla



# Asuntojen radon Savukoskella

- Mittauksia tehty yhteensä vain 10 kpl
- Keskiarvo 91 Bq/m<sup>3</sup>
- Suurin pitoisuus 168 Bq/m<sup>3</sup>
  
- Koko maan keskiarvo 120 Bq/m<sup>3</sup>
  
- Savukoskella 446 vakituisesti asuttua pientaloa (?)
- Savukoskella mitattu 2,2 % pientaloista, koko maassa 6 %