

Riiko Lappalainen

T231SN

AINEEN KOVUUDEN MITTAUS

Opinnäytetyö
Materiaalitekniikan koulutusohjelma


Toukokuu 2015




MAMK

University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

	Opinnäytetyön päivämäärä 15.5.2015
Tekijä(t) Riiko Lappalainen	Koulutusohjelma ja suuntautuminen Materiaalitekniikan koulutusohjelma
Nimeke Aineen kovuuden mittaus	
Tiivistelmä Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia kahta vaihtoehtoista tapaa mitata aineen kovuutta sekä arvioida nykyisen mittausmenetelmän mittaajakohtaista vaihtelua. Työn toimeksiantajana toimi Mölnlycke Health Care Oy. Aineen kovuutta mitattiin penetraatiomittauksella. Nykyisin käytössä olevaa menetelmää ja mittaajakohtaista vaihtelua selvitettiin valitsemalla kolme eri mittaajaa, joiden mittaustulokset taulukoitiin ja niitä vertailtiin keskiarvojen ja keskihajontojen avulla. Nykyistä menetelmää ja ensimmäistä uutta mittausmenetelmää varten selvitettiin mittaustekniikan perusteita, mittauslaitteita, mittausmenetelmiä ja mittavirheitä. Toista mittausmenetelmää varten tutkittiin regressioanalyysia. Regressioanalyysin avulla tehtiin malli, jonka perusteella ennustettiin aineen kovuutta. Saatujen tulosten perusteella arvioitiin uusien mittausmenetelmien luotettavuutta sekä niiden hyviä ja huonoja puolia. Tutkimuksessa saatiin selville, että nykyisin käytössä oleva mittausmenetelmä on luotettava. Mittaajien välillä ei esiintynyt merkittäviä mittauseroja. Uusista mittausmenetelmistä ensimmäinen osoittautui luotettavaksi ja tehdaskäyttöön sopivaksi. Toinen uusi menetelmä todettiin tulosten perusteella epäluotettavaksi. Tutkimuksen perusteella voidaan ensimmäistä uutta mittausmenetelmää esittää Mölnlycke Health Care Oy:lle käyttöönotettavaksi.	
Asiasanat (avainsanat) Polymeeri, mittaaminen, mittausvirheet, penetraatiomittaus, regressioanalyysi	
Sivumäärä 32+30	Kieli Suomi
Huomautus (huomautukset liitteistä)	
Ohjaavan opettajan nimi Tapio Lepistö	Opinnäytetyön toimeksiantaja Mölnlycke Health Care Oy

DESCRIPTION

	Date of the bachelor's thesis 15.5.2015
Author(s) Riiko Lappalainen	Degree programme and option Material engineering
Name of the bachelor's thesis Measurement of material hardness	
Abstract <p>The aim of this thesis was to investigate two alternative ways to measure the hardness of a substance and to evaluate the variance of measurers in the current measurement system. This thesis was commissioned by Mölnlycke Health Care.</p> <p>The hardness of the substance was measured by penetration measurement. Current method and the individual measurer variance were evaluated by choosing three different measurers whose measurement results were written in tables and they were compared using their averages and standard deviations.</p> <p>Measurement technique basics, measuring equipment and method and errors in measurements were investigated for the current and the first new measuring method. Regression analysis was investigated for the second measuring method. Regression analysis was used to create a model for predicting the hardness of the substance. The reliability, strengths and weaknesses of the new measurement methods were evaluated based on results.</p> <p>The investigation showed that the current measuring method is reliable. There were no significant differences in measurement results between different measurers. From the new methods that were developed, the first one proved reliable and relevant for factory use. The second method was discovered unreliable based on results.</p> <p>Based on the investigation, the first new method can be recommended for the use of Mölnlycke Health Care.</p>	
Subject headings, (keywords) Polymer, measurement, measuring error, penetration, regression analysis	
Pages 32+30	Language Finnish
Remarks, notes on appendices	
Tutor Tapio Lepistö	Bachelor's thesis assigned by Mölnlycke Health Care Oy

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	2
2	MÖLNