

# Erilaisten työkonereenkaiden aiheuttamat muutokset peltomaassa

Juhani Kurjenluoma<sup>1)</sup>, Jukka Ahokas<sup>1)</sup>, Laura Alakukku<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Helsingin yliopisto, Agroteknologian laitos, 00014 Helsingin yliopisto, PL 28 Koetilantie 3, [juhani.kurjenluoma@helsinki.fi](mailto:juhani.kurjenluoma@helsinki.fi), [jukka.ahokas@helsinki.fi](mailto:jukka.ahokas@helsinki.fi)

<sup>2)</sup> Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus, Maaperä ja ympäristö, 31600 Jokioinen, [laura.alakukku@mtt.fi](mailto:laura.alakukku@mtt.fi)

## Tiivistelmä

Raskas peltoliikenne on lisääntynyt merkittävästi maatalouden koneellistumisen myötä. Kokonaismassaltaan yli 30 t koneet eivät enää ole harvinaisia. Renkaasta maahan välittyvä kuorma aiheuttaa maan huokos- ja mururakenteen rikkoutumista sekä muokkauskerroksessa että sen alapuolella olevassa pohjamaassa. Muutokset voivat olla pitkäaikaisia ja ne voivat haitata maan viljelyä, pienentää satoa sekä lisätä peltoviljelyn ympäristökuormitusta. Maassa tapahtuviin muutoksiin vaikuttavat maan ominaisuuksien ja yksittäisten koneiden ohella käytettävät työmenetelmät ja koneketjut sekä töiden ajoitus ja niitä voidaan vähentää minimoimalla peltoliikenne, käyttämällä olosuhteisiin parhaiten soveltuvaa teknologiaa sekä oikeaa rengasvarustusta.

Renkaan pintapaineen ylittäessä maan kantavuuden rengas alkaa upota ja maan pintakerros tiivistyy. Rengaskuorman kasvaessa sen tiivistävä vaikutus ulottuu myös maan syvempiin kerroksiin. Renkaan uppoutumista ja siitä aiheutuvaa vetovastusta voidaan vähentää alentamalla rengaspainetta, pienentämällä kuormaa, lisäämällä renkaan kokoa ja käyttämällä vyörenkaita. Maan rakennevaurioiden välttämiseksi on tunnettava erityyppisten renkaiden ominaisuudet ja maan tiivistymisherkyys.

Tässä tutkimuksessa selvitettiin kahden vyörenkaan ja yhden ristikudosrenkaan vaikutusta saviin penetrometrivastukseen. Renkaiden koko oli 600/55–26.5. Rengaskuorma oli 3,7 Mg ja käytetyt paineet 100 kPa renkaalla 1, 120 kPa ja 200 kPa renkaalla 2 ja 200 kPa renkaalla 3. Rengaspaine mitoitettiin valmistajan tai maahantuojan ohjeiden mukaan sekä pelto- tai maantieajoon sopivaksi käytetyn rengaskuorman mukaisesti. Vertailu tehtiin ajamalla muokatulla pellolla ja mittaamalla maan tunkeumapaine (cone-indeksi) penetrometrillä renkaan urasta ja vertaamalla sitä tiivistämättömästä maasta mitattuihin arvoihin. Mittaukset tehtiin heti ajon jälkeen sekä seuraavan vuoden keväällä.

Mittausten mukaan kerta-ajosta maan 0-15 cm pintakerros oli tiivistynyt. Vyörenkaalla korkea rengaspaine aiheutti muita renkaita selvästi voimakkaampaa tiivistymistä, joka oli mitattavissa vuoden kuluttua ajosta. Suuri rengaspaine pienentää maan ja renkaan välistä kosketusalaa vyörenkaalla ja pintapaine aiheuttaa maan pakkautumisen pehmeissä olosuhteissa.

**Asiasanat:** työkonerengas, vyörengas, ristikudosrengas, tiivistyminen, rengaskuorma, rengaspaine, pintapaine, peltopaine, tiepaine, cone-indeksi,

## Johdanto

Raskas peltoliikenne on lisääntynyt merkittävästi maatalouden tehokkuuden kasvun myötä. Kokonaismassaltaan yli 30 t lannanlevittimet, rehuvanut sekä korjuukoneet eivät ole harvinaisia ja niiden rengaspaineet ovat peltokäyttöön korkeita, 300 – 400 kPa. Renkaan ja maan välisen kosketuspinnan kautta pintapaineena välittyvä kuorma voi rikkoa maan huokos- ja mururakenteen sekä muokkauskerroksessa että sen alapuolella olevassa pohjamaassa. Pohjamaassa muutokset ovat pitkäaikaisia (Alakukku 2000) ja ne voivat haitata viljelyä, pienentää satoa sekä lisätä peltoviljelyn ympäristökuormitusta muuttaessaan veden ja ravinteiden kulkua. Maan rakennemuutoksiin vaikuttavat maan ominaisuuksien ja yksittäisten koneiden ohella käytettävät työmenetelmät ja koneketjut sekä töiden ajoitus. Maassa tapahtuvia muutoksia voidaan vähentää minimoimalla peltoliikenne maan ollessa märkää, käyttämällä olosuhteisiin parhaiten soveltuvaa teknologiaa sekä oikeaa rengasvarustusta. Renkaan pintapaineen ylittäessä maan kantavuuden maan pintakerros tiivistyy ja rengas alkaa upota. Rengaskuorman kasvaessa renkaan tiivistävä vaikutus ulottuu maassa entistä syvemmälle ja pohjamaan tiivistymisriski on suuri (Alakukku ym. 2003). Renkaan uppoutumista ja siitä aiheutuvaa vetovastusta voidaan vähentää alentamalla rengaspainetta, pienentämällä kuormaa, lisäämällä rankaan kokoa ja käyttämällä vyörenkaita (McAllister 1983). Maan rakenneaurioiden välttämiseksi on tunnettava erityyppisten renkaiden tiivistämisominaisuudet ja maan tiivistymisherkyys. Tietoa rengaskuorman ja –paineen vaikutuksesta maan tiivistymiseen sekä keinoista sen välttämiseksi tarvitaan lisää (Chamen ym. 2003).

Peltoajossa rengaspaine ja käytettävien renkaiden ominaisuudet, kudoserakenne ja elastisuus, vaikuttavat maan ja renkaan väliseen kosketuspinnan alaan sekä rengaskuormasta maahan kohdistuvaan pintapaineeseen ja sen jakautumiseen niin kosketuspinnan alalle kuin syvyysuunnassakin. Eri renkaiden maata tiivistävissä ominaisuuksissa on ollut mitattavia eroja (McAllister 1983). Oikealla rengasvalinnalla voidaan vähentää peltoliikenteen haittavaikutuksia maahan.

Useimmissa hankkeissa, joissa on selvitetty renkaiden ominaisuuksien vaikutusta maan tiivistymiseen, on tutkittu vetokoneen renkaita. Traktoria käytetään käytännössä kaikissa peltoviljelytyöissä. Håkansson (2005) laski, että tavanomaisessa viljanviljelyssä, jossa maa kynnetään, vuotuisessa peltoajossa traktorin pyöränjalkien yhteenlaskettu ala peittää pellon pinnan alan vähintään kerran. Työkoneiden renkaiden jättämien urien peittävyys on yleensä edellistä pienempi. Kun peltoissa on paljon kuljetus- ja siirtoajoa, kuten lannan levityksessä ja säilörehun korjuussa, työkoneiden pyöränjalkien peittävyys pellon pinnan alasta on merkittävä. Peltoissa käytettävien työkoneiden renkaiden ominaisuuksiin on kiinnitetty kuitenkin yleensä vähän huomiota ja niiden vaikutusta maan tiivistymiseen on tutkittu harvoin.

