

Maan rakenneputkitusta seurataan Tyrnävällä

Kristian Forsman¹⁾, Elina Virtanen¹⁾, Erkki Joki-Tokola¹⁾ ja Olavi Rautiainen²⁾

¹⁾MTT Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasema, Tutkimusasemantie 15 92400 Ruukki, etunimi.sukunimi@mtt.fi

²⁾Maanrakenne ja vesitaloussuunnittelu O&M Oy, Tamppilahdenkatu 54 18150 Heinola, maanrakenne@phnet.fi

Tiivistelmä

Maan rakenneputkitus on salaoituksen erikoismuoto, jossa putket asennetaan matalampaan ja tiheämpään kuin tavanomaisessa salaoituksessa. Tavallisesti salaoituksessa käytettävän viisi senttisen putken optimaalinen asennussyvyys on yksi metri maanpinnan alapuolella. Soraa ei käytetä, vaan putkien ympärysaineena käytetään orgaanista kangasta, kuten kookoskuitua. Lisäksi rakenneputkitukseen kuuluu olennaisena osana maan tasokohotus. Maan tiivistymät rikotaan ja maan ilmatilavuutta lisätään kohottamalla koko tiivistynyttä maakerrosta kauttaaltaan ylöspäin. Toimenpiteen avulla parannetaan juuriston kasvua ja sadevesien infiltraatiota.

Tyrnävälle perustettiin syksyllä 2004 rakenneputkituksen seurantaan varten koekenttä, jonka avulla pystytään tilamittakaavassa vertaamaan rakenneputkitusta vanhaan säätösalaoitukseen. Tutkimuslohkon suunnitteli ja perustamistoimenpiteistä vastasi Maanrakenne ja vesitalous O&M Oy, ja MTT Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasema havainnoi lohkolta viljellyn perunakasvuston sadon ja sadon kehityksen. Käytännön viljelytoimenpiteistä vastasi lohkoa viljelevä maanomistaja.

Rakenneputkitus antoi ensimmäisenä seurantavuonna varsin rohkaisevat tulokset. Kasvu oli silmämääräisestikin arvioituna erittäin runsasta. Satotasossa tämä realisoitui 4,1 t/ha (+10,4 %) parempana sato-
na kuin säätösalaoituksessa ($p=0,01$). Rakenneputkituksen ongelmana oli kuitenkin kasvuston hidas alkukehitys, jo taimettuminen kesti rakenneputkituksessa 1,5 vrk kauemmin kuin verranelohkolla ($p=0,069$). Rakenneputkitus ei pystynyt koko kasvukautena ottamaan eroa kiinni, ja sadon kuiva-aine- ja tärkkelyspitoisuudet jäivät säätösalaoitusta huomattavasti alhaisemmalle tasolle ($p<0,05$). Kasvuston hitaampi kehittyminen oli mitä ilmeisimmin seurausta rakenneputkitetun lohkon huonommasta maan lämpötiloudesta, mutta tämä saattaa olla vain ensimmäistä seurantavuotta koskeva ongelma. Sadon ravinnepitoisuudet olivat rakenneputkituksessa korkeita, samoin kuin sadon maasta poistamat ravinteet. Kaliumin, magnesiumin ja kalsiumin osalta erot olivat tilastollisesti merkitseviä.

Varsinaisia johtopäätöksiä tutkimuksesta ei kannata ensimmäisen vuoden jälkeen vielä tehdä, vaan se vaatii pidempiaikaisen seurannan.

Asiasanat:

rakenneputkitus, salaoitus, peruna

Johdanto

Maan rakenneputkitus on salaojituksen erikoismuoto, jossa putket asennetaan tiheämpään kuin tavanomaisessa salaojituksessa. Maan rakenneputkituksen suunnittelu perustuu siihen, että putkitasossa veden ja ilman paine ovat jokseenkin samat ja putkiin valuvan veden hydraulinen paine koko järjestelmän alueella yhtä suuri. Lämpimitaltaan 50 mm salaojaputken optimaalinen asennussyvyys on yksi metri maanpinnan alapuolella. Putkiston asennustiheys määräytyy niin, että putken tilavuuden tulee olla vähintään 0,06 % putkiston päällä olevan maan tilavuudesta ja putken pituussuunnassa yhden senttimetrin vaipalle kohdistuva virtaama on pienempi kuin 6 μ l (lähtöarvona 1 l/s/ha). Putkiston asennuskaltevuus on pääsääntöisesti alle 0,10 %. Soraa ei käytetä, vaan putkien ympärysaineena käytetään orgaanista kangasta esim. kookoskuitua.

Lisäksi rakenneputkitukseen kuuluu olennaisena osana maan tasokohotus. Maan tiivistymät rikotaan ja maan ilmatilavuutta lisätään kohottamalla koko tiivistynyttä maakerrosta kauttaaltaan ylöspäin. Maakerroksia ei sekoiteta käsittelyssä. Toimenpiteen avulla kasvuston juuristolle pyritään luomaan optimaaliset kasvuolosuhteet ja maahan sitoutumattomat sade- ja sulamisvedet pyritään poistamaan tasaisesti koko pellon pinnan alueelta.

Maan rakenneputkitusta on toteutettu noin kymmenen vuoden aikana yli tuhannen hehtaarin alueella. Varsinaista tieteellistä seuranta ei menetelmän tehokkuudesta kuitenkaan ole tehty. Tyrnävälle syksyllä 2004 perustettu tutkimus- ja seurantalohko on ensimmäinen tähän tarkoitukseen perustettu, ja sen avulla pystytään tilamittakaavassa vertaamaan rakenneputkitusta vanhaan säätösalojitukseen. Tutkimuslohkon suunnitteli ja perusti Maanrakennus ja vesitalous O&M Oy ja MTT Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasema mittasi lohkolta viljellyn perunakasvuston sadon ja havainnoi sadon kehittymisen. Käytännön viljelytoimenpiteet suoritti lohkon omistava maanviljelijä.

Aineisto ja menetelmät

Tutkimuskohde ja lohkon perustamistoimenpiteet

Tutkimuskohde sijaitsee Tyrnävän kunnan alueella siemenperunatuottajan omistaman tilan peruslohkolla n:o 859-03033-27 (liite 1). Peruslohkon pinta-ala on 14,85 ha. Koko lohkon pinnan kaltevuus on reunan suunnassa <0,10 %. Peruslohkosta on erotettu kaksi 3 ha:n seurantalohkoa (liite 1), joista toinen rakenneputkitettiin ja toinen jäi säätösalojituksen piiriin. Seurantalohkot sijaitsevat veden virtaussuuntaan nähden lohkon vasemmalla puolella. Rakenneputkitettu lohko on sijoitettu säätösalojitetun lohkon yläpuolelle säätösalojitukseen liittyvän pohjaveden padotuksen vuoksi. Lohkojen väliin jää n. 30 metrin suoja-alue.

Lohko on maalajiltaan runsasmultaista karkeaa hietaa. Viljavuusanalyysin mukaisissa ravinnepitoisuuksissa ei ollut seurantalohkojen välillä eroa (Taulukko 1). Maan mineraalityypen määrä ennen istutusta oli normaali, noin 20-30 kg N/ha (Leppänen & Esala 1995, Taulukko 1).

Taulukko 1. Viljavuusanalyysin mukaiset maan ravinnepitoisuudet sekä maan liukaisen ja kokonaistypen määrä (kg/ha) muokkauskerroksessa (0 – 25 cm) keväällä 2005 eri tutkimuslohkoilla

	Jl	pH	Ca	P	K	Mg	Cu	Mn	Zn	S	Na	liuk N	kok N
Rakenneputkitus	0,9	5,3	687	9,8	65	39	3,8	23	2,3	24	2,7	24	2750
Säätösalojitus	0,8	5,3	705	9,8	58	46	3,9	26	1,9	19	2,0	30	2640

Peruslohko on alun perin salaojitettu vuonna 1996 piiriojiin johdetuilla yksittäissalojilla ojavälin ollessa 16 metriä (liite 1). Vuonna 1999 lohkon salaojitus muutettiin säätösalojitukseksi niin, että pohjaveden korkeus voidaan säätää kokoojajien ja säätökaivojen avulla noin 60 cm:iin maanpinnasta. Maanomistajan näkemyksen mukaan tämän jälkeen alkoi kuitenkin sateiden jälkeen esiintyä lätkäköitymistä ja satotulokset heikkenivät merkittävästi.

