



Heli Alhainen

Lämmön vaikutus Medilogic-järjestelmällä mitattuihin jalkapohjapaineesiin

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Jalkaterapeutti (AMK)

Jalkaterapian tutkinto-ohjelma

Opinnäytetyö

10.4.2026

Tiivistelmä

Tekijä(t):	Heli Alhainen
Otsikko:	Lämmön vaikutus Medilogic -järjestelmällä mitattuihin jalkapohjapaineisiin
Sivumäärä:	36 sivua + 26 liitettä
Aika:	10.4.2026
Tutkinto:	Jalkaterapeutti (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Jalkaterapian tutkinto-ohjelma
Ohjaaja(t):	Jalkaterapian lehtori Matti Kantola Jalkaterapian lehtori Elina Wasenius Yliopettaja Kaarina Pirilä

Jalkapohjapaineen kohoaminen lisää jalkaterien pehmytkudossairauksia erityisesti perussairauden vuoksi korkeaan jalkavaivojen riskiryhmään kuuluvilla potilailla. Nämä potilaat myös muodostavat merkittävän osan jalkaterapian asiakkuuksista. Jalkapohjiin kohdistuvan paineen jakautumista mitataan painepohjallisilla ja ne mittaavat painetta jalan ja jalkineen välistä.

Tiedetään, että kaikki painetta mittaavat sensorit ovat alttiita olosuhteiden, kuten lämpötilan vaihtelulle. Tiedetään myös, että voimamittauslaitteilla on taipumus alkaa ajautumaan pois tarkkuudesta pitkäaikaisessa tai usein toistuvassa käytössä. Mittauslaitteiden pysymistä tarkkuudessa pidetään yllä säännöllisillä kalibroinneilla, laitteiden oikeaoppisella käytöllä sekä uusimalla laitekantaa riittävän usein.

Keväällä 2024 Metropolia ammattikorkeakoulun liikelaboratoriossa tehtiin painepohjallismittauksia, joiden yhteydessä havaittiin tuloksissa selittämätöntä muutosta. Ilmeni, että jalkapohjapainetta mittaavat pohjalliset olivat olleet testattavan yllä pitkään yhtäjaksoisesti. Heräsi kysymys, voisiko poikkeama mittaustuloksissa johtua kehon tuottaman lämmön siirtymisestä painetta mittaavan pohjallisen sisällä olevaan laitteistoon.

Tämä opinnäytetyö tehtiin Metropolia ammattikorkeakoulun liikelaboratorion tilauksesta osana jalkaterapian tutkinto-ohjelmaa (AMK). Opinnäytetyössä suunniteltiin ja toteutettiin soveltava työelämää palveleva lämpötilamittaustutkimus Medilogic-järjestelmän painepohjallisille, jonka tarkoituksena oli selvittää, onko kehon tuottaman lämmön ja painemittaustulosten välillä yhteyttä. Työn tavoitteena on tuottaa lisää tietoa kehon tuottaman lämmön vaikutuksesta Medilogic-painepohjallismittaustuloksiin.

Lämmön osalta nousua tapahtui kaikissa mittauksissa. Painemittauksissa tilastollisesti merkitsevää nousu oli vasemman puolen kantapäämittauksissa ($p = 0.006$) sekä oikean puolen päkiän mittauksissa ($p = 0.004$). Oikean kantapään ja vasemman päkiän osalta mittaustulosten muutos ei ollut tilastollisesti merkitsevää. Korrelaatiota lämpö- ja painemittausten välillä ei myöskään ollut. Vaikka tilastollista merkitsevyyttä kehon tuottaman lämmön sekä painemittaustulosten välillä ei tehtyjen mittausten perusteella tällöin voida sanoa olevan, kliinisesti tämä tarkoittaa sitä, että Medilogic-painepohjallisilla saadut tulokset viittaavat hyvään mittaustulostarkkuuteen. Tämän opinnäytetyön tuloksia voidaan hyödyntää oppilaitoksen ohjeistuksessa, opintomateriaaleissa sekä jatkotutkimusten perustana.

Avainsanat: plantaarinen paine, Medilogic, lämpötilamittaukset

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

Abstract

Author(s): Heli Alhainen
Title: The Effect of Heat on Measurement Results Using Medilogic Plantar Pressure System
Number of Pages: 36 pages + 26 appendices
Date: April 4th 2026

Degree: Bachelor of Health Care
Degree Programme: Podiatry
Instructor(s): Matti Kantola, Senior Lecturer of Podiatry
Elina Wasenius, Senior Lecturer of Podiatry
Kaarina Pirilä, Principal Lecturer

Foot plantar pressure elevation has shown to be a cause of soft tissue related disorders, especially in the group of high-risk patients. These patients suffer from illnesses which lower the foot's capacity to bear pressure. These patients also form a significant portion of podiatry clientele. Pressure distribution at the sole of the foot can be measured, and such devices include pressure insoles. In the Medilogic system, the pressure is measured between the sole of the foot and the footwear.

It is known that all pressure sensors are sensitive to external influence. Among other, such as temperature, humidity, vibration and electromagnetic disturbances. It is also known that pressure sensors suffer from drifting, a phenomenon where the measurement results tend to shift from accuracy during long test runs.

In the spring of 2024, a pressure measurement error was detected at Metropolia University of Applied Sciences Movement Laboratory. Turned out that a pair of in-shoe pressure measurement devices had been in use for a long period of time continuously. This raised a question whether the changes detected could have been caused by body heat conduction.

This research-based thesis is a part of Bachelor of Health Care degree in Podiatry, and it was a given assignment from the Metropolia Movement Laboratory. The assignment was to simulate the trial done in 2024 and also to perform temperature measurements during the test. The purpose of this thesis was to stress test whether it can be shown via temperature measurements that the conduction of body heat alters the pressure insole measurement results on long continuous use.

Medilogic system performed well. The temperature rose in all of the measurements. The plantar pressure did not rise on every take, but it showed statistical significance in half of the measurements. Student t-test on the left heel region was $t(7) = 3.90$, $p = 0.006$, two-sided, and on the right forefoot region $t(7) = 4.16$, $p = 0.004$, two-sided. No correlation found. The result suggests that the Medilogic system is stable, and its accuracy is high, when used accordingly. This thesis hopes to offer more knowledge about the heat sensitivity of the Medilogic pressure insole system, and the result of this thesis can be used as school's study material as well as a foundation for further studies.

Keywords: foot plantar pressure, Medilogic, temperature measurements

The originality of this thesis has been checked using Turnitin Originality Check service.

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Teoria	3
2.1	Jalkapohjapaineen mittaaminen	3
2.2	Lämmön mittaaminen	7
2.3	Tietokantahaut	10
3	Tarkoitus, tavoite ja tutkimuskysymykset	11
4	Menetelmät	11
4.1	Aineiston kerääminen	11
4.2	Tilastoanalyysi	14
4.3	Tekoälyn käyttö opinnäytetyössä	16
5	Tulokset	16
5.1	Aineistoon tutustuminen	16
5.2	Tunnusluvut	17
5.3	Kuvailu	20
5.4	Normaalijakauman testaaminen	22
5.5	Vertailu	23
5.6	Tilastollinen riippuvuus	24
6	Pohdinta	26
6.1	Tulosten tulkinta	26
6.2	Yhteenveto tuloksista	28
6.3	Eettisyys	28
6.4	Reflektointi	29
Liitteet		
1–4	Tutkimustiedote	
5–8	Mittauslomake	
9–14	Kalibrointitodistus	
15–26	Tilastokuvaajat	

1 Johdanto

Jalkapohjiin kohdistuu niitä käytettäessä painetta ja jalkaterien rakenteilla on rajansa kestää niihin kohdistuvaa kuormitusta. Tutkimustiedon perusteella on pystytty todentamaan joitakin paineensiedon raja-arvoja, mutta kudosten kyky sietää niihin kohdistuvaa kuormitusta on aina yksilöllinen. Jalkaterien alueen kudოსvaurioiden muodostumisen riskiä lisäävät muun muassa diabetes ja nivelreuma, mutta myös yksilölliset luuston rakenteet, ylipaino ja rasitusvammat aiheuttavat jalkateriin näitä muutoksia. Liiallisesta kuormittumisesta johtuvat jalkavaivat ovat monesti pitkähoitoisia, eteneviä ja herkästi uusivia. Reumasairauksia sairastavien jalkavaivojen erityispiirteitä on kivuliaisuus ja diabeetikoilla puolestaan jalkavaivat voivat vakavimmillaan johtaa raajan menetykseen ja ennenaikaiseen menehtymiseen. Hoitoa vaativat virheellisestä kuormittumisesta johtuvat jalkaterien alueen muutokset heikentävät elämänlaatua ja aiheuttavat liikkumiseen rajoitteita.

Jalkapohjien kuormittumisen ja siinä tapahtuvien muutosten arvioiminen on jalkaterapeuttien erityisosaamista ja osa jalkaterapeuttista perustutkimusta. Melkeinpä kaikille jalkaterapiaan hakeutuville kuormittumisen arviointia myös tehdään. Jalkapohjapaineen kehittymisen seuranta ja painepiikkien keventäminen ovat keskeisiä erityisesti diabeettisen ja reumaattisen jalan hoidossa. Käyttöön on vakiintunut erilaisia menetelmiä havainnoida jalkapohjien kuormittumisen jakautumista vastaanottotilanteissa, mutta jalkapohjiin kohdistuvan paineen tutkimusta voidaan toteuttaa myös laitemittauksilla.

Painepohjallisilla tehtäviä laitemittauksia käytetään silloin kun halutaan paljon yksityiskohtaista tietoa siitä, kuinka jalkaterä kuormittuu. Painepohjallisista saadun tiedon avulla paineen jakautuminen pystytään todentamaan tarkasti askeltamisen eri vaiheissa jopa yli parista sadasta eri mittauspisteestä pohjallisessa. Laitteilla tehtävien painepohjallismittausten avulla jalkaterän kuormittumisesta saadaan numeraalista tietoa, jota voidaan havainnollistaa myös kuvina ja kuvaajina.

Tieteellisen tutkimuksen pyrkimys on olla luotettavaa ja tarkkaa. Laitemittausten tarkkuus on siksi toivottavaa ja tieteellisen ajattelun periaatteiden mukaisesti tällöin tuotetaan mahdollisimman todenperäistä tietoa.

Keväällä 2024 eräessä Metropolia Ammattikorkeakoulun liikelaboratorion testaustilanteissa saatiin viitteitä siitä, että jalkineiden sisältä jalkapohjapainetta mittaavien painepohjallisten tuottamat painemittaustulokset Medilogic-järjestelmällä kasvoivat selittävästi, kun painepohjalliset olivat puettuna testattavan henkilön ylle pitkiä aikoja yhtäjaksoisesti. Koska kehon tuottama lämpö toisinaan vaikuttaa puettavan teknologian toimintaan ja heräsi kiinnostus siitä, voisiko tässäkin tapauksessa lämmön siirtyminen kehosta laitteistoon selittää havaitun poikkeaman mittaustuloksissa.

Kaikki painetta mittaavat sensorit ovat herkkiä lämpötilan vaihtelulle sekä muille ulkoisille tekijöille kuten muun muassa kosteudelle, värähtelyille ja sähkökentille. Sensorien taipumus siirtyä pois mittaustarkkuudesta tunnetaan ja ilmiöstä käytetään tutkimuksessa muun muassa termiä ajautuminen (drift). Tällä opinnäytetyöllä halutaan selvittää, voidaanko Medilogic-painepohjallisista tehtävillä lämpötilamittauksilla osoittaa, että kehon tuottamalla lämmöllä on vaikutusta jalkapohjapainemittaustuloksiin.

Tieto on siinä mielessä mielenkiintoinen, että mittaustarkkuutta voidaan oppilaitosolosuhteissa melko helposti parantaa painetta mittaavien pohjallisten oikeaoppisella käytöllä sekä laitteiston riittävän tiheällä kalibroinnilla. Jos pystytään selvittämään kuinka nopeasti tai millä tavoin mittaustulokset alkavat ajautua pois tarkkuudesta, voidaan testaustilanteissa huomioida tarkkuutta lisäävät toimenpiteet. Mittaustarkkuuden käsitteen ymmärtämisestä on lisäksi hyötyä jalkaterapian opiskelijoiden asiantuntijuuden ja kliinisen päättelyn kehittymiselle.

Paine- ja lämpötilamittaukset tähän opinnäytetyöhön suoritettiin Metropolia ammattikorkeakoulun liikelaboratoriossa Myllypuron kampuksella loppukesästä 2025 kahtena eri testauspäivänä yhteensä kahdeksan vapaaehtoisen tutkimushenkilön käyttämille painepohjallisille. Mittausmenetelmä suunniteltiin yhdessä opinnäytetyön tilaajan, Metropolia liikelaboratorion kanssa. Ennen varsinaisia liikelaboratoriotutkimuksia, mittausmenetelmä testattiin erillisessä pilotissa.

Opinnäytetyön tekeminen edellytti tietoperustan laajentamista oman tutkinnon opintokokonaisuuden ulkopuolelle sekä tilastotieteen lisäopintoja, mutta tutkimuskysymyksiä on lähestytty jalkaterapian tutkinto-ohjelman (AMK) viitekehyksessä. Tarkoituksena on tuottaa lisää tietoa työn tilaajan ohella myös jalkaterapia-alalle. Opinnäytetyössä on toteutettu soveltava työelämää palveleva kartoittava lämpötilamittaustutkimus Medilogic-painepohjallisille ja sen tulokset on analysoitu tilastollisesti IBM Statistics SPSS-ohjel-

mistolla. Opinnäytetyön tuloksia voidaan hyödyntää oppilaitoksen painepohjallisten oppilasohjeistuksen päivitykseen, oppilaitoksen opintomateriaaleihin sekä jatkotutkimusten perustana.

2 Teoria

2.1 Jalkapohjapaineen mittaaminen

Jalkapohjapaineen kohoamisen tiedetään aiheuttavan kipua (Keijsers ym 2013) sekä erilaisia jalkavaivoja (Bus ym 2004; Sánchez-Rodríguez ym 2023). Erityisen haitallista jalkapohjapaineen kohoaminen on diabetespotilaille (Cavanagh & Bus 2010). Jalkapohjakudoksen on havaittu kestävän noin 200–300 kPa painetta (Fawzy ym 2014; Waaijman ym 2014; Owings ym 2009), mutta diabeettinen jalka on jo taudin aiheuttamien ihon- ja kudoksetien muutosten vuoksi erityisen altis jalkapohjien painepiikkien aiheuttamille jalkavaivoille (Lockhart & Dinneen & O’Keeffe 2024). Diabetesta sairastavien jalkaterapiassa korostuukin se, että jalkaterien kudoksien paineensieto on aina yksilöllistä, koska siihen vaikuttavat monet muut tekijät perussairauden lisäksi. Suomessa julkisen terveydenhuollon jalkaterapia on kohdennettu korkeassa jalkaterien alueen ongelmien riskiryhmässä oleville diabeetikoille (Diabetekseen liittyvät jalkaongelmat Käypä hoito -suositus 2011) sekä reumaatikoille (Talvitie & Kauppi 2023), mutta jalkapohjapaineen kehittymisen arviointi osana jalkaterapia-asiakkaan toimintakyvyn arviointia (Saarikoski & Stolt 2023) on osa kaikkien jalkaterapeuttien ydinosaamista.

Jalkapohjan alueen painemittauksista saatavien tulosten käyttökohteita ovat pääasiassa erilaiset liikeanalyysit, lääketieteellinen diagnosointi, kuntoutus ja tuotekehittely (Razak ym 2012). Tyypillisimmin laitemittauksia käytetään tutkimustiedon tuottamiseen ja vaikuttavuustesteihin kuten esimerkiksi jalkaterän apuvälineiden vaikutuksen osoittamiseen (Hodge & Bach & Carter 1999; Tenten-Diepenmaat ym 2015).

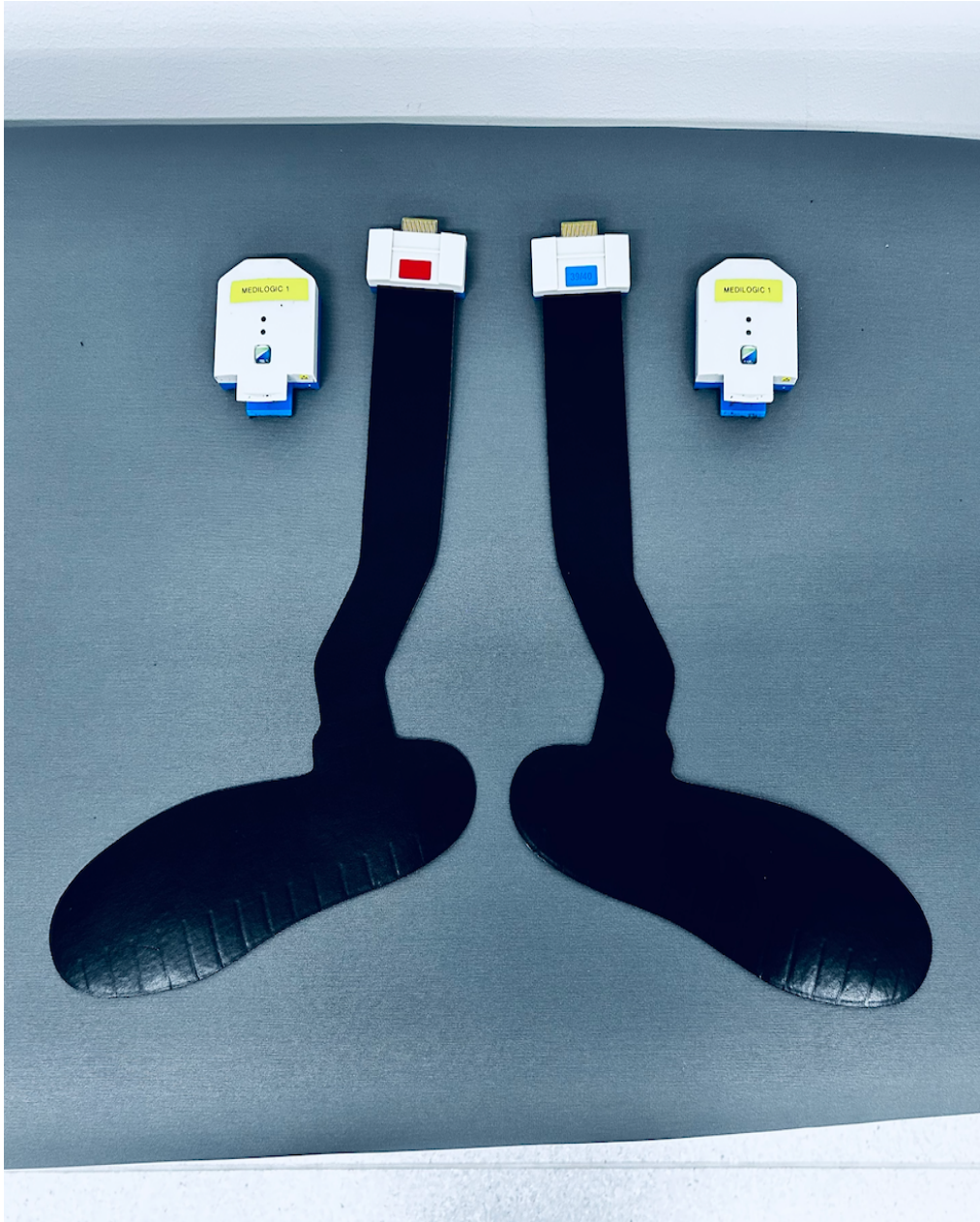
Medilogic-painepohjallisjärjestelmä tuottaa tietoa jalkojen pohjiin kohdistuvan paineen määrästä, kestosta ja painekeskipisteen sijainnista. Medilogic-painepohjalliset mittaavat paineen jakautumista jalan ja jalkineen välistä staattisesti ja dynaamisesti. Mittaava pohjallinen asetetaan jalkineen sisään ja yhdistetään langattomaan WLAN-lähettimeen, joka pysyy paikoillaan pohkeen alapuolella tarranauhakiinnityksellä (Medilogic Manual 2025_09: 14). Kaiken kaikkiaan Medilogic-järjestelmästä saadaan tietoa liikevaiheiden tapahtumista aika- ja matkamuuttujina, keskiarvoina sekä maksimiarvoina monin eri tavoin liikkuen.

Kirtleyn (2006: 98) mukaan plantaarista painetta voidaan mitata optisesti, kapasitiivisesti, pietsoresistiivisesti sekä pietsoelektrisesti. Muita painetta mittaavia sensoryyppöjä ovat muun muassa venymäliuska-anturit, potentiometrit sekä induktiiviset anturit (McGrath & Ni Scanaill 2013: 18–19). Liikkumisen tutkimiseen käytetään pääasiassa mittareita, joissa on pietsoresistiivisiä ja pietsoelektronisia sensoreja (Cheng ym 2021). Medilogic -järjestelmän painepohjalliset perustuvat resistiiviseen (surface resistive pressure sensors) teknologiaan (Medilogic Manual 2025_01: 63).

Painepohjallisissa jokainen painetta mittaavista sensoreista tuottaa tarkkaa tietoa ja erityisesti iskutuksesta aiheutuvia huippulukemia halutaan monesti havainnoida. Asiakastilanteissa tarkastellaan yleensä ainakin kuormittumisen jakautumista sekä painepiikkejä, jotka ovat havainnollistettavissa myös järjestelmän tuottamista kuvista sekä kuvaajista. Mitä tarkempaa tietoa halutaan, sitä tiheämmin on mitattava. Peruskävelyn mittaaminen onnistuu 60 Hz mittaustaajuudella ja juoksun mittaamiseen pitäisi riittää 200 Hz (Ahonen ym 1998: 70–72). Mittaavia sensoreja Medilogic -painepohjallisissa on sitä enemmän mitä isompi pohjallinen on ja isoimman koon (49/50) pohjallisessa sensoreja on 240. Tämä tarkoittaa sitä, että yksityiskohtaista dataa saadaan paljon jo yhdeltä mittauskierrokselta (Medilogic Manual 2025_01: 64). Järjestelmää voidaan käyttää myös kenttäolosuhteissa (Koch ym 2015), koska kantamaa on laitevalmistajan mukaan yli 100 metriä. Perusmallin Medilogic painepohjallisissa mittaustaajuus on 50–100 Hz, mutta oppilaitoksella käytössä olevassa Sport-versiossa mittaustaajuutta on 400 Hz asti (Medilogic Manual 2025_09: 59).