Tässä tutkimuksessa selvitettiin työkone renkaiden ominaisuuksien vaikutusta savimaan tiivistymiseen. Siinä tutkittiin, miten vedettävän renkaan rakenne ja rengaspaine vaikuttavat maan penetrometristä tulokseen ja huokostoon. Tässä julkaisussa käsitellään penetrometristä tuloksia.

## Aineisto ja menetelmät

Mittaukset tehtiin MTT/Vakolan pellolla Vihdissä keuhällä 2003. Edellisenä syksynä kynnetty savimaa äestettiin kertaalleen ennen koetta tasausäkeellä n. 6 cm syvyyteen, minkä jälkeen vertailussa olevilla renkailla ajettiin urat (2/ruutu) kolmeen, arvotussa järjestyksessä sijainneisiin koelohjiin. Vertailtavat renkaat olivat kooltaan 600/55–26.5. Rengaskuorma oli 3,7 Mg ja käytetyt rengaspaineet 100 kPa renkaalla 1, 120 kPa ja 200 kPa renkaalla 2 ja 200 kPa renkaalla 3 (taulukko 1). Rengaspaine mitoitettiin valmistajan tai maahantuojan ohjeiden mukaan sekä pelto- tai maantieajoon sopivaksi käytetyn rengaskuorman mukaisesti. Renkaat asennettiin 1-akseliseen perävaunuun, joka voitiin painottaa betonipainoin halutun rengaskuorman aikaansaamiseksi. Perävaunu kytkettiin vetotraktoriin epäkeskisesti apurungon avulla, jolloin perävaunun pyörät tekivät urat muokattuun maahan.

Renkaiden vaikutus maahan selvitettiin mittaamalla maan tunkeumapaine eli cone-indeksi (CI) ASAE standardin S313.3 FEB99 mukaisesti Eijelkamp 06.15 penetrometrillä, jonka kartiokulma oli 30 astetta ja ala 1,8 cm<sup>2</sup>. Mittaukset tehtiin renkaan urasta sekä äestetystä maasta. Mittaukset tehtiin kohtisuorassa linjassa uran suhteen 10 cm välein rei'itettyä mittalankkua apuna käyttäen. Jokaisesta

**Taulukko 1.** Vertailtavat renkaat ja käytetyt rengaspaineet



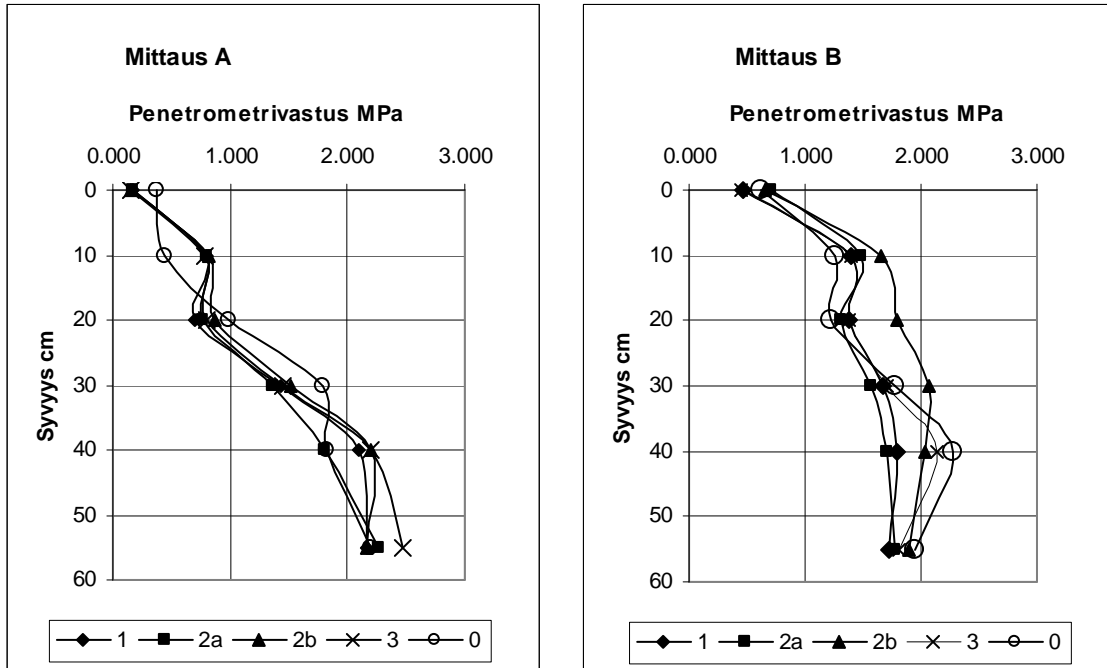
Rengas	1	2	3
Koko	600/55R26.5	600/55R26.5	600/55-26.5
Kehä mm	1344	1332	1355
Leveys mm	622	604	614
Kudosrakenne	vyö-	vyö-	risti-
Kuormaindeksi	165D	158D	165A8/153/A8
Pintakuvio	pala	yleis	yleis
Rengaspaine kPa: pelto	100	a) 120	
tie		b) 200	200

urasta tehtiin 10 mittausta. Äestetyistä verrannealoista (3 kpl) tehtiin kaksi 10 mittauksen sarjaa jokaisesta. Mittaukset ulottuivat 60 cm:n syvyyteen ja penetrometri tallensi mittaustuloksen 1 cm:n välein syvyysuunnassa. Mittauksia tehtiin kaksi, ensimmäinen välittömästi urien ajon jälkeen ja toinen vuoden kuluttua ajosta. Lisäksi tutkittiin maan huokoisuus jokaisesta urasta syksyllä 2003 otetuista näytteistä. Maan huokoisuustulokset esitetään myöhemmin ja tässä esitellään penetrometristä mittausten alustavia tuloksia.

Penetrometrin tallentamat mittaustulokset analysoitiin Exel- ja SPSS laskentaohjelmilla. Renkaiden maata tiivistävä vaikutus selvitettiin vertaamalla mittaustuloksista laskettuja keskiarvoja keskenään sekä vertaamalla niitä häiriintymättömän maan tuloksiin. Eri renkaiden pellon pintakerrosta tiivistävää ominaisuutta selvitettiin laskemalla tunkeumapaine maan pinnasta 15 cm syvyyteen ja vertaamalla eri mittauksista saatuja tuloksia keskenään sekä verranne maasta saatuihin tuloksiin.

### Tulokset ja tulosten tarkastelu

Tulosten mukaan maa oli tiivistynyt peltoajon vaikutuksesta 5-20 cm:n kerroksessa (kuva 1). Heti ajon jälkeen voimakkain tiivistymä mitattiin n. 5 cm ajouran alapuolella 5-15 cm:n kerroksessa (kuva 1, mittaus A). Tämä tukee aiempia tuloksia, joiden mukaan tiivistyminen on voimakkainta vähän ajouran alapuolella aina 25 cm:n asti ja riippuu ensisijaisesti renkaiden maahan aiheuttamasta pintapaineesta (Alakukku ym. 1995, Kulli ym. 2003). Välittömästi ajon jälkeen mitatuissa tuloksissa renkaiden välillä ei ole havaittavissa merkittäviä eroja, sen sijaan vuoden kuluttua (kuva 1, mittaus B) eroja renkaiden välillä on. Suuren rengaspaineen vaikutus näkyy selvästi vyörenkaan tuloksessa. Eri mittausten välinen tasoero johtuu eri mittausajankohtina olleista eroista maan kosteusoloissa.



**Kuva 1.** Eri renkaiden (taulukko 1) aiheuttama savimaan penetrometrivastus 0-60 cm syvyydessä heti ajon jälkeen (mittaus A) ja vuoden kuluttua kokeen perustamisesta (mittaus B).

Maan pintakerroksen, 0-15 cm penetrometrivastus kasvoi selvästi ajon seurauksena mitattaessa heti ajon jälkeen, sen sijaan vuoden kuluttua vaikutus oli suhteellisesti vähäisempi (taulukko 2). Tiivistämättömässä koealassa näkyi vuoden aikana tapahtunut maan luontainen tiivistyminen mm. sateen seurauksena. Tulos vastaa muita kerta-ajon jälkeen, sekä pelto- että laboratorio-oloista raportoituja mittaustuloksia (Kulli ym. 2003). Eroja eri renkaiden välillä heti ajon jälkeen ei ollut, mutta vuoden kuluttua oli keskiarvoissa havaittavissa selvät erot.

**Taulukko 2.** Penetrometrivastus (MPa) 0-15 cm kerroksessa renkaiden urissa sekä tiivistämättömässä (0) maassa heti ajon jälkeen (mittaus A) ja vuoden kuluttua (mittaus B)

Rengas	1	2a	2b	3	0
Mittaus A	0.65	0.66	0.72	0.67	0.40
Mittaus B	1.18	1.27	1.27	1.19	1.04

### Johtopäätökset

Mittaustulosten mukaan pellon pintakerros tiivistyy merkittävästi yhden ajokerran jälkeen n. 5-15 cm:n syvyydessä uran alapuolella. Maan pintakerroksen tiivistyessä kasvien kasvulle välttämätön muru- ja huokosrakenne rikkoontuu ja maassa tapahtuva veden, ravinteiden ja kaasujen kulkeutuminen vaikeutuu. Kun maata ei muokata ennen kasvuston perustamista, ajourat voivat haitata merkittävästi kasvien kasvua ja ravinteiden ottoa.

Kudoserakenteen ja rengaspaineen vaikutus maan tiivistymisessä näkyi selvästi vuoden kuluttua ajosta tehdyssä mittauksessa. Suurella (200 kPa) rengaspaineella vyörengas tiivistyi maata eniten. Suuri rengaspaine pienentää maan ja renkaan välistä kosketusalaa vyörenkaalla ja pintapaine aiheuttaa maan pakkautumisen pehmeissä olosuhteissa tiivistymäksi. Alhaisella renkaan pintapaineella voidaan maan tiivistymisriskiä vähentää merkittävästi (Tijink ym. 1995).

## **Kirjallisuus**

**Alakukku, L.** 2000. Response of annual crops to subsoil compaction in a field experiment on clay soil lasting 17 years. *Advances in Geocology* 32: 205-208.

**Alakukku, L., Weisskopf, P., Chamen, W.C.T. Tijink, F.G.J., Van der Linden, J.P., Pires, S., Sommer, C., Spoor, G.** 2003. Prevention strategies for field traffic-included subsoil compaction: a review, Part 1. Machine/soil interactions. *Soil & Tillage Research* 73: 145-160.

**Chamen, T., Alakukku, L., Pires, S., Sommer, C., Spoor, G., Tijink, F., Weisskopf, P.** 2003. Prevention strategies for field traffic-induced subsoil compaction : a review, Part 2. Equipment and field practices. *Soil & Tillage Research* 73: 161–174.

**Håkansson, I.** 2005. Machinery-induced compaction of arable soils. Incidence – consequences - counter-measures. SLU, Reports from the Division of Soil Management, No 109: 1-153

**Kulli, B., Gysi, M., Fluhler, H.** 2003. Visualizing soil compaction based on flow pattern analysis. *Soil & Tillage Research* 70:29-40.

**McAllister, M.** 1983. Reduction in Rolling Resistance of tyres for Trailed Agricultural machinery. *Journal of agricultural engineering Research* 28:127-137

**Tijink, F.G.J., Döll, G.D., Vermeulen, G.D.** 1995. Technical and economic feasibility of low ground pressure running gear. *Soil and Tillage Research* 35: 99-110