



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Petrus Blomberg, Pauliina Koivumäki ja Arna-Miila Mäkynen

# Plantaarisen paineen muutokset tehdasvalmistetuilla keinojalkineilla kävellessä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Jalkaterapeutti AMK

Jalkaterapian koulutusohjelma

Opinnäytetyö

25.11.2018

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Opinnäytetyön tavoite ja tarkoitus	3
3	Plantaarinen paine ja keinujalkineet	4
3.1	Jalan plantaarinen paine	4
3.2	Keinujalkineet	5
3.3	Plantaarisen paineen muuttuminen keinujalkineilla	6
3.4	Keinujalkineen huomioon otettavia vaikutuksia kävelyssä	7
4	Opinnäytetyön menetelmälliset ratkaisut	9
4.1	Aineiston kerääminen	9
4.2	Aineiston analysointi	13
5	Etu- Keski ja takaosan tulokset keinujalkineista	15
5.1	Etiosa	15
5.2	Keskiosa	16
5.3	Takaosa	17
5.4	Yhteenveto etu- keski- ja takaosan paine-eroista	18
6	I MTP -nivelen ja I varpaan alue	19
6.1	Normaali keinuprofiili	19
6.2	Myöhäinen keinuprofiili	20
6.3	Aikainen keinuprofiili	21
6.4	Kaksivaiheinen keinuprofiili	22
6.5	Koko jalkineen mittainen keinuprofiili	23
6.6	Neutraali jalkine	24
6.7	Yhteenveto I MTP -nivelen ja I varpaan alueen analysoinnista	24
7	Pohdinta	25
	Lähteet	28
	Liitteet	
	Liite 1 – Jalkineiden tarkemmat kuvaukset taulukoituna	
	Liite 2 – Mittausten kävelykertojen ajat	

Liite 3 – Jalkineiden joustavuusmallien tehokkaimmat keventäjät jokaisessa jalkinevertailussa.

Liite 4 – Jalkineiden etuosan PSI-arvojen ottojen summat ja niiden keskiarvot.

Liite 5 – Jalkineiden keskiosan PSI-arvojen ottojen summat ja niiden keskiarvot

Liite 6 – Jalkineiden takaosan PSI-arvojen ottojen summat ja niiden keskiarvot

Liite 7 – Jalkineiden 1–6 oikean jalan plantaariset paineet newton neliösenttimetreinä

Liite 8 – Jalkineiden 7–12 oikean jalan plantaariset paineet newton neliösenttimetreinä

Tekijät	Blomberg Petrus, Pauliina Koivumäki, Arna Mäkynen
Otsikko	Plantaarisen paineen muutokset tehdasvalmistetuilla keinujalkineilla kävellessä
Sivumäärä	31 Sivua +8 liitettä
Aika	6.11.2018
Tutkinto	Jalkaterapeutti (AMK)
Koulutusohjelma	Jalkaterapian tutkinto-ohjelma
Ohjaajat	Fysioterapian yliopettaja Anu Valtonen Jalkaterapian lehtori Pekka Anttila Jalkaterapian lehtori Matti Kantola
<p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli vertailla tehdasvalmisteisten keinujalkineiden plantaarista painetta neutraaliin jalkineeseen kävelyn aikana. Tavoitteena oli saada tietoa erilaisten keinumallien vaikutuksista jalan plantaariseen paineeseen.</p> <p>Aineisto kerättiin määrällisesti mittaamalla plantaarista painetta kengän sisään asetettavalla Medilogic-painemittausjärjestelmällä. Opinnäytetyössä käytettiin 12 paria jalkineita, joista kahdessa ei ollut lisättyä keinua. Testit suoritti yksi henkilö, jonka jalan mittojen mukaan jalkineet tilattiin. Analysoimme erikseen etu-, keski- ja takaosan maksimaalisen plantaarisen paineen kolmen kävelykerran keskiarvopaineita sekä I MTP -nivelen ja I varpaan alueen maksimaalisia plantaarisia paineita sensorikohtaisesti.</p> <p>Etu- ja keskiosan alueiden keventämisessä kaksivaiheinen keinumalli ja takaosan alueella kengänmittainen keinumalli vähensivät tulosten mukaan painetta parhaiten. Joustavalla ja hiilikuitujäykistetyllä pohjalla oli vaikutusta jalan plantaariseen paineeseen riippuen keinumallista ja jalan alueesta. Hiilikuitujäykistetty pohja oli joustavaa pohjaa parempi keventäjä useimpien mallien etuosassa. Keskiosaa kevensi paremmin joustava pohjamalli. Takaosassa jäykkä ja joustava malli aiheuttivat saman suuruiset plantaariset paineet. Verrattaessa joustavan ja hiilikuitujäykistettyjen jalkineiden eroja neutraaleihin jalkineisiin kaikissa muissa paitsi koko jalan mittaisessa keinumallissa hiilikuitujäykistetty pohjamalli antoi pienemmät painearvot. Keskiosalla tulos oli päinvastainen. I varpaan ja I MTP -nivelen alueella lähes kaikki keinujalkineet tasasivat plantaarista painetta vähentäen painepiikkejä.</p> <p>Opinnäytetyön tulokset antoivat viitteitä siitä, että keinun mallilla ja pohjan jäykkyydellä on merkitystä plantaariseen paineeseen alueellisesti eri tavoin. Opinnäytetyössä käytettyjä keinujalkineita voitaisiin hyödyntää niiden paineentasausominaisuuden takia mm. I varpaan ja I MTP -nivelen kevennyksissä. Muun muassa jalkinevalmistajat ja jalkaterapeutit voivat saada lisätietoa opinnäytetyöstä ammatillisuutensa kehittämiseen. Jatkokehitysehdotuksena ovat mm. suuremman tutkimusjoukon käyttäminen tai analysoitavien jalkinemallien määrän vähentäminen.</p>	
Avainsanat	keinujalkine, Medilogic-pohjallinen, jalkaterapia, plantaarisen paineen mittaaminen

Authors Title	Petrus Blomberg, Pauliina Koivumäki, Arna Mäkynen Effects of Rocker Shoes in Plantar Pressure During Walking
Number of Pages	31 pages + 8 appendices
Date	November 2018
Degree	Bachelor of Health Care
Degree Pro- gramme	Podiatry
Instructors	Pekka Anttila, Senior Lecturer Matti Kantola, Senior Lecturer Anu Valtonen, Principal Lecturer
<p>The purpose of this Bachelor's Thesis was to compare plantar pressures between different factory-made rocker shoes during walking. The goal was to gather material about effects of different types of rocker models on plantar pressure.</p> <p>Material was gathered by using quantitative research methods. Methods consisted of measuring plantar pressure with Medilogic's plantar pressure insoles. Thesis involved 12 pairs of shoes from which two pairs were neutral shoes without any rocker. Neutral shoes were used for comparison. Measuring was done with one participant. All rocker shoes were custom shoes made just for our testee. Plantar pressures were measured three times from each shoe. Data was then used to analyze maximum pressures from forefoot, midfoot and hindfoot plantar pressures. We also analyzed I-MTP- joint and I-toe area sensor by sensor. Finally, we compared a flexible sole and a carbon-fiber reinforced sole.</p> <p>When reducing pressure from fore- or midfoot double rocker seemed to work best. In hindfoot best option was full length rocker. Flexible sole and carbon-fiber reinforced sole seemed to have different effects on plantar pressure depending on the area of the foot. For example, carbon-fiber reinforced sole reduced plantar pressure in forefoot area more often than flexible sole. In midfoot, the effect was the opposite and in hindfoot it was almost equal. Finally, when compared to neutral shoes, flexible sole was a better option only when combined with full length rocker. In I-MTP-joint and I-toe area almost all rocker types evened out plantar pressure.</p> <p>The results of the thesis give indications that different rockers and the rigidity of the sole have distinct effects on plantar pressure in different areas of the foot. Considering this thesis rocker shoes could be used for example to take pressure off from IMTP and I-toe area. Despite some challenges, we got valuable information that could easily improve future studies. For example, a larger set of examinees is required for more data.</p>	
Keywords	podiatry, rocker shoes, plantar pressure measurement, pressure insole

## 1 Johdanto

Keinujalkineet ovat useimmin käytettyjä terapeuttisia yksilöllisiä jalkineita alaraajojen biomekaanisten poikkeamien hoidossa. Jalkineen keinupohja on yleisin jalkineen ulkopuolinen muokkaus. Vaikka keinujalkineita on käytetty pitkään, kliininen tutkimus jalkineiden vaikuttavuudesta on melko vähäistä. (Hutchins & Bowker & Geary & Richards 2009.)

Tietyissä sairauksissa, kuten diabeteksessa, huonosti paranevien haavojen hoidossa käytetään plantaaristen painepiikkien keventämistä. Haava-alueetta keventämällä haavan hoito tehostuu ja haavan paranemismahdollisuudet kasvavat. Jalkapohjassa epätaisisesti jakautuva paine lisää ihomuutoksien riskiä, jotka voivat pahimmillaan johtaa haavan syntyyn. (Käypähoito 2009.) Kevennyksen tarve jalan alueella voi kestää kuukausia, kunnes haava on parantunut. Pitkäaikainen vuodelepo ei ole kuitenkaan suositeltavaa, sillä erityisesti iäkkäillä se voi heikentää merkittävästi yleistä toimintakykyä. (Jämsen & Kerminen & Strandberg & Valvanne 2015.)

Tehokas ja suunniteltu keventäminen voi mahdollistaa parhaimmillaan kivuttoman kävelyn ja liikkumisen, joka yleistä arjessa pärjäämistä. (Saarikoski 2016.) Keinun kohdan valinta voi olla haastavaa, sillä keventämisessä on otettava huomioon plantaarisen paineen siirtyminen. Kevennysterapiassa plantaarisen paineen paikkaa muutetaan tai sitä levitetään, mutta kokonaispaine ei muutu. Pahimmillaan huolimaton plantaarisen paineen siirtäminen pois tietyltä alueelta aiheuttaa muualle niin voimakkaan uuden kuormituksen, että sinne syntyy haava. (Juutilainen 2017.) Medilogic-pohjallisten avulla voidaan selvittää tarkka plantaarisen paineen jakautuminen kävelyn aikana, mikä voi helpottaa oikeanlaisen keinun valinnassa.

Opinnäytetyö toteutettiin yhteistyössä norjalaisen Klaveness Footwear Oy:n kanssa. Klaveness Footwearin toiminnan tarkoitus on toteuttaa jalkineen mukavuus sekä tyylikkyys yhdistettynä ammattitaitoon. Klaveness Footwear haluaa vastata jokaisen kuluttajan jalkinetarpeisiin. Yritys valmistaa comfort jalkineita, perinteisiä jalkineita, tohveleita sekä medical -jalkineita. Jalkineet valmistetaan kahdessa Klaveneksen omistamassa tehtaassa, Portugalissa ja Puolassa. (Klaveness Footwear 2017.) Käytämme opinnäytetyössämme Klaveneksen valmistamaa 10 keinujalkineparia sekä kahta vastaavaa keikutonta jalkineparia. Havainnoimme myös jäykän ja joustavan pohjamallin eroja. Keven-

nyksen teho ja vaikutusalue ovat oleellisia tietoja kevennyksen ollessa osana jalkaterapeutista hoitoa, sillä kevennyksen epäonnistuessa tai ollessa riittämätöntä, hoito on tehotonta ja potilaan jalan tervehtyminen viivästyy.

## 2 Opinnäytetyön tavoite ja tarkoitus

Opinnäytetyön tarkoituksena oli mitata ja verrata jalan maksimaalisia plantaarisia paineita Klaveneksen tehdasvalmisteisissa keinupohjaisissa erityisjalkineissa suhteessa vastaaviin neutraalipohjaisiin jalkineisiin. Tavoitteena oli antaa tietoa Klavenekselle heidän keinujalkineidensa aikaansaamista muutoksista plantaariseseen paineeseen kävelyn aikana. Analysoimme myös jalan plantaaripuolen alueelta anatomisesti kävelyn kannalta merkittävän alueen Medilogic-pohjallisten yksittäisten sensorien mukaisesti. Valitsimme alueeksi I MTP -nivelen ja I varpaan alueen, koska se on merkittävässä osassa kävelyn varvastyöntöä.



### 3 Plantaarinen paine ja keinujalkineet

#### 3.1 Jalan plantaarinen paine

Jalan plantaarinen paine syntyy, kun jalkapohja osuu alustaan. Toimintakyvyltään normaalilla ihmisellä jalkapohjaan kohdistuu päivittäin paljon painetta. Plantaarisen paineen seuraaminen ja havainnointi ovat tärkeitä tutkittaessa tarkemmin ihmisen asentoa sekä kävelyä. Paineen tutkimisesta saadun tiedon avulla voidaan todeta erilaisia alaraajan rakenteellisia ja biomekaanisia poikkeamia. Tiedon avulla voidaan myös ehkäistä vammoja sekä tutkia jalkineiden muotoilua. (Razak ym. 2012.) Plantaarisen paineen lievittämisestä on tehty useita tutkimuksia, joista osa käsittelee jalkineita, joihin on lisätty erilaisia keinuprofiileja (Praet & Louwerens 2003: 441–445).

Cavanagh ym. (1987) mukaan erilaiset plantaarisen paineen mittaukset ovat osoittaneet, että kyseisestä paineesta noin 60% on kantapäällä, 8 % jalan keskiosalla ja 28 % jalan etuosalla. Kyseiset tulokset eivät päde supinoivalla tai pronatoivalla jalkaterällä eikä tutkimuksessa ole otettu kenkien vaikutusta huomioon. (Cavanagh & Rogers & Liboshoi 1987.) Jalkapohjaan paikallisesti kohonneesta paineesta kertoo usein ihomuutokset. Kovettuma tai känsä jalkapohjassa on merkki paineesta, joka on voinut nousta jopa yli 30 % (Young ym. 1992: 55–57). Plantaarista painetta mitanneet tutkimukset ovat osoittaneet, että paikallisen plantaarisen paineen kasvu sekä painealueiden haavautuminen ovat yhteydessä toisiinsa (Cavanagh & Ulbrecht 1994: 123-135). Iho tuntee ja kestää plantaarista painetta yksilöllisesti. Korkean plantaarisen paineen raja-arvona pidetään yleisesti 200 kPa:n suuruista painetta. Varsinkin haavaa kevennettäessä olisi hyvä pyrkiä laskemaan alueellinen paine 200 kPa:n alle. (Owings ym. 2009.)