Usein plantaarista painetta tarkastellaan fysiikan suurena kilopascal (kPa), joka muuntuu newtonneliösenttimetreistä suhteessa 1:10 eli 1 N/cm^2 vastaa 10 kPa (Kauranen & Nurkka 2010: 234). Tässä opinnäytetyössä käytetty yksikkö $[\text{N/cm}^2 \cdot \text{s}]$ on newtonneliösenttiä per sekunti, joka huomioi jalkapohjiin kohdistuvan plantaarisen paineen määrän suhteessa aikaan. Tällä halutaan osoittaa, että kudonvaurion syntyyn vaikuttaa paineen voimakkuuden lisäksi myös kuormittumisen kesto (Kirtley 2006: 107).

Medilogic-järjestelmän painepohjalliset ovat hyvin ohuet, melko liukaspintaiset sekä taipuisat ja plantaarista painetta mittaava tekniikka on sijoitettuna pohjallismateriaalin sisään. Mikäli testattavan jalkine on oikeaoppisesti valittu, mahtuu Medilogic-painepohjallinen jalkineeseen jalkineen oman taikka yksilöllisen tukipohjallisen kanssa mittausta tehtäessä. Tarvittaessa laitevalmistajalla voi teettää erikoiskokoja sekä malleja yksilöllisesti suunniteltujen painepohjallismittausten suorittamista varten (Medilogic Manual 2025_01).



Kuva 1. Medilogic-painepohjalliset (Kuva: Heli Alhainen)

Laitevalmistaja ohjeistaa käyttöohjeessa tarkoin, miten Medilogic-painepohjallisia tulee käyttää, säilyttää ja huoltaa. Ohjeenmukaisella käytöllä varmistetaan se, että Medilogic-painepohjalliset tuottavat mahdollisimman tarkkaa tietoa. Käytön osalta tällaisia keinoja ovat muun muassa varovainen käsittely, oikein suoritettu puhtaanapito, sopivat käyttö- ja säilytysolosuhteet, laitteen oikeaoppinen sovittaminen ja pukeminen, soveltuvan koon käyttäminen, asiakasohjaus sekä mittausten suunnittelu siten, että käyttöaika pysyy optimaalisena (Medilogic manual 2025_9: 14–18).

Joidenkin painepohjallisilla suoritettujen tutkimusten yhteydessä painemittaustuloksissa on havaittu eri virhelähteitä (Razak 2012). Häiriöt ovat kuitenkin olleet määrältään pieniä ja edellyttäneet yhtäjaksoisia pitkäkestoisia koetilanteita, joissa laitteen kuormittaminen on ollut toistuvaa. Merkittävää on, että staattisissa mekaanisissa liiketesteissä mittaustulosten virhelähteitä kuten virumaa (time-dependent creeping) ei pystytty saamaan aikaan ihmisillä suoritetuissa kenttäkokeissa (Koch ym 2015). Koch kumppaneineen (2015) toteaaakin, että on mahdollista, että Medilogic-painepohjallisten sensorit kykenevät palautumaa (recover) ihmiskeholle tyypillisen jatkuvan pienen liikkeen aikana.

Tarkkuus mittaamisessa on sitä, että pystytään tuottamaan mahdollisimman tarkasti todellisuutta kuvaava tietoa. Jotta tarkkuuteen voidaan pyrkiä, on tiedettävä mitkä tekijät mittaustulosten ajautuminen (drift) on eräs virhelähteistä, joka sensorimittauksia tehtäessä on hyvä ymmärtää. Gassmann (2014) luokittelee eri virhelähteiksi myös epälineaarisuuden (nonlinearity), hystereesin (hysteresis), nolllapistevirheen (zero-point error), lämpöherkkyyden (temperature impacts), mittaustarkkuuden muuttumisen (shift), epästabiiliuden (long-term stability) sekä sen, ettei samaan mittaustulokseen päästä uudelleen (nonrepeatability). Sensorien käytön arkipäiväistyessä mittarilukemia, erityisesti arjen edullisimmissa laitteissa, ei aina ole säädetty oikeaan maksimitarkkuuteen (span error). Gassmanin (2014) mukaan tämä johtuu siitä, että tarkat säädöt ovat aikaa vieviä, edellyttävät enemmän työvoimaa ja tuovat lisäkustannuksia.

Drift-ilmiössä mittaava laite alkaa ajautumaan pois laitteeseen asennetusta mittaustarkkuudesta tyypillisesti usein toistuvissa tai pitkäkestoisissa mittauksissa. Sensorimittarit voivat menettää tarkkuuttaan myös varastoinnin aikana, kun laitetta ei käytetä (Gassmann 2014). Englanninkielisessä tutkimuksessa käytetään toisinaan myös termiä creep (ryömintä tai viruma). Kuitenkin creep-ilmiö on Morrisin ja Langarin (2011: 393) mukaan materiaalien kuten polymeerien (sähköä johtava muovi) hitaasti tapahtuvaa väsymistä jatkuvassa kulutuksessa. Suomenkielisissä ohjeissa, opinnäytteissä, tutkimuksissa ja muissa kirjoituksissa tapaa muun muassa termejä ajautuma, ajautuminen ja ajalehtiminen kun puhutaan drift-ilmiöstä. Tässä opinnäytetyössä päädyttiin käyttämään termiä ajautuminen, joka sanana soveltuu kuvaamaan drift-ilmiötä hyvin. Ajautumisen voidaan ajatella sanana viittaavan myös siihen, että mittaavat sensorit ovat jo lähtökohtaisesti alttiita häiriöille ja edellyttävät säännöllistä kalibrointia (McGrath & Ní Scanail 2013: 41–43).

Mittaustulosten ajautumista pois tarkkuudesta (drift) tapahtuu kaikille mittaaville laitteille ajan mittaan (Morris & Langari 2011: 56–57). Ajautumistapa, josta tässä opinnäytetyössä puhutaan, on painemittauslukeman kasvaminen, kun mittavalaite on puettuna ylle pitkään yhtäjaksoisesti, mutta kuormitusta ei ole. Ajautumista ilmenee erityisesti silloin kun mittaavaa laitetta käytetään usein peräkkäin tai pitkään yhtäjaksoisesti. Myös pitkä käyttöikä lisää mittareiden epätarkkuuteen ajautumisen riskiä (Morris & Langari 2011: 97–98, 101–103).

Tutkijat ovat pyrkineet parantamaan mittaustulosten tarkkuutta muun muassa tarkistusmittauksilla, kalibroinneilla, useiden mittausten sarjoilla sekä keskiarvo- ja korjauslaskelmilla. Nyt 2020-luvun puolivälin jälkeen uutta tutkimusta löytyy erityisesti siitä, miten erityyppisten sensorien ajautumisongelmaa on pyritty ratkaisemaan algoritmeilla sekä sisäänrakennetuilla kohinan (random errors) poistoilla (Liu ym 2024; Yuan ym 2025). Kaiken kaikkiaan voidaan sanoa, että sensorimittaustulosten virhelähteet kiinnostavat tutkijoita. Nopealla haulla Science Direct -tietokannasta saadaankin yli miljoona osu-maa hakulausekkeella ”drift OR creep OR hysteresis”. Liikelaboratoriotutkimuksissa mittaustarkkuutta voidaan parantaa käyttämällä mittaavia laitteita valmistajan ohjeiden mukaisesti sekä suunnittelemalla, testaamalla ja noudattamalla tutkimusprotokollaa.

2.2 Lämmön mittaaminen

Lämpötila on yksi eniten mitatuimmista suureista hyvinvointiteknologiassa, terveydenhuollossa sekä tekniikan eri aloilla (Morris & Langari 2011: 348). Erilaisilla pinta- ja sisälämpötilamittauksilla toteutetaan muun muassa tuotteiden sekä laitteiden omavalvontaa. Tästä esimerkkeinä ravintola-ala, kaupanala, logistiikka-ala sekä rakentaminen, joissa lämpötilamittauksilla taataan erityisesti elintarvikkeiden, säilytyksen sekä materiaalien turvallisuutta. Lämpötilamittauksia suorittavat työssään täten myös monet sellaiset ammattihenkilöt, joiden työnkuva ei muutoin edellytä esimerkiksi sähkö-, automaatio- taikka lämpötekniikan erityisosaamista. Myös monet lämpöä mittaavat omavalvontalaitteet on suunniteltu tämä seikka silmällä pitäen.

Kun suunnitellaan itsesuoritettavia soveltavia lämpötilamittauksia, on aina perehdyttävä siihen, mitä vaatimuksia suoritettaviin mittauksiin kohdistuu tarkkuuteen, raportointiin sekä laitteisiin liittyen. Myös esimerkiksi se mitä fysiikan-, kemian-, sähkötekniikan- tai tietotekniikanosaamista mittausten suunnittelu ja toteuttaminen edellyttävät, on otettava huomioon. Mittaamisen luotettavuudesta säädetään kotimaisissa ja kansainvälisissä laeissa sekä direktiiveissä, joissa määritellään mitä viralliset mitat ovat, missä yhteydessä mittauksia on lakisääteisesti pakko suorittaa ja millaisilla laitteilla mittauksia saa

tehdä (Simonen & Hemminki & Valkeapää 2009). Viralliset standardit täyttäviä lämpömittauksia suorittavat mittauslaboratoriot ja laboratorion pätevyys määritellään muun muassa akkreditoinneilla (Akkreditointi, Finas 2026). Suomessa erityistä tarkkuutta edellyttävää mittausta tehdään valtion omistamassa Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:ssä (Hiltunen ym 2011).

Lämpötila on aina, ainakin teknisesti ajateltuna arvio. Ammattimaisissa lämpötilamittauksissa huomioidaan mittausepävarmuus, josta lasketaan muun muassa systemaattinen virhe sekä standardiepävarmuus (Weckström ym. 2005: 11–18). Yksinkertaistettuna tällä tarkoitetaan sitä, että lämpötilamittauksen tulos on aina riippuvainen olosuhteista, inhimillisistä tekijöistä sekä käytettävien laitteiden luotettavuudesta. Mahdollisimman tarkasti todellisuutta kuvaavaan tulokseen pyrittäessä suoritetaan tyypillisesti useasti toistettavia mittauksia, eri tavoilla suoritetuilla keskiarvolaskemilla sekä validointia (Hiltunen ym 2011: 24–27).

Lämpötilaa voidaan mitata etäältä taikka suoralla kontaktilla kohteesta (Weckström 2005: 9). Eli kun ollaan päätetty mitä mitataan, on ymmärrettään systeemi, jonka puitteissa mittauksia suoritetaan ja miten se mahdollisesti vaikuttaa suoritettavaan lämpötilan mittaamiseen. Tämän lisäksi on määriteltävä mitataanko jotakin tiettyä ainetta taikka systeemiä kokonaisuutena, vaiko niiden rakenneosien energioiden muutosta, joista mittauskohde koostuu. Systeemejä on olemassa avoimia, suljettuja, sekä eristettyjä (Hatakka ym. 2011: 43–46) ja oppilaitosolosuhteissa lämpötilan mittausta suunniteltaessa on tyypillisesti valittava mitataanko jonkin kohteen lämpötilaa avoimessa vaiko suljetussa systeemissä. Käytännössä täysin ympäristöstä eristettyjä systeemejä ei ole olemassa. Laboratorioissa pystytään kuitenkin luomaan niin kutsuttuja hallittuja olosuhteita (controlled environment), joissa pystytään suorittamaan ympäristöstä eristämistä edellyttäviä lämpötilatutkimuksia.

Lämpömittarit on säännöllisesti kalibroitava. Laitevalmistajan ohjeistuksessa monesti ilmoitetaan kalibroitiväli ja sen lisäksi lämpöä mittaavat laitteet tulisi kalibroida aina kun tarvetta jostain syystä ilmenee. Lämpöä mittaavista laitteista on mahdollista hankkia kalibroititodistus (Järvinen & Eerola & Kaukonen 2008: 15–17) ja myös tässä opinnäytetyössä käytetylle infrapunamittarille kalibroitiraportti teetettiin (Liite 9–14).

Lämpö on varastoitunutta sisäenergiaa. Toisin sanoen lämpö jonkin järjestelmän sisään varastoitunutta potentiaalienergiaa eli lämpöenergiaa. Lämpötila on myös liikettä eli jonkin kappaleen rakenneosien (atomien ja molekyylien) liikkumista. Mitä nopeampaa osasten liike on, sitä korkeampi kappaleen lämpötila on. Vaikka energia

voi muuntua toiseen muotoon, ei energia varsinaisesti katoa minnekään (Hatakka ym 2011: 138–139). Sitä ei myöskään voida energian ensimmäisen säilymislain mukaan mitenkään luoda lisää.

Lämpöopin toisen pääsäännön mukaan termodynaamiset prosessit suuntautuvat tasapainoa kohtaan. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että lämpö siirtyy aina lämpimästä kylmempään kohtaan, jotta erot lämpötilojen välillä tasaantuisivat. Itsestään lämpö ei kuitenkaan enää siirry takaisin kuumempaan, mutta sekin on kyllä mahdollista työn avulla. (Hatakka 2011: 149–152). Tämäkin on oleellista lämpötilamittauksia suunniteltaessa ottaa huomioon. Esimerkiksi suoraa kontaktia mitattavaan kohteeseen edellyttävä pintalämpömittaus perustuu siihen, että mittari ja mitattava kohde pyrkivät keskenään lämpötasapainoon. Tällöin on odotettava, kunnes mittari ja kohde saavuttavat lämpötasapainon (Suvanto 2022: 400).

Lämpöä siirtyy neljällä tavalla: säteilemällä, johtumalla, haihtumalla sekä konvektiolla eli väliaineen kautta (Young & Freedman 2018). Lämmön siirtymisen tapa, josta tässä opinnäytetyössä puhutaan, on johtuminen, eli se kuinka kehosta siirtyy lämpöä Medilogic-painepohjallisiin fyysisen kontaktin kautta johtumalla, kun painetta mittaavat pohjalaiset ovat jalkineissa puettuna ylle mittaustilanteessa pitkään yhtäjaksoisesti.

Kehon lämpötila sekä yksittäisten ihoalueiden lämpötilan muutokset voivat olla merkki sairaudesta tai ne voivat kertoa luontaisesta paranemisprosessista (Salmi 2025). Myös liikkuminen, elimistön aineenvaihdunta sekä ympäristö vaikuttavat ihmiskehon lämmönsäätelyyn (Rintamäki & Leppäluoto & Palinkas 2005). Kehonlämpö onkin yksi maailman eniten mitattuja elintoimintoja ja kehon lämpöä seurataan myös osana peruselintoimintoja. Kehon lämmönsäätely, termoregulaatio tarkoittaa sitä, kuinka keho pyrkii estämään lämpöhukan kylmässä ja ylikuumetessa keho puolestaan pyrkii siirtämään lämpöä kehosta pois. Kylmässä ihmiskehossa tapahtuu ääreisverenkierron supistumista eli vasokonstriktiota ja ylikuumetessa keho puolestaan siirtää lämpöä pois ääreisverenkierron laajenemisen eli vasodilataation avulla (Englund ym 2024).

Lämpöä poistuu kehosta siirtymällä väliaineen, kuten ilman tai veden mukana, säteilemällä lämpimästä kehosta sitä viileämpään ympäristöön sekä haihtumalla hikirauhasista, iholta tai hengityksen kautta. Myös johtumalla lämpöä siirtyy silloin kun ollaan fyysisessä kontaktissa johonkin kehoon kylmempään (Silvasti-Lundell 2020), vaikkapa pohjalliseen. Kehossa on myös muita autonomisen lämmönsäätelyn osia kuten metaboliininen säätely eli perusaineenvaihdunta, lihastyön kautta tapahtuva lämmön siirtyminen sekä lihasvärinä (Arens & Zhang 2006).

Ammattimaisissa lämpötilamittauksissa mittausprotokolla suunnitellaan tapauskohtaisesti. Weckströmin mukaan (2005: 9) mittauksia voidaan toteuttaa usean mittauksen sarjoina, joita toistetaan esimerkiksi 4–10 kertaa ja näin voidaan pyrkiä saavuttamaan todellisuutta kuvaava tulos. Tämän jälkeen mittaustuloksista lasketaan keskiarvo, joka on tällöin mittauksen tulos. Tämän tuloksen rinnalle on myös tapana laskea korjaus kalibrointitodistuksesta saatavan korjausluvun avulla ja se ilmoitetaan tulostaulukossa it-sesaadun mittaustuloksen vieressä. Käytettävää lämpömittaria ei siis monestikaan tarvitse itse kalibroida vaan lämpötilamittauksissa ilmoitetaan kaksi lukua: mittarin lukema sekä korjauskertoimella saatu korjattu tulos (Weckström 2005: 10).

Ammattimaisissa lämpötilamittauksissa on tapana osoittaa myös jäljitettävyys ja tehdä erilaisia epävarmuuslaskelmia. Lisäksi voidaan käyttää referenssiarvoja ja tehdä vertailua (Hiltunen ym. 2011: 17–18). Esimerkiksi elintarviketeollisuudessa säännöllisiä oma-valvontamittauksia tehdään valtavia määriä päivittäin, jolloin yksi tarkkuutta lisäävä toimenpide on tehdä referenssimittauksia. Tällöin referenssimittarilla voidaan suorittaa työpaikalla tehtävää mittaustarkkuuden seuranta (Elintarvikeviraston ohje elintarvikealan toiminnassa käytettäville lämpömittareille 2021).

2.3 Tietokantahaut

Opinnäytetyössä on tehty kartoittavia tiedonhakuja tietokantoihin Google Scholar, Metcat Finna, ProQuest, PubMed, Science Direct sekä Wiley. Myös Keenious -tekoälyä kokeiltiin tiedonhaussa, mutta sitä ei otettu käyttöön tässä työssä. Varsinaiset tietokantahaut suoritettiin PubMed- ja ScienceDirect-tietokannoista. Lisäksi joitakin yksittäisiä tutkimuksia löydettiin ProQuest-tietokannasta sekä Gemini Pro-tekoälyharavoineilla.

Tietoperustan laajuuden vuoksi tämän opinnäytetyön tietoperusta on käsin poimittu. Työelämälähtöisiltä soveltavilta tutkimuksilta ei myöskään lähtökohtaisesti edellytetä kirjallisuuskatsausta (Vilka 2015: 31). Tutkimustietoa on haettu seuraavilla hakusanoilla ja niiden yhdistelmillä: "foot", "force", "plantar", "pressure", "diabetes", "rheumatoid arthritis", "Medilogic", "measurement*", "pressure insole", "wearable technology", "body heat", "thermoregulation", "creep", "drift", "shift", "hysteresis", "error", "sensor*", "piezoresist*", "polymer", "temperature measurement*" sekä "validity". Hauissa on käytetty Boolean operaattoreita ja haut on tehty alustoille kirjautuneena silloin kun se on ollut mahdollista, jonka vuoksi tietoperustassa mukana on myös oppilaitoksen lisensseillä saatavaa aineistoa. Vakiintuneen tiedon osalta lähteenä on käytetty myös alan kirjallisuutta.

3 Tarkoitus, tavoite ja tutkimuskysymykset

Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää kehon tuottaman lämmön vaikutusta Medilogic-järjestelmällä mitattuihin jalkapohjapaineisiin. Tavoitteena on tuottaa tietoa työelämäyhteistyökumppanille Metropolia Liikelaboratoriolle. Saatua tietoa voidaan hyödyntää oppilaitoksen liikelaboratorion laiteohjeistuksen ja opintomateriaalin päivitykseen sekä jatkotutkimusten perustana.

Tutkimuskysymykset:

1. Miten kehon tuottama lämpö vaikuttaa Medilogic -painepohjallisilla suoritettavien painemittausten tuloksiin?
2. Onko painemittaustuloksissa havaittavissa ajautumista (drift) pitkissä testaustilanteissa?

4 Menetelmät

4.1 Aineiston kerääminen

Opinnäytetyössä toteutettiin työelämää palveleva soveltava lämpötilamittaustutkimus, jossa kehon tuottaman lämmön vaikutusta Medilogic-painepohjallisten painemittaustuloksiin pyrittiin selvittämään suorittamalla painemittauksia ja lämpötilamittauksia vuorotellen. Mittaukset suoritettiin Metropolia ammattikorkeakoulun liikelaboratoriossa Myllypuron kampuksella syyslukukauden 2025 alussa.

Mittausprotokolla suunniteltiin, testattiin ja toteutettiin yhteistyönä työn tilaajan Metropolia liikelaboratorion kanssa. Opinnäytetyön tekijä vastasi testipäivien kulusta, suoritti itse kaikki lämpötilamittaukset sekä ohjasi ja valvoi painemittauksia. Avustajina toimivat liikelaboratoriossa syksyllä 2025 harjoittelussa olleet opiskelijat Metropolia ammattikorkeakoulun eri tutkinnoista (3 harjoittelijaa) sekä Jyväskylän yliopiston liikuntatieteellisestä tiedekunnasta (1 harjoittelija). Avustajat käynnistivät Medilogic-mittaukset, huolehtivat painepohjallisten käyttöjärjestyksestä, testikengistä ja -sukista sekä painepohjallisten asianmukaisesta käsittelystä. Laboratorioharjoittelijoiden vastuulla oli myös lämpötilamittaustulosten kirjaaminen mittauslomakkeisiin sekä käytännön järjestelyjen sujuminen.

Osallistujiksi kutsuttiin kahdeksan perustervettä aikuista Metropolian Myllypuron kampukselta. Koehenkilöiden määrä rajattiin kahdeksaan osallistujaan koska tämän verran mittauksia pystyttiin tässä kohtaa omia opintoja suorittamaan. Harkinnanvaraiseen otantaan päädyttiin muun muassa siitä syystä, että siirtymät juoksumatolle ja lämpötilamittauspisteelle oli pidettävä mahdollisimman lyhyinä, jotta pystyttiin tuottamaan vertailukelpoista tietoa. Lisäksi koehenkilöiden oli pystyttävä käyttämään liikelaboratorion standardisukkia sekä -kenkiä, joissa koot ovat rajalliset. Tämä seikka rajasi siten pois hyvin pienet koot sekä todella suuret koot. Mukaan haluttiin pelkästään täysi-ikäisiä osallistujia, jotta luvan mittausten käyttöön opinnäytetyössä pystyi antamaan itse. Harkinnanvarainen otanta oli perusteltua myös siksi, että perusjoukon edustavuudella taikka otannalla ei tähän opinnäytetyöhön tehdyissä mittauksissa ollut merkitystä koska lämpötilamittauksia suoritettiin pohjallisille, ei ihmisille. (Holopainen & Tenhunen & Vuorinen 2004: 19).

Testissä koehenkilöt kävelivät painepohjalliset yllä juoksumatolla vakionopeudella 4 km/h. Kävelyä oli 10 minuutin välein yhden minuutin jakso kerrallaan. Kävelystä ensimmäiset 20 sekuntia olivat lämmittelyä ja varsinainen painemittaus oli kestoaltaan 40 sekuntia. Jokaisen kävelyosuuden jälkeen painetta mittaavista pohjallisista suoritettiin lämpötilamittaukset etäluettavalla infrapunalämpömittarilla. Paine- ja lämpötilamittauksen käsittävä testipatteristo suoritettiin neljästi per koehenkilö. Mittauksia kerättiin kaksi per kummankin jalan pohjallinen, jota ennen kaikista painepohjallisista mitattiin lähtölämpötilat.

Lämpömittauspisteistä toinen oli merkitty päkiään, ensimmäisen metatarsaaliluun distaalnivelen kohdalle ja toinen kantapään keskikohtaan. Alun perin aikomuksena oli ollut mitata lämpö myös viidennen metatarsaaliluun distaalnivelen kohdalta, mutta menetelmätesteissä kolmannesta mittauspisteestä luovuttiin tarpeettomana. Jotta mittavien sensorien kuormittuminen pysyi mahdollisimman vähäisenä, mutta kehosta silti siirtyi lämpöä painetta mittaavaan laitteeseen mahdollisimman yhtäjaksoisesti, koehenkilöt istuivat kävelyosuuksien välisen ajan painepohjalliset yllä. Näin pyrittiin varmistamaan, että mitataan nimenomaan kehon tuottaman lämmön vaikutusta painepohjallisten mittaustuloksiin.

Mittauksissa käytettiin Metropolia ammattikorkeakoulun apuvälinetekniikan työpajan infrapunalämpömittaria Laserliner® ThermoSpot Pro. Infrapunalämpömittari valittiin koska lämpömittaustuloksen saaminen kosketukseen perustuvalla pintalämpömittarilla olisi vienyt niin pitkän ajan, että pohjallisen pinta olisi ehtinyt jäähtymään. Myös käsi-

käyttöisellä IR-lämpömittarilla oli mahdollista toteuttaa vain yksi mittauserä per pohjallinen ennen pohjallisen jäähtymistä. Molemmat seikat havaittiin itse, kun mittausprotokollaa suunniteltiin.



Kuva 2. Lämpömittauksissa käytetty Laserliner® ThermoSpot Pro, etäluettava infrapunalämpömittari (Kuva: Laserliner® Thermospot Pro Manual)

Infrapunalämpömittaamisessa on huomioitava myös eri materiaalien heijastavuus (Weckström 2004: 49), jonka vuoksi tähän opinnäytetyöhön suoritetuissa mittauksissa käytettiin heijastamatonta maalarinteippiä kaikkien lämpömittauspisteiden merkitsemiseen. Referenssimittaukset suoritettiin Testo 925 K-anturimittarilla. Itsesuoritetuissa referenssimittauksissa Laserliner® ThermoSpot Pro ja Testo 925 tuottivat 0,1–0,3 °C tarkkuudella samat lämpömittaustulokset liikelaboration eri pinnoilla testattuna, jonka perusteella oppilaitoksen IR-lämpömittari katsottiin riittävän tarkaksi soveltavaan opinnäytetyötutkimukseen.

Painemittausten osalta ainut tehty itse suoritettu säätö liikelaboratorion laitteistoon oli kävelynopeuden vakioiminen 4 km/h:ssa kaikkiin mittauksiin. Muutoin käytettiin Medilogic-järjestelmän oletusasetuksia. Medilogic:ssa on mahdollista tarkastella jalkapohjapaineen muuttumista jalkaterän eri osissa sekä yksittäisissä korkean kuormittumisen kohdissa. Tässä opinnäytetyössä tarkasteluun valittiin päkiän- ja kantapäänalueen painemittaustulokset. Päkiä- ja kantapäämittaustulosten valintaan päädyttiin sen perusteella mistä kohdista lämpömittaukset pystyttiin suorittamaan.

4.2 Tilastoanalyysi

Aineistoanalyysin tavoitteena oli selvittää kuinka paljon painepohjallisten lämpö- ja painemittaustulokset nousevat pitkässä yhtäjaksoisessa käytössä ja tarkastella onko mitaustulosten välillä nähtävissä tilastollista riippuvuutta. Lämpömittauksissa on käytetty tutkimuslomakkeille (Liite: 5–8) kerättyjä °C-arvoja sellaisenaan, eikä niille ole laskettu korjausta kalibroitiraportista (Liite: 9–14). Korjausta ei laskettu koska silloin myöskin korjaukselle olisi jouduttu suorittamaan tilastolliset analyysit. Kalibroitiraportin käyttö haluttiin kuitenkin osana menetelmään perehtymistä tuoda opinnäytetyössä esiin (Luku: 2.2). Painepohjallismittausten osalta tulokset on saatu suoraan Medilogic -järjestelmästä. Raakadata painemittauksista edellytti muokkaamista, jonka jälkeen lämpötilamittaustulokset sisällytettiin Excel-tulostaulukkoon käsin.

Tulokset analysoitiin tilasto-ohjelma IBM SPSS Statistics:in versiolla 31.0. Tilastollisilla testeillä haluttiin saada kuva painetta mittaavien pohjallisten lämpömittaustuloksien ja painemittaustuloksien muuttumista pitkässä yhtäjaksoisessa käytössä sekä testata niiden keskinäistä riippuvuutta tilastollisten yhteyksien avulla (Vilkkä 2015: 110). Tulostulosten analyysissä kuvailtiin jalkojen pohjiin kohdistuvaa kuormittumista mittaavan laitteen pitkän käyttöajan ja käytössä lämpenemisen välistä suhdetta sekä sen mahdollista muuttumista (Holopainen & Tenhunen & Vuorinen 2004: 14). Lisäksi tarkkailtiin ilmeneekö painemittaustuloksissa Metropolian liikelaboratorion keväällä 2024 havaitsemaa mitaustulosten ajautumista pois tarkkuudesta (drift).

Yleiskuva aineistosta saatiin muodostamalla havaintomatriisi koko aineistosta sekä luomalla erilaisia taulukoita ja kuvaajia aineiston tunnusluvuista (Holopainen & Pulkkinen 2002: 44–96). Tunnusluvuista tarkasteluun valittiin keskiarvo, mediaani, keskihajonta, variaatiokerroin sekä pienimmät ja suurimmat mitaustulokset. Mittaustulosten osalta kuvaillaan pääasiassa ensimmäisen ja viimeisen mittauksen välillä tapahtuvaa muutosta.

Aineiston laatua testattiin normaalijakaumalla. Normaalijakautuneisuuden tilastollista merkitsevyyttä tulkittiin Kolmogorov-Smirnov ja Shapiro-Wilk -testien p-arvoilla. Taanila (2020: 9) suosittelee tarkistamaan normaalijakautuneisuuden aina kun otos on alle 30. Normaalijakauman histogrammeista tarkkailtiin parametrinen menetelmien käyttöä esittäviä säännönmukaisia vinoumia. Jos data ei noudata normaalijakaumaa, kaikki päätelmät normaalijakautuneisuudesta ovat tällöin puhtaasti tilastollisesta näkökulmasta katsottuna vääriä (Löytyniemi 2015: 22). Kuitenkaan tätä lähtökohtaa ei voida tällaisenaan soveltaa ihmismittauksiin, joiden taustalla vaikuttavat tavalliset biologiset tai fysiologiset ilmiöt (Tilastokunto 2020a). Erityisesti biostatistiikassa joudutaan tilastomenetelmien käytössä tekemään kompromisseja ja testaamaan aineistoa menetelmillä, jotka eivät aina ole täysin sopivia, mutta jotka ovat kuitenkin riittävin osin sovellettavissa käyttöön (Uhari & Nieminen 2014a). Taanila (2020a) suosittelee tarvittaessa käyttämään testejä, joissa normaalijakaumaa ei tarvita. Tällaisia ovat muun muassa erilaiset kuvaajat kuten Boxplot ja Q-Q plot. Tässä opinnäytetyössä laatikko-janakuvioita (Boxplot) hyödynnettiin normaalijakauman poikkeamien paikallistamiseen ja Q-Q-kuvaajista havainnointiin mittaustuloksen suuntaa sekä kuinka tarkasti normaalijakautuneisuus seuraa teoreettista normaalijakaumaa.

Tilastollinen vertailu lämpö- ja painemittausten välillä tehtiin parittaisella t-testillä. T-testissä sattuman todennäköisyyttä ja merkitystasoa tulkittiin mittausten 1.- ja 4. välillä tapahtuvasta lämpö- ja painemittaustulosten keskimääräisen nousun, t-arvojen, p-arvojen ja luottamusvälien kautta.

Lämpömittaustulosten ja painemittaustulosten välistä voimakkuutta testattiin Pearsonin korrelaatiokertoimella. Pearsonin korrelaatio on hyvin herkkä poikkeamille ja mikäli aineistossa on merkittäviä poikkeamia, Pearsonin korrelaatiokerroin voi antaa virheellisen tuloksen. Pearsonin korrelaatiokertoimen pystyy tarvittaessa korvaamaan esimerkiksi Spearmanin järjestyskorrelaatiokertoimella (Holopainen & Tenhunen & Vuorinen 2004: 175). Taanilan (2020: 33–34) mukaan nollahypoteesin hylkäämisraja on kuitenkin laskennallinen ja siihen pystyttäisiin lisäksi vaikuttamaan kasvattamalla otantaa. Isommassa otannassa olisi ollut mahdollista myös trimmata dataa eli poistaa virhemittauksia tietyin edellytyksin (mittausvirhe, laitevika) tai käyttää Winsorointia, jossa äärimmäisen poikkeavalle (outlier) arvolle laaditaan lähimpänä keskikohtaa oleva laskennallinen arvo ja häiriöille herkät testit, kuten Pearsonin korrelaatiokerroin, voidaan suorittaa. Se, ettei normaalijakauma tällä aineistolla täysin toteudu, voidaan katsoa painemittauksille aineistotyyppilliseksi ja liittyväksi mitattavan ilmiön luonteeseen.

Riippuvuuden testaamisella on tilastanalyysissä tarkoitus selvittää riippuvuuden tilastollinen merkitsevyys (Tilastokunto 2020a). Tässä opinnäytetyössä tutkittavan ilmiön luonne ei kuitenkaan edellyttänyt sitä, että kaikilla koehenkilöillä oli oltava samalla tavoin nousevat painemittaustulokset. Tällöin voidaan pitää täysin hyväksyttävänä, että nousijoita on riittävästi enemmän tai, että nousu on oleellisesti voimakkuudeltaan suurempaa kuin laskijoilla. Näin voidaan osoittaa, onko ilmiössä kyse sattumasta ja päätöstä suorittaa aineiston tilastollinen testaus valituilla menetelmillä voidaan pitää perustellusti arvioituna muuttujien vaihtelun ja keskinäisen yhteyden osalta.

4.3 Tekoälyn käyttö opinnäytetyössä

Syksyllä 2025 käytettävissä olevista tekoälyistä tähän työhön valittiin Gemini Pro, koska Gemini soveltui hyvin opinnäytetyötyöskentelyyn. Kirjautuneena Googleen kaikki opinnäytetyötä koskeva keskustelu on omien tunnusten takana tallessa ja löydettävissä kun keskustelua haluaa jatkaa. Tämän lisäksi keskustelujen säilytysaikaa voi säätää. Pro-versiossa on myös vapaasti käytettävää versiota enemmän suojausominaisuuksia (Metropolia 26.11.2025).

Tekoälyä hyödynnettiin opinnäytetyöprosessin loppuvaiheessa. Käytännössä Gemini Pro:n avulla teetettiin tarkistuksia, pallolettiin ideoita ja tehtiin hakuja. Erityisen hyödylliseksi työvälineeksi tekoäly osoittautui uusien asioiden opettelussa. Tekoälyä hyödyntäen harjoitettiin IBM SPSS Statistics-ohjelmiston käyttöä, tilastotieteen menetelmiä sekä oman tutkimusdatan muokkaamista SPSS-ohjelmistoon soveltuvaan muotoon. Tekoälyn käytössä on noudatettu Metropolian syksyn 2025 ohjeistusta sekä Arenen 2024 päivitettyjä suosituksia tekoälyn käytöstä ammattikorkeakouluille ja sen käytöstä on opinnäytetyössä asianmukaisesti kerrottu. Kaikki osat tähän opinnäytetyöhön on kokonaisuudessaan tehty ja kirjoitettu itse.

5 Tulokset

5.1 Aineistoon tutustuminen

Otoksessa oli 3 miestä (37,5 %) ja 5 naista (62,5 %). Käytetyt painepohjalliskoot vaihtelivat koon 37 ja koon 43 välillä. Yksikään pohjalliskoko ei ollut yliedustettuna. Mittauksia suoritettiin 27.8.2025 iltapäivällä ja 29.8.2025 aamupäivällä. Ensimmäisenä testipäivänä mittauksia suoritettiin viiden koehenkilön käyttämille pohjallisille ja jälkimmäisenä kolmen koehenkilön käyttämille pohjallisille.

Taulukko 1. Koehenkilöiden sukupuolijakauma

Sukupuoli		
	n	%
nainen	5	62,5
mies	3	37,5
Yht.	8	100,0

Taulukko 2. Käytetyt Medilogic -pohjalliskoot

Pohjallisen koko		
	n	%
37	3	37,5
39	1	12,5
41	2	25,0
43	2	25,0
Yht.	8	100,0

Taulukko 3. Mittausajankohdat

Mittausaika		
	n	%
iltapäivä (1. testipäivä)	5	62,5
aamupäivä (2. testipäivä)	3	37,5
Yht.	8	100,0

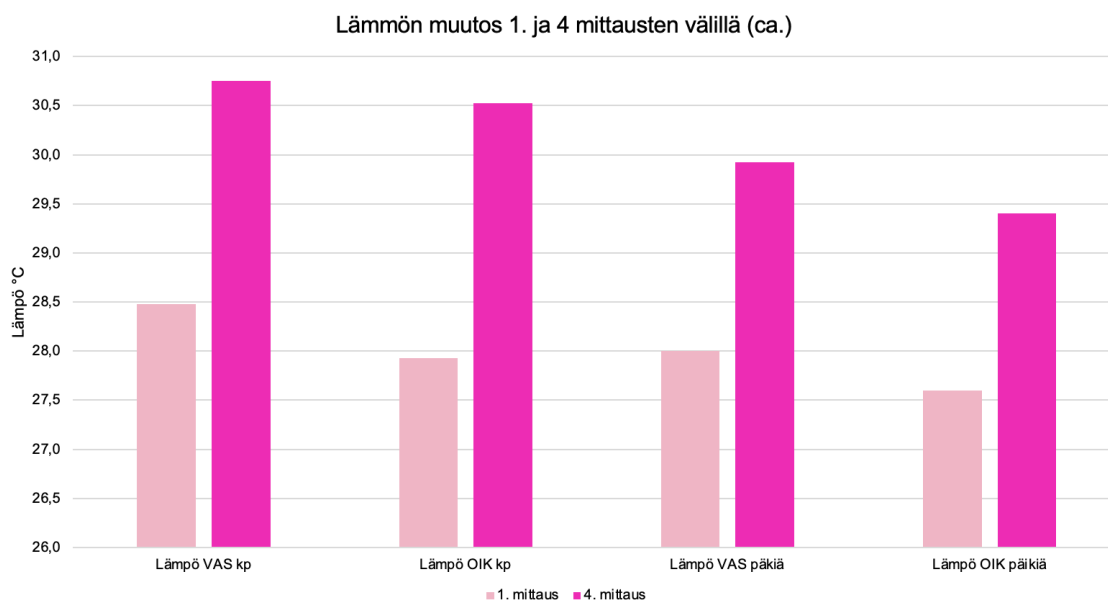
5.2 Tunnusluvut

Mittausten 1. ja 4. mitatut lämpötilat vaihtelivat 25,5–32,1 °C välillä. Eroa korkeimman mitatun lämmön ja matalimman mitatun lämmön välillä oli 6,6 °C. Koska keskiarvo ja mediaani ovat lähellä toisiaan, on aineisto jakautunut symmetrisesti. Keskihajontaa

lämpötilamittauksissa oli vain vähän ($SD = 1,0\text{--}1,7\text{ }^{\circ}\text{C}$), josta voidaan päätellä, että mit-
taustulokset ovat lähellä keskiarvoja. Variaatiokertoimet ovat matalia ($CV = 3,2\text{--}5,3\text{ }%$)
eli mittaustulokset ovat myös vakaita.

Taulukko 4. Aineiston tunnuslukuja 1. ja 4. lämpömittauksista ($n=8$)

Tunnusluvut	1.		4.		1.		4.	
	vasen kantapää $^{\circ}\text{C}$	vasen kantapää $^{\circ}\text{C}$	oikea kantapää $^{\circ}\text{C}$	oikea kantapää $^{\circ}\text{C}$	vasen päkiä $^{\circ}\text{C}$	vasen päkiä $^{\circ}\text{C}$	oikea päkiä $^{\circ}\text{C}$	oikea päkiä $^{\circ}\text{C}$
N	8	8	8	8	8	8	8	8
Mean	28,5	30,8	27,9	30,5	28,0	29,9	27,6	29,4
Median	28,3	30,9	27,9	30,7	27,8	29,7	27,8	29,4
Std. Deviation	1,3	1,1	1,2	1,0	1,5	1,1	1,7	1,4
Min	26,6	28,8	26,4	28,9	25,5	28,7	25,9	27,2
Max	30,8	32,1	29,7	31,6	30,5	31,6	29,5	30,9
CV	4,4 %	3,7 %	4,3 %	3,2 %	5,3 %	3,5 %	3,9 %	4,8 %



Kuva 3. Lämpömittaustulosten muuttuminen eri mittauspisteissä pylväskuvaajina

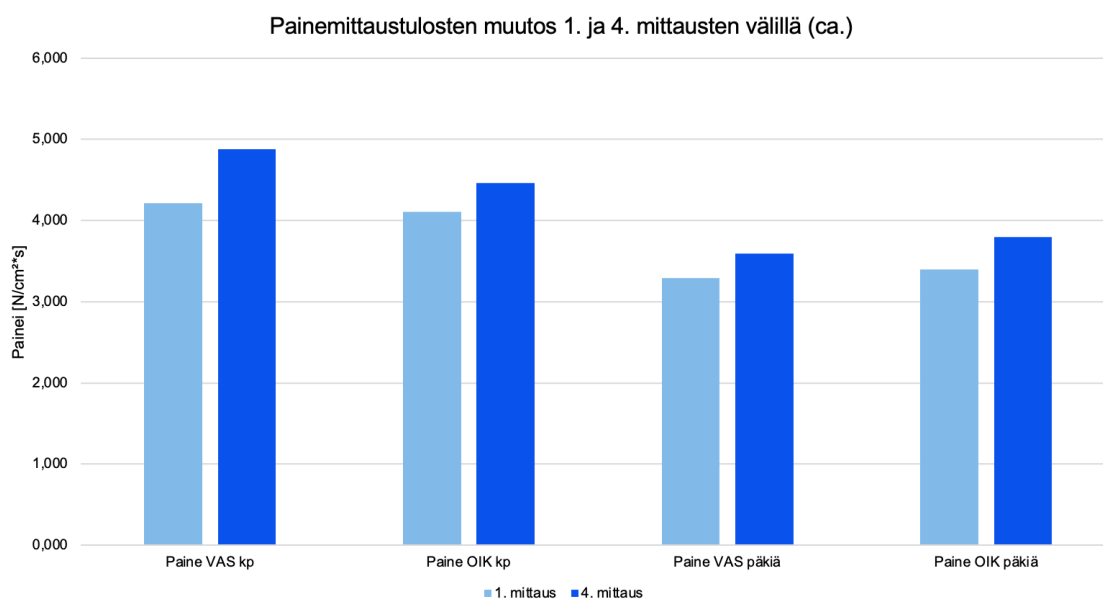
Painemittaustulokset vaihtelivat $1,91\text{--}7,07\text{ N/cm}^2\text{s}$ välillä. Koska keskiarvo ja mediaani
ovat lähellä toisiaan, on aineisto symmetristä. Keskihajonta on pientä ($SD = 0,6\text{--}1,1$

N/cm²*s), josta pystytään tulkitsemaan, että painemittaustulokset ovat kaiken kaikkiaan lähellä keskiarvoja. Variaatiokertoimet sijoittuvat 12,2–25,9 %:n välille ja ovat korkeampia kuin lämpömittauksissa eli paineen osalta mittaustuloksissa on nähtävissä enemmän vaihtelua.

Taulukko 5. Aineiston tunnuslukuja 1. ja 4. painemittauksista (n=8)

Tunnusluvut

	1. vasen kantapää [N/cm ² *s]	4. vasen kantapää [N/cm ² *s]	1. oikea kantapää [N/cm ² *s]	4. oikea kantapää [N/cm ² *s]	1. vasen päkiä [N/cm ² *s]	4. vasen päkiä [N/cm ² *s]	1. oikea päkiä [N/cm ² *s]	4. oikea päkiä [N/cm ² *s]
N	8	8	8	8	8	8	8	8
Mean	4,213	4,880	4,109	4,458	3,294	3,595	3,398	3,794
Median	4,065	4,955	3,935	4,045	3,555	3,495	3,505	3,825
Std. Deviation	0,7	0,6	0,9	1,1	0,8	0,8	0,8	1,0
Min	3,49	3,98	3,20	3,69	1,91	2,49	2,21	2,44
Max	5,43	5,83	6,25	7,07	4,30	4,96	4,50	5,11
CV	17,2 %	12,2 %	22,8 %	25,0 %	25,9 %	23,5 %	23,0 %	25,1 %



Kuva 4. Painemittaustulosten muuttuminen eri mittauspisteissä pylväskuvaajina

5.3 Kuvailu

Kantapäiden mittauspisteiden lämpötila nousi molemmissa pohjallisissa eniten ensimmäisen ja toisen mittauksen välissä. Vasemman pohjallisen mittauspisteiden lämpötilamittauksien ollessa hieman korkeampia kuin oikean pohjallisen. Lämpötilaprofiili kasvaa johdonmukaisesti molempien pohjallisten kantapäämittauspisteissä. Lämpötila nousi 2,3°C vasemman ja 2,6°C oikeaan pohjallisen kantapäämittauksen 1. ja 4. välillä.

Taulukko 6. Kantapäiden mittauspisteiden lämmön nousu ensimmäisen ja viimeisen mittausarjan välissä (n=8)

	Vasen kantapää °C	Oikea kantapää °C
Lämpömittaus 1	28,5	27,9
Lämpömittaus 4	30,8	30,5
Muutos	+ 2,3	+ 2,6

Molempien pohjallisten päkiän mittauspisteissä oli havaittavissa voimakasta alkuvaiheen lämmön nousua, jonka jälkeen nousu tasaantui. Lämpö oli jokaisessa mittausarjassa hieman korkeampi vasemman päkiän mittauspisteissä verrattuna pohjallisen oikean puolen päkiämittauspisteisiin. Kehitys on molemmissa päkiämittausryhmissä yhdensuuntainen ja lämpötila myös muuttuu mittauspisteissä jokaisella mittauskerralla. Puolten välinen ero on pieni, mutta systemaattinen. Nousu on lähes yhtä suurta oikean jalan pohjallisten mittauksissa kuin vasemman jalan pohjallisten mittauksissa. Päkiän mittauspisteiden lämpötila nousi 1,9 °C oikean jalan pohjallisen päkiämittauspisteissä ja 1,8 °C vasemman jalan pohjallisten mittauspisteissä mittauskertojen 1. ja 4. välillä.

Taulukko 7. Päkiöiden mittauspisteiden lämmön nousu ensimmäisen ja viimeisen mittaussarjan välissä (n=8)

	Vasen päkiä °C	Oikea päkiä °C
Lämpömittaus 1	28,0	27,6
Lämpömittaus 4	29,9	29,4
Muutos	+ 1,9	+ 1,8

Kantapäämittauksissa painemittaustulos nousee tasaisesti mittausten välillä. Vasemmalla kantapääpainemittaustuloksien nousu oli voimakkaampaa ja kuormittuminen kasvaa vasemman puolen kantapäämittauksissa 0,667 N/cm²*s. Oikean kantapään painemittaustulokset nousivat 1. ja 4. mittauksen välillä 0,349 N/cm²*s.

Taulukko 8. Kantapään mittauspisteiden painemittaustulosten kasvu ensimmäisen ja viimeisen mittaussarjan välissä (n=8)

	Vasen kantapää [N/cm ² *s]	Oikea kantapää [N/cm ² *s]
Painemittaus 1	4,213	4,109
Painemittaus 4	4,880	4,458
Muutos	+ 0,667	+ 0,349

Päkiäpainemittauksissa oli nähtävissä tasainen ja lineaarinen painemittaustuloksien nousu. Painemittaustulos oli oikean jalan päkiämittauksissa hieman vasenta korkeampi. Painemittaustulokset nousevat ensimmäisen ja viimeisen päkiäpainemittauksen välillä 0,301 N/cm²*s vasemmalla ja 0,396 N/cm²*s oikealla.

Taulukko 9. Päkiän mittauspisteiden painemittaustulosten kasvu ensimmäisen ja viimeisen mittauksen välissä (n=8)

	Vasen päkiä [N/cm ² *s]	Oikea päkiä [N/cm ² *s]
Mittaus 1	3,294	3,398
Mittaus 4	3,595	3,794
Muutos	+ 0,301	+ 0,396

5.4 Normaalijakauman testaaminen

Jakaumien tarkastelussa histogrammien muodot (Liite: 15–18) eivät noudattaneet täydellistä kellokäyrää. Kolmogorov-Smirnov -testissä kaikki muuttujat noudattivat normaalijakaumaa ($p > 0.05$). Shapiro-Wilk -testissä oikean kantapään painemittaustuloksissa jakauma poikkesi normaalijakaumasta tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0.05$) (Taulukko 10.), mutta muissa mittaussarjoissa tulokset olivat normaalisti jakautuneita. Laatikko-janakuvioiden Shapiro-Wilk -testin mittauspikkeamia pystyy havainnoimaan 1. ja 4. mittausten välillä ja koehenkilötasolla (Liite: 22–24). Q-Q -kuvaajien osalta (Liite: 19–20) havaittavissa on lievä kaartuminen kaikissa kuvaajissa sekä yksittäiset poikkeavat arvot (outliers).

Taulukko 10. Normaalijakauma poikkeavien painemittaustuloksien osalta (n=8)

Painemittauksien 1.–4. välinen muutos oikeassa kantapäässä	Kolmogorov-Smirnov ($p > 0,05$)	Shapiro-Wilk ($p < 0,05$)
Mittauskierron 1	0,058	0,017
Mittauskierron 2	0,054	0,003
Mittauskierron 3	0,077	0,003

Painemittauksien 1.–4. välinen muu- tos oikeassa kanta- päässä	Kolmogorov-Smirnov ($p > 0,05$)	Shapiro-Wilk ($p < 0,05$)
Mittauskierros 4	0,068	0,002

5.5 Vertailu

Lämpötila nousi molemmissa kantapäiden mittauspisteissä 1. ja 4. mittausten välisenä aikana, jolloin lämpötilamittaustuloksen muuttuminen on tilastollisesti merkitsevä, niin vasemman puolen ($t = 7.54$, $df = 7$, $p < 0.001$, 2-suuntainen, 95 % LV: [1.56, 2.99]), kuin oikeankin puolen pohjallisten kantapäämittauspisteissä ($t = 8.74$, $df = 7$, $p < 0.001$, 2-suuntainen, 95 % LV [1.90, 3.30]).

Painemittaustulos nousi molempien jalkojen kantapäämittauksissa 1. ja 4. mittausten välisenä aikana. Muutosta voidaan pitää tilastollisesti merkitseväenä vasemman jalan kantapääkuormittumisen osalta ($t = 3.90$, $df = 7$, $p = 0.006$, 2-suuntainen, 95 % LV [0.26, 1.07]), mutta oikean jalan kantapäämittauksissa painemittaustuloksen ($t = 2.33$, $df = 7$, $p = 0.053$, 2-suuntainen, 95 % LV [-0.01, 0.70]) muutos on niin vähäistä, ettei se ylitä tilastollisen merkitsevyyden rajaa.

Taulukko 11. T-testi kantapää ($p=0,050$)

	Vasen kantapää °C		Vasen kantapää [N/cm ² *s]		Oikea kantapää °C		Oikea kantapää [N/cm ² *s]	
t	7,54		3,90		8,74		2,33	
df	7		7		7		7	
sig. (two-sided)	<0,001		0,006		<0,001		0,053	
95 % CI	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper
	1,56	2,99	0,26	1,07	1,90	3,30	-0,01	0,70

Painepohjallisten mitattu lämpö nousi 1. ja 4. mittauskertojen välillä sekä vasemman jalan päkiöiden, että oikean jalan päkiöiden mittauspisteissä. Muutos oli tilastollisesti merkitsevä vasemman jalan painepohjallisen päkiän mittauspisteessä ($t = 5.5$, $df = 7$, $p < 0.001$, 2-suuntainen, 95 % LV [1.10, 2.78]), sekä oikean jalan pohjallisen päkiämittaustuspisteessä ($t = 4.8$, $df = 7$, $p = 0.002$, 2-suuntainen, 95 % LV [0.91, 2.69]).

Myös painemittaustulos nousi molempien jalkojen päkiöiden mittauksissa 1. ja 4. mittauskerran välillä. Muutos ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevä vasemman jalan päkiöiden painemittaustulosten osalta ($t = 1.9$, $df = 7$, $p = 0.104$, 2-suuntainen, 95 % LV: [-0.08, 0.68]). Oikean jalan päkiöiden painemittausten osalta muutos oli tilastollisesti merkitsevä ($t = 4.16$, $df = 7$, $p = 0.004$, 2-suuntainen, 95 % LV: [0.17, 0.62]).

Taulukko 12. T-testi päkiä ($p=0,050$)

	Vasen päkiä °C		Vasen päkiä [N/cm ² *s]		Oikea päkiä °C		Oikea päkiä [N/cm ² *s]	
t	5,49		1,87		4,77		4,16	
df	7		7		7		7	
sig. (two-sided)	<0,001		0,104		0,002		0,004	
95 % CI	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper
	1,10	2,76	-0,08	0,68	0,91	2,69	0,17	0,62

5.6 Tilastollinen riippuvuus

Kaikki hajontakuviot lämpö- ja painemittaustuloksista (Liite: 25–28) olivat hieman erilaisia. Silmämääräisesti voidaan sanoa, että kaikissa hajontakuvioissa mittaukset sijoittuivat asteikolla samalle mittausalueelle ja ne olivat voimakkuudeltaan ja suunnaltaan yleisesti samansuuntaisia. Selkeää funktionaalista suoraa ei silmämääräisesti ollut havaittavissa, mutta ei myöskään mitään Pearsonin korrelaatiokertoimen suorittamisen estäviä merkittäviä poikkeamia (outliers).

6 Pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää vaikuttaako kehosta siirtyvä lämpö Medilogic-painepohjallisilla tehtyjen painemittausten tuloksiin. Painepohjallisten pintalämpö nousi odotetusti ja loogisesti mittausjakson aikana 1,8–2,6 °C, liikelaboratorion huonelämpötilan ollessa testien ajan noin 22,0 °C molempina mittauspäivinä. Myös painemittausten tuloksissa oli pientä muutosta (noin 2–4 kPa), mutta tulos ei ollut yksiselitteisesti nouseva kaikissa mittauksissa.

Painemittaustulokset vaihtelivat myös hieman koehenkilöiden välillä. Osaltaan ilmiötä selittävät tavanomaiset ihmiskokeissa ilmenevät vaihtelut, mutta yksittäisten jalkapohjapainetta mittaavien pohjallisten välillä tiedetään myös olevan eroja (Koch ym. 2015). Tätä soveltavaa opinnäytetyönä tehtyä lämpömittaustutkimusta tarkastellessa on tärkeää korostaa, että suoritettut testit ovat luonteeltaan stressitestejä, eivätkä siten vastaa Medilogic-järjestelmän tavanmukaista käyttöä.

6.1 Tulosten tulkinta

Luotettava painemittaustulos saadaan jo kahdellatoista askelparilla Arts & Bus (2011). Tässä opinnäytetyössä jokainen painemittaus oli kestoltaan 40 sekuntia ja ne suoritettiin kävellen juoksumatolla vakionopeudella 4 km/h, jolloin askelpareja mittaukseen mahtui ainakin tuplamäärä eli arviolta noin 20–30 kappaletta. Muutos painemittaustuloksissa oli olemattoman pieni. Painemittaustulos nousi vain keskimäärin 0,1812 [N/cm²*s] eli alle 2 kPa mittauskierrosten 1. ja 2. välillä yleisesti käytetyn haitallisen jalkapohjapaineen kuormittumisen rajan ollessa 200–300 kPa (Fawzy ym 2014; Waaijman ym 2014; Owings ym 2009). Koko noin tunnin kestoisen mittausjakson aikana yksittäisen pohjallisparin painemittaustulos nousi keskimäärin 0,4283 [N/cm²*s] eli noin 4 kPa.

Taulukko 14. Paineen muutoksen keskiarvot 1. ja 2. mittauksen välillä kaikissa muuttujissa (n=8)

Paine [N/cm ² *s]	Min	Max	Mean
Vasen kantapää	-0,10	0,50	0,2187
Vasen päkiä	-0,06	0,42	0,2175
Oikea kantapää	0,01	0,38	0,1562
Oikea päkiä	-0,12	0,71	0,1325

Suoraan tämän opinnäytetyön tutkimuskysymyksiin vastaavaa vapaasti saatavilla olevaa tutkimusta ei Medilogic-järjestelmän painepohjallisten lämmönsiedosta suhteessa mittaustulosten tarkkuuteen tähän opinnäytetyöhön tehdyissä tietokantahauissa löydetty. Uusimmat Medilogic-painepohjallisilla tehdyt jalkapohjapaineeseen liittyvät tutkimukset sijoittuvat vuosiin 2016–2019 ja ne käsittelevät mittaustulosta tarkentavaa adaptiivista korjauslukua (Lidstone ym 2019), Medilogic-painepohjallisten sekä kahden muun jalkapohjapainetta mittaavaan järjestelmän vertailua (Price & Parker & Nester 2016) sekä Medilogic-painepohjallisten luotettavuutta pystysuuntaisen alustareaktiovoiman (Ground Reaction Force) mittaamisessa (Koch ym 2015). Näissä tutkimuksissa (Lidstone ym 2019; Price & Parker & Nester 2016; Koch ym 2015) on havaintoja erilaisista painesensorien virhelähteistä, mutta Medilogic-painepohjalliset on kaikissa todettu luotettaviksi.

Yksi syy sille, ettei jalkapohjapainetta mittaavia painepohjallisia koskevaa lämpötutkimusta juurikaan löydy, saattaa johtua siitä, että lämpöön liittyvät virhelähdeshavainnot ovat monesti painepohjallisilla tehtyjen tutkimusten toissijaisia havaintoja, eivätkä tutkimusten pääasiallinen tutkimuskohde. Esimerkiksi Kochin ja kumppanien tutkimuksessa (2015), Medilogic-järjestelmän voimamittausten tilastollinen luotettavuus oli erittäin korkea (ICC = 0.995), josta herää kysymys, voisiko olla niin, että painemittaustuloksien ollessa jo lähtökohtaisesti melko tarkkoja, ei painepohjallisille suoritettaville lämpöajautumisen mittaustutkimukselle olla nähty tarvetta. Kochin ja kumppanien (2015) tutkimuksessa havaittiin ulostulo signaaliin vaikuttavaa materiaalien kasaan painumista eli virumaa (time-dependent creeping) staattisissa mekaanisissa testeissä, joka kuitenkin poistui, kun painot pohjallisten päältä poistettiin (Koch ym 2015).

Painepohjallisille suoritetuista lämpömittauksista löydettiin vain yksi artikkeli. Tutkimuksessa Temperature and Measurement Changes over Time for F-Scan Sensors (Herbert-Copley ym 2013) mittauksia tehtiin laitevalmistaja Tekscan painepohjallisille ja saadut tulokset lämpö- ja voimamittauksista korreloivat vasemmalla $r = 0.71$ ($p < 0.01$) ja oikealla $r = 0.86$ ($p < 0.001$). Kun taas tässä opinnäytetyössä mitattujen lämpö- ja painemittaustulosten välillä ei korrelaatiota havaittu Medilogic-painepohjallisten vasemmassa kantapäässä $r = -0.033$ ($p = 0.038$), vasemmassa päkiässä $r = 0.079$ ($p = 0.852$), oikeassa kantapäässä $r = -0.304$ ($p = 0.464$), eikä oikeassa päkiässä $r = 0.019$ ($p = 0.965$). Oheisen vertailun osalta on kuitenkin huomioitava, että painepohjallisjärjestelmät ovat erilaiset, jonka vuoksi tulosten vertailuun on suhtauduttava suuntaa antavana. Lisäksi Herbert-Copleyn ja kumppanien testeissä (2013) mitattiin kokonaisvoimaa (total force) koko pohjallisen alueelta, kun taas Medilogic-järjestelmässä jalkapoh-

jan painetiedon saa pohjallisen päkiän- sekä kantapään alueesta erikseen. Painepohjallisen lämmön nousun osalta Herbert-Copleyn ja kumppanien asetelma oli myös hie- man erilainen verrattuna tässä opinnäytetyössä suoritettuihin mittauksiin. F-Scan-pohjallisten kohdalla toteutettiin 5–10 min lämmittelyaika, jonka ajan mittaavia laitteita tuli pitää yllä ennen varsinaisia painemittauksia, kun taas Medilogic-järjestelmässä ei painepohjallisten käyttö edellytä lämpötasapainoa kehon lämmön kanssa, vaan mittaukset voi suorittaa heti.

6.2 Yhteenveto tuloksista

Tässä opinnäytetyössä tehtyjen lämpö- ja painemittaustulosten tilastollisessa analyysissä oli nähtävissä, että Medilogic-painepohjallisista mitattu pintalämpö nousi lineaarisesti, kun niitä käytettiin pitkään yhtäjaksoisesti. Tulos oli tilastollisesti merkitsevä kaikkien lämpömittaustulosten osalta. Myös osassa painemittauksia oli nousua. Jalkapohjapainemittausten osalta tulos oli tilastollisesti merkitsevä puolessa mittauksista.

Vaikka asetelmassa saatiin viitteitä siitä, että joitakin yhteyksiä lämmön nousun ja painemittausten tulosten nousun välillä voisi olla, ei lämpö- ja painemittausten keskinäisen riippuvuuden vertailussa ainuttakaan korrelaatiota ilmennyt. Kaiken kaikkiaan suoritettujen lämpö- ja painemittausten tulosten tilastollisessa analyysissä ei voida sanoa olevan tilastollisesti merkitsevää yhteyttä.

Kliinisesti tässä opinnäytetyössä saatu tulos viittaa siihen, että Medilogic-järjestelmän painepohjalliset ovat vakaat ja niiden mittaustarkkuus on hyvä. Tulosta tarkastellessa tulee kuitenkin huomioida, että otanta ($n=8$) ei ole käytettyihin tilastotesteihin optimaalinen.

6.3 Eettisyys

Aineisto kerättiin painepohjallismittauksista ($n=8$), joiden ohella suoritettiin lämpömittaukset Medilogic-pohjallisille. Mittausprotokolla suunniteltiin, testattiin ja toteutettiin yhteistyössä työn tilaajan Metropolia liikelaboratorion kanssa. Medilogic-mittausten osalta menetelmä on liikelaboratoriossa vakioitu ja lämpömittaukset opinnäytetyöntekijä suoritti itse, jolloin mittausten luotettavuutta parannettiin kun pystyttiin varmistamaan, että mittaukset suoritettiin aina samoin ja mittausprotokollan mukaisesti. Kerätty aineisto analysoitiin tilastollisesti käyttäen tunnuslukuja, Kolmogorov-Smirnov- ja Shapiro-Wilk -testejä, riippuvien otosten t-testiä sekä Pearsonin korrelaatiokerrointa.

Kaikki opinnäytetyön tutkimuseettiset osa-alueet ovat opinnäytetyöohjauksen sekä työn tilaajan Metropolia Liikelaboratorion kanssa käyty läpi ja huolehdittu, että opinnäytetyöprosessissa noudatetaan hyvää tieteellistä käytäntöä (HTK) sekä ammattikorkeakouluille annettuja opinnäytetyön eettisiä suosituksia. Lähdekirjallisuuteen on viitattu soveltuvissa kohdin ja kaikki lähteet ovat myös listattuna lähdeluetteloon (Arene 2025).

Mittauksissa käytettiin Metropolia liikelaboratorion laitevalmistaja T&T Medilogic Medizintechnik GmbH:lta hankittua järjestelmää. Oppilaitoksen kautta varmistettiin, ettei laitevalmistajan lupia opinnäytetyönä toteutettaviin soveltaviin painepohjallisten lämpömittauksiin tarvita. Kaikessa toimimisessa läpi opinnäytetyöprosessin noudatettiin kunnioitusta laitevalmistajaa kohtaan sekä varmistettiin, ettei laitevalmistajalle aiheuteta minkäänlaista haittaa Medilogic-järjestelmän painepohjallisia tutkittaessa.

Ainut kerätty henkilötieto opinnäytetyössä oli mittauksiin osallistuneiden koehenkilöiden sukupuoli, jolloin henkilörekiä ei syntynyt, eikä myöskään tutkimuslupaa tarvittu. Syntyneelle tutkimusaineistolle on tehty aineistonhallintasuunnitelma ja sen noudattamisesta vastaa opinnäytetyön tekijä. Kaikille mittauksiin osallistuneille järjestettiin suullinen tiedotus ja tarjottiin kirjallinen tiedote (Liite: 1–4).

Tutkimuskysymysten sanallista muotoilua tarkennettiin työn aikana, mutta ydinkysymys; vaikuttaako kehosta siirtyvä lämpö painepohjallisen tuottamiin mittaustuloksiin, pysyi samana koko työn ajan. Tietoperustaa ja omaa osaamista kerrytettiin läpi opinnäytetyöprosessin ja opinnäytetyön tuottaminen edellytti tilastotieteen lisäopintoja. Oppilaitoksen kautta saatua ohjausta hyödynnettiin paljon ja erityisesti mittausten suunnittelussa ja toteuttamisessa sekä tulosten raportoinnissa ohjaus oli työn tuottamisen kannalta välttämätöntä.

6.4 Reflektointi

Kun valitaan monialainen opinnäytetyön aihe, oikoteitä ei ole. Prosessi on pitkä ja on hyväksyttävä se, että tietoperustan omaksuminen sekä ensimmäisen itse kerätyn aineiston käsitteleminen vievät aikaa. Koska tämän opinnäytetyön aihe saatiin tilauksena oppilaitoksen liikelaboratoriolta, tehtävän työstäminen oli osittain käännteistä mallintamista ja sen päättelystä mitä osaamista työn toteuttaminen edellyttää. Opinnäytetyön tekemisessä korostui monelle tutkimukselliselle työlle tyypillinen prosessimainen jatkuva tutkimuskysymysten, tietoperustan ja tuotetun mittaussaineiston uudelleenreflektointi sekä kerrostuva rakentuminen. Alussa oli pohdintaa siitä, mitä kaikkea olisi mie-

lenkiintoista vertailla, mutta lopullinen tilastollinen analyysi muodostui sen kautta mil-laista vertailua kerätyllä aineistolla oli mahdollista toteuttaa. Loppuvaiheessa työtä, oman tilasto-osaamisen kartuttua, mielenkiinto kohdistui erityisesti tilastollisen päätök-senteon menetelmiin, joita ei alkuvaiheessa opinnäytetyöprosessia vielä osannut ottaa huomioon. Nyt työn valmistuessa on nähtävissä, että otoskokoa olisi ollut hyvä testata (Holopainen & Pulkkinen 2002: 148–155), joka olisi myös mahdollistanut hypoteesin testaamisen (Holopainen & Pulkkinen 2002: 156–158) sisällyttämisen työhön. Esimer-kiksi 30–50 koehenkilön otoskoolla tilastollisten testien valikoima olisi ollut laajempi ja mukaan suoritettaviin testeihin olisi voitu sisällyttää muun muassa varianssianalyysi ANOVA.