Rakenneputkisto asennettiin 16.-17.11.2004 kevyen pakkassään vallitessa hyvissä työskentelyoloissa. Asennus suoritettiin ns. aurakoneasennuksena. Kone oli laser-syvyys säätö automaatiikalla varustettu 30 tonnin Inter-Drain-telakone. Kokoojaputket asennettiin 0,10 – 0,12 % kaltevuuteen 110-115 sentin syvyyteen (liite 1). Rakenneputkena käytettiin normaalia 50/44 mm rei'itettyä salaojaputkea, joka varustettiin suojakankaalla. Rakenneputkituksen ojaväli on 4 m, asennussyvyys keskimäärin 95 cm ja asennuskaltevuus 0,05 – 0,15 % (liite 1). Rakenneputkitusalueelta poistettiin säätökaivot, mutta muuten vanhat salaojat hyödynnettiin huuhdeltuina osana rakenneputkitusta.

Rakenneputkitetun lohkon maaperä tasokuohkeutettiin maanpinnasta noin 60 cm:n syvyyteen. Laitte on konstruoitu noin 25 tonnin tela-alustaisen koneen perään. Laitteen toiminta perustuu terälevyyn, joka

kohottaa yläpuolista maamassaa noin 20 cm.

Kasvukauden aikaiset toimenpiteet

Seurantalohkoilla viljeltiin kasvukaudella 2005 siemenperunaa. Peruna istutettiin pitkittäin piiriojien suuntaisesti yli kummankin seurantalohkon. Se aikaansai mm. sen, että kummankin lohkon hoitotoimenpiteet suoritettiin samanaikaisesti ja samalla tavalla. Käytännön hoitotoimenpiteistä ja tuotantopanosten käytöstä (mm. istutus ja siemenhuolto, lannoitus, kasvinsuojelu jne.) vastasi tilanomistaja. Varsistonhävitys suoritettiin lohkoilla muutoin paitsi koealoja ei käsitelty.

Istutus ja kylvömuokkaus vaakatasojyrsimellä toteutettiin 29.5. Lajikkeena oli Van Gogh, jota lannoitettiin 815 kilolla Perunan Y 2:sta (N49 – P49 – K155) hehtaarille. Nosto tapahtui 19.9.

Tutkimukselliset toimenpiteet hoidettiin MTT Pohjois-Pohjanmaan tutkimusaseman toimesta. Kummallekin seurantalohkolle perustettiin pitkittäissuuntaisesti samalle linjalle neljä koeruutua, joille havainnot ja näytteenotot kohdistettiin. Kasvuston kehittyminen havainnoitiin silmämääräisesti ruuduittain alkaen taimettumisajankohdasta (vrk) ja jatkuen kehitysastehavainnoilla (Hack'n asteikko) mukulanmuodostumisajankohdasta eteenpäin noin 2 viikon välein.

Maanäytteet otettiin keväällä ennen kylvömuokkausta sekä syksyllä noston jälkeen neljänä toistona koko lohkon alueelta. Suomen Ympäristöpalvelu Oy analysoi niistä viljavuusanalyysin mukaiset pää- ja sivuravinteet sekä keväällä lisäksi mineraali- ja kokonaistypen määrän.

Mukulasato mitattiin 16 metrin matkalta, jotta eri tutkimuslohkojen erilaisten ojavälien vaikutus saataisiin eliminoitua. Nettoruutu oli siten 12,8 m². Nosto tapahtui kuokkanostona kahdelta rinnakkaiselta penkiltä, joista kummastakin nostettiin 8 metrin matka jatkaen toista penkkiä siitä mihin edellisessä päädyttiin. Sadon laatu määritettiin koeruuduittain. Sato lajiteltiin kokoluokkiin <30, 30-40, 40-50, 50-60 ja >60 mm. Sadon tärkkelyspitoisuus määritettiin ominaispainomenetelmällä viiden kilon näytteestä kauppa-kelpoista satoa. Sadosta havainnoitiin lisäksi ulkoinen laatu MTT:n virallisen lajikekoeohjeistuksen (www.mtt.fi/tutkimus/alueellinen_tutkimus/lajikekokeet.html) mukaisesti. Sadoista teetettiin lisäksi ravinne- ja kuiva-aineanalyysejä Suomen Ympäristöpalvelussa.