Reuma ja diabetes saattavat aiheuttaa muutoksia jalkojen rakenteisiin ja muuttunut asento aiheuttaa usein plantaarisen paineen epätasaista jakautumista. Diabeteksestä johtuvan neuropatian aiheuttamia muutoksia voidaan tutkia mittaamalla plantaarista painetta (Orlin & McPoil 2000). Neuropatiassa paineipiikistä aiheutuva paineen tai kivun tunne on heikentynyt, koska suojatunto on alentunut tai se puuttuu, jolloin varoittavia signaaleja liiallisesta paineesta ei aistita. Diabetekseen liittyy riski myös valtimoverenkierron heikkoudesta, joka voi hidastaa tai estää haavojen paranemisen. Jos henkilöllä on sekä neuropatiaa että verenkierron heikentymää, haavojen syntyä tulisi ennaltaeh-

käistä niin tehokkaasti kuin mahdollista. (Mustajoki 2018.) Myös reumassa nivelissä tapahtuvia muutoksia tutkitaan plantaarisen paineen avulla (Van der Leeden ym. 2006). Nivelten virheasennot aiheuttavat usein ylikuormitusta pienille alueille, jolloin alueille syntyy merkittäviä paineenpiikkejä, jotka ovat riskejä kovettumille, rakoille ja haavoille (Stolt 2017). Plantaarisen paineen suunnitelmallinen jakaminen voi olla myös hyödyksi useille nivelrikko- ja leikkauspotilaille.

### 3.2 Keinujalkineet

Käytimme opinnäytetyössämme Pirkkalaisen, Rautiaisen ja Sjömanin (2016) opinnäytetyössään kokoamaa sekä Klaveneksen käyttämää terminologiaa keinujalkineista. Puhuttaessa normaalista keinusta, keinu on jalkineessa keskellä, leikaten pitkittäiskaaren. Myöhäisessä keinussa keinu on keskiosaa lähempänä päkiälinjaa, jolloin keinu vaikuttaa kanta-astunnalla normaalia keinua myöhemmässä vaiheessa askelta. Aikaisessa keinussa keinu on jalkineen pohjan keskiosaa lähempänä kantapäätä, jolloin keinun vaikutus on askeleessa normaalia keinua aikaisempi. Kaksivaiheisessa keinussa on kaksi keinua, joista toinen on lähellä kantaa ja toinen päkiälinjalla. Kengän mittaisessa keinussa keinun vaikutus on koko askeleella, kantapäästä päkiään ja sen korkein kohta on jalkineen pohjan keskiosassa. (Pirkkalainen & Rautiainen & Sjöman 2016.) Erilaisista keinujalkineista käytetään vaihtelevaa terminologiaa kirjallisuudessa. Myös keinun mallit saman termin alla saattavat vaihdella.

Keinujalkineiden käyttö biomekaanisten poikkeamien hoidossa perustuu sagittaalitasoon liikkeen kontrollointiin nilkan nivelissä. Tutkimusten mukaan tehokkain keino siihen on jäykistää keinujalkineen pohja. Jalkine tulee olla riittävän jäykkä, jotta sen ominaisuudet toimivat halutulla tavalla. Keinujalkineen jäykistämiseen kantapäästä varpasiin käytetään pääasiassa hiilikuitua. Hiilikuitujäykistetty pohja vähentää painetta etenkin metatarsaaliluiden päissä. Kävely keinujalkineella voi mahdollistaa normaalin kävelyn syklin, kun jalkaterä siirtyy rullaavasti ja kehon paino ohittaa keskitukivaiheen onnistuneesti. (Myers ym. 2006: 323–30.)

Keinun vaikuttavuuteen liittyy voimakkaasti myös keinun kulma ja anatominen sijainti. Rao ym. (2012) mukaan keinun jyrkkyydessä tulee huomioida nilkan asento. Esimerkiksi reumaa sairastavilla henkilöillä keinupohja voi parantaa nilkan liikelaajuutta ja mahdollistaa normaalin kävelyn. Nilkan alueen ongelmiin, kuten jäykkyyteen, sopivin malli olisi-kin kokopitkä tai negatiivinen kantakeinu, jossa jalkineen keventävä vaikutus on jalan

takaosalla. Keinujalkinetta valittaessa on huomioitava asiakas kokonaisvaltaisesti, esimerkiksi tasapainon ollessa heikko, negatiivista keinua ei suositella henkilöille kaatumisriskin vuoksi. (Rao & Riskowski & Hannan 2012.) Kaksivaiheista keinujalkinetta käytetään useimmin ohuen keskikohdan takia keventämään charcot oireyhtymän aiheuttamia rakenteellisia muutoksia jalkaterässä (Long ym. 2004).

### 3.3 Plantaarisen paineen muuttuminen keinujalkineilla

Tutkimuksen kohteina ovat olleet mm. jäykkien ja joustavien keinujalkineiden sekä tavalisten jalkineiden paine-erot. Lin ym. (2017) ovat tutkineet plantaarisia paine-eroja ja välimatkamuutoksia pehmeällä ja jäykällä keinujalkineella ja verranneet niitä paljain jaloin ja tasapohjaisilla kengillä kävelemiseen ja hölkkäämiseen. Kyseisessä tutkimuksessa havaittiin, että plantaarinen paine oli korkeampi tasapohjaisella kengällä kävellessä verrattuna paljain jaloin kävelemiseen, kun taas molemmilla keinukenkämalleilla paine oli merkittävästi pienempi ja pehmeäpohjaisessa keinukenkäratkaisussa kaikkein pienin. Juostessa kaikissa kenkätyypeissä plantaarinen paine kasvoi, mutta enemmän se kasvoi pehmeissä keinupohjakengissä. (Lin & Su & Chung & Hsia & Chang 2017.) Tutkimuksen mukaan keinujalkineet eivät käyttäydy samalla tavalla kävelyssä ja juoksussa ja tulokset antavat viitteitä siitä, että keinujalkineen kevennysteho on suurimmillaan kävelyssä.

Preece ym. (2017) tutkivat yksilöllisesti valmistettujen keinupohjaisten jalkineiden vaikutusta haavan syntyyn matalan riskiryhmän diabeetikoilla, joilla ei ollut aikaisempaa haavaa. Tutkimuksessa tutkittiin myös terveitä henkilöitä, jolla ei ollut diabetesta. Kaikki kävelivät 8 erilaisella keinujalkineparilla. Tutkimuksessa havaittiin, että plantaarinen paine kasvoi merkittävästi, kun keinun sijaintia siirrettiin distaalisesti. Keinun korkeimman kohdan ollessa noin puolessa välissä (52 %:n kohdalla) jalkineen pituudesta, 20 asteen kallistuskulmalla ja 95 asteen keinun suuntakulmalla leveyssuunnassa, 71–81 % mitatuista huippupaineista oli alle kynnyksarvon, 200 kPa: n. Paine käyttäytyi suhteellisesti samalla tavalla kokeessa käytetyillä jalkineilla diabeetikoilla ja kontrolliryhmällä. (Preece & Chapman & Braunstein & Brüggemann & Nester 2017.)

Mentz ym. (2016) mukaan keinujalkineilla on mahdollista vähentää I MTP:n dorsaalifleksion tarvetta varvastyönössä, millä on suotuisia vaikutuksia alueen plantaarisen paineen vähentämisessä (Mentz ym 2016). Varvastyönön helpottaminen keinujalkineella esimerkiksi jäykistyneellä I varpaalla voi mahdollistaa normaalin kävelyn, jolloin vältetään epäedullisilla kompensatioilla.

### 3.4 Keinujalkineen huomioon otettavia vaikutuksia kävelyssä

Erialaisten keinujalkineiden vaikuttavuuksista eri kävelyn vaiheissa on tutkittu jonkin verran. Useimmat tutkimukset on tehty suurella tutkimusjoukolla ja isossa osassa tutkimuksia on ollut diabeetikoita ja terveitä. Monissa tutkimuksissa käsitellään keinujalkineiden hyötyä diabeettisessa neuropatissa.

Keinujalkineen toimivuuden peruseräite on rullaava askel kantaiskusta aina varvas-työntöön asti (Myers ym. 2006: 323–30). Keinujalkineilla kävellessä paine jalkapohjan keskellä lisääntyy, jalkaterän etuosan ja erityisesti kantapään alueella paine vähenee (Stolt, Flink, Saarikoski & Väyrynen 2017: 640). Jalkineen toimivuus perustuu paineen jakautumiseen ja liikkeen yhdistymiseen (Van Bogart ym. 2005: 542–50). Keinujalkineita käytetään yleensä, kun tavoitteena on jonkin jalkapohjan alueen paineen vähentäminen tai jonkin nivelen osittainen immobilisointi. Keinujalkineiden muotoilun on osoitettu vähentävän jalkapohjien painepiikkejä eri tavoilla, mutta tutkimuksissa ei ole löydetty keinujalkinemallia, joka keventäisi jalkaterän etuosan täysin (Van Schie & Ulbrecht & Becker 2000: 833–44).

Keinukenkää käytetään usein henkilöillä, jolla nilkan liikkuvuus on vähentynyt, sillä keinujalkine lisää kävelyssä mm. askeleen työntövoimaa sekä mahdollistaa normaalin kävelyn nilkan liikerajoituksesta huolimatta. Keinujalkineiden pääkäyttötarkoitukset ovat jalkineen jäykistys, nilkan toiminnan palauttaminen, painealueiden keventäminen sekä kävelyn tukivaiheen avustaminen. (Rao ym. 2012.)

Keinujalkinetta käytettäessä kävelyssä jalkaan vaikuttava momentti pienenee. Momentin suuruuteen vaikuttavat keinun sijainti ja kallistuskulma. Arazpour ym. (2013) havaitsivat tutkiessaan kengän mittaisen keinun vaikutuksia suhteessa neutraalipohjaiseen jalkineeseen, että tutkimuksessa käytetty keinujalkine vähensi merkittävästi nilkan sagittaalisuuntaista liikettä. Vastoin ennakkokäsityksiä keinujalkineet eivät tässä tutkimuksessa vaikuttaneet kävelyn nopeuteen, askelpituuteen tai tahtiin suhteessa neutraalipohjaisiin vastaaviin kenkiin, kun kävelynopeus oli tutkittavalle oma, luontainen kävelyvauhti. (Arazpour ym. 2013.)

Dhyani ym. (2017) tutkivat hapenkulutuksen eroa keinujalkineilla ja paljasjaloin kävellessä, kun koehenkilöiden jalan kaari oli laskeutunut. Tutkimuksessa mitattiin sekä subjektiivista että objektiivista vaikutuksia keinujalkineilla suhteessa paljasjalkakävelyn. Ha-

vaittiin, että hapenkulutus oli suurempaa, kun käytössä oli keinujalkineet. Laitteistolla mitattuna hapenkulutus oli aluksi lähes sama paljasjaloin ja keinujalkineilla kävellessä, mutta muutaman minuutin kävelyn jälkeen keinujalkineilla kävellessä hapenkulutus kasvoi huomattavasti suuremmaksi kuin vastaavalla hetkellä paljasjaloin kävellessä, myös palautuminen oli keinujalkineikävelyn jälkeen hitaampaa. (Dhyani ym. 2017.) Liikuntarajoitteisilla ja hyvin heikkokuntoisilla henkilöillä keinujalkineet voivat aiheuttaa lisäkuormitusta, jolloin on pohdittava ja punnittava jalkinevalinnan edut ja haitat.

## 4 Opinnäytetyön menetelmälliset ratkaisut

### 4.1 Aineiston kerääminen

Käytimme opinnäytetyössämme määrällisen eli kvantitatiivisen tutkimuksen menetelmää. Kvantitatiivinen tutkimus tutkii ilmiöitä mittausten menetelmillä, jotka keräävät numeraalista tutkimusaineistoa (Vilpas n.d). Tekemässämme opinnäytetyössä Medilogic insoles sensoriset pohjalliset tuottivat meille kvantitatiivisen aineiston Excel-taulukoina sekä havainnollistavina paineen jakautumista osoittavilla kuvilla.

Toteutimme opinnäytetyön aineiston keräämisen mittaamalla yhden opinnäytetyöryhmän jäsenen jalkojen plantaarista painetta kävelyn aikana Klaveneksen tehdasvalmisilla keinujalkineilla. Testihenkilön valitsemiseksi toteutimme seuraavat testit: kantaluun neutraaliasenon tutkiminen, ylemmän ja alemman nilkkanivelen liikelaajuuksien tutkiminen, navicular drop -testi ja jalkapeilillä kuormituksen tutkiminen. Testihenkilöksi valikoituneen jaloissa ei ilmennyt alaraajojen rakenteellisia tai toiminnallisia poikkeamia ja alkutestien tulokset olivat valitulla henkilöllä viitearvojen rajoissa. Lisäksi henkilöllä oli opinnäytetyöhön soveltuva leveä jalkaterä, joka oli yksi suositus, sillä tilattavat jalkineet olivat tarkoituksenmukaisesti normaalia leveämpiä. Alkutesteillä pyrimme vähentämään muiden tekijöiden kuin jalkineiden aiheuttamia painevaihteluita.

Mittauksiin valitun henkilön jalkaterät mitattiin Klaveneksen yhteistyökumppanin Respectan tiloissa. Mittaukset tekivät Respectan jalkaterapeutti. Klavenekselta toimitettiin mittojen perusteella jalkineet opinnäytetyötä varten. Opinnäytetyöstä saadut tiedot luovutetaan Klavenekselle ja Klaveness saa käyttää opinnäytetyön tuloksia haluamallaan tavalla. Klaveness kustansi opinnäytetyössä käytetyt jalkineet. Opinnäytetyöstä ei koitunut kustannuksia opinnäytetyön tekijöille, eikä Metropolia Ammattikorkeakoululle.



Kuva 1. Opinnäytetyössä käytettäviä keinujalkineita. Keinujalkineiden numerointi kuvattu taulukossa 1.

Opinnäytetyötä varten tilattavia jalkineita oli 12 paria. Kaksi jalkinepareista olivat neutraaleja, keinuttomia jalkineita. Kyseisiä jalkineita tarvittiin, jotta analyysia varten saatiin keinuton vertailukohde. Jokaisesta tilatusta jalkinemallista oli kaksi jalkineparia, joista toisessa oli joustava ja toisessa hiilikuitujäykistetty pohja. Käytimme tekstissämme termejä joustava ja jäykkä pohja. Käytössä huomasimme, että joustavapohjainenkin jalkine oli jalan liikettä voimakkaasti rajoittava jalkineen pohjan paksuuden takia. Taulukossa 1 on kuvattu kaikkien jalkineparien pohjien jäykkyydet, keinujen mallit ja jalkineiden numerot. Käytimme jalkineiden numerointia 1-12 myöhemmin tulosten analysoinnissa. Jokaisessa jalkineessa oli Klavenexin standardi EVA-pohjallinen sekä nopea ja helppokäyttöinen Boa Lace System -kiinnitys. Tarkemmat tiedot jalkineista löytyvät liitteestä 1.

Taulukko 1. Klaveneksen jalkineet koottuna pohjautuen Pirkkalainen ym. (2016) käyttämään terminologiaan (Pirkkalainen, Rautiainen & Sjöman 2016).

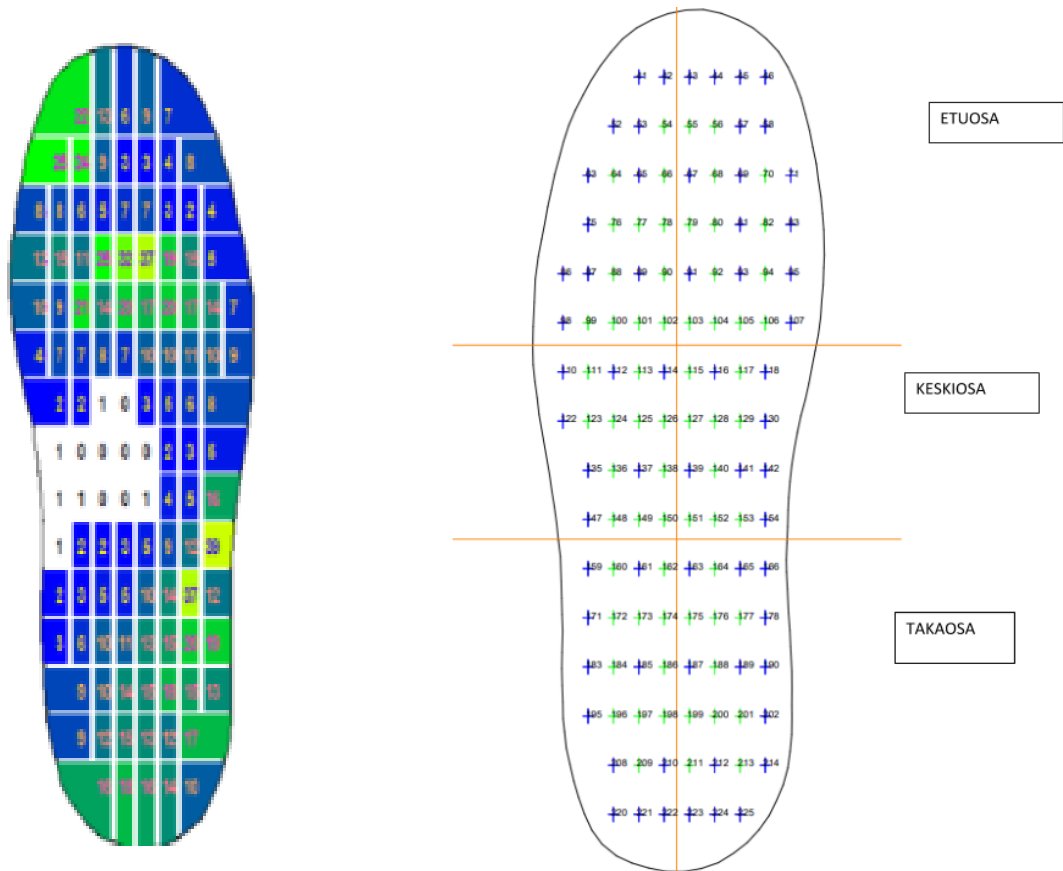
Kengän keinu (type of rocker)	Kenkä nro	joustava (flexible)	jäykkä (stiff)
normaali (normal)	1-2	x	x
myöhäinen (late)	3-4	x	x
aikainen (early)	5-6	x	x
kaksivaiheinen (stage)	7-8	x	x
kengän mittainen (polyphasic)	9-10	x	x
ei keinua / neutraali (no rocker)	11-12	x	x

Opinnäytetyössä käytimme Metropolia Ammattikorkeakoulun liikelaboratorion Medilogic-pohjallisia, jotka ovat paineen mittaukseen suunnitellut painesensoriset pohjalliset. Pohjallisten lisäksi tutkittavalla henkilöllä oli vyöllään modeemi, joka lähetti mittaustulokset tietokoneelle. Mittauksien tuloksia voitiin seurata tietokoneelta ja tallentaa ne analyysia varten. Medilogic-pohjallisten sensorit mittaavat paineen aina 64 N/cm<sup>2</sup>:iin asti. Kuvien lisäksi Medilogic tuottaa mittauksista kvantitatiivista aineistoa Excel-taulukoiden muodossa. Taulukoissa käytettävät arvot ovat PSI-paine-arvoja. Yksi PSI (naula/neliötuuma) vastaa 0,689476 N/cm<sup>2</sup>: ä. Taulukoista saadaan tietää jokaisen sensorin maksimipaine PSI-arvoina mittaushetkellä. Medilogic-pohjallisten sensorit mittaavat paineen joka 0.017 sekunti eli jokainen sensori antaa reilu 800 painearvoa mittausta kohden (Medilogic 2017).

Plantaarisen paineen mittaamiseen käytettäviä sensorisia pohjallisia on useita eri malleja eri valmistajilta. Opinnäytetyössämme käyttämämme Medilogic-pohjalliset on todettu tutkimuksissa riittävän toimiviksi. Esimerkiksi Salfordin yliopistolla on tehty tutkimuksia, joissa on verrattu eri valmistajien paineenmittauspohjallisia. Tutkimuksissa huomioitiin mm. tulosten tarkkuus ja tutkimuksen toistettavuus. Pohjalliset tulisi valita paineen vahvuuden ja keston mukaan (Price & Parker & Nester 2014). Medilogic toimii parhaiten, kun mitattava paine on 200-300 kPa, joka vastaa noin 20-30 N/cm<sup>2</sup>: ä. Tutkimuksessa kuitenkin selvisi, että tulosten luotettavuuden kannalta paras olisi ollut Pedarin



valmistama painetta mittaava pohjallinen. (Price ym. 2014.) Vaikka Mediologic ei ollut paras mahdollinen laitevaihtoehto, perustelemme sen käytön saatavuudella ja edullisuudella.



Kuva 2. Mallikuva paineen jakautumisesta. Kuva 3. Mallikuva Mediologic-pohjallisen alueiden jaosta.

Tämän opinnäytetyön tutkimusprotokollaksi valikoitui tutkimuksen perusteella 30 askelen mittausta, josta saatu analysoitava materiaali on todettu riittävän luotettavaksi (Melvin & Preece & Nester & Howard 2014). Matka mitattiin askelten perusteella mittauspäivänä, johon lisättiin 5 metriä kiihdytys- ja jarrutusmatkaa, jolloin käveltäväksi matkaksi muodostui 26 metriä. Matkan alku- ja loppupäähän asennettiin ajastusportit mittaamaan jokaisen kävelykerran aikaa. Luotettavuuden kannalta kävelykerrat saivat olla maksimissaan 15% erolla toisistaan. (Tenten-Diepenmaat ym. 2015.) Liitteen 2 mukaan kävelykertojen ajat olivat protokollan mukaan maksimissaan 15% erolla, eli mittauksissa kävelykerrat ajoittuivat aikavälille 14,43s-15,86s. Jokaisella jalkineparilla käveltiin kolme ker-

taa, jotta mittauksista saatiin tehtyä maksimipaineista keskiarvotaulukot ja seurattua mittauksen vaihtelevuutta. Tutkittava henkilö totutteli keinujalkineisiin ennen kävelysuoritusta.

#### 4.2 Aineiston analysointi

Aineiston analysoinnissa hyödynsimme Medilogic-ohjelman havainnollistavia kuvia tarkeilla  $\text{N/cm}^2$ -painearvoilla (kuva 2). Kuvissa näkyi plantaarisen paineen jakautuminen sekä mahdolliset painepiikit. Saimme tulokseksi yhteensä 36 Excel-tilukkoa, joista teimme tulostaulukot erikseen jalan etu-, keski- ja takaosalle. Käytimme tarkempia rajauksia varten apuna Medilogic-ohjelmiston omia pohjamalleja (kuva 3).

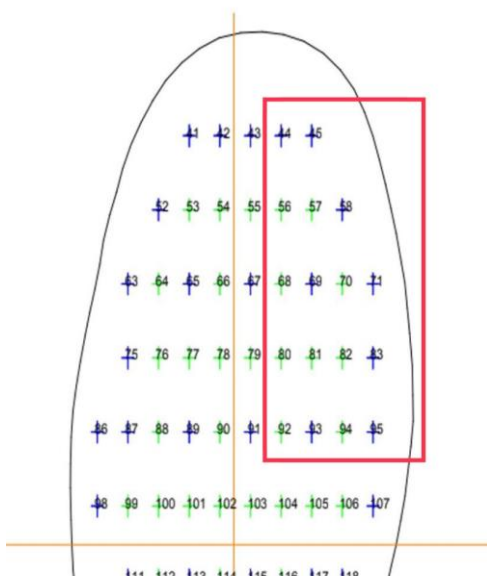
Analysoimme vain oikean jalan maksimaalisten paineiden PSI-arvoja, koska vasemman ja oikean jalan painearvot erosivat merkittävästi toisistaan. Vasen jalka kuormittui kävelyssä toistuvasti voimakkaammin kuin oikea, joten päätimme jättää sen analysoinnin ulkopuolelle. Vasemman jalan painearvojen hylkäämisellä pyrimme vähentämään keskenään vertailtavien painearvojen ulkopuolisia vaikutuksia. Opinnäytetyöhön osallistuneen testihenkilön vasen jalkaterä on myös pidempi eikä se sopinut jalkineeseen toivotusti. Oikean ja vasemman jalan väliset erot eivät tulleet ilmi alkutesteissä.

Etuosan maksimiarvojen keskiarvopaineet on laskettu yhteen kuvan 3 mukaan Medilogic-pohjallisen 50 etuosan painesensorin alueella. Pitkittäissuunnassa sensoreita etuosalla on enintään kuusi ja vähintään kaksi. Keskiosassa painearvot on yhteenlaskettu kuvan 3 mukaan Medilogic-pohjallisen 32 keskiosan painesensorin alueelta. Pitkittäissuunnassa sensoreita on keskiosalla 6 (kuva 3). Takaosan painearvot on yhteenlaskettu kuvan 3 mukaan Medilogic-pohjallisen 34 keskiosan painesensorin alueelta (kuva 3). Pitkittäissuunnassa sensoreita keskiosalla on 6.

Opinnäytetyössä käytetyn protokollan mukaan tehtyjen mittauksen antamien painearvojen perusteella analysoimme etu-, keski- ja takaosan erillään ja kokosimme mittaukskerrojen keskiarvopaineista taulukot 3, 4 ja 5 havainnollistamaan tuloksia. Taulukoissa kuvataan Medilogic-pohjallisten mittaamia maksimipaineiden keskiarvopaineita kävelyssä jokaisella 12 jalkineella ja jokaisesta keinujalkinetyypistä on otettu kolme mittaukskerraa. Mittaukskerrat ja niiden keskiarvopaineet on kuvattu eri väreillä liitteissä 4-6.

Opinnäytetyössä analysoimme myös I MTP -nivelen ja I varpaan aluetta apuna käyttäen havainnollistavia Medilogic-kuvia. Vertailu tapahtui sensorikohtaisesti 36 kuvan perusteella. Yksittäisen sensorin tuoma paine taulukoitiin ja sensorit nimettiin kuvan 4 mukaisesti järjestyksessä taulukoihin 6-11. Saimme näillä menetelmillä selville jokaisen jalkineen mittausten maksimiarvojen keskiarvopaineet aluekohtaisesti.

Havainnoimme tekemiemme mittausten perusteella I MTP -nivelen ja I varpaan alueen plantaarisen paineen muutoksista eri keinumalleilla verraten jalkineeseen 11. Huomioimme alueellisesti myös jäykän ja joustavapohjaisen keinujalkineen eroja. Vertailtavien jalkineiden alueelliset paineet on koottu taulukoihin, joissa on myös sensoreiden maksimiarvojen keskiarvopaineiden muodostama kokonaispaine I MTP -nivelen ja I-varpaan alueella.