Tässä opinnäytetyössä koehenkilöille ei suoritettu alkukartoituksia, kävelyn havainnoi-tia taikka tehty terveystarkastuksia ennen mittauksia. Osaltaan tästä johtuen aineiston tilas-toanalyysissä havaitut poikkeamat (outliers) olivat ennalta odottamattomia, aiheuttivat lisää työtä sekä vaikuttivat saatuihin tuloksiin, kuten aineiston normaalijakautuneisuu-teen. Tämän tyyppiset poikkeamat ovat kuitenkin aineistotyyppillisiä eivätkä estäneet ti-lastollisia testejä. Ilmiön olemassaolo on kuitenkin hyvä tiedostaa ja ottaa huomioon ti-lastoanalyysiä suunniteltaessa, jotta mitataan varmuudella sitä, mitä on ollut tarkoitus-kin mitata (Holopainen & Pulkkinen 2002: 14).

Tilastoihin perustuva päätöksenteko edellyttää oikeita menetelmiä ja myös oikein teh-tyjä johtopäätöksiä (Holopainen & Pulkkinen 2002: 7). Kirjassa *Epidemiologia ja biosta-tistiikka* (2014b) Uhari ja Nieminen nostavat esiin kliinisen näkökulman. Tilastomaail-massa tällä tarkoitetaan sitä, että korkea tilastollinen merkitsevyys ei automaattisesti tarkoita kliinisesti merkitsevää tulosta. On tiedettävä miten tuloksia tulkitaan ja milloin tuloksia voidaan hyödyntää - tällöin pienikin tilastollinen työ voi tuoda tarkasti esiin sel-laista mikä muutoin voisi hukkuu massamittauksiin.

Jalkaterapia-alalle tutkittua tietoa haluttaisiin lisää. Tutkittua tietoa sote-aloilla tarvitaan erityisesti hoitosuosittelun ja päätöksenteon tueksi. Ratkaisuna tähän, korkeakoulujen määrällisiä opinnäytetöitä voitaisiin mahdollisesti hyödyntää enemmän. Oppilastyönä tuotetulla soveltavalla tutkimuksella on mahdollista tuottaa esimerkiksi kartoitettavaa tie-toa tai tehdä pohjatyötä laajempien jatkotutkimusten perustaksi. Määrällisten menetel-mien hallinta kehittää myös opiskelijoiden asiantuntijuutta sekä akateemista lukutaitoa. Erityisesti sote-alojen opiskelijoiden olisikin hyvä huomioida omia opintoja suunnitel-lessa, että julkisentalouden päätöksenteko perustuu suurelta osin määrällisillä menetel-millä tuotetulle tiedolle ja opiskeluaikana kannattaa hyödyntää sitä osaamista, jota op-pilaitoksilla on tähän tarjota.

Jatkotyönä tässä opinnäytetyössä tehtyjä mittauksia voisi suorittaa isommalla otannalla ja tarkentaa mitä uutta työelämähyötyä voitaisiin samalla tuottaa. Sähkötekniikan opinnäytetyönä puolestaan olisi mahdollista suorittaa laboratoriotasoista sensoritestausta.

Lähteet

Ahonen, Jarmo & Sandström, Marita & Laukkanen, Raija & Haapalainen, Jouni & Immonen, Seppo & Jansson, Laura & Fogelholm, Mikael 1998. Alaraajojen rakenne, toiminta ja kävelykoulu. Lahti: VK-Kustannus. 70–72.

Akkreditointi 2026. Finnish Accreditation Service, Finas. <https://tukes.fi/documents/5470659/6409837/Lakisääteisen+metrologian+käsikirja/267085a5-9507-4ddb-89df-ad9a775f7404?version=1.2>

Arens, Edward A. & Xhang, Hui 2006: 560-602. The skin's role in human thermoregulation and comfort. Center for the Built Environment. <https://www.sciencedirect.com/science/chapter/edited-volume/abs/pii/B9781845690571500168?via%3Dihub>

Arts, M. L. J. & Bus, S. A. 2011. Twelve steps per foot are recommended for valid and reliable in-shoe plantar pressure data in neuropathic diabetic patients wearing custom made footwear. Clinical Biomechanics. Oct. 2011. Vol 26. 880–884. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2011.05.001>

Bassett, David R. Jr & Rowlands, Alex & Trost, Stewart G. 2012. Calibration and Validation of Wearable Monitors. Medicine & Science in Sports & Exercise 2012 Jan. 32–38. https://journals.lww.com/acsm-msse/fulltext/2012/01001/calibration_and_validation_of_wearable_monitors.5.aspx

Bus, Sicco A. & Maas, Mario & de Lange, Anthony & Michels, Robert P.J. & Levi, Marcel 2004. Elevated plantar pressure in neuropathic diabetic patients with claw/hammer toe deformity. Journal of Biomechanics 38 (2005) 1918–1915. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2004.07.034>

Cavanagh, Peter R. & Bus, Sicco A. 2010. Off-loading the diabetic foot for ulcer prevention and healing. Journal of the American Podiatric Medical Association Vol 100: Issue 5: 360-8. <https://doi.org/10.7547/1000360>

Cheng, Yuemeng & Wang, Kan & Xu, Hao & Li, Tangan & Jin, Qinghui & Cui, Daxiang 2021. Recent developments in sensors for wearable device applications. Analytical and Bioanalytical Chemistry. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00216-021-03602-2>

Diabetekseen liittyvät jalkaongelmat. Käypä hoito -suositus 24.03.2021. Suomalainen Lääkäriseura Duodecim 2025. <https://www.kaypahoito.fi/hoi50079#s6>

Elintarvikealan toiminnassa käytettävät lämpömittarit – ohje toimijoille ja valvojille. Elintarvikevirasto 1.10.2021. <https://www.ruokavirasto.fi/yritykset/oppaat/lampomittarirohje/elintarvikealan-toiminnassa-kaytettavat-lampomittarit--ohje-toimijoille-ja-valvojille/>

Englund, Teija & Katomaa, Johanna & Kouvalainen, Tii & Lauronen, Sirkka-Liisa & Raitio, Niina 29.2.2024 Lämmönsäätely. Oppikirjassa: Anestesiakäsikirja. Duodecim 2025. <https://www.oppiportti.fi/oppikirjat/aop00229?q=lämmönsäätely>

Fawzy, Olfat A. & Arafa, Asmaa I. & El Wakeel, Mervat A. & Abdul Kareem, Shaimaa H. 2014. Plantar pressure as a risk assessment tool for diabetic foot ulceration in egyptian patients with diabetes. Clinical edicine Insights: Endocrinology and Diabetes Vol 7. 2014. <https://journals.sagepub.com/doi/10.4137/CMED.S17088>

Finnish Accreditation Service, FINAS. Jäljitettävyyys. Päivitetty: 16.8.2023 <https://www.finas.fi/akkreditointi/jaljitettavyys/Sivut/default.aspx>

Gassmann, Eugen 2014. Pressure-Sensor Fundamentals: Interpreting Accuracy and Error. American Institute of Chemical Engineers (AIChE) 6/2014. <https://publications.aiche.org/system/files/cep/2014/6/Pressure-Sensors-Fundamentals--Interpreting-Accuracy-and-Error/files/20140637.pdf>

Hatakka, Jukka & Saari, Heikki & Sirviö, Jarmo & Viiri, Jouni & Yrjänäinen, Sari 2011. Physica, Lämpö 4. painos. Helsinki: SanomaPro 2014. 42–63, 112–155.

Herbert-Copley, Andrew G. & Sinitski, Emily H. & Lemaire, Edward D. & Baddour, Natalie 2013. Temperature and Measurement Changes over Time for F-Scan Sensors. <https://doi.org/10.1109/MeMeA.2013.6549749>

Hiltunen, Erkki & Linko, Linnéa & Hägg, Margareta & Järvenpää, Eila & Saarinen, Pertti & Simonen, Seppo & Kärhä Petri 2011. Laadukkaan mittaamisen perusteet. Espoo: Mittatekniikan keskus, MIKES 2011. <https://publications.vtt.fi/pdf/MIKES/2011-J4.pdf>

Hodge, Margaret C. & Bach, Timothy M. & Carter, George M. 1999. Orthotic management of plantar pressure and pain in rheumathoid arthritis. Clinical Biomechanics 14 (1999) 567–575. [https://www.clinbiomech.com/article/S0268-0033\(99\)00034-0/abstract](https://www.clinbiomech.com/article/S0268-0033(99)00034-0/abstract)

Holopainen, Martti & Pulkkinen, Pekka 2002. Tilastolliset menetelmät. Helsinki: Werner Söderström Osakeyhtiö. 1. painos. 7, 14, 44–96, 148–155, 156–158

Holopainen, Martti & Tenhunen, Lauri & Vuorinen, Pertti 2004. Tutkimusaineiston analysointi ja SPSS. Hamina: Oy Kotkankirjapaino Ab 2004. 14–19, 175.

Järvinen, Jaana & Eerola, Susanna & Kaukonen, Milla 2008. Metrologiasta lyhyesti. 4. painos. Espoo: Mittatekniikan keskus MIKES. <https://kemianseurat.fi/finntesting/wp-content/uploads/2019/06/Metrologiasta-lyhyesti.pdf>

Kaakinen, Markus & Ellonen, Noora. Regressiomallin arviointi. Uudistettu versio Mikko Mattilan (2003) artikkelista Regressioanalyysi). Kvantitatiivisen tutkimuksen verkkokäsikirja. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto 2026. <https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/>

Kauranen, Kari & Nurkka, Niina 2010. Biomekaniikkaa liikunnan ja terveydenhuollon ammattilaisille. Tampere: Tammerprint 2010.

Keijsers, N.L.W. & Stolwijk, N. M. & Louwerens, J. W. K. & Duysens, J 2013. Classification of forefoot pain based on plantar pressure measurements. *Clinical Biomechanics* 28 (2013): 350-356. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2013.01.012>

Koch, Markus & Lunde, Lars Christian & Ernst, Michael & Knardahl, Stein & Veiersted, Kaj Bo 2015. Validity and reliability of pressure measurement insoles for vertical ground reaction force assessment in field situations. *Applied Ergonomics* 53, 03/2016: 44–51. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2015.08.011>

KvantiMOTV – SPSS-oppimisympäristö: Hypoteesin testaus. Päivitetty: 8.4.2014. <https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/hypoteesi/harjoitus1.html>

Laserliner® ThermoSpot Pro Datasheet 2025. https://www.laser-liner.co.uk/wp-content/uploads/2013/02/ThermoSpot_Pro_GB.pdf

Laserliner® ThermoSpot Pro Manual 2025. https://www.laser-liner.co.uk/wp-content/uploads/2014/03/ThermoSpot_Pro.pdf

Liu, Mian & Wang, Zhiwu & Jiang, Pingping & Yan, Guozheng 2024. Temperature Compensation Method for Piezoresistive Pressure Sensors Based on Gated Recurrent Unit. *Sensors* 2024, 24, 5394. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11359372/>

Löyttyniemi, Eliisa 2015. Tilastollinen päättely ja tilastolliset testit -diat. Duodecim Tutkijaportti 2026. https://www.tutkijaportti.fi/wp-content/uploads/sites/17/2021/05/4Tilastolliset-testit_06022015_osa1.pdf

McGrath, Michael J. & Ní Scanaill, Clíodhna 2013. *Sensor Technologies - Healthcare, Wellness and Environmental Applications*. Apress Berkeley, CA. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4302-6014-1>

Metropolia tiedotteet 26.11.2025: Uudesta Gemini 3 Pro -tekoälymallista nyt ainakin on hyötyä opiskelijalle. <https://opiskelijan.metropolia.fi/fi/uutiset/uudesta-gemini-3-pro-tekoalymallista-nyt-ainakin-hyotya-opiskelijalle>

Morris, Alan S. & Langari, Reza 2011. *Measurement and Instrumentation - Theory and Application*. 1st edition. Elsevier Science and Technology 2011. <https://ebookcentral.proquest.com/lib/metropolia-ebooks/reader.action?docID=4731588&c=RVBVQg&ppg=1>

Owings, T.M. & Apelqvist, J. & Stenstöm, A. & Becker, M. & Bus, S.A. & Kalpen, A. & Ulbrecht, J.S. & Cavanagh, P.R. 2009. Plantar pressure in diabetic patients with foot ulcers which have remained healed. *Diabetic Medicine* Vol 26 1141–1146. <https://doi.org/10.1111/j.1464-5491.2009.02835.x>

Razak, Abdul Hadi Abdul & Zayegh, Aladin & Begg, Rezaul K. & Wahab, Yufdrin 2012. Foot Plantar Pressure Measurement System: A Review. *Sensors* 12, 2012: 9884–9912. <https://doi.org/10.3390/s120709884>

Rintamäki, Hannu & Leppäluoto, Juhani & Palinkas, Lawrence A. 2005. Ihmisen kylmävasteet ja toimintakyky. Lääketieteellinen Aikakauskirja Duodecim. Teema: Kylmä ja terveys. <https://www.duodecimlehti.fi/duo94810>

Salmi, Marko 20.10.2025. Luontaisen immuunijärjestelmän toiminta ihossa. Oppikirjassa: Ihotaudit. Duodecim 2026. Oppiportti. <https://www.oppiportti.fi/oppikirjat/iht00007>

Silvasti-Lundell, Marja 2020. Lämmönsäätely anestesiassa. Oppikirjassa: Anestesiologia ja tehohoito. Duodecim 2025. Oppiportti. <https://www.oppiportti.fi/oppikirjat/ajt00957?q=termoregulaatio>

Simonen, Seppo & Hemminki, Sari & Valkeapää, Tuomo 2009. Lakisääteinen metrologian käsikirja. Helsingissä maaliskuussa 2009: Turvatekniikan keskus, Tukes. <https://tukes.fi/documents/5470659/6409837/Lakisääteisen+metrologian+käsikirja/267085a5-9507-4ddb-89df-ad9a775f7404?version=1.2>

Suvanto, Kari 2022. Tekniikan fysiikka 1. 9. painos Keuruu: Otavan kirjapaino Oy. 400–509.

Taanila, Aki 2019. Datan esittäminen ja kuvailu. Verkkosivustolla: Tilastoapu 2026. <https://taanila.fi/kuvailu.pdf>

Taanila, Aki 2013. Onko ryhmien välinen ero tilastollisesti merkittävä? Verkkosivustolla: Tilastoapu 2026. <https://tilastoapu.wordpress.com/2012/04/14/onko-ryhmien-valinen-ero-tilastollisesti-merkitseva/>

Taanila, Aki 2020a. SPSS: Explore. Verkkosivustolla: Tilastoapu 2026. <https://tilastoapu.wordpress.com/2012/04/28/spss-explore/>

Taanila, Aki 2020b. SPSS: Kahden riippuvan otoksen vertailu. Verkkosivustolla: Tilastoapu 2026. <https://tilastoapu.wordpress.com/2012/04/27/spss-kahden-riippuvan-otoksen-vertailu/>

Taanila, Aki 2020c. SPSS: Kahden riippumattoman otoksen vertailu. Verkkosivustolla: Tilastoapu 2026. <https://tilastoapu.wordpress.com/2012/04/25/spss-kahden-riippumattoman-otoksen-vertailu/>

Taanila, Aki 2020. Tilastollinen päättely. <https://taanila.fi/paattely.pdf>

Talvitie, Teemu & Kauppi, Markku Jalkaterveyden seurannan ja hoidon periaatteet reumasairauksissa 21.6.2023. Oppikirjassa: Jalkaterveys. Duodecim Oppiportti 2026. <https://www.oppiportti.fi/oppikirjat/jtr00038>

Tenten-Diepenmaat, Marloes & Dekker, Joost & Steenbergen, Menno & Huybrechts, Elleke & Roorda, Leo D. & van Schaardenbug, Dirkjan & Bus, Sicco A. & van der Lee-den, Marike 2015. In-shoe plantar pressure measurements for the evaluation and adaptation of foot orthoses in patients with reumathoid arthritis: A proof of concept study. Gait and Posture 03/2016: 45–50. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2015.12.039>

Testo 925 Manual 2025. <https://www.sensorcell.fi/WebRoot/vil-kasfi02/Shops/2016080104/63D5/13E2/BB3B/4F8E/A1D5/0A28/1011/0788/testo-925-esite-eng.pdf>

Tilastokunto 2020a. Kahden jatkuvan muuttujan vertaaminen. Päivitetty: 22.6.2020. <https://www.tilastokunto.fi/kahden-jatkuvan-muuttujan-vertaaminen/>

T&T medilogic Medizintechnik GmbH. Medilogic Manual 2012_03

T&T medilogic Medizintechnik GmbH 2025. Medilogic Manual 2025_01

T&T medilogic Medizintechnik GmbH 2025. Medilogic Manual 2025_09. https://medilogic.com/wp-content/uploads/2025/09/EN_users_manual_medilogic_pressure_measurement.pdf

Uhari, Matti & Nieminen, Pentti 2014a. Tilastotieteen rajat. Oppikirjassa: Epidemiologia ja biostatistiikka. Duodecim Oppiportti 2026. <https://www.oppoportti.fi/oppikirjat/ejb00104>

Uhari, Matti & Nieminen, Pentti 2014b. Epidemiologia, tilastotiede ja lääketieteellinen tutkimus. Oppikirjassa: Epidemiologia ja biostatistiikka. Duodecim Oppiportti 2026. <https://www.oppoportti.fi/oppikirjat/ejb00100>

Vilka, Hanna 2025. Tutki ja kehitä. 6. Uudistettu painos. Jyväskylä: Santalahti-kustannus.

Vuorijärvi, A. 2025. Näytä että käytät 2/2: Esimerkkejä opiskelu- ja asiantuntijatekstien tekoälymerkinnöistä. Julkaistu 17.4.2025. Metrospektiivi Pro. <https://urn.fi/urn:nbn:fi:muas-issn-2984-4134-79>

Waaijman, Roelof & de Haart, Mirjam & Arts, Mark L J & Wever, Daniel & Verlouw, Anke J W E & Nollet, Frans & Bus, Sicco A 2014. Risk factors for plantar foot ulcer recurrence in neuropathic diabetic patients 2014. Diabetes Care 2014;37(6): 1697–1705. <https://doi.org/10.2337/dc13-2470>

Weckström, Thua 2005. Lämpötilan mittaus. 2. korjattu painos. Helsinki: Centre of Metrology and Accreditation (MIKES). 9–11, 49 <https://publications.vtt.fi/pdf/MIKES/2005-J4.pdf>

Young, Hugh D. & Freedman, Roger A. 2018. Sears and Zemansky's University Physics with Modern Physics Technology Update: Pearsons New International Edition. 15. painos. Pearsons Education 2018. https://www.andrew.cmu.edu/user/bbji/Desktop/University%20Physics%20with%20Modern%20Physics%2015th%20Edition%20By%20Hugh%20D.%20Young_compressed.pdf

Yuan, Chao & Wang, Zhaoyang & Liu, Dongduan & Tang, Chengxu & Li, Qiao 2025. Dynamic thermal drift compensation for piezoresistive sensors based on thermal impedance analysis and improved Harris hawks optimization. Measurement vol 256 12/2025. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0263224125015866>

Liitteet



TUTKIMUSTIEDOTE 1(2)

Medilogic -pintalämpötilatutkimus syksy 2025

METROPOLIA LIIKELABORATORIO
Opinnäytetyöt

26.8.2025

TUTKIMUSTIEDOTE

Tutkimuskutsu

Teitä pyydetään osallistumaan tutkimukseen, jossa tutkitaan kehon tuottaman lämmön vaikutusta mittaustuloksiin Medilogic-järjestelmällä.

Tutkimukseen osallistuminen on täysin vapaaehtoista ja voitte keskeyttää tutkimuksen milloin hyvänsä, eikä syytä tarvitse ilmoittaa. Mikäli keskeytätte tutkimuksen, suostumuksen peruuttamiseen mennessä kerättyjä tietoja voidaan käyttää osana tutkimusaineistoa. Myös tutkimuksen järjestäjät pidättävät oikeuden keskeyttää tutkimus milloin hyvänsä.

Juoksumatolla on käytettävissä turvavaljaat ja tutkittavat ovat Metropolian vakuutuksen piirissä tutkimuksen ajan.

Ennen tutkimusta on infotilaisuus, jossa on mahdollista esittää kysymyksiä.

Tutkimuksen tarkoitus

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää vaikuttaako kehon tuottama lämpö mittaustuloksiin Medilogic-järjestelmässä. Tutkimuksen tuloksia voidaan hyödyntää lisätutkimusten perusteena ja tarvittaessa tulosten perusteella päivitetään oppilaitoksen liikelaboratorion ohjeistusta Medilogic-järjestelmän käyttöön. Tutkimuksesta tehdään myös opinnäytetyö Metropolia Ammattikorkeakoulun jalkaterapian tutkinto-ohjelman (AMK) SXD22S2 syyslukukaudella 2025 ja työ julkaistaan Theseuksessa.

Tutkimuksen toteutus

Tutkimuksen osa I järjestetään 27.8.2026 Metropolia Ammattikorkeakoulun Myllypuron kampuksen liikelaboratoriossa kello 12:00 – 15:30.

Yhden henkilön osalta tutkimus kestää noin tunnin, jonka aikana tutkimukseen osallistuva kävelee juoksumatolla 4 kertaa 10 min välein noin minuutin verran kerrallaan Medilogic-pohjallisilla varustetuilla jalkineilla. Kävelyn jälkeen Medilogic-pohjallisista suoritetaan lämpötilamittaukset ja jalkineet pohjallisineen puetaan takaisin päälle odotusajaksi. Tutkimuksessa käytetään liikelaboratorion standardijuoksukenkä ja -sukia.

Tutkimukseen osallistuminen on anonyymia, eikä tutkimuksessa kerätä henkilö- taikka terveystietoja.