Tunnuslukujen tilastollinen analyysi suoritettiin satunnaistettujen täydellisten lohkojen koemallin mukaisena SASin mixed-proseduurilla.

Kasvukauden säätiedot

Kasvukauden säätä voi luonnehtia kokonaisuudessaan lämpimäksi ja kuivaksi (Taulukko 2). Toukokuu oli suhteellisen kylmä ja märkä, mikä merkittävästi häirtasi perunan istutuksia. Sää normalisoitui lämpötilojen osalta toukokuun loppupuoliskolla. Kesäkuu ja heinäkuun alkupuolisko olivat poikkeuksellisen vähäsateiset. Tehoisaa lämpösomaa kertyi kasvukauden aikana peräti 1280 astetta, kun kasvukauden pitkäaikaiskeskiarvo (vuodet 1971 – 2000 keskimäärin) on 1044°.

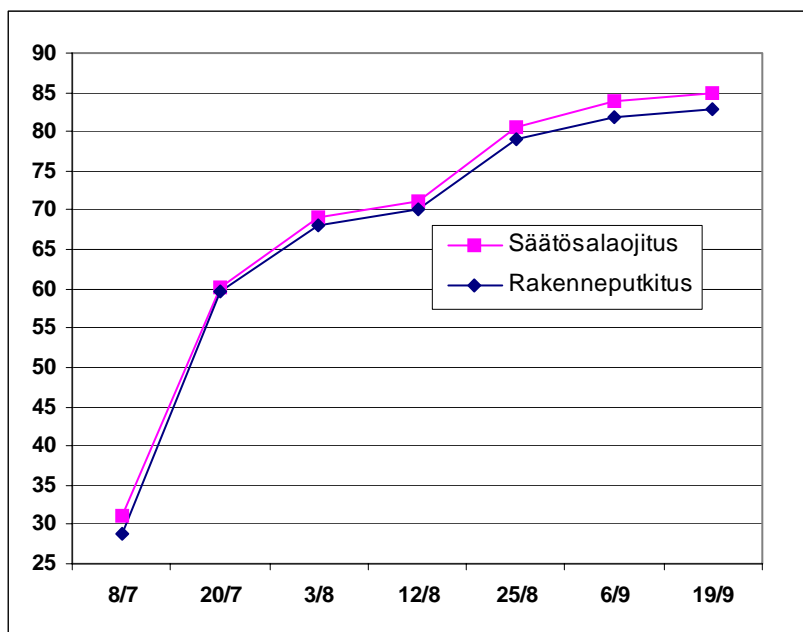
Sääasema rekisteröi paikallisen sään. Myös seurantalohkolla oli kuivaa (Taulukko 2). Heinäkuun 13. satoi yhden iltapäivätunnin aikana 20 mm vettä. Muita poikkeuksellisia säähavaintoja ei rekisteröity, vaan sadesumma kertyi tasaisesti eikä hallaa esiintynyt.

Taulukko 2. Sääasematiedot Ruukista ja koekentältä (normaali on vuosien 1971 – 2000 keskiarvo)

	Keskilämpötila, Ruukki		Sadesumma, Ruukki		Sadesumma, koelohkot
	normaali	2005	2005	normaali	2005
Toukokuu	7,7	7,4	56	36	
Kesäkuu	13,2	13,9	27	49	
Heinäkuu	15,4	17,5	55	61	65
Elokuu	13,1	15,2	79	71	53
Syyskuu	8,0	9,7	66	57	52

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Kasvuston kehityksessä oli huomattava ero eri tutkimuslohkojen välillä (Kuva 1, $p < 0,05$). Ero kehityksessä tuli ilmi jo taimettumisvaiheessa. Säätösalaajitetulla lohkolta taimettuminen kesti keskimäärin 27,3 vuorokautta, kun rakenneputkitetulla lohkolta se otti 1,5 vrk pidemmän ajan ($p = 0,069$). Kehitysaste-erot eivät tasoittuneet koko kasvukauden aikana. Nostovaiheessa rakenneputkituslohkon kasvuston lehdistä puolet oli kellastuneina, kun taas säätösalaajituksessa kasvuston kellastuminen oli edennyt varsiin asti (Kuva 1).