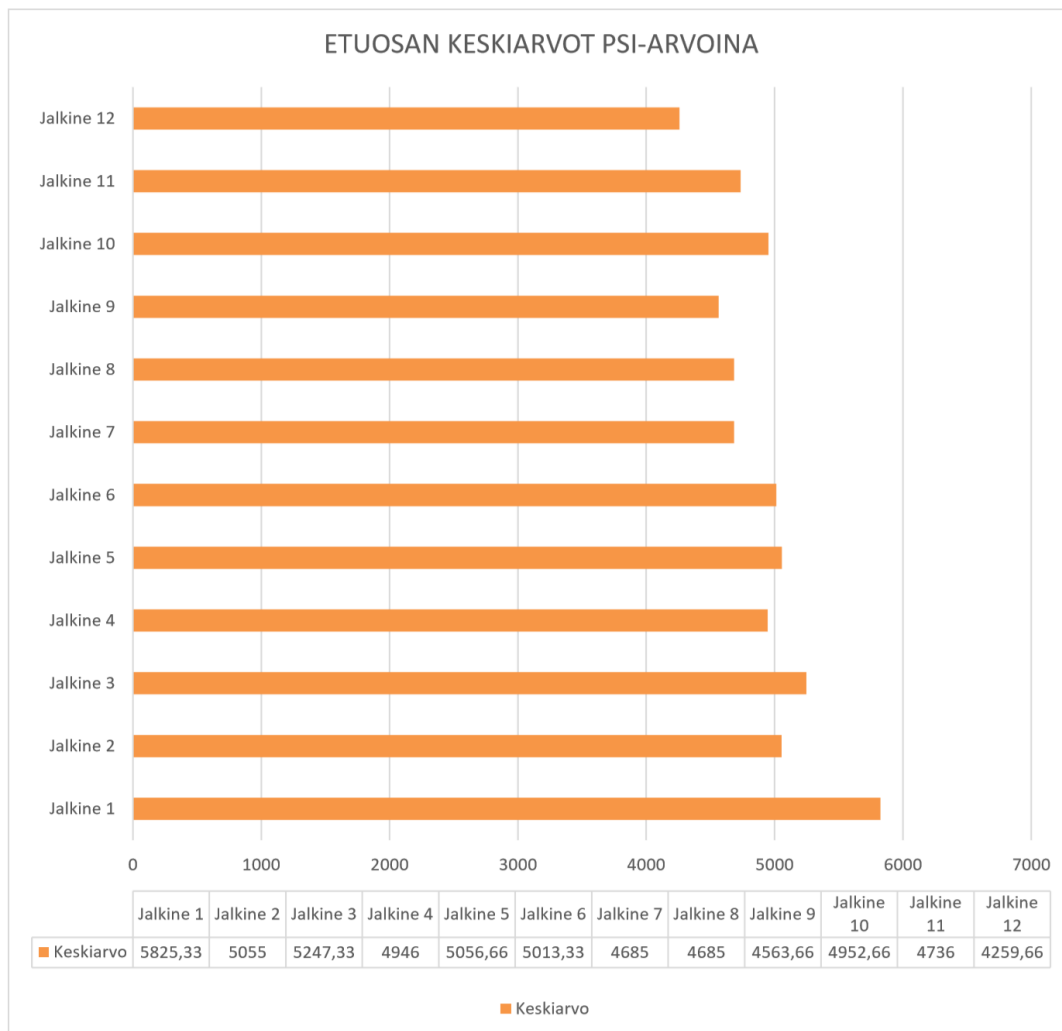
Kuva 4. Esimerkki vasemman jalan I-MTP-nivelen sekä I varpaan alueen sensoreista.

Sensorien numerointi toteutuu taulukoissa kuvan 4 mukaisesti molemmissa jaloissa. Taulukoissa ensimmäinen numero on sensori 44, ja 55. Analysoitavat sensorit ovat riiveittäin: 44–45, 56–58, 68–71, 80–83 sekä 92–95. Alue on anatomisesti arvioitu olevan I MTP -nivelen ja I varpaan alue.

## 5 Etu- Keski ja takaosan tulokset keinuajalkineista

### 5.1 Etuosa

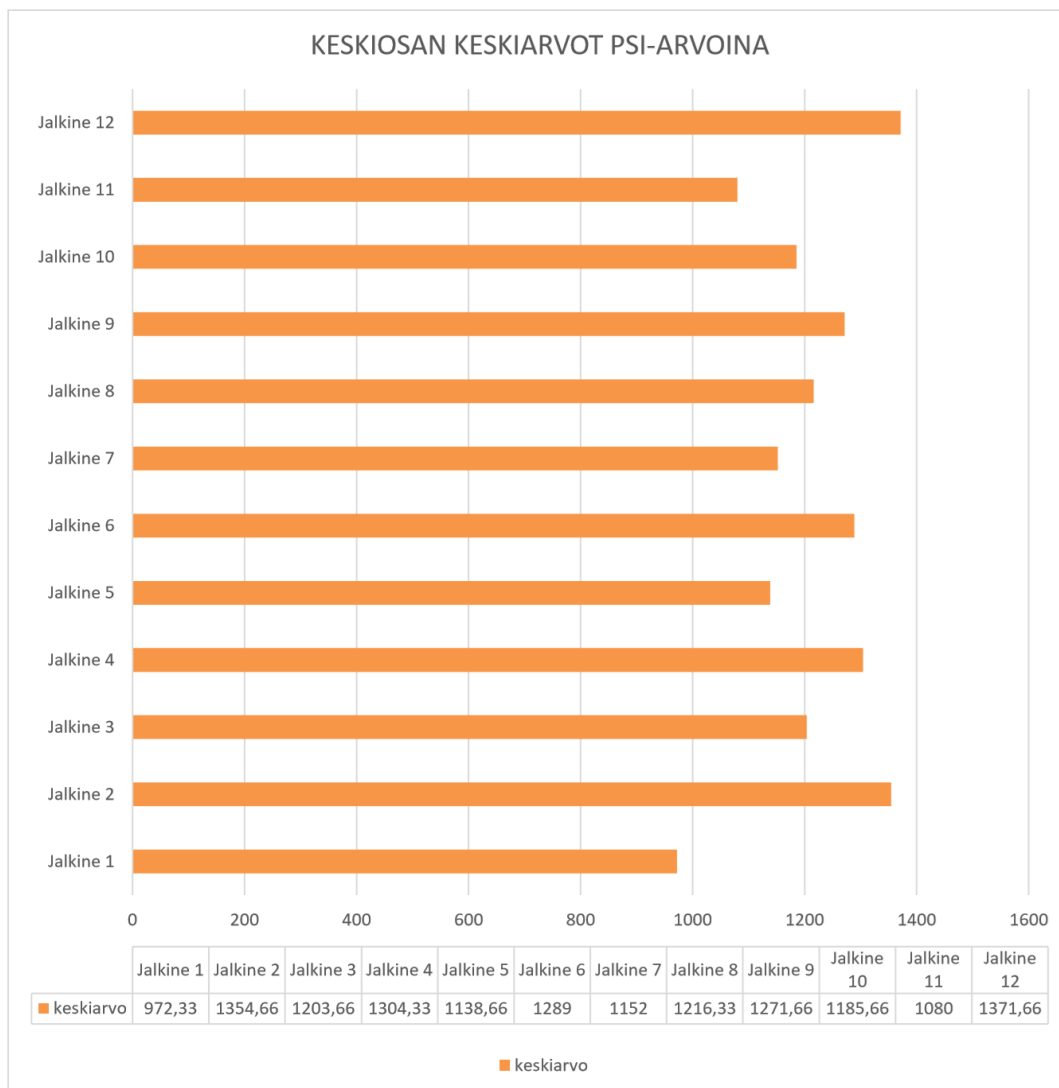
Taulukko 2. etuosan keskiarvot PSI-arvoina



Kaksivaiheinen keinu keventävää sekä joustavalla että jäykällä pohjalla jalan etuosaa hyvin. Keinuajalkineista vertailujalkinetta 11 tehokkaampi keventäjä oli myös joustavapohjainen kengänmittainen keinuajalkine. Suurimmat maksimiarvojen keskiarvopaineet olivat jalkineissa 1 (5825,33 PSI) ja pienimmät maksimiarvojen keskiarvopaineet olivat jalkineissa 12 (4259,66 PSI). Jalan etuosan tuloksissa oli huomattavaa, että lähes kaikissa keinumalleissa oli pienempi paine jäykkäpohjaisessa jalkineessa.

## 5.2 Keskiosa

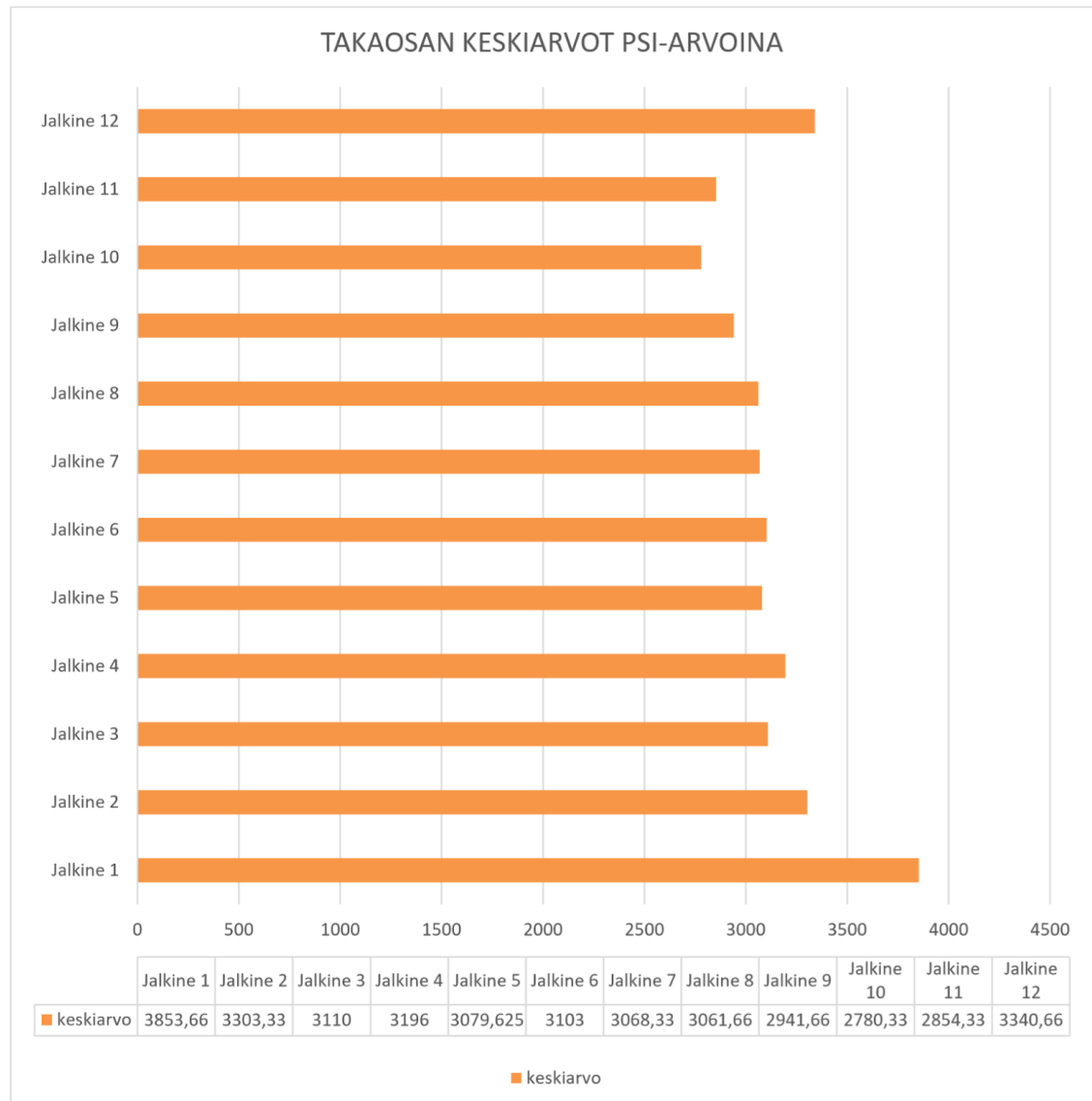
Taulukko 3. Keskiosan keskiarvot PSI-arvoina.



Keskiosan alueen kevennyksessä tehokas keventäjä on kaksivaiheinen keino, sillä sen kevennysteho oli melko hyvä sekä joustavassa että jäykässä pohjamallissa. Keski-osassa suurin PSI-arvo oli jalkineessa 12, (1371,66 PSI) ja pienin jalkineessa 1 (972,33 PSI). Alueellinen paine keskiosassa oli pienempi joustavapohjaisessa keinumallissa kuin jäykässä mallissa suurimmassa osassa jalkineita.

### 5.3 Takaosa

Taulukko 4. Takaosan keskiarvot PSI-arvoina



Jäykkäpohjainen, kengänmittainen keinu-jalkine kevensi vertailtavista jalkineista tehokkaimmin takaosan aluetta ja oli hyvä keventäjä myös joustavassa pohjamallissa. Tulosten maksimiarvojen keskiarvopaineiden perusteella jäykkä- ja joustavapohjaisten jalkineiden välisissä keskiarvopaineissa ei ollut suuria eroja. Suurin painearvo oli jalkineella 1 (3853,66 PSI). Jäykkällä ja joustavalla pohjalleilla ei tulosten perusteella ollut yhteisestä vaikutusta jalan takaosaan, vaan jalkineiden paineet vaihtelivat suuresti.

#### 5.4 Yhteenveto etu- keski- ja takaosan paine-eroista

Keinujalkineista paras yleiskeventäjä oli kaksivaiheinen keinu. Se kevensi sekä etuosan että keskiosan alueita hyvin ja tasaisesti molemmilla pohjien joustavuuksilla. Takaosan alueen paras paineen tasaaja oli kengänmittainen keinu. Pohjien joustavuuksilla oli eroja alueelliseen kevennykseen. Jäykkä pohja oli tehokkaampi keventäjä etuosan ja takaosan alueilla, keskiosan alueen kevensi tehokkaammin joustava pohja (liite 3).

Taulukko 5. Yhteenlasketut PSI painearvot jalkineiden etu- keski- ja takaosien keskiarvoista.

jalkine	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
etuosa	5825,33	5055	5247,33	4946	5056,66	5013,33	4685	4685	4563,66	4952,66	4736	4259,66
keskiosa	972,33	1354,66	1203,66	1304,33	1138,66	1289	1152	1216,33	1271,66	1185,66	1080	1371,66
takaosa	3853,66	3303,33	3110	3196	3079,625	3103	3068,33	3061,66	2941,66	2780,33	2854,33	3340,66
koko jalkine	10651,32	9712,99	9560,99	9446,33	9274,945	9405,33	8905,33	8962,99	8776,98	8918,65	8670,33	8971,98
vertaus jalkineeseen 11	(+1980,99	(+1042,66	(+890,66	(+1776	(+604,615	(+735	(+235	(+292,66	(+106,65	(+ 248,32	(+/-	(+301,65

Jalkineiden alueet on yhdistetty taulukkoon 5, jonka mukaan keinumalleista vähiten painetta oli kengänmittaisella keinujalkineella, jossa oli joustava pohja. Kaikista jalkineista vähiten painetta oli vertailujalkineella 11. Kokonaispaineiden vaihteluväli oli 8670,33PSI–10651,32 PSI (1980,99 PSI). Jalkineiden 1–2 ja 3–4 jäykkässä versioissa kohdistui jalkapohjaan vähemmän painetta kuin vastaavassa joustavassa. Jalkineissa 5–6, 7–8, 9–10 sekä 11–12 jäykkään jalkineeseen kohdistui samalla keinun mallilla enemmän painetta. Kokonaispaine oli jalkineissa useimmin siis suurempi, kun pohja oli hiilikuitujäyksetetty (liite 3).