2(2)

26.8.2025

Yhteystiedot

Opinnäytetyön tekijä

Jalkaterapeuttipiskelija
Heli Alhainen
Jalkaterapian tutkinto-ohjelma SXD22S2
[REDACTED]
Heli.Alhainen@metropolia.fi

Opinnäytetyön ohjaajat

Lehtori
Matti Kantola
Kuntoutuksen tiimi
Matti.Kantola@metropolia.fi

Lehtori
Elina Wasenius
Kuntoutuksen tiimi
Elina.Wasenius@metropolia.fi

Yliopettaja
Kaarina Pirilä
MPH-tiimi
Kaarina.Pirila@metropolia.fi

Liikelaboratorio / Työelämäohjaaja

Lehtori
Tom Thiel
Kuntoutuksen tiimi
Tom.Thiel@metropolia.fi



TUTKIMUSTIEDOTE 1(2)

Medilogic -pintalämpötilatutkimus syksy 2025

METROPOLIA LIIKELABORATORIO
Opinnäytetyöt

29.8.2025

TUTKIMUSTIEDOTE

Tutkimuskutsu

Teitä pyydetään osallistumaan tutkimukseen, jossa tutkitaan kehon tuottaman lämmön vaikutusta mittaustuloksiin Medilogic-järjestelmällä.

Tutkimukseen osallistuminen on täysin vapaaehtoista ja voitte keskeyttää tutkimuksen milloin hyvänsä, eikä syytä tarvitse ilmoittaa. Mikäli keskeytätte tutkimuksen, suostumuksen peruuttamiseen mennessä keräytyjä tietoja voidaan käyttää osana tutkimusaineistoa. Myös tutkimuksen järjestäjät pidättävät oikeuden keskeyttää tutkimus milloin hyvänsä.

Juoksumatolla on käytettävissä turvaaljaat ja tutkittavat ovat Metropolian vakuutuksen piirissä tutkimuksen ajan.

Ennen tutkimusta on infotilaisuus, jossa on mahdollista esittää kysymyksiä.

Tutkimuksen tarkoitus

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää vaikuttaako kehon tuottama lämpö mittaustuloksiin Medilogic-järjestelmässä. Tutkimuksen tuloksia voidaan hyödyntää lisätutkimusten perusteena ja tarvittaessa tulosten perusteella päivitetään oppilaitoksen liikelaboratorion ohjeistusta Medilogic-järjestelmän käyttöön. Tutkimuksesta tehdään myös opinnäytetyö Metropolia Ammattikorkeakoulun jalkaterapian tutkinto-ohjelman (AMK) SXD22S2 syyslukukaudella 2025 ja työ julkaistaan Theseuksessa.

Tutkimuksen toteutus

Tutkimuksen osa II järjestetään 29.8.2026 Metropolia Ammattikorkeakoulun Myllypuron kampuksen liikelaboratoriossa kello 09:00 – 11:30.


Yhden henkilön osalta tutkimus kestää noin 40 min, jonka aikana tutkimukseen osallistuva kävelee juoksumatolla 4 kertaa 10 min välein noin minuutin verran kerrallaan Medilogic-pohjallisilla varustetuilla jalkineilla. Kävelyn jälkeen suoritetaan lämpötilamittaukset pohjallisista ja jalkineet pohjallisineen puetaan takaisin päälle odotusajaksi. Tutkimuksessa käytetään liikelaboratorion standardijuoksukenkiä ja -sukkia.

Tutkimukseen osallistuminen on anonymia, eikä tutkimuksessa kerätä muita henkilö- tai terveystietoja kuin osallistujan sukupuoli.

29.8.2025

Yhteystiedot

Opinnäytetyön tekijä

Jalkaterapeuttipiskelija
Heli Alhainen
Jalkaterapian tutkinto-ohjelma SXD22S2

Heli.Alhainen@metropolia.fi

Opinnäytetyön ohjaajat

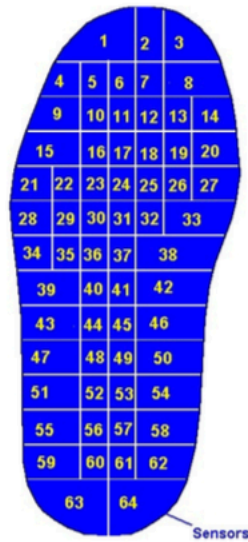
Lehtori
Matti Kantola
Kuntoutuksen tiimi
Matti.Kantola@metropolia.fi

Lehtori
Elina Wasenius
Kuntoutuksen tiimi
Elina.Wasenius@metropolia.fi

Yliopettaja
Kaarina Pirilä
MPH-tiimi
Kaarina.Pirila@metropolia.fi

Liikelaboratorio / Työelämäohjaaja

Lehtori
Tom Thiel
Kuntoutuksen tiimi
Tom.Thiel@metropolia.fi



MEDILOGIC-OPINNÄYTETYÖ SYKSY 2025

Liikelaboratoriotutkimuksessa kerätään tietoa jalkapohjapainetta mittaavien Medilogic-pohjallisten pintalämpötilan kehityksestä tunnin kävelytestissä.

Heli Alhainen

Jalkaterapian tutkinto-ohjelma
SXD22S2

PINTALÄMPÖTILAMITTAUS

MEDILOGIC TESTIPÄIVÄ I



MITTAUSLOMAKE
Medilogic-järjestelmän pintalämpötilan kehitys

Testipäivä I

LÄMPÖTILAMITTAUKSET # 00001

	OIKEA		VASEN	
	KANTAPÄÄ	PÄKIÄ (1. MTP)	KANTAPÄÄ	PÄKIÄ (1. MTP)
LÄHTÖTILANNE				
2. MITTAUS				
3. MITTAUS				
4. MITTAUS				
5. MITTAUS				

Päivämäärä: _____ / 2025

Sukupuoli: _____

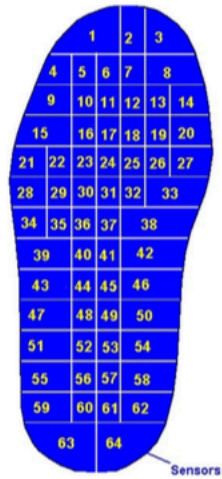
Medilogic-pohjallisen koko: _____

Mittauksen aloitus (klo.) _____

Mittauksen lopetus (klo.) _____

Mittauksen kesto (min.) _____

Mittauksen onnistuminen Kyllä Ei



PINTALÄMPÖTILAMITTAUS

MEDILOGIC TESTIPÄIVÄ II

MEDILOGIC-OPINNÄYTETYÖ SYKSY 2025

Liikelaboratoriotutkimuksessa kerätään tietoa jalkapohjapainetta mittaavien Medilogic-pohjallisten pintalämpötilan kehityksestä tunnin kävelytestissä.

Heli Alhainen

Jalkaterapian tutkinto-ohjelma
SXD22S2



MITTAUSLOMAKE
Medilogic-järjestelmän pintalämpötilan kehitys

Testipäivä II

LÄMPÖTILAMITTAUKSET # 00008

	OIKEA		VASEN	
	KANTAPÄÄ	PÄKIÄ (1. MTP)	KANTAPÄÄ	PÄKIÄ (1. MTP)
LÄHTÖTILANNE				
2. MITTAUS				
3. MITTAUS				
4. MITTAUS				
5. MITTAUS				

Päivämäärä: _____ / 2025

Sukupuoli: _____

Medilogic-pohjallisen koko: _____

Mittauksen aloitus (klo.) _____

Mittauksen lopetus (klo.) _____

Mittauksen kesto (min.) _____

Mittauksen onnistuminen Kyllä Ei

Asiakas

Heli Alhainen

Mittauslaite:
Mittauslaitteen kuvaus:
Sarjanumero:

Laserliner Thermo Spot Pro
IR-lämpömittari
11W31

Referenssilaitteisto

Kalibrointilaitte:
Kalibrointilaitteen sarjanumero:
Mittauslaite:
Mittauslaitteen sarjanumero:
Mittausanturi:
Mittausanturin sarjanumero:
Mittauslaitteen ja -anturin DAkkS-kalibrointitodistus:

testo Thermator lämpöhaude
1610162
testo 735-2 tarkkuuslämpömittari
60669275
testo Pt100-tarkkuusanturi
03073119
T278469 / 09.10.2025

Ympäristöolosuhteet

Lämpötila 20,9 °C
Ilmankosteus 43,9 %RH
Ilmanpaine 1011,5 hPa

Mittausmenetelmä

Mittaukset on suoritettu $\epsilon=1.00$ lämpöhauteessa vertaamalla kalibroitavan laitteen näyttämää referenssilaitteen näyttämään.

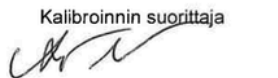
Mittaustulokset

Mittaussuure	Yksikkö	Referenssiarvo	Mitattu arvo	Poikkeama
lämpötila, IR	°C	30.065	30.4	0.3
lämpötila, IR	°C	37.062	37.8	0.7
lämpötila, IR	°C	44.069	46.0	1.9

Merkintöjä / huomiotavaa

Kalibroinnin suorittaja

Päivämäärä 04.11.2025


Antti Uotinen
insinööri (AMK)

Asiakas Metropolia ammattikorkeakoulu
Liikelaboratorio

Mittauslaite: Laserliner Thermo Spot Pro
Mittauslaitteen kuvaus: IR-lämpömittari
Sarjanumero: 11W31

Referenssilaitteisto

Kalibrointilaitte: testo Thermoator lämpöhaude
Kalibrointilaitteen sarjanumero: 1610162
Mittauslaite: testo 735-2 tarkkuuslämpömittari
Mittauslaitteen sarjanumero: 60669275
Mittausanturi: testo Pt100-tarkkuusanturi
Mittausanturin sarjanumero: 03073119
Mittauslaitteen ja -anturin DAkkS-kalibrointitodistus: T278469 / 09.10.2025

Ympäristöolosuhteet

Lämpötila 20,9 °C
Ilmankosteus 43,9 %RH
Ilmanpaine 1011,5 hPa

Mittausmenetelmä

Mittaukset on suoritettu $\epsilon=1.00$ lämpöhauteessa vertaamalla kalibroitavan laitteen näyttämää referenssilaitteen näyttämään.

Mittaustulokset

Mittaussuure	Yksikkö	Referenssiarvo	Mitattu arvo	Poikkeama
lämpötila, IR	°C	30.065	30.4	0.3
lämpötila, IR	°C	37.062	37.8	0.7
lämpötila, IR	°C	44.069	46.0	1.9

Merkintöjä / huomioitavaa

Kalibroinnin suorittaja

Päivämäärä 04.11.2025



Antti Uotinen
insinööri (AMK)

Kalibrier- und Prüflabor für elektrische, mechanische, dimensionelle, thermodynamische, analytische und Durchfluss-Messgrößen
Calibration and testing laboratory for electrical, mechanical, dimensional, thermodynamic, analytical and flow measurement quantities



Kalibrierschein / Calibration Certificate



erstellt durch das Kalibrierlaboratorium
issued by the calibration laboratory

Testo Industrial Services GmbH
Gewerbstraße 3
79199 Kirchzarten

Kalibrierzeichen
Calibration mark

T278469
D-K-15070-01-00
2025-10

Gegenstand <i>Object</i>	testo 735-2 Speicher/USB	Precision immersion probe	Dieser Kalibrierschein dokumentiert die metrologische Rückführbarkeit auf das Internationale Einheitensystem (SI). Die DAkkS ist Unterzeichner der multilateralen Übereinkommen der European co-operation for Accreditation (EA) und der International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) zur gegenseitigen Anerkennung der Kalibrierscheine. Die Messergebnisse beziehen sich nur auf den kalibrierten Gegenstand. Das Laboratorium gibt keine Empfehlung über das Kalibrierintervall. Für die Festlegung und Einhaltung von Fristen zur Wiederholung der Kalibrierung ist der Benutzer verantwortlich. <i>This calibration certificate documents the metrological traceability to the International System of Units (SI). The DAkkS is signatory to the multilateral agreements of the European co-operation for Accreditation (EA) and of the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) for the mutual recognition of calibration certificates. The measurement results refer only to the calibration object. The laboratory does not make any recommendation about the calibration interval. The user is obliged to have the object recalibrated at appropriate intervals.</i>
Hersteller <i>Manufacturer</i>	TESTO SE & Co. KGaA	TESTO SE & Co. KGaA	
Typ <i>Type</i>	0560 7352	0614 0235	
Fabrikat/Serien Nr. <i>Serial number</i>	60669275	03073119	
Equipment Nr. <i>Equipment number</i>	12691878	12691880	
Prüfmittel Nr. <i>Test equipment no.</i>	---	---	
Auftraggeber <i>Customer</i>	Sensorcell Oy Konalantie 43 A FI-00390 Helsinki		
Auftragsnummer <i>Order No.</i>	13383266 / 0520 0231		
Datum der Kalibrierung <i>Date of calibration</i>		09.10.2025	
Datum der Rekalibrierung <i>Date of re-calibration</i>		09.10.2026	
Konformitätsaussage <i>Statement of conformity</i>		Pass	
Weitere Informationen auf Seite 4 <i>Further information see page 4</i>			

Dieser Kalibrierschein darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen der Genehmigung des ausstellenden Kalibrierlaboratoriums.
This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission of the issuing laboratory.

Datum <i>Date</i>	Leiter des Kalibrierlaboratoriums <i>Head of the calibration laboratory</i>	Freigabe des Kalibrierscheins durch <i>Approval of the certificate of calibration by</i>
10.10.2025	 Dr. Christian Sander	 Tamar Tsiklauri

Testo Industrial Services GmbH

Gewerbstraße 3
79199 Kirchzarten

Tel +49 7661 90901-8000
Fax ---

www.testotis.de
info@testotis.de 1/4

T278469

D-K-
15070-01-00

2025-10

Kalibrierschein vom Calibration certificate dated 10.10.2025

Kalibriergegenstand Calibration object

Gegenstand Object	testo 735-2 Speicher/USB	Precision immersion probe
Inventar Nr. Inventory no.	---	---
Standort Location	---	---

Kalibrierverfahren Calibration procedure

Die Kalibrierung wurde nach der DKD-R 5-1:2018 Kalibrierung von Widerstandsthermometern durchgeführt. Der Kalibriergegenstand und das Referenzthermometer waren während der Kalibrierung in die Messeinrichtung eingetaucht. Nach Ablauf einer dem Kalibriergegenstand angemessenen Angleichszeit wurden 10 Messungen im Abstand von jeweils 30 Sekunden durchgeführt. Der Messwert des Kalibriergegenstandes wurde aus dem Mittelwert dieser 10 Messungen bestimmt. The calibration was performed according to DKD-R 5-1:2018 Calibration of resistance thermometers. The calibration object and the reference thermometer were immersed in the measuring device during calibration. After an adjustment time appropriate to the calibration object had elapsed, 10 measurements were carried out at intervals of 30 seconds each. The measured value of the calibration object was determined from the mean value of these 10 measurements.

Messaufbau Measuring Setup

Die Eintauchtiefe betrug [mm]: 250
The immersion depth was [mm]:

Umgebungsbedingungen Ambient conditions

Alle Messungen wurden im temperierten Labor durchgeführt.
All of the measurement were carried out in a tempered laboratory.

Temperatur Temperature (20...26) °C Feuchte Humidity (20...70)% rF % RH

Messeinrichtungen Measuring equipment

Referenz Reference	Rückführung Traceability	Rekal. Next cal.	Zertifikat-Nr. Certificate-no.	Eq.-Nr. Eq.-no.
Pt 100 Widerstandsthermometer Pt 100 resistance thermometer	D-K-15070-01-00 2025-03	2026-03	T261769	15776134
Pt 100 Widerstandsthermometer Pt 100 resistance thermometer	D-K-15070-01-00 2024-10	2025-10	T250491	15034284
Pt 100 Widerstandsthermometer Pt 100 resistance thermometer	D-K-15070-01-00 2025-01	2026-01	T256718	13727207
Pt 100 Widerstandsthermometer Pt 100 resistance thermometer	D-K-15070-01-00 2025-05	2026-05	T268221	13169907

Referenzzertifikate sind auf www.primasonline.com abrufbar Reference certificates are available at www.primasonline.com



Testo Industrial Services GmbH

Gewerbestraße 3
79199 KirchzartenTel +49 7661 90901-8000
Fax ---www.testolis.de
info@testolis.de 2/4

T278469

D-K-
15070-01-00

2025-10

Kalibrierschein vom Calibration certificate dated 10.10.2025

Messergebnisse *Measuring results*

Kanal Channel ---

Bezugswert Reference value	Messwert KG Measured value UUT	Abweichung Deviation	Zulässige Abweichung Allowed deviation	Messunsicher- heit Measuring uncer- tainty (k = 2)	Bewertung Confirmation
°C	°C	°C	°C	°C	
-19,964	-20,0252	-0,061	±0,1110	0,020	pass
0,012	-0,0319	-0,044	±0,0510	0,020	pass
59,851	59,8387	-0,013	±0,0510	0,020	pass
149,963	149,9485	-0,015	±0,1260	0,030	pass

Messunsicherheit *Measurement uncertainty*

Angegeben ist die erweiterte Messunsicherheit, die sich aus der Standardmessunsicherheit durch Multiplikation mit dem Erweiterungsfaktor $k = 2$ ergibt. Sie wurde gemäß EA-4/02 M: 2022 ermittelt. Der Wert der Messgröße liegt mit einer Wahrscheinlichkeit von etwa 95 % im zugeordneten Werteintervall. Ein Anteil für die Langzeit-Instabilität ist nicht enthalten.

The expanded uncertainty of measurement corresponding to the measurement results is stated as the standard uncertainty of measurement multiplied by the coverage factor $k = 2$. This was determined in accordance with EA-4/02 M: 2022. Usually the true value is located within the corresponding interval with a probability of approximately 95%. A ratio for the long-term instability is not included.

Bemerkungen *Remarks*



T278469
D-K- 15070-01-00
2025-10

Kalibrierschein vom Calibration certificate dated 10.10.2025

Konformitätsaussage *Conformity statement*

Alle Messergebnisse liegen innerhalb der zulässigen Abweichung.
All measurement results are within the allowed deviation.

Die Konformitätsaussage erfolgt gemäß der Entscheidungsregel "Vertrauensniveau 50" mit einer Konformitätswahrscheinlichkeit größer 50%
The conformity statement is made in accordance with the decision rule "Confidence level 50" with a conformity probability greater than 50%.

Zulässige Abweichung gemäß Hersteller.
Allowed deviation in accordance with manufacturer.

Die Einhaltung der zulässigen Abweichung wird im Kalibrierzertifikat wie folgt angezeigt:
The compliance to allowed deviation is represented on the calibration certificate as follows:

Messwert und Messunsicherheit innerhalb der zulässigen Abweichung. Measured value and measurement uncertainty inside the allowed deviation.	pass	◆
Messwert innerhalb und Messunsicherheit teilweise außerhalb der zulässigen Abweichung. Measured value inside and measurement uncertainty partly outside the allowed deviation.	pass	◆
Messwert außerhalb und Messunsicherheit teilweise innerhalb der zulässigen Abweichung. Measured value outside and measurement uncertainty partly inside the allowed deviation.	fail	◆
Messwert und Messunsicherheit außerhalb der zulässigen Abweichung. Measured value and measurement uncertainty outside the allowed deviation.	fail	◆

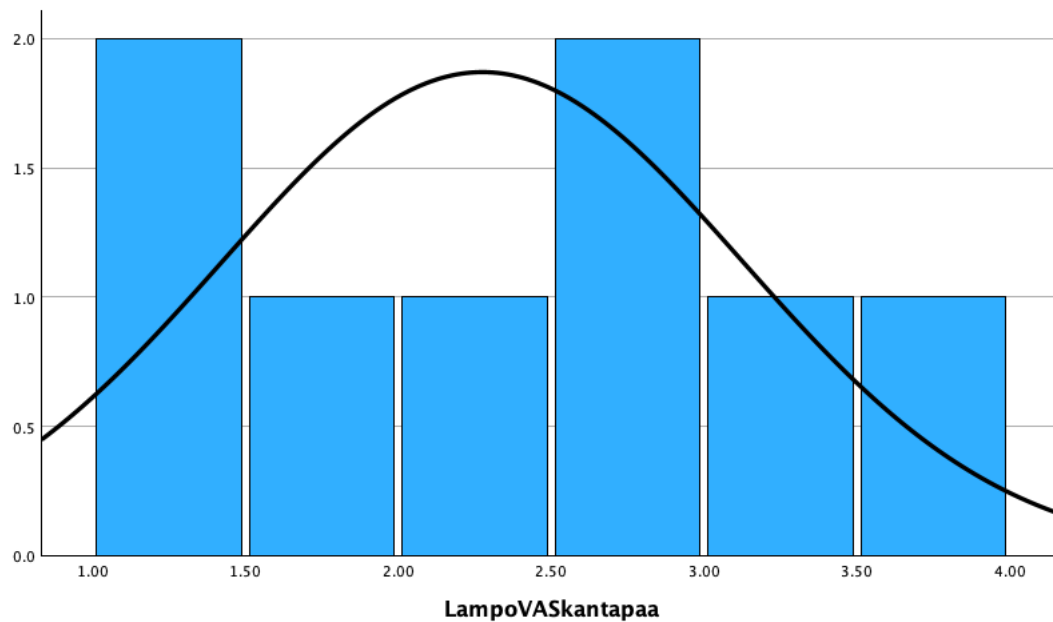
The German original text is valid in case of doubt.