Kuva 1. Kasvustojen kehitys eri seurantalohkoilla Hack'n kehitysasteikolla havainnoituna

Varsiston kasvu rakenneputkitetulla lohkoilla oli sen sijaan silmämääräisestikin arvioituna erinomainen, ja myös juuriston kehitys näytti hyötyvän rakenneputkituksesta. Satotasoissa tämä realisoitui 4,1 t/ha (+10,4 %) parempana satona kuin säättösalaajituksessa (Taulukko 3). Ero on tilastollisesti merkitsevä ($p=0,01$).

Koska nostoajankohtaan mennessä säättösalaajitetun lohkon kasvusto oli ehtinyt tuleentua huomattavasti rakenneputkitusta pidemmälle (Kuva 1), oli säättösalaajitetun sadon kuiva-aine- ja tärkkelyspitoisuudet vastaavasti huomattavasti rakenneputkitusta korkeammat (Taulukko 3, $p<0,05$). Kuiva-aine- ja tärkkelyssadoissa ei koejäsenien välillä eroa ollutkaan.

Taulukko 3. Sadon määrä, tärkkelys- ja kuiva-ainepitoisuudet sekä sadon kokolajittelu koejäsenittäin

	Sato	Tärkkelys		Kuiva-aine		Kokolajittelu (mm), %				
	t/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	>30	30-40	40-50	50-60	>60
Rakenneputkitus	43,79	15,8	6923	22,4	9808	0,5	7,9	49,6	38,5	3,5
Säättösalaajitus	39,66	18,2	7220	24,6	9746	0,6	10,6	47,0	38,6	3,2
eron merkitsevyys	*	**		*						

Kasvuston tuleentumisaste heijastuu myös sadosta määritettyihin ravinnepitoisuuksiin, koska mukulan kuiva-aine-pitoisuus nousee kasvun loppuvaiheessa tehokkaammin kuin mukulan ravinnepitoisuudet. Kaikki mitatut ravinnepitoisuudet ovatkin natriumia lukuun ottamatta rakenneputkituksessa säättösalaajitusta korkeammat (Taulukot 4a ja b). Moni ero on lisäksi tilastollisesti merkitsevä.

Korkeiden ravinnepitoisuuksien ansiosta myös sadon maasta poistama ravinnemäärä oli rakenneputkituksessa säättösalaajitusta korkeampi (Taulukko 4a). Joillain ravinteilla, kuten kaliumilla tai magnesiumilla, tämä ero on myös tilastollisesti merkitsevä.

Taulukko 4a. Mukulan ravinnepitoisuudet (g/kg ka) ja sadon ottama ravinnemäärä (kg/ha) koejäsenittäin

	Fosfori		Kalium		Magnesium		Kalsium-pitoisuus		Rikki	
	g/kg	kg/ha	g/kg ka	kg/ha	g/kg	kg/ha	g/kg ka	mg/kg tp	g/kgka	kg/ha
	ka				ka					
Rakenneputkitus	2,18	21,4	24,3	238	1,33	13,0	0,33	74	1,59	15,5
Säättösalaajitus	1,87	18,2	21,1	206	1,18	11,5	0,22	55	1,45	14,1
eron merkitsevyys			o	*	**	o	**	**		

Taulukko 4b. Mukulan ravinnepitoisuudet (mg/kg ka) hivenravinteiden osalta

	B	Cu	Mn	Zn	Fe	Na
Rakenneputkitus	5,8	4,5	13	11	28	35
Säätösalaajitus	5,7	3,8	12	9,0	25	38
eron merkitsevyys				**		

Ilman noston yhteydessä syntyviä mekaanisia vikoja sadon laatu olisi ollut erinomainen, esim. rupea oli sadossa poikkeuksellisen vähän (Taulukko 7). Saden terveys oli rakenneputkituksessa 7 %-yksikköä korkeampi kuin säätösalaajituksessa, mutta ero ei ole tilastollisesti merkitsevää.