## 6 I MTP -nivelen ja I varpaan alue

### 6.1 Normaali keinuprofiili

Taulukko 6. Normaali keinuprofiili. Medilogic-pohjallisten tuottamat arvot ovat N/cm<sup>2</sup> :ä. Kokonaispaine yhteenlaskettu ottojen keskiarvoista.

Normaali keinuprofiili																	
sensorin nro.	14	15	56	57	58	68	69	70	71	80	81	82	83	92	93	94	95
Jalkine 1																	
otto 1	25	58	20	64	64	12	15	18	16	49	26	32	24	26	37	18	20
otto 2	26	56	22	64	64	12	17	21	23	48	31	39	36	26	37	27	28
otto3	24	49	23	64	64	12	18	22	19	47	27	33	26	26	37	19	22
Keskiarvo	25	54	22	64	64	12	17	20	19	48	28	35	29	26	37	21	23
kokonaispaine 544 N/cm <sup>2</sup>																	
Jalkine 2																	
otto1	23	46	15	44	38	14	12	15	14	47	28	30	24	26	35	24	25
otto2	22	40	17	64	48	12	13	16	15	49	26	29	23	27	34	23	18
otto3	28	60	21	64	64	10	14	18	17	50	28	31	27	27	34	24	23
keskiarvo	24	49	18	57	50	12	13	16	15	49	27	30	25	27	34	24	22
kokonaispaine 492 N/cm <sup>2</sup>																	
Jalkine 11																	
otto1	64	64	13	26	24	29	25	31	41	26	27	34	24	17	24	13	7
otto2	64	64	12	27	25	30	28	36	49	28	28	39	28	18	28	14	8
otto3	64	64	12	27	25	29	25	34	54	30	29	40	32	19	30	15	7
keskiarvo	64	64	12	27	25	29	26	34	48	28	28	38	28	18	27	14	7
kokonaispaine 490 N/cm <sup>2</sup>																	

Jalkineiden 1, 2 ja 11 välillä suurimmat maksimiarvojen keskiarvopaineet ( $\geq 64$  N/cm<sup>2</sup>) olivat jalkineissa 1 ja 11. Jalkineessa 2 ei ollut yhtään  $\geq 64$  N/cm<sup>2</sup>:n arvoa mitattuna. Alueellinen kokonaispaine oli pienin jalkineessa 11, mutta sen painearvojen vaihteluväli oli suurempi kuin jalkineessa 2. Jalkineessa 2 paineet olivat myös määrällisesti useamassa sensorissa alhaisemmat kuin jalkineessa 11. Tehokkaimmin painetta tasasi jäykäpohjainen normaalikeinu, vaikka siinä oli kokonaispaine aavistuksen korkeampi kuin jalkineessa 11.



## 6.2 Myöhäinen keinuprofiili

Taulukko 7. Myöhäinen keinuprofiili. Medilogic-pohjallisten tuottamat arvot ovat N/cm<sup>2</sup>:ä. Kokonaispaine on yhteenlaskettu ottojen keskiarvoista.

Myöhäinen keinuprofiili																	
sensorin nro.	14	15	56	57	58	68	69	70	71	80	81	82	83	92	93	94	95
Jalkine 3																	
otto 1	22	37	15	53	15	13	15	15	17	55	28	26	26	30	36	19	24
otto 2	20	33	17	64	64	13	18	18	19	56	29	28	28	29	38	23	24
otto3	20	42	17	64	64	13	21	25	32	56	35	42	42	29	37	31	34
Keskiarvo	21	37	16	60	48	13	18	19	23	56	31	35	32	29	37	24	27
kokonaispaine 526 N/cm <sup>2</sup>																	
Jalkine 4																	
otto1	32	64	21	64	64	13	13	21	22	52	27	30	27	27	34	24	23
otto2	33	64	21	64	64	14	13	18	23	50	27	30	28	28	33	20	25
otto3	29	64	20	64	64	14	13	19	25	54	28	32	30	29	37	25	26
keskiarvo	31	64	21	64	64	14	13	19	23	52	27	31	28	28	35	23	25
kokonaispaine 562 N/cm <sup>2</sup>																	
Jalkine 11																	
otto1	64	64	13	26	24	29	25	31	41	26	27	34	24	17	24	13	7
otto2	64	64	12	27	25	30	28	36	49	28	28	39	28	18	28	14	8
otto3	64	64	12	27	25	29	25	34	54	30	29	40	32	19	30	15	7
keskiarvo	64	64	12	27	25	29	26	34	48	28	28	38	28	18	27	14	7
kokonaispaine 490 N/cm <sup>2</sup>																	

Jalkineiden 3, 4 ja 11 välillä suurimmat maksimiarvojen keskiarvopaineet ( $\geq 64$  N/cm<sup>2</sup>) olivat jalkineissa 4 ja 11. Jalkineessa 3 ei ollut yhtään  $\geq 64$  N/cm<sup>2</sup>:n painearvoa mitattuna. Vähiten alueellista kokonaispainetta oli jalkineessa 11 ja eniten jalkineessa 4. Jalkineessa 11 oli myös määrällisesti paineet useammassa sensorissa alhaisemmat kuin jalkineessa 3. Tulosten perusteella joustavapohjainen myöhäinen keinu poisti tehokkaimmin korkeat yksittäiset paineet ja jalkineessa 11 alueen kokonaiskuormitus oli vähäisintä.

## 6.3 Aikainen keinuprofiili

Taulukko 8. Aikainen keinuprofiili. Medilogic-pohjallisten tuottamat arvot ovat N/cm<sup>2</sup>:ä. Kokonaispaine on yhteenlaskettu ottojen keskiarvoista.

Aikainen keinuprofiili																	
sensorin nro.	14	15	56	57	58	68	69	70	71	80	81	82	83	92	93	94	95
Jalkine 5																	
otto 1	30	64	21	64	64	11	17	21	21	34	25	35	30	25	34	27	26
otto 2	25	57	21	64	64	12	16	19	16	33	23	34	25	25	33	23	24
otto3	27	64	21	64	64	11	16	20	15	39	23	33	25	24	32	18	19
Keskiarvo	27	62	21	64	64	11	16	20	17	35	24	34	27	25	33	23	23
kokonaispaine 526 N/cm <sup>2</sup>																	
Jalkine 6																	
otto1	35	64	24	64	64	8	13	16	14	34	22	26	22	25	34	16	19
otto2	45	64	25	64	64	8	15	17	15	34	23	33	27	25	34	19	23
otto3	45	64	25	64	64	8	16	18	15	33	26	34	29	25	38	24	26
keskiarvo	24	64	25	64	64	8	15	17	15	34	24	31	26	25	35	20	25
kokonaispaine 516 N/cm <sup>2</sup>																	
Jalkine 11																	
otto1	64	64	13	26	24	29	25	31	41	26	27	34	24	17	24	13	7
otto2	64	64	12	27	25	30	28	36	49	28	28	39	28	18	28	14	8
otto3	64	64	12	27	25	29	25	34	54	30	29	40	32	19	30	15	7
keskiarvo	64	64	12	27	25	29	26	34	48	28	28	38	28	18	27	14	7
kokonaispaine 490 N/cm <sup>2</sup>																	

Kaikissa jalkineissa 5, 6 ja 11 oli yksittäisiä korkeita ( $\geq 64$  N/cm<sup>2</sup>) keskiarvopaineita, kuitenkin eniten jalkineessa 6. Jalkine 6 oli lähes yhtä hyvin keventävä alueellisessa kokonaispaineessa kuin jalkine 11, jossa alueellinen kokonaispaine oli pienin. Lisäksi jalkineessa 6 oli määrällisesti useammassa sensorissa paine alhaisempi kuin jalkineessa 11. Jalkineessa 6 oli siis sensorikohtaista painearvovaihtelua paljon, mikä ei ole eduksi paineen tasaamisessa. Jalkineessa 5 kokonaispaine oli suurin, mutta siinä oli määrällisesti kuitenkin useammassa sensorissa paine alhaisempi kuin jalkineessa 11.

Jalkineista alueelliselta kevennysteholtaan paras jalkine oli jalkine vertailujalkine 11, koska siinä esiintyy vähiten korkeita arvoja ja sen alueellinen kokonaispaine oli alhaisin. Suuria eroa jalkineiden kevennystehossa ei ollut havaittavissa, mikä saattoi osittain johtua keinun sijainnista. Aikaisessa keinussa keinun vaikutus oli jalan keskikohdan proksimaalipuolella, jolloin varvastyönössä sen vaikutus oli enää vähäinen.

## 6.4 Kaksivaiheinen keinuprofiili

Taulukko 9. Kaksivaiheinen keinuprofiili. Medilogic-pohjallisten tuottamat arvot ovat N/cm<sup>2</sup>: ä. Kokonaispaine on yhteenlaskettu ottojen keskiarvoista.

Kaksivaiheinen keinuprofiili																	
sensorin nro.	14	15	56	57	58	68	69	70	71	80	81	82	83	92	93	94	95
Jalkine 7																	
otto 1	27	64	12	25	57	23	13	16	17	49	28	25	25	31	33	16	19
otto 2	23	53	17	30	64	13	12	15	15	51	27	30	25	31	33	17	21
otto3	24	47	19	37	61	11	10	15	15	50	21	21	21	29	33	16	19
Keskiarvo	25	55	16	31	61	16	12	15	16	50	25	25	24	30	33	16	20
kokonaispaine 470 N/cm <sup>2</sup>																	
Jalkine 8																	
otto1	34	64	22	43	64	6	13	17	22	36	23	30	30	25	32	24	24
otto2	43	64	22	60	64	6	14	18	22	39	24	28	27	26	30	23	23
otto3	33	64	21	50	64	7	12	16	18	41	23	24	22	27	30	18	21
keskiarvo	37	64	22	51	64	6	13	17	21	39	23	27	26	26	31	22	23
kokonaispaine 512 N/cm <sup>2</sup>																	
Jalkine 11																	
otto1	64	64	13	26	24	29	25	31	41	26	27	34	24	17	24	13	7
otto2	64	64	12	27	25	30	28	36	49	28	28	39	28	18	28	14	8
otto3	64	64	12	27	25	29	25	34	54	30	29	40	32	19	30	15	7
keskiarvo	64	64	12	27	25	29	26	34	48	28	28	38	28	18	27	14	7
kokonaispaine 490 N/cm <sup>2</sup>																	

Jalkineiden 7, 8 ja 11 välillä suurimmat keskiarvopaineet ( $\geq 64$  N/cm<sup>2</sup>) olivat jalkineessa 11. Jalkineessa 8 oli yksi  $\geq 64$  N/cm<sup>2</sup>:n arvo ja jalkineessa 7 ei ainuttakaan. Myös vähiten alueellista kokonaispainetta oli jalkineessa 7. Jalkineiden 7 ja 8 yksittäisten arvojen perusteella jalkineessa 7 oli useammassa sensorissa alhaisemmat paineet kuin jalkineessa 8. Tulosten perusteella joustavapohjainen kaksivaiheinen keinu oli alueen osalta tehokain keventäjä.

## 6.5 Koko jalkineen mittainen keinuprofiili

Taulukko 10. Koko jalkineen mittainen keinuprofiili. Medilogic-pohjallisten tuottamat arvot ovat N/cm<sup>2</sup>: ä. Kokonaispaine on yhteenlaskettu ottojen keskiarvoista.

Koko jalkineen mittainen keinuprofiili																	
sensorin nro.	14	15	56	57	58	68	69	70	71	80	81	82	83	92	93	94	95
Jalkine 9																	
otto 1	26	64	21	64	64	7	12	20	25	30	21	26	26	24	31	22	25
otto 2	24	64	18	64	64	7	11	17	19	34	22	26	22	24	33	20	25
otto3	21	49	18	64	64	7	11	21	24	33	22	26	25	26	31	19	24
Keskiarvo	24	59	19	64	64	7	11	19	23	32	22	26	24	25	32	20	25
kokonaispaine 496 N/cm <sup>2</sup>																	
Jalkine 10																	
otto1	43	64	21	64	64	4	11	19	17	27	22	30	24	27	33	21	24
otto2	39	64	24	64	64	4	14	25	22	29	26	37	43	29	35	31	38
otto3	32	64	24	64	64	4	11	21	19	29	23	31	27	28	34	23	26
keskiarvo	38	64	23	64	64	4	12	22	19	28	24	33	31	28	34	25	29
kokonaispaine 542 N/cm <sup>2</sup>																	
Jalkine 11																	
otto1	64	64	13	26	24	29	25	31	41	26	27	34	24	17	24	13	7
otto2	64	64	12	27	25	30	28	36	49	28	28	39	28	18	28	14	8
otto3	64	64	12	27	25	29	25	34	54	30	29	40	32	19	30	15	7
keskiarvo	64	64	12	27	25	29	26	34	48	28	28	38	28	18	27	14	7
kokonaispaine 490 N/cm <sup>2</sup>																	

Kaikkien jalkineiden 9, 10 ja 11 mittauksissa oli korkeita ( $\geq 64$  N/cm<sup>2</sup>) arvoja ja eniten niitä oli jalkineessa 10. Alueellinen kokonaispaine oli pienin jalkineessa 11, mutta jalkineen 9 paine oli hyvin lähellä samaa arvoa. Jalkineessa 9 paineet olivat kuitenkin määrällisesti useammassa sensorissa alhaisemmat kuin jalkineessa 11. Näiden perusteella joustava kengänmittainen keinu oli alueen kevennyksen kannalta tehokkain alhaisen kokonaispaineen ja alhaisten yksittäissensoripaineiden johdosta.

## 6.6 Neutraali jalkine

Taulukko 11. Ei lisättyä keinuprofiilia. Medilogic-pohjallisten tuottamat arvot ovat N/cm<sup>2</sup>: ä. Kokonaispaine on yhteenlaskettu ottojen keskiarvoista.