- Ende des Kalibrierscheins -
- End of the calibration certificate -

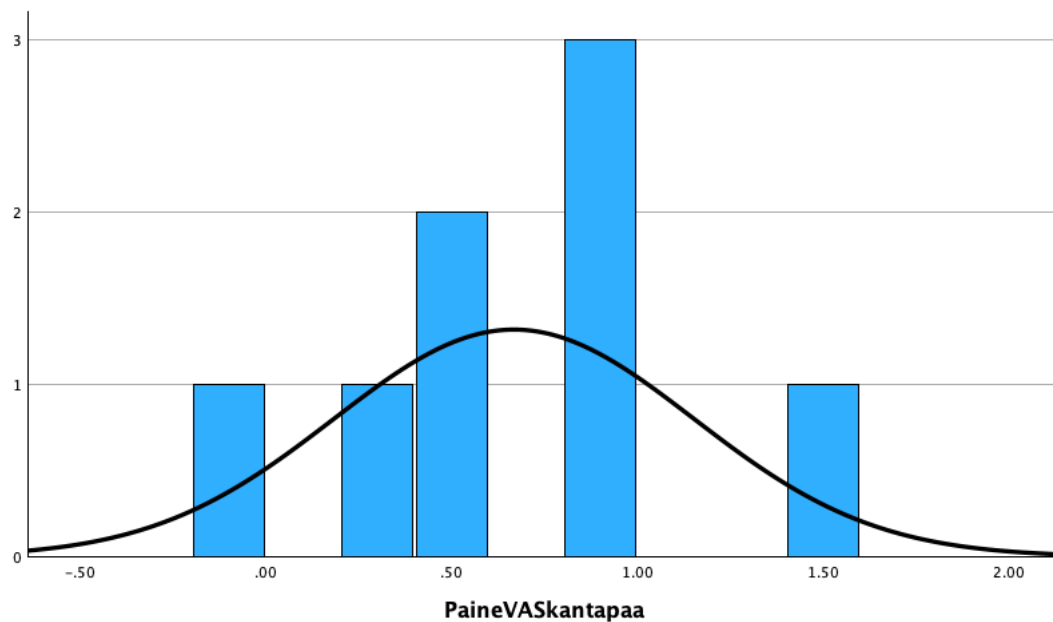


LIITTEET: Luku 5.1

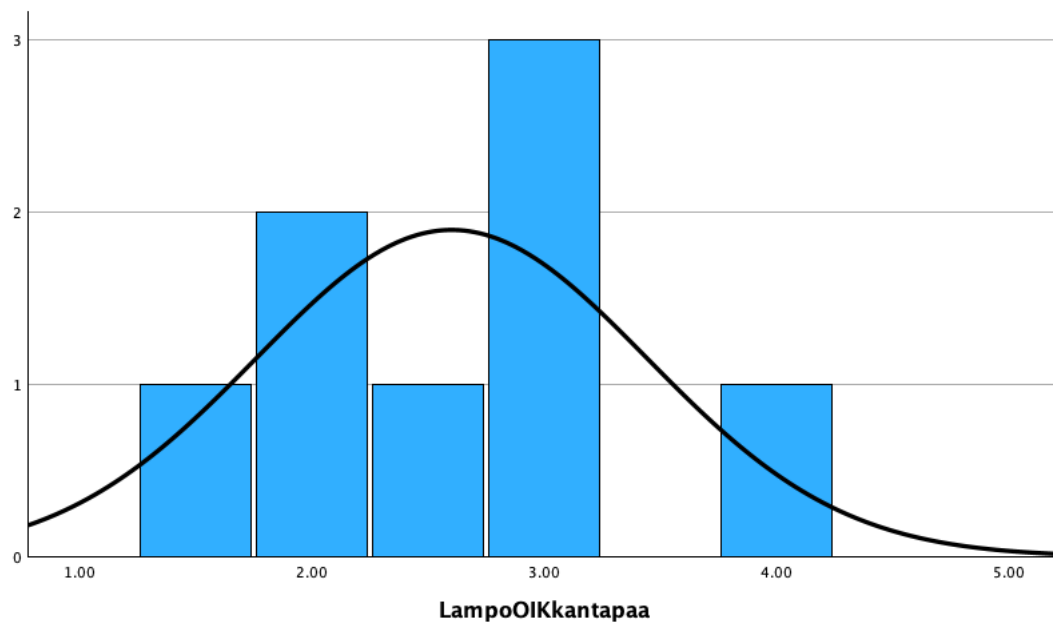
Kuva 5. Lämmön muutos 1. ja 4. mittausten välillä histogrammi



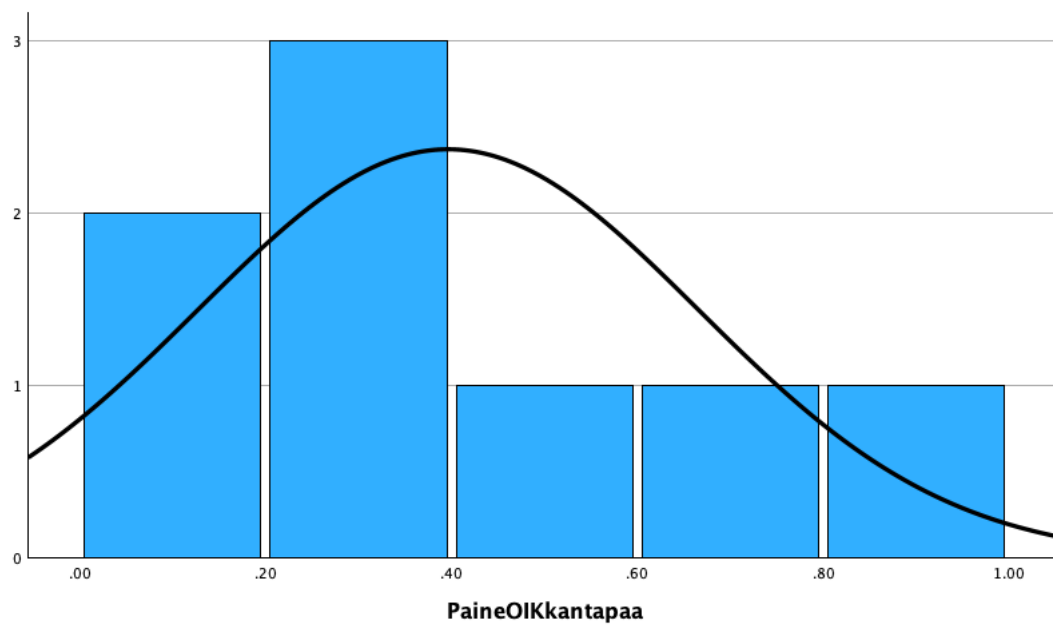
Kuva 6. Kuormittumisen muutos 1. ja 4. mittausten välillä histogrammi



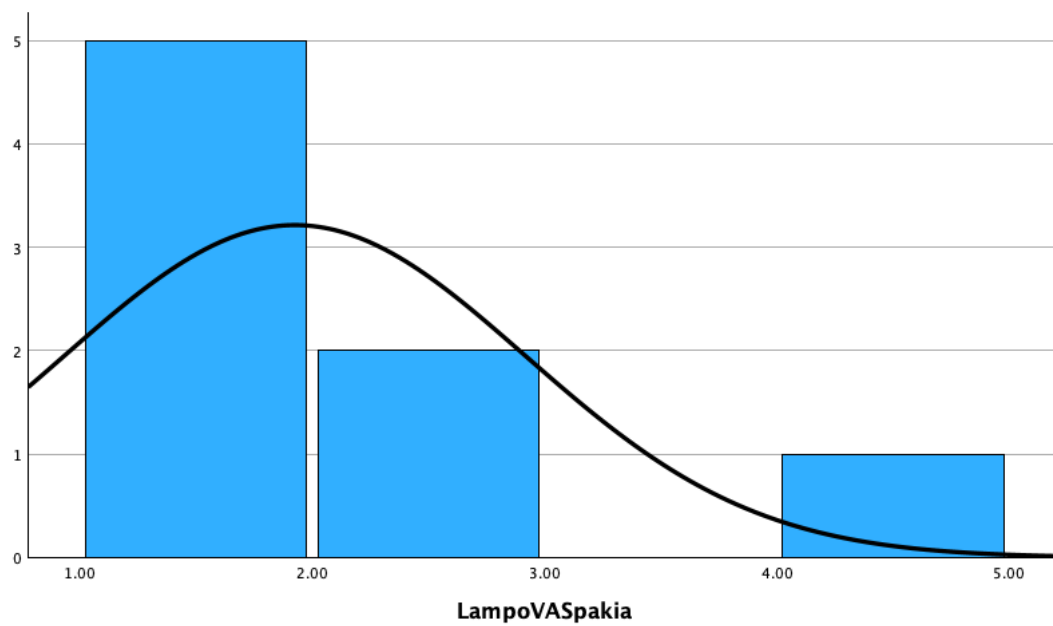
Kuva 7. Lämmön muutos 1. ja 4. mittausten välillä histogrammi



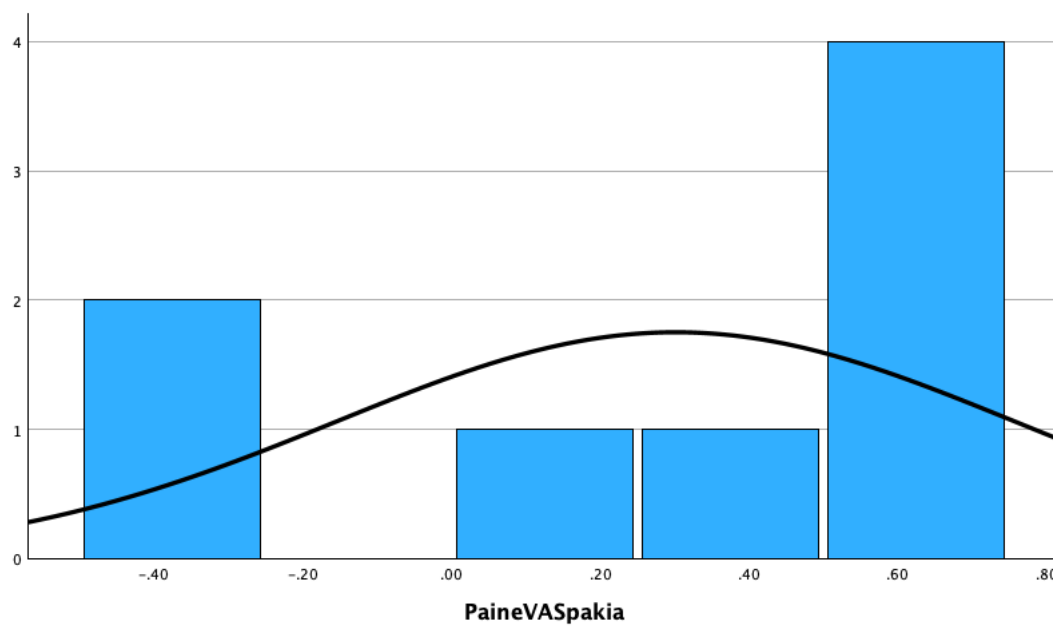
Kuva 8. Kuormittumisen muutos 1. ja 4. mittausten välillä histogrammi



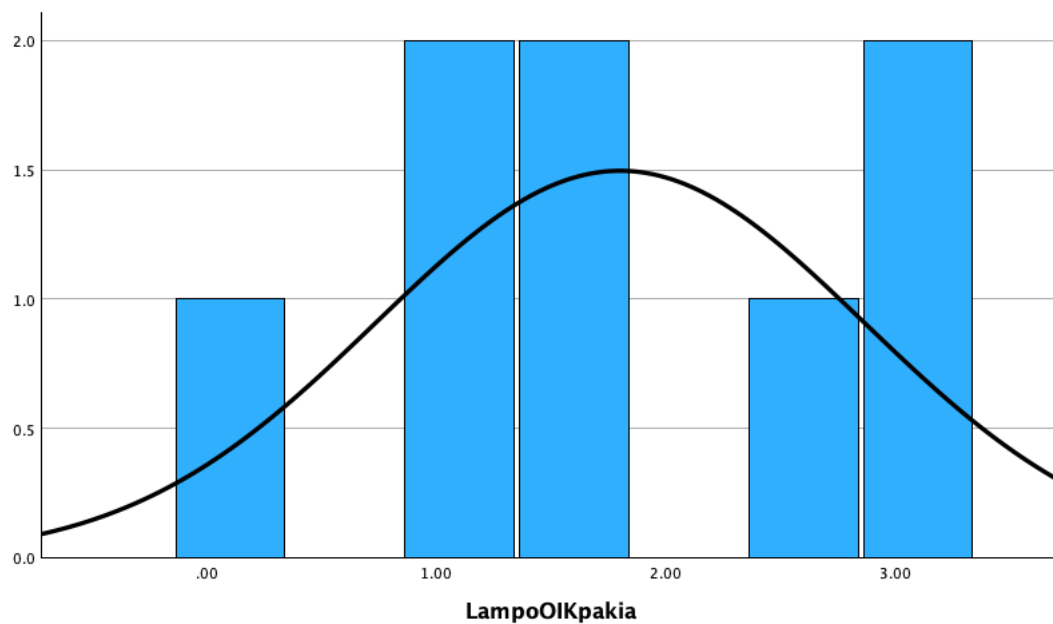
Kuva 9. Lämmön muutos 1. ja 4. mittausten välillä histogrammi



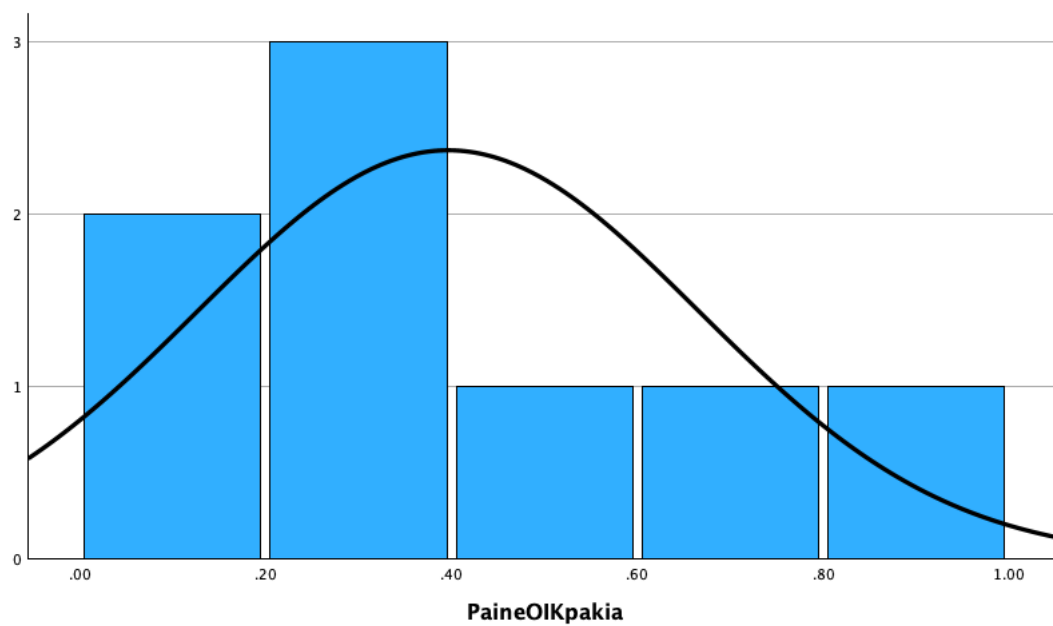
Kuva 10. Kuormittumisen muutos 1. ja 4. mittausten välillä histogrammi



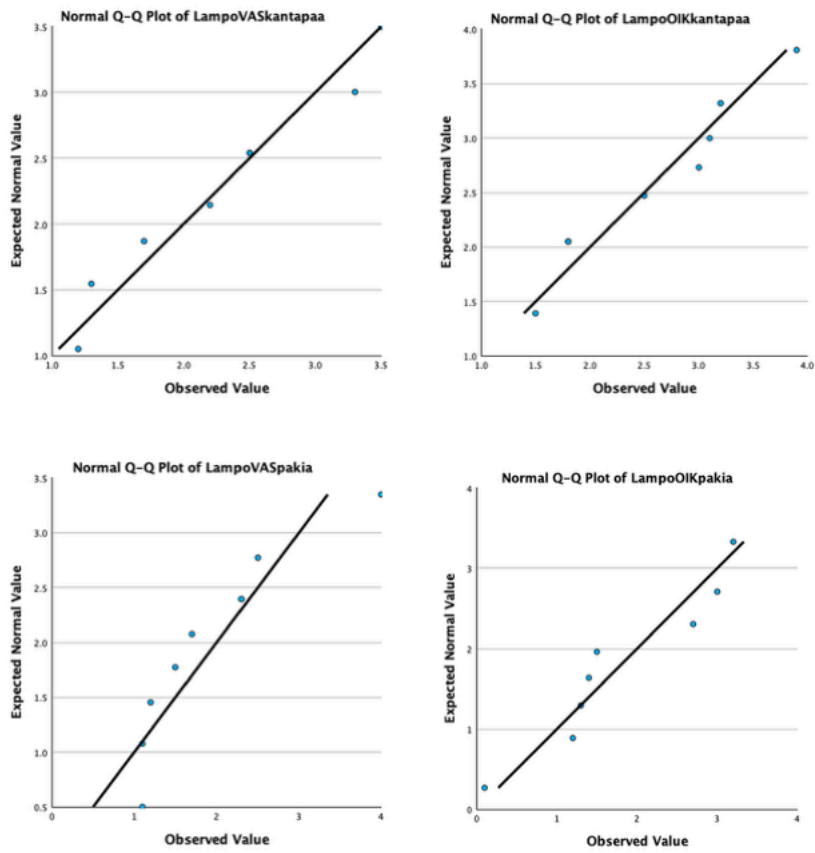
Kuva 11. Lämmön muutos 1. ja 4. mittausten välillä histogrammi



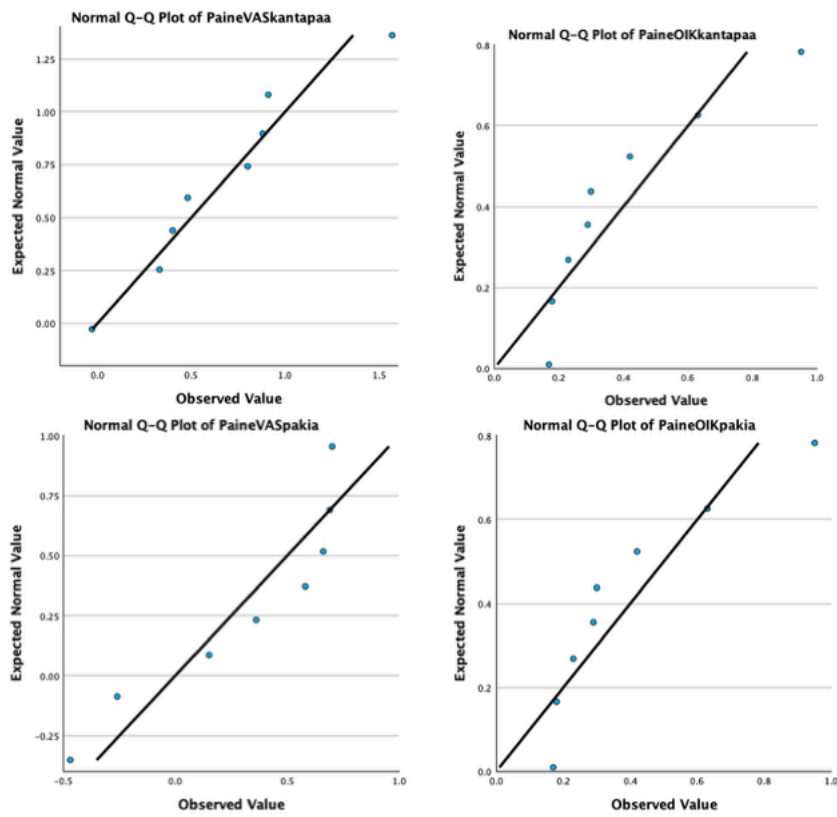
Kuva 12. Kuormittumisen muutos 1. ja 4. mittausten välillä histogrammi



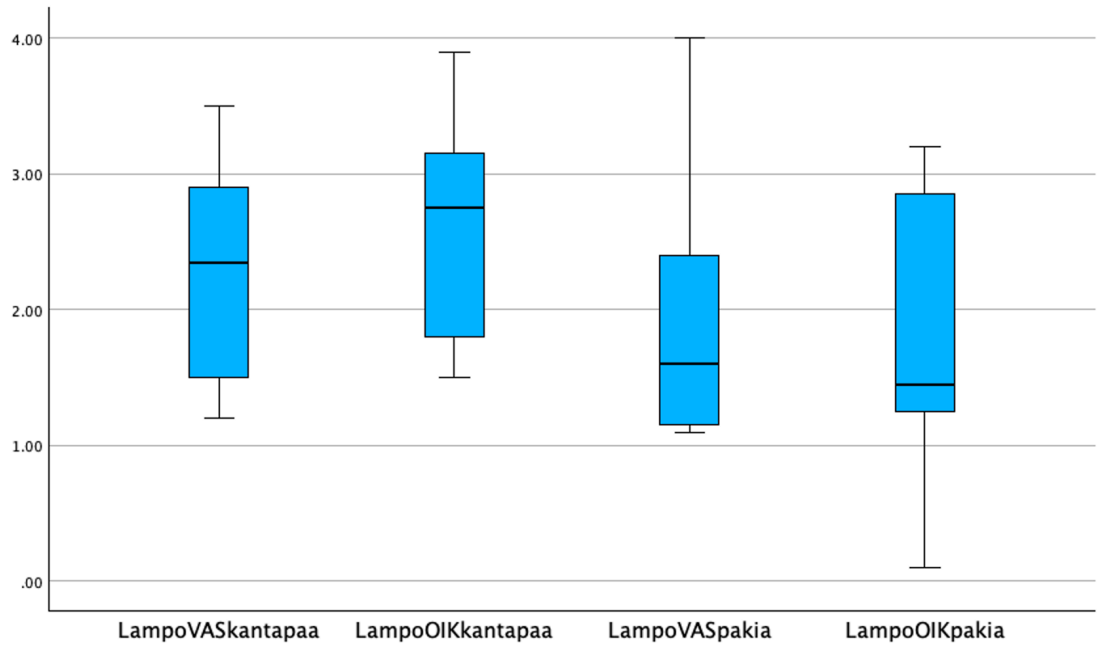
Kuva 13. Q-Q -kuvaajat lämpömittaustulosten muuttumisesta 1. ja 4. mittausten välillä