Taulukko 7. Saden ulkoinen laatu (paino-%)

	Terveet	Rupi >10 %	Mukula- rutto	Muut sienitaudit	Bakteeri- mädät	Seittirupi >10%	Mekaaniset viat	
	Halkeamat		Ontot, kes- keltä ruskeat	Epä- muotoiset	Mallon värivirheet	Viher- tyneet	Muut viat	
	nestejänn.	korkkeut.						
Rakenneputkitus	60	1,3	0	0	0	0	1,0	31
Säätösalaajitus	53	0,5	0	0	0	0,5	0,7	43
Rakenneputkitus	3,0	0	0	2,4	0	0,3	0	0
Säätösalaajitus	0,3	0	0	1,7	0	0	0	0

Johtopäätökset

Rakenneputkitus antoi ensimmäisenä seurantavuonna varsin rohkaisevat tulokset. Kasvu oli silmämääräisestikin arvioituna erittäin runsasta. Noin kymmenen prosentin tilastollisesti merkitsevä sadonlisä on vas- teena samaa luokkaa kuin mihin perunan kastelu- ja sadetuskokeissa on kotimaisissa ja pohjoismaisissa oloissa päästy (Wikman ym. 1996, Kuisma 1998, Forsman ym. 2001, Mylly ym. 2004).

Rakenneputkituksen ongelmana oli kuitenkin kasvuston hidas alkukehitys, mikä myöhästytti kas- vua ja jätti sadon kuiva-aine- ja tärkkelyspitoisuuden lajikkeen luontaisia ominaisuuksia alhaisemmalle tasolle. Tärkkelyspitoisuuden poikkeaminen totutusta tasosta vaikuttaa sadon käyttölaatuun merkittävästi kaikissa perunan tuotantomuodoissa ja eikä se siten ole toivottava ominaisuus.

Hidas kasvuunlähtö johtui roudan myöhäisemmästä sulamisesta rakenneputkituslohkolla. Tähän on todennäköisesti vaikuttanut myöhään edellisenä, erittäin märkänä syksynä suoritettujen perustamistoimenpi- teet, mitkä edesauttoivat roudan etenemiseen syvälle maahan. Tasokohotettu maa on keväällä puolestaan voinut toimia maan lämmönjohtumista hidastaen. Joka tapauksessa kyseessä on mahdollisesti vain ensim- mäistä koevuotta koskeva ongelma, mutta jatkoseuranta tuo tähänkin selvyden. Lohko kynnettiin alueella tyypilliseen tapaan keväällä, syyskyntö olisi tässä tapauksessa voinut toimia paremmin.

Lisäksi on huomioitava pellon typpitalous. Maan tasokohotus toimenpiteenä parantaa maan happiti- lannetta, mikä kiihdyttää maan mikrobitoimintaa, jolla puolestaan on maan typen mineralisaatiota edistävää vaikutus. Liiallisella typen vapautumisella on myös riskinsä, sillä perunalla se myöhästyttää edelleen kas- vuston tuleentumista. Maan mineraalityypen määrässä keväällä ei ollut eroa, joskin rakenneputkituksessa sitä oli vähemmän, mikä voidaan selittää johtuvaksi maan keväisestä hitaammasta lämpenemisestä.

Varsinaisia johtopäätöksiä on kuitenkin tässä vaiheessa seuranta turha tehdä. Salaajitus on inves- tointina hyvin pitkäikäinen. Perustamissyksyä seuraavan kasvukauden perusteella ei voida arvioida raken- neputkituksen toimivuutta tai tehdä vertailuja eri salaajitusmuotojen välillä. Tämä vaatii vähintään viiden vuoden seurannan.

Kirjallisuus

Forsman, K., Luoma, S. & Virtanen, E. 2001. Tihkukastelu lisää perunan satoa ja parantaa sen laatua. Koetoiminta ja käytäntö 58(15.10.2001) 3, 10

Kuisma, P. 2004. Vesitalous, seuranta ja säätely. Esitelmä Perunantutkimuksen talvipäivillä Ikaalisissa 29.- 30.1.2004. Perunantutkimuslaitos.

Leppänen, A. & Esala, M. 1995. Keväisen mineraalityypianalyysin käyttö lannoitustarpeen ennustamisessa: esitut- kimus. Maatalouden tutkimuskeskus, tiedote 1/95. 29 s.

Mylly, M., Virtanen, E., Linna, E., Forsman, K., Jauhiainen, L. & Karvonen, J. 2004. Perunan kastelumenetel-