Ei lisättyä keinuprofiilia																	
sensorin nro.	14	15	56	57	58	68	69	70	71	80	81	82	83	92	93	94	95
Jalkine 12																	
otto1	16	52	14	11	20	34	29	28	37	33	27	29	24	23	14	23	14
otto2	15	39	14	11	20	33	29	28	29	31	27	29	43	31	14	22	14
otto3	15	42	14	11	20	34	30	29	40	33	27	31	27	24	14	25	16
keskiarvo	15	44	14	11	20	34	29	28	35	32	27	30	31	26	14	23	15
kokonaispaine 428 N/cm <sup>2</sup>																	
Jalkine 11																	
otto1	64	64	13	26	24	29	25	31	41	26	27	34	24	17	24	13	7
otto2	64	64	12	27	25	30	28	36	49	28	28	39	28	18	28	14	8
otto3	64	64	12	27	25	29	25	34	54	30	29	40	32	19	30	15	7
keskiarvo	64	64	12	27	25	29	26	34	48	28	28	38	28	18	27	14	7
kokonaispaine 490 N/cm <sup>2</sup>																	

Jalkineiden 11 ja 12 välillä korkeita ( $\geq 64$  N/cm<sup>2</sup>) keskimääräisiä painearvoja oli jalkineessa 11, joita ei ollut jalkineessa 12 ainuttakaan. Alueellinen kokonaispaine oli pienempi jalkineessa 12, jossa oli myös useammassa sensorissa paineet alhaisemmat kuin jalkineessa 11, jolloin jäykkäpohjainen neutraali, keinuton jalkine oli parempi keventäjä.

## 6.7 Yhteenveto I MTP -nivelen ja I varpaan alueen analysoinnista

Tuloksien perusteella keinuprofiililla on myönteisiä vaikutuksia I MTP -nivelen ja I varpaan alueen plantaarisiin paineisiin, kun tarkoituksena on saada jaettua paine tasaisesti koko alueelle. Keinuprofiili ei mittausten mukaan vaikuta alueelliseen kokonaispaineseen tai se voi jopa lisätä sitä. Keinun sijainnilla on merkitystä, sillä aikainen keinuprofiili oli ainoa, jonka kevennysteho oli kokonaisuudessaan huonompi kuin vertailujalkineessa. Ainoastaan jalkineessa 2 ja 12 jäykkä pohja oli tehokkaampi keventämään painetta kuin vastaava joustavapohjainen jalkine eli joustava pohja oli useimmissa vertailuissa tehokkaampi keventäjä. Yhdenmukaisuutta tutkittavan alueen sensorien paineessa oli se, että isossa osassa jalkineita I varpaan distaalialueella oli suurimmat painearvot eli sensoreissa 14-58, joissa monissa jalkineissa jossain kohtaa arvo oli  $\geq 64$  N/cm<sup>2</sup>.

## 7 Pohdinta

Opinnäytetyön tarkoituksena oli mitata ja verrata jalan maksimaalista plantaarista painetta Klavenesksen tehdasvalmisteisissa keinupohjaisissa jalkineissa suhteessa vastaaviin neutraaleihin jalkineisiin. Analysoimme opinnäytetyössä etu- keski- ja takaosan maksimipaineiden keskiarvopaineita. Tarkemmin analysoimme myös I MTP -nivelen ja I varpaan aluetta sensorikohtaisesti. Opinnäytetyö antoi tietoa siitä, miten jalkineen pohjan malli ja jäykkyys vaikuttavat plantaariseen paineeseen kyseisillä alueilla. Tuloksilla tuotettiin tietoa Klavenesksen keinujalkineiden aikaansaamista muutoksista opinnäytetyön muodossa. Opinnäytetyössä käytettiin määrällisen tutkimuksen menetelmiä.

Opinnäytetyössä vertailimme kuuden hiilikuitujäykistetyin ja kuuden joustavan keinupohjan eroja plantaariseen paineeseen. Jäykällä ja joustavalla pohjalla oli havaittavissa yhteneviä alueittaisia vaikutuksia plantaariseen paineeseen. Mikäli jatkotutkimukset tukevat opinnäytetyömme havaintoja, voisi tuloksista olla hyötyä kevennyksen tehokkuuden optimoinnissa. Liite 3 havainnollistaa paineen siirtymistä eri keinumalleissa, kun tiettyä aluetta kevennettiin. Opinnäytetyön laajuus ei ollut kuitenkaan riittävä, jotta tuloksia voitaisiin yksinään hyödyntää luotettavasti.

Saimme mittauksista aineistoksi maksimiarvojen lisäksi myös paineiden keskiarvopaineita, joita emme käyttäneet opinnäytetyön tuloksissa, vaan käytimme maksimiarvojen keskiarvopaineita, koska ne havainnollistivat kävelysyklin aikana ilmeneviä korkeita paineita. Ne eivät kuitenkaan kertoneet etu- keski- ja takaosan riittävästi plantaarisen paineen yksittäisiä vaihteluita, sillä alueella saattoi olla suuria painepiikkejä tai vastaavasti matalan plantaarisen paineen alueita. Arvioimalla I MTP -nivelen ja I varpaan alueiden sensorikohtaisia painearvoja toisiinsa, saatiin tarkempaa tietoa keinujalkineiden vaikuttavuudesta kuin arvioimalla suuremman alueen maksimipaineiden keskiarvopaineita. Kummassakin arviointimenetelmässä oli puutteena Medilogic-ohjelmasta johtuva rajallinen painearvojen näkyminen (korkein mahdollinen arvo  $64 \text{ N/cm}^2$ ) eli  $64 \text{ N/cm}^2$  ylittänyttä sensorikohtaista todellista painearvoa ei voitu tietää.

Tulosten analysoinnin aikana huomasimme opinnäytetyöhön valikoituneen mittausprotokollan puutteellisuuden, mutta ajan rajallisuuden takia suunnitelmaa ei voinut muuttaa. Opinnäytetyön etenemisen aikatauluun vaikutti jalkineiden hitaampi odotettu saapuminen Suomeen. Kävelykertojen vähäisyys vaikutti suuresti tulosten analysoinnin luotetta-

vuuteen, sillä mediaanin laskeminen ja hajontalukujen karsimista ei voitu pitää vaihtoehtona. Jos virheelliset luvut olisi karsittu, analysoitavia tuloksia olisi ollut liian vähän, eikä tuloksia olisi voinut silloinkaan pitää luotettavana.

Testihenkilö opinnäytetyöhön valikoitui yhteisellä päätöksellä työryhmästä, koska hänen jalkansa soveltuivat mittauksiin tehtyjen alkututkimusten perusteella hyvin. Opinnäytetyöhön ei tarvittu eettisen lautakunnan hyväksyntää, sillä opinnäytetyössä toteutuivat hyvät eettiset periaatteet. Jälkikäteen pohdimme opinnäytetyöryhmän kanssa, että oliko testihenkilön valitsemiseen tarkoitettut alkutestit riittävät. Plantaarisen paineen jakautumista ei ennen mittauksia tutkittu liikkeessä. Mittauksista saatu aineisto kuitenkin osoitti, että testattavan henkilön jalkaterät painoutuivat epätasaisesti ja sen vuoksi rajasi vasemman jalkapohjasta kertyneen aineiston käytön pois.

Testattavalle henkilölle jalkineiden koko olisi voinut olla optimaalisempi noin puoli senttimetriä pidempänä. Korkeus ja leveysuunnassa jalkineiden tila oli riittävä. Joustavan ja hiilikuitujäykistetyin jalkineen väliset joustavuserot eivät olleet suuria. Jalkineiden ahtaus lisäsi plantaarista painetta varsinkin varpaiden päihin, jolloin sensorien painearvot ylittivät herkemmin  $64 \text{ N/cm}^2$ :n. Medilogic-pohjalliselle jalkineen koko ei ollut paras mahdollinen, sillä jalkineeseen mahtuva pohjallinen ei vastannut täysin jalkaterän kokoa.

Tämänkaltaisesta esimerkiksi opinnäytetyöstä olisi jatkossa hyötyä esimerkiksi jalkinevalmistajille tai jalkaterapeuteille, jotka työskentelevät plantaarista kevennystä tarvitsevien asiakkaiden kanssa. Aiheesta tehtyjen lisätutkimusten jälkeen jalkaterapeutti voisi niiden pohjalta pystyä ohjaamaan paremmin asiakkaalle hänen tarpeeseensa optimaaliset jalkineet. Uskomme, että tulevaisuudessa opinnäytetyömme aiheen tarkemmalle tutkimiselle on tarvetta. Opinnäytetyössämme tuli vastaan monia haasteita, joiden perusteella keräsimme kehitys- ja jatkotutkimusehdotuksia.

Kehitysehdotuksemme on, että seuraavassa aiheeseen liittyvässä opinnäytetyössä analysoitavien jalkinemallien määrä olisi vähäisempi, jotta jalkineita voitaisiin tarkastella yksityiskohtaisemmin. Jalkinemalleista voisi olla useampia kokoja, jotta tutkimusjoukkoa voitaisiin laajentaa ja saada aineistoa useammilta jalkineen käyttäjiltä. Jalkineiden koon sopivuuteen voitaisiin kiinnittää tarkempaa huomiota. Mittausprotokollan kävelykertoja lisäämällä tai kävelyn aikaa pidentämällä voidaan laskea mediaani ja sulkea mahdolliset virheelliset mittaustulokset. Tällä parannettaisiin tämänkaltaisen työn luotettavuutta.

Opinnäytetyössä käytetyistä laitteista löytyy uudempia versioita. Uskomme, että uudemmilla laitteilla pystyttäisiin hyödyntämään erilaisia mittausprotokollia laajemmin. Mittauksia voitaisiin suorittaa myös monipuolisemmissa tiloissa esimerkiksi ulkona. Myös muun merkin kuin Medilogicin valmistamat plantaarista painetta mittaavat pohjalliset olisivat kokeilun arvoisia, sillä osa malleista pystyy mittaamaan sensorikohtaisesti yli  $64 \text{ N/cm}^2$ :n.



## Lähteet

Arazapour, Mokhtar & Hutchins, Stephen & Farhad, Ghomshe & Shaky, Fahimeh & Karami, Masome & Aksenov, Andrey 2013. Effects of the heel-to-toe rocker sole on walking in able-bodied persons. Iran: University of Social Welfare and Rehabilitation Science. Saatavana osoitteessa <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23401295>>. Luettu 9.9.2018.

Cavanagh, Peter & Ulbrecht, Jan 1994. Clinical plantar pressure measurement in diabetes: rationale and methodology. Center for Locomotion Studies. USA: The Foot. 123–135. Saatavana myös osoitteessa <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958259294900175>>. Luettu 15.8.2018.

Cavanagh PR & Rodgers MM & Iilboshi A. 1987. Pressure distribution under symptom-free feet during barefoot standing. USA: Foot and Ankle. 262–276. Saatavana myös osoitteessa <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3583160>>. Luettu 2.11.2018.

Dhyani, Manvi & Singla, Deepika & Ahmad, Irshad & Hussain, M. Ejaz & Ali, Kamaran & Verma, Shalini 2017. Effect of Rocker Soled Shoe Design on Walking Economy in Females with Pes Planus. Journal of clinical & diagnostic research. India: Centre for Physiotherapy and Rehabilitation Sciences. Saatavana osoitteessa <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5713841/>>. Luettu 26.6.2018.

Hutchins & Bowker & Geary & Richards 2009. The biomechanics and clinical efficacy of footwear adapted with rocker profiles-evidence in the literature. Iso-Britannia: Faculty of Health and Social Care, University of Salford. Saatavana osoitteessa: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958259209000066?via%3Dihub>>. Luettu 6.11.2018.

Juutilainen, Vesa 2017. Diabeetikon jalkaongelmien diagnostiikka ja kevennyshoito. Yleislääkäripäivät. Helsinki: Hospital oy. Saatavana osoitteessa <[https://asiakas.kotisivukone.com/files/gpfinland.kotisivukone.com/tiedostot/Luentoslidet\\_2017/Juutilainen\\_Diabeetikon\\_jalkaongelmat.pdf](https://asiakas.kotisivukone.com/files/gpfinland.kotisivukone.com/tiedostot/Luentoslidet_2017/Juutilainen_Diabeetikon_jalkaongelmat.pdf)>. Luettu 20.10.2017.

Jämsen & Kerminen & Strandberg & Valvanne 2015. Kun tauti paranee, mutta potilas ei. Lääkärilehti (14). Helsinki: Suomen Lääkäriliitto. Saatavana osoitteessa: <<http://www.potilaanlaakarilehti.fi/uutiset/kun-tauti-paranee-mutta-potilas-ei/>>. Luettu 6.11.2018.

Klaveness Footwear 2017. Klaveness Footwear -kuvasto syksy/talvi. Jyväskylä: Klaveness Footwear Oy. Saatavana osoitteessa: <[http://eu.klaveness.se/media/wysiwyg/catalogs/CF\\_FI\\_AW17\\_catalogue.pdf](http://eu.klaveness.se/media/wysiwyg/catalogs/CF_FI_AW17_catalogue.pdf)>. Luettu 6.11.2018.

Käypähoito 2009. Diabeetikon jalkaongelmat. Helsinki: Duodecim. Saatavana osoitteessa: <[http://www.kaypahoito.fi/web/kh/suosituksset/suositus?id=hoi50079#s10\\_1](http://www.kaypahoito.fi/web/kh/suosituksset/suositus?id=hoi50079#s10_1)>. Luettu 6.11.2018.

Leeden, Marike & Steultjens, Martijn & Dekker, JHM & Pieter Prins & Job Dekker 2005. Forefoot joint damage, pain and disability in rheumatoid arthritis patients with foot com-

plaints: the role of plantar pressure and gait characteristics. *Rheumatology*. Yhdysvallat: Oxford University Press. Saatavana osoitteessa: <<https://academic.oup.com/rheumatology/article/45/4/465/1784707>>. Luettu 28.10.2018.

Lin, Shin-Yun & Su, Pei-Fang & Chung, Chia-Hua & Hsia, Chi-Chun & Chang, Chih-Han 2017. *Stiffness Effects in Rocker-Soled Shoes: Biomechanical Implications*. Taiwan: National Cheng Kung University. Saatavana osoitteessa <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5207519/>>. Luettu 20.10.2018.

Long, Jason & Klein, John & Sirota, Nicola & Wertsch, Jacqueline & Janisse, Dennis & Harris, Gerald 2004. *Biomechanics of the Double Rocker Sole Shoe: Gait Kinematics and Kinetics*. Yhdysvallat: IEEE. Saatavana osoitteessa: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2211387/>>. Luettu 28.10.2018.

Medilogic 2017. *Medilogic WLAN insole*. Saksa. Saatavana osoitteessa: <<https://medilogic.com/en/medilogic-wlan-insole/>>. Luettu 12.9.2018.