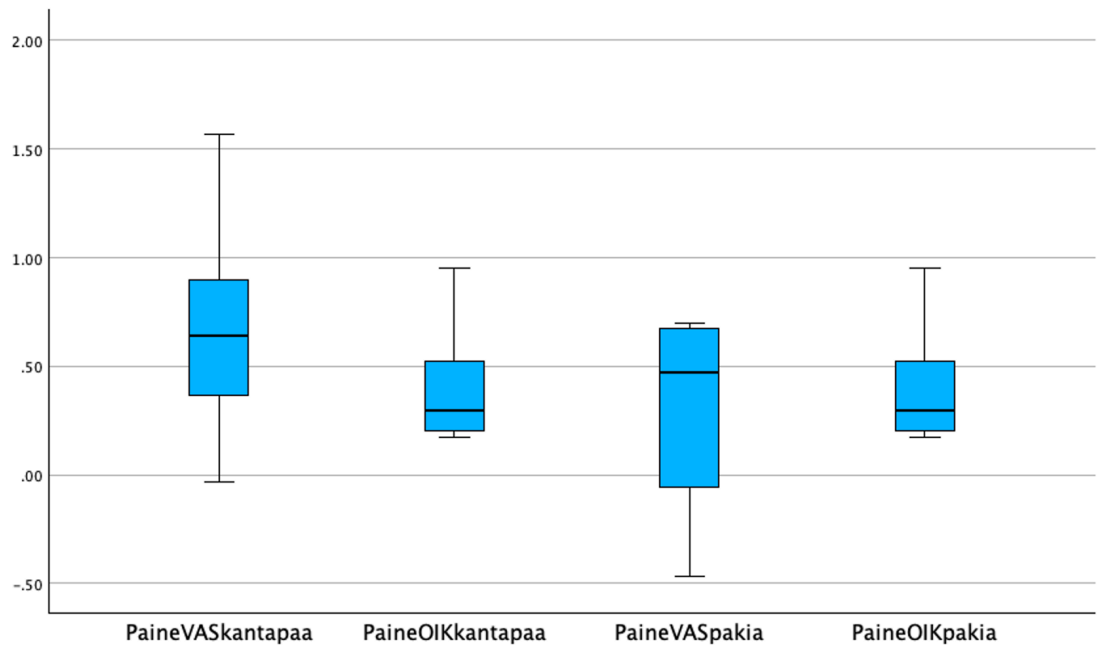
Kuva 14. Q-Q -kuvaajat painemittaustulosten muuttumisesta 1. ja 4. mittausten välillä



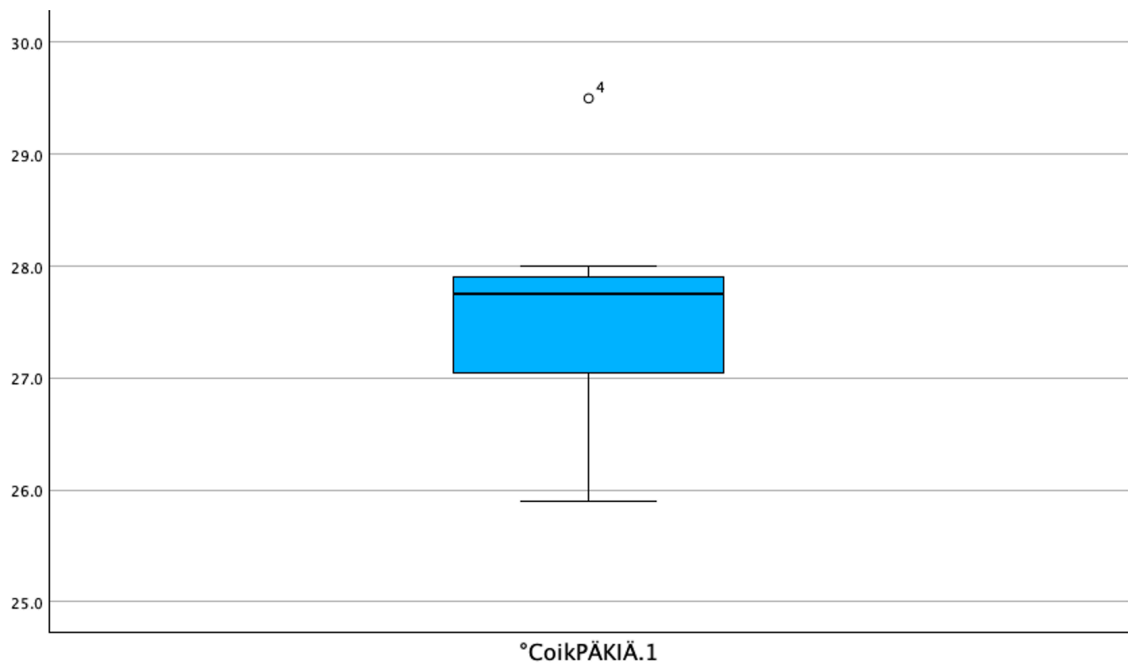
Kuva 15. Lämmön muutos 1. ja 4. mittausten välillä Boxplot-kuvaaja



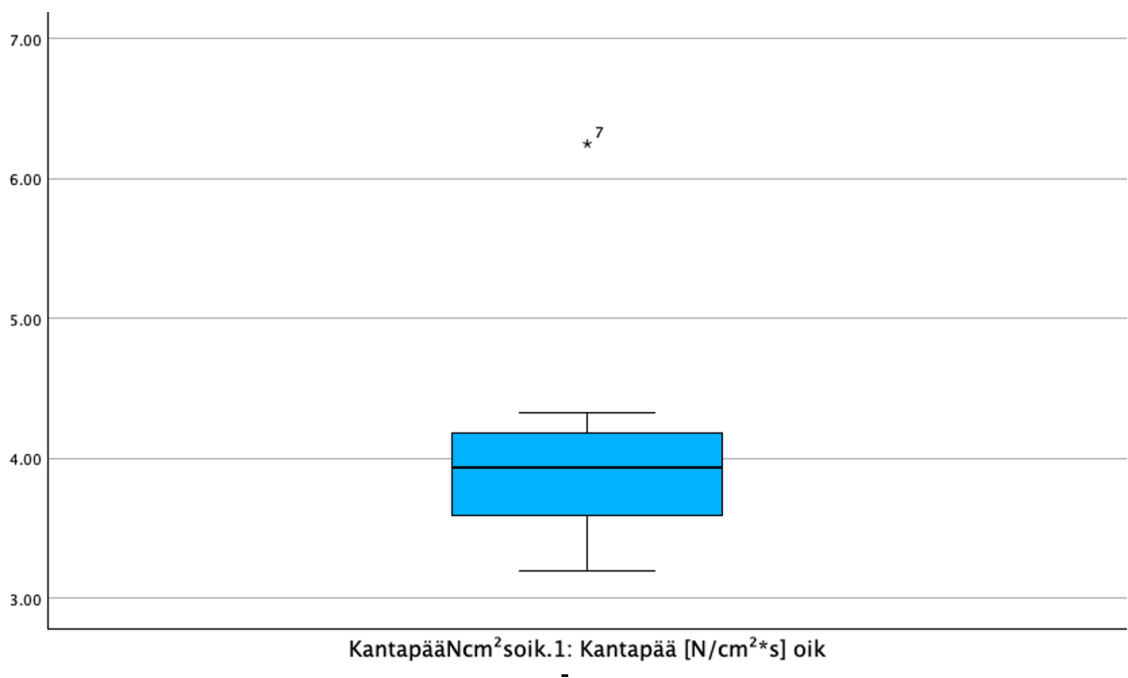
Kuva 16. Kuormittumisen muutos 1. ja 4. mittausten välillä Boxplot-kuvaaja



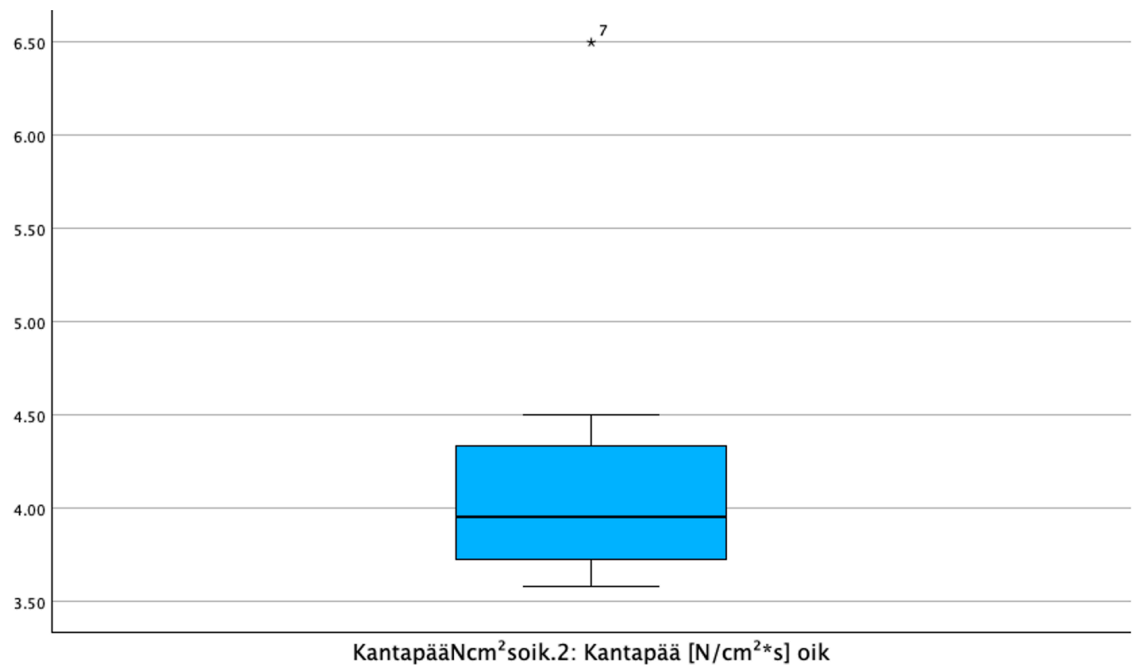
Kuva 17. Lievä poikkeama (Outlier) oikean päkiän lämpötilamittauksissa 1. mittauskierroksella Boxplot-kuvaaja



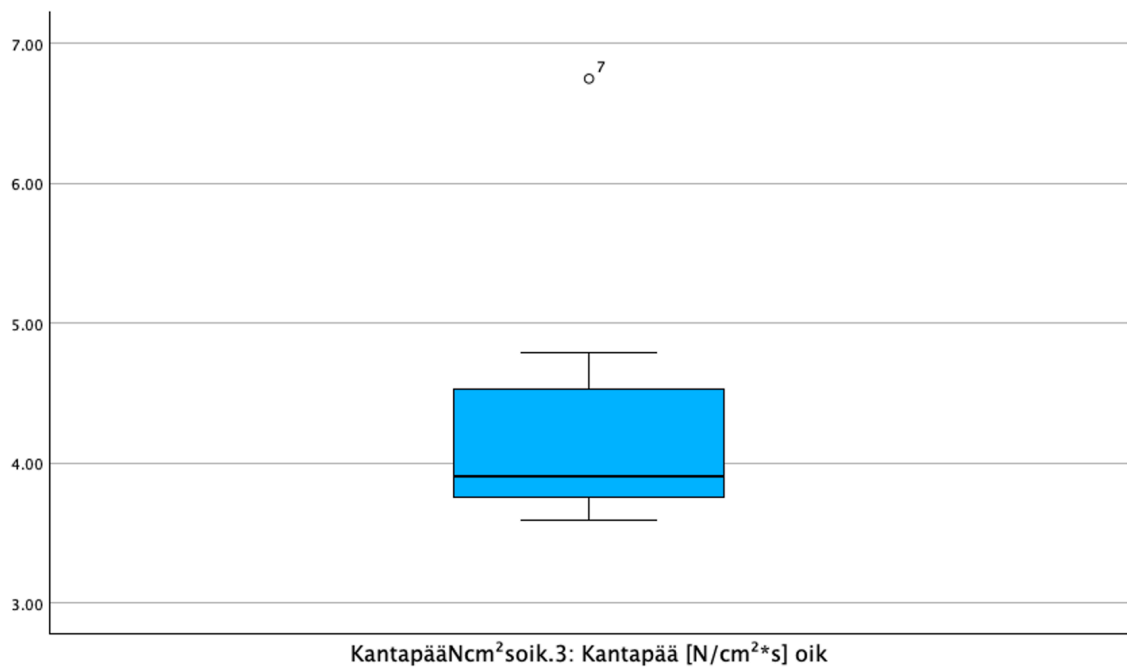
Kuva 18. Merkittävä poikkeama (Extreme Outlier) oikean kantapään painemittauksessa 1. mittauskierroksella Boxplot-kuvaaja



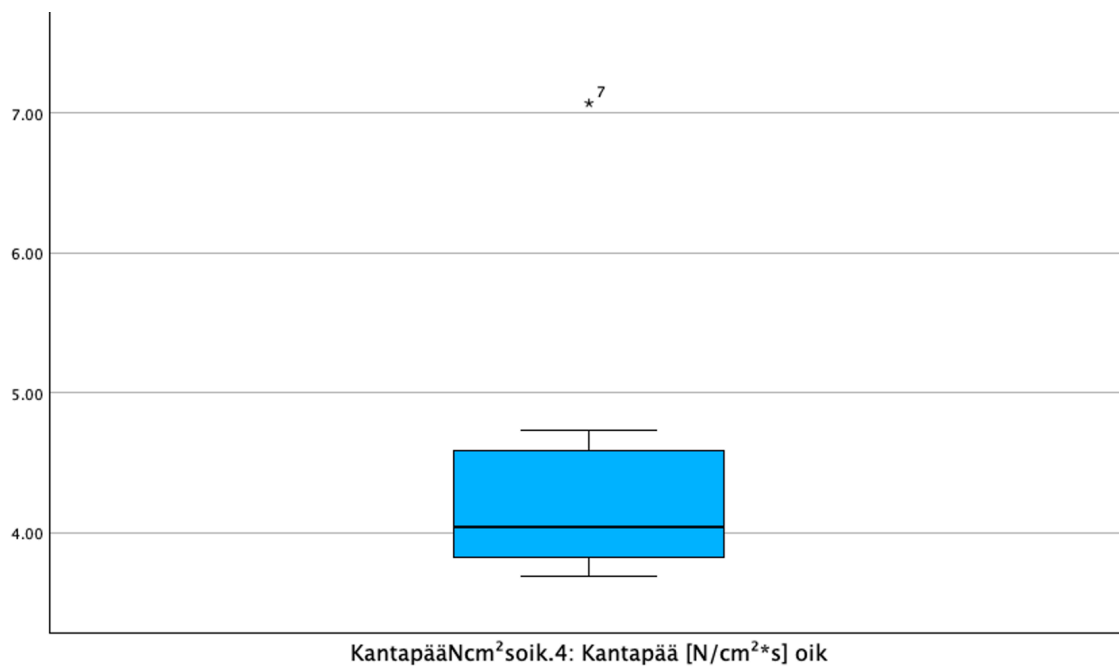
Kuva 19. Merkittävä poikkeama (Extreme Outlier) oikean kantapään painemittauksessa 2. mittauskierroksella Boxplot-kuvaaja



Kuva 20. Lievä poikkeama (Outlier) oikean kantapään painemittauksessa 3. mittauskierroksella Boxplot-kuvaaja

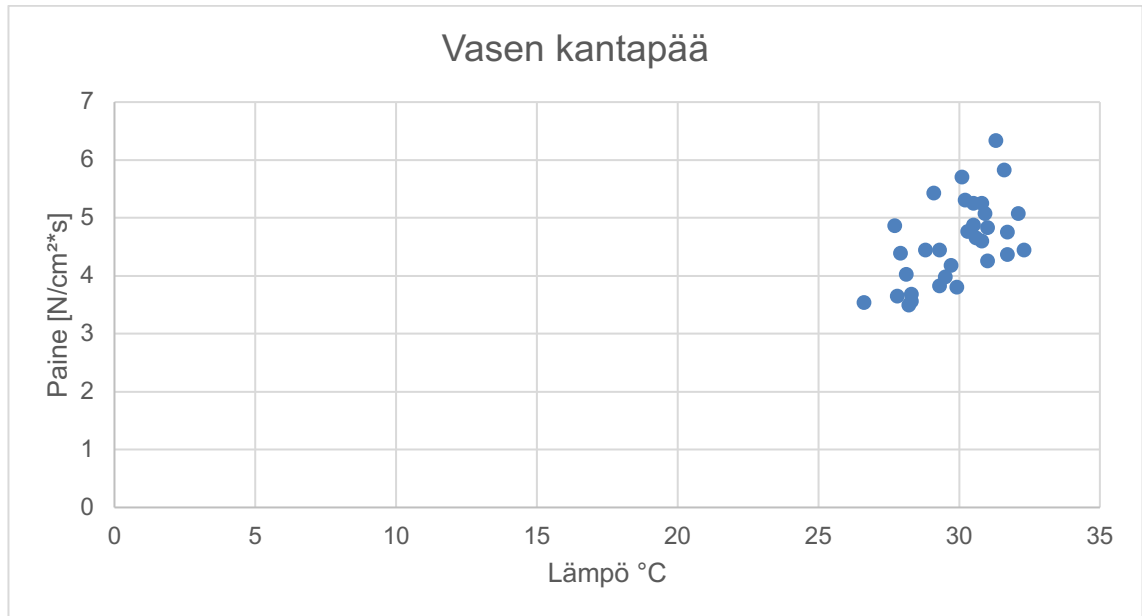


Kuva 21. Merkittävä poikkeama (Extreme Outlier) oikean kantapään painemittauksessa 4. mitauskierroksella Boxplot-kuvaaja

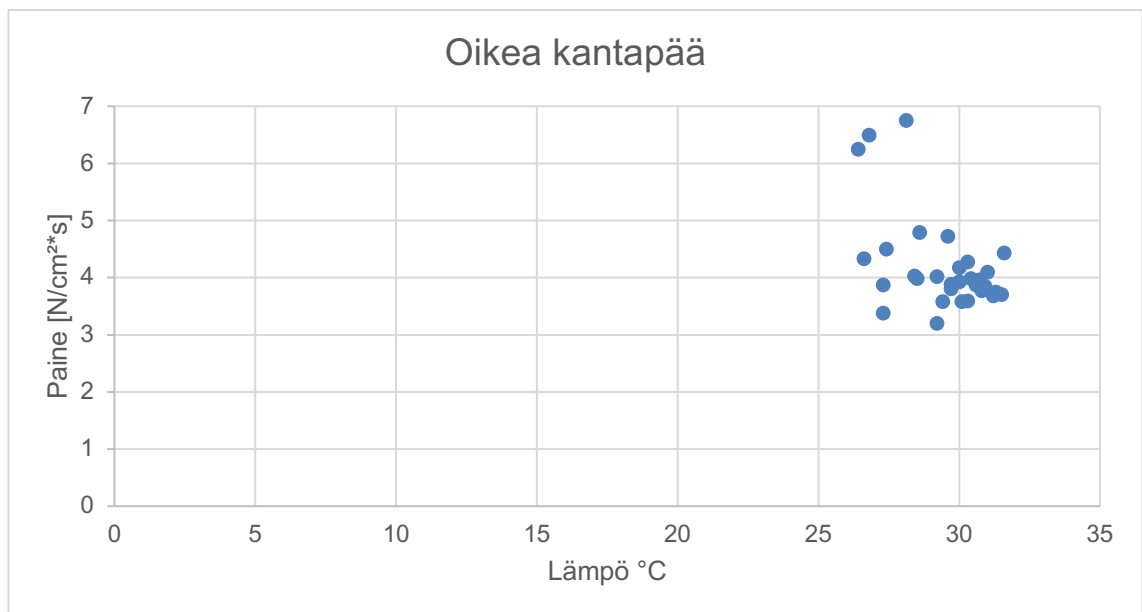


LIITTEET: Luku 5.4

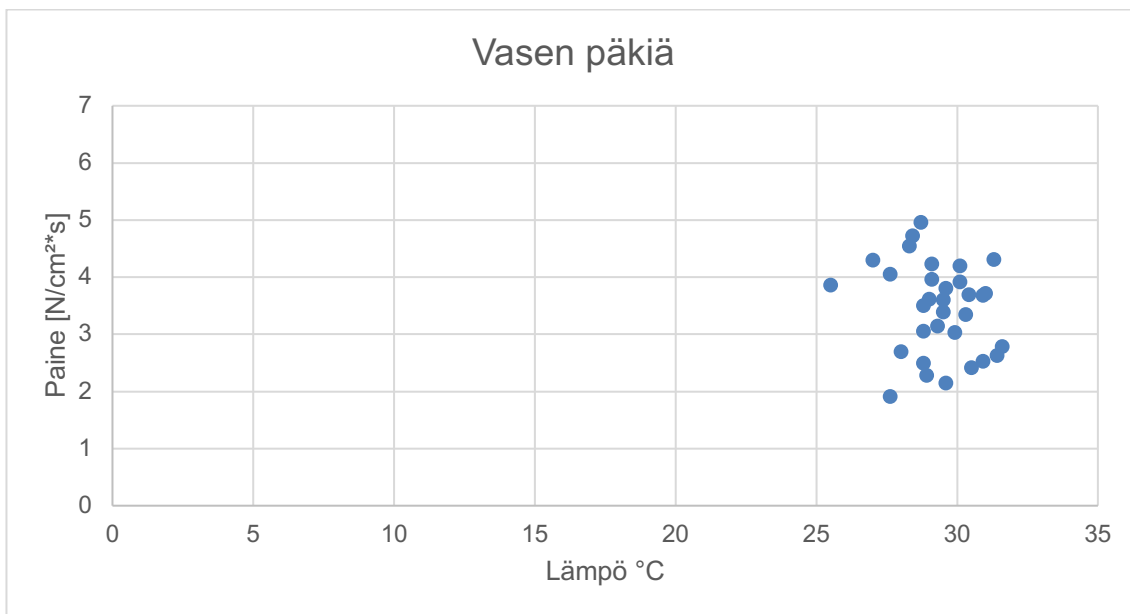
Kuva 22. Hajontakuviio paineen ja lämpötilan muutoksesta 1. ja 4. mittausten välillä kaikissa vasemman kantapään mittauksissa



Kuva 23. Hajontakuviio paineen ja lämpötilan muutoksesta 1. ja 4. mittausten välillä kaikissa oikean kantapään mittauksissa



Kuva 24. Hajontakuvio paineen ja lämpötilan muutoksesta 1. ja 4. mittausten välillä kaikissa vasemman päkiän mittauksissa



Kuva 25. Hajontakuvio paineen ja lämpötilan muutoksesta 1. ja 4. mittausten välillä kaikissa oikean päkiän mittauksissa