Melvin, Josh & Nester, Christopher & Preece, Stephen & Howard, David 2014. *An investigation into plantar pressure measurement protocols for footwear research*. Amsterdam: Elsevier. Saatavana osoitteessa: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0966636214006626?via%3Dihub>> Luettu 15.8.2018.

Mustajoki, Pertti 2018. *Diabeteksen jalkaongelmat ja niiden ehkäisy*. Helsinki: Duodecim. Verkkodokumentti <[https://www.terveyskirjasto.fi/kotisivut/tk.koti?p\\_artikkeli=dlk00768](https://www.terveyskirjasto.fi/kotisivut/tk.koti?p_artikkeli=dlk00768)>. Luettu 28.10.2018.

Myers, KA & Long, Jason & Klein, John & Wertsch Jacqueline & Janisse, Dennis & Harris, Gerald 2006. *Biomechanical implications of the negative heel rocker sole shoe: gait kinematics and kinetics*. Yhdysvallat: Orthopaedic and Rehabilitation Engineering Center Posture. 323–30.

Orlin, Margo & McPoil, Thomas 2000. *Plantar Pressure Assessment*. Yhdysvallat: American Physical Therapy Association. Saatavana osoitteessa: <<https://academic.oup.com/ptj/article/80/4/399/2842449>>. Luettu 21.10.2018.

Owings, Tammy & Apelqvist, Jan & Stenstrom, Anders. & Becker, Michael & Bus, Siccio & Kalpen, Axel & Ulbrecht, Jan & Cavanagh, Peter. 2009 *Plantar Pressures in diabetic patients with foot ulcers which have remained healed* *Diabet Med*. Washington, Yhdysvallat: Elsevier. Saatavana osoitteessa: <<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-70350783889&origin=inward&txGid=0e71df00f8f6e479485f0753a88a01f0>>. Luettu 20.10.2018

Pirkkalainen, Sanna & Rautiainen, Erika & Sjöman, Maarit 2016. *Keinuprofiilit diabeetikon erityisjalkineissa. Opinnäytetyö*. Helsinki: Metropolia Ammattikorkeakoulu. Jalkaterapian tutkinto-ohjelma.

Praet, Stephan & Louwerens, Jan-Williem 2003. *The Influence of Shoe Design on Plantar Pressures in Neuropathic Feet*. Yhdysvallat: *Diabetes Care*. 441–445. Saatavana osoitteessa: <<http://care.diabetesjournals.org/content/26/2/441.full-text.pdf>>. Luettu 6.11.2018.

Preece, Stephen & Chapman, Jonathan & Braunstein, Bjoern & Brüggemann, Gert-Peter & Nester, Christopher 2017. Optimisation of rocker sole footwear for prevention of first plantar ulcer: comparison of group-optimised and individually-selected footwear designs. *Iso-Britannia: Journal of Foot and Ankle Research*. Saatavana osoitteessa: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5501571/>>. Luettu 17.8.2018.

Price, Carina & Parker, Daniel & Nester, Christopher 2014. Validity and repeatability of three commercially available in-shoe pressure measurement systems. *Iso-Britannia: BMC*. Saatavana osoitteessa: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4101558/>>. Luettu 15.8.2018.

Rao, Smita & Riskowski, Jody & Hannan, Marian 2012. *Musculoskeletal Conditions of the Foot and Ankle: Assessments and Treatment Options*. New York: Steinhardt School of Culture. Saatavana osoitteessa: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3414868/>>. Luettu 6.11.2018.

Razak, Abdul & Zayegh, Aladin & Begg, Rezaul & Wahab, Yufridin 2012. Foot Plantar Pressure Measurement System. A Review. MDPI AG, Sveitsi: Basel. Saatavana osoitteessa: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3444133/>>. Luettu 3.10.2018.

Saarikoski, Riitta 2016. *Hoitokengät*. Helsinki: Duodecim. Saatavana osoitteessa: <[https://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p\\_artikkeli=tju00257](https://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=tju00257)>. Luettu 20.10.2018.

Stolt, Minna & Flink, Anne & Saarikoski, Riitta & Väyrynen, Petri 2017. *Jalkaterveys Duodecim*. 640.

Stolt, Minna 2017. Nivelreumaa sairastavan jalkaterveyden hoidossa korostuu monialainen yhteistyö. *Lääketieteen asiantuntijoiden ammattilehti Reumasairaudet*. Saatavana osoitteessa: <<https://bestprac.fi/2017/11/21/nivelreumaa-sairastavan-jalkaterveyden-hoidossa-korostuu-monialainen-yhteistyo/>>. Luettu 3.11.2018.

Tenten-Diepemaat, Marlos & Dekker, Joost & Steenbergen, Menno & Huybrech, Elleke & Roorda, Leo & Schaardenburg, Dirkjanvan & Bus, Sicco & van der Leeden, Marikewan 2015. In-shoe plantar pressure measurements for the evaluation and adaptation of foot orthoses in patients with rheumatoid arthritis. A proof of concept study. Amsterdam: Elsevier B.V. Saatavana osoitteessa: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0966636215010073>>. Luettu 15.8.2018.

Van Bogart, James & Long, Jason & Klein, John & Wertsch, Jacqueline & Janisse, Dennis & Harris, Gerald 2005. Effects of the Toe-only rocker on gait kinematics and kinetics in able-bodied persons. *Trans Neur Syst Rehab Eng*. Yhdysvallat: IEEE. 542–50.

Van Schie & Becker & Ulbrecht 2000. Design criteria for rigid rocker soles. *Foot and Ankle*. 833–44.

Vilpas, Petri, n.d. *Kvantitatiivinen tutkimus*. Luentomateriaalit. Helsinki: Metropolia. Saatavana osoitteessa: <<https://users.metropolia.fi/~pervil/kvantsu/Moniste.pdf>>. Luettu 15.8.2018.

Young, MJ & Cavanagh, PR & Thomas, G & Johanson, MM & Murray, H & Boulton, AJ 1992. The effect of callus removal on dynamic plantar foot pressures in diabetic patients. UK: Diabetic Medicine. 55–57. Saatavana myös osoitteessa <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1551311>>. Luettu 15.8.2018.

Liite 1 – Jalkineiden tarkemmat kuvaukset taulukoituna

kenkä	Keinu	materiaali	kiinnitys
kenkä 1	rocker sole kvantitatet 2,0	EVA built sole kvantitatet 1,0	BOA LACE system
Kenkä 2	carbon sole 2,00	EVA built sole kvantitatet 1,0	BOA LACE system
kenkä 3	rocker sole kvantitatet 2,0	EVA built sole kvantitatet 1,0	BOA LACE system
kenkä 4	carbon sole 2,00	EVA built sole kvantitatet 1,0	BOA LACE system
kenkä 5	rocker sole kvantitatet 2,0	EVA built sole kvantitatet 1,0	BOA LACE system
kenkä 6	carbon sole 2,00	EVA built sole kvantitatet 1,0	BOA LACE system
kenkä 7	rocker sole kvantitatet 2,0	EVA built sole kvantitatet 1,0	BOA LACE system
kenkä 8	carbon sole 2,00	EVA built sole kvantitatet 1,0	BOA LACE system
kenkä 9	rocker sole kvantitatet 2,0	EVA built sole kvantitatet 1,0	BOA LACE system
kenkä 10	carbon sole 2,00	EVA built sole kvantitatet 1,0	BOA LACE system
kenkä 11	ei keinua	EVA built sole kvantitatet 1,0	BOA LACE system
kenkä 12	carbon sole 2,00	EVA built sole kvantitatet 1,0	BOA LACE system

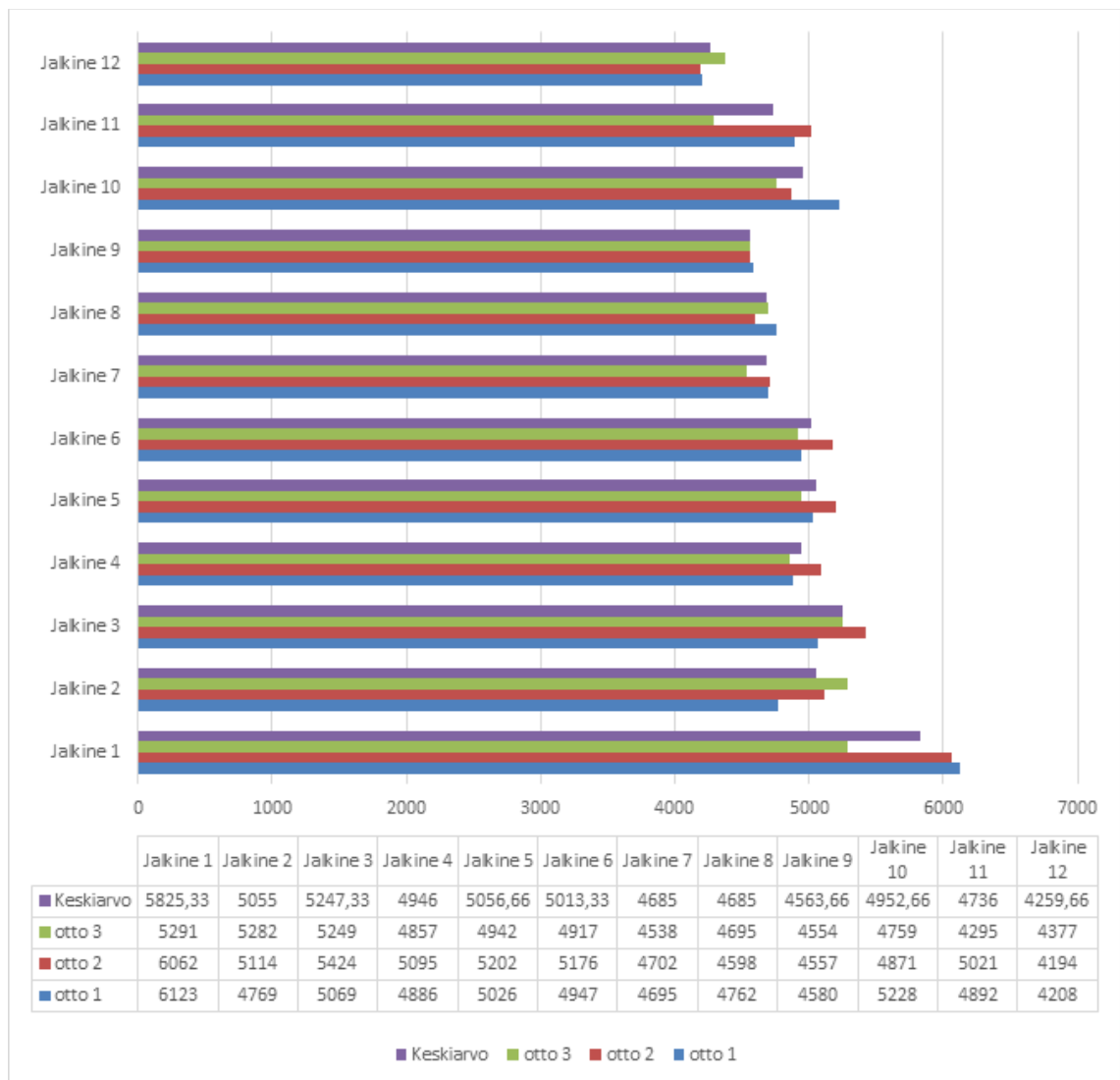
## Liite 2 – Mittausten kävelykertojen ajat

kenkä	aika1	aika2	aika3
kenkä 1	15,05	14,43	15,27
kenkä 2	14,85	15,27	15,2
kenkä 3	15,57	14,73	15,26
kenkä 4	14,87	14,98	15,31
kenkä 5	14,8	14,84	14,67
kenkä6	14,91	15,06	15,02
kenkä 7	15,47	15,86	15,59
kenkä 8	14,95	15,37	15,04
kenkä 9	15,22	14,55	15,4
kenkä 10	15,28	14,95	14,81
kenkä 11	15,52	14,91	14,52
kenkä 12	14,56	14,51	14,53

Liite 3 – Jalkineiden joustavuusmallien tehokkaimmat keventäjät jokaisessa jalkinevertailussa

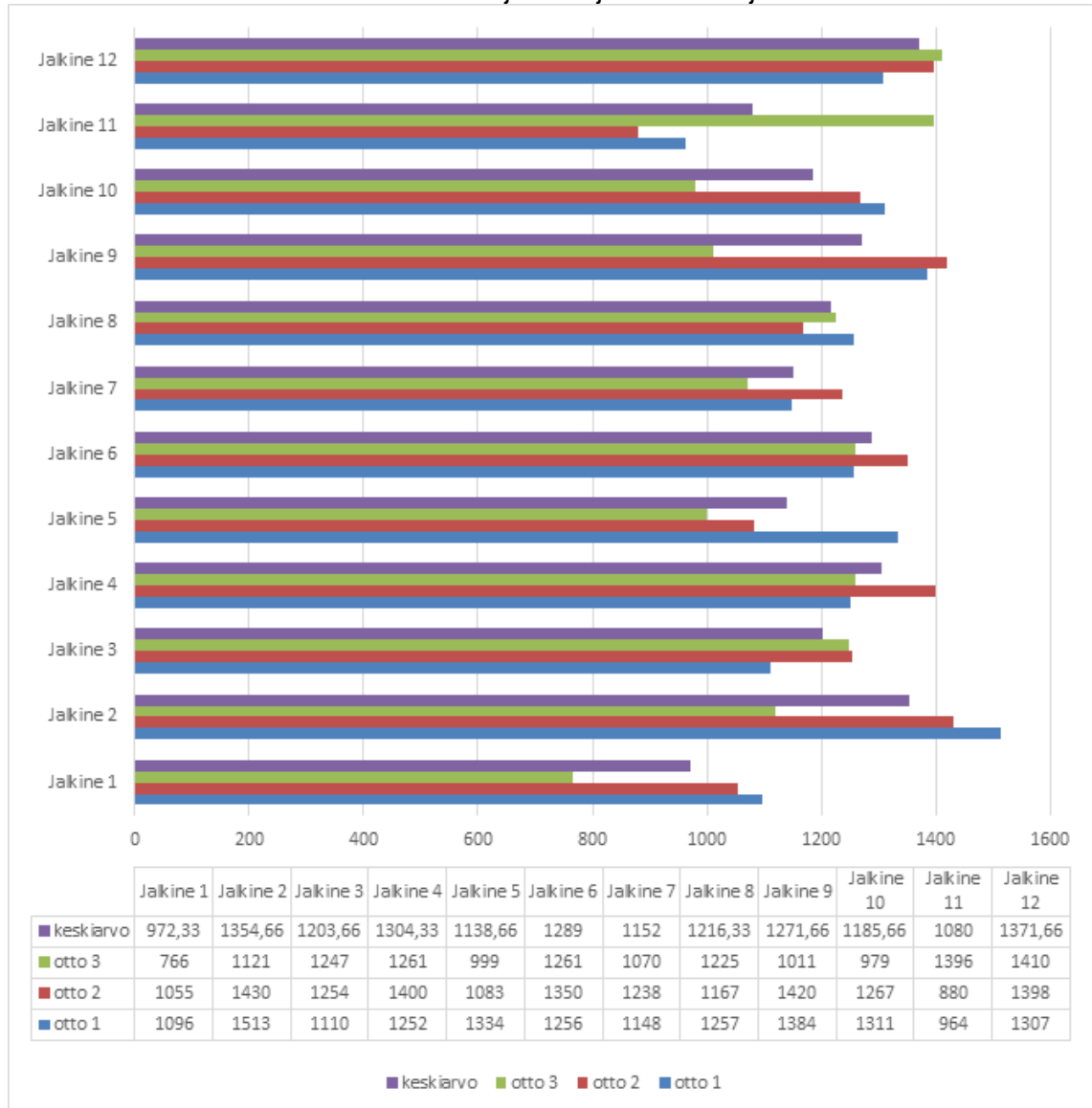
Kengän keinu (type of rocker)	Kenkä nro	etuosa	keski-osa	takaosa
normaali (normal)	1, 2	2	1	2
myöhäinen (late)	3, 4	4	3	3
aikainen (early)	5, 6	arvot lähellä toisiaan/6	5	arvot lähellä toisiaan/5
kaksivaiheinen (stage)	7, 8	samat arvot	7	arvot lähellä toisiaan/8
kengän mittainen (polyphasic)	9, 10	9	10	10
ei keinua/neutraali (no rocker)	10, 12	12	11	11

Liite 4 – Jalkineiden etuosan PSI-arvojen ottojen summat ja niiden keskiarvot.

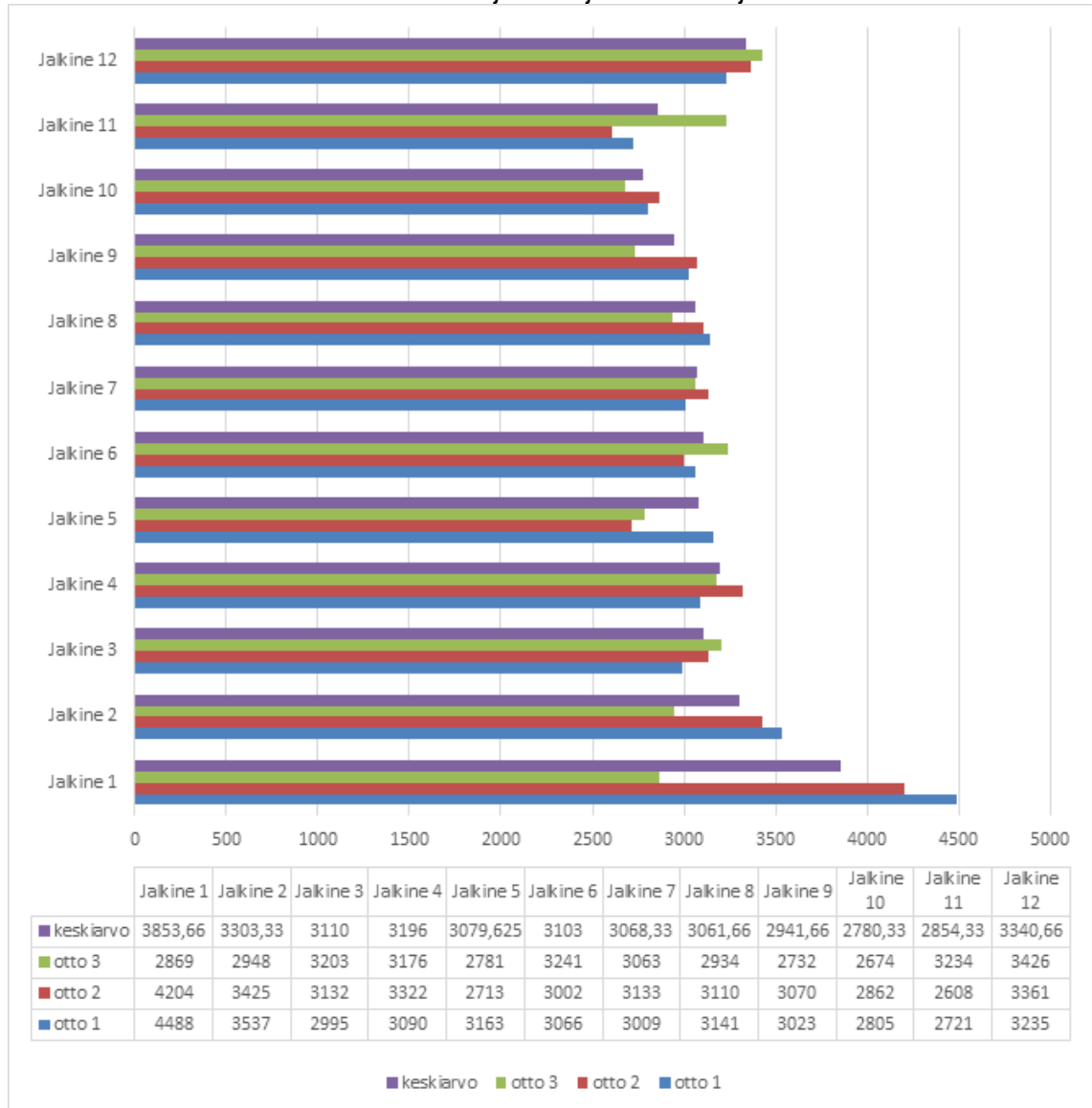


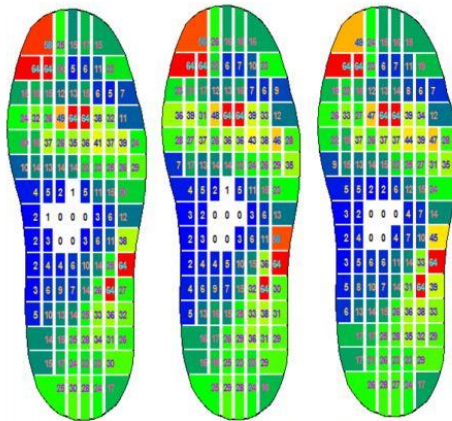


Liite 5 – Jalkineiden keskiosan PSI-arvojen ottojen summat ja niiden keskiarvot

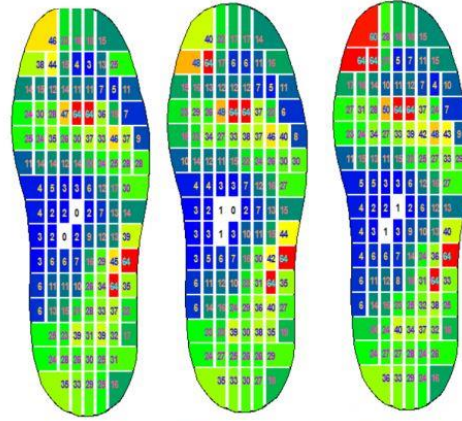


Liite 6 – Jalkineiden takaosan PSI-arvojen ottojen summat ja niiden keskiarvot

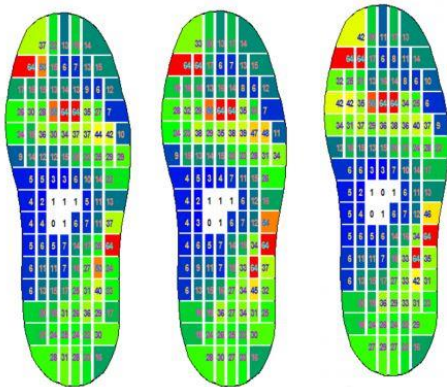


Liite 7 – Jalkineiden 1 – 6 oikean jalan plantaariset paineet (N/cm<sup>2</sup>:ä).

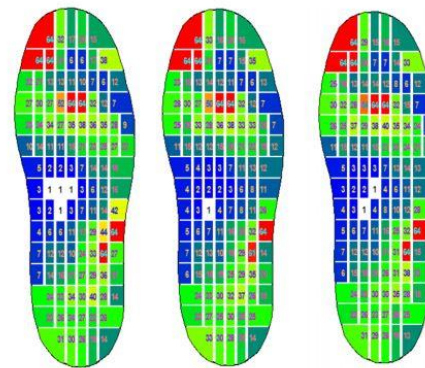
jalkine 1, otto 1, 2 ja 3



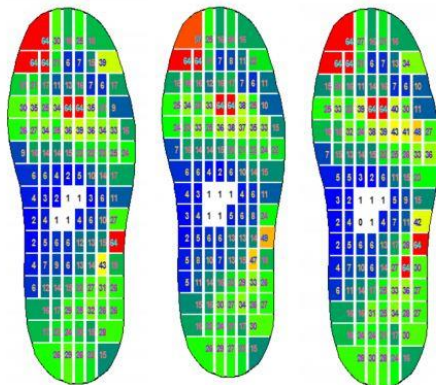
Jalkine 2, otto 1, 2 ja 3



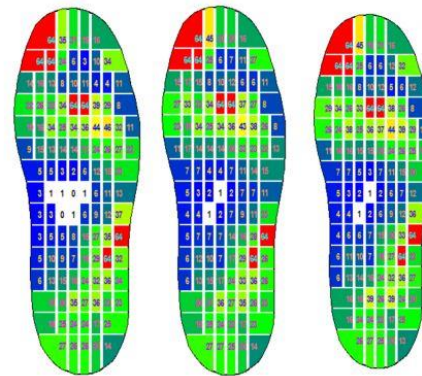
Jalkine 3, otto 1, 2 ja 3



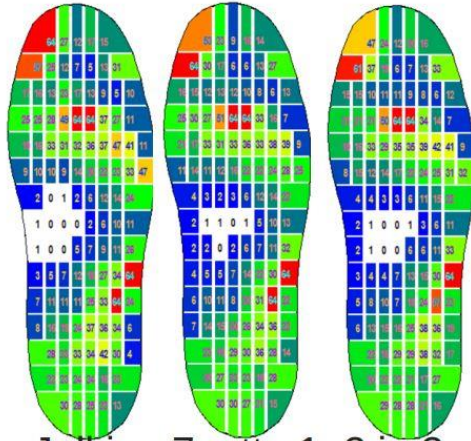
Jalkine 4, otto 1, 2 ja 3



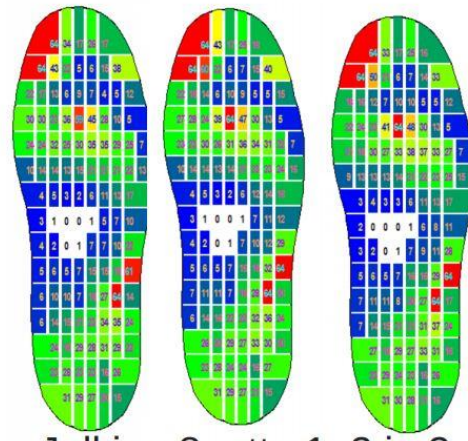
Jalkine 5, otto 1, 2 ja 3



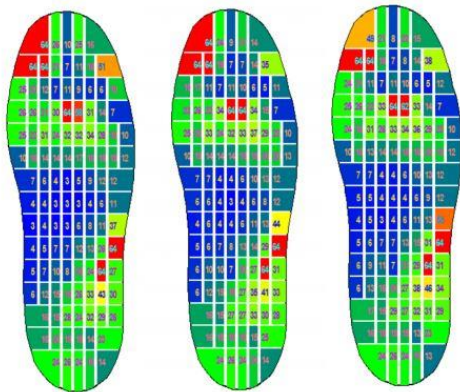
Jalkine 6, otto 1, 2 ja 3

Liite 8 – Jalkineiden 1 – 6 oikean jalan plantaariset paineet (N/cm<sup>2</sup>:ä).

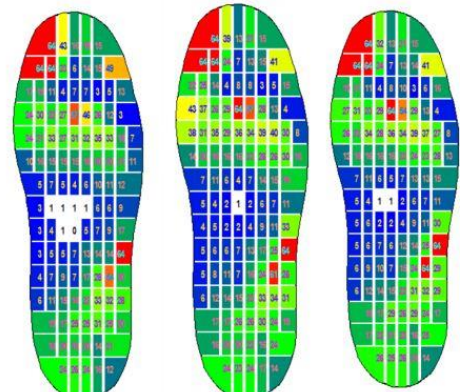
Jalkine 7, otto 1, 2 ja 3



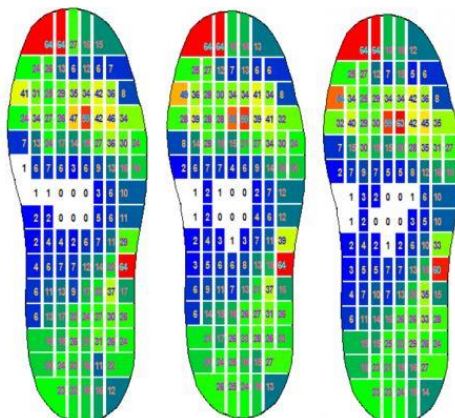
Jalkine 8, otto 1, 2 ja 3



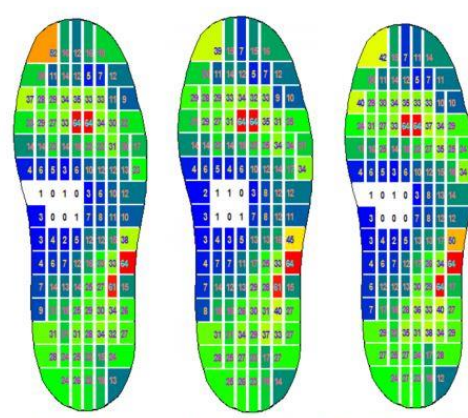
Jalkine 9, otto 1, 2 ja 3



Jalkine 10, otto 1, 2 ja 3



Jalkine 11, otto 1, 2 ja 3



Jalkine 12, otto 1, 2 ja 3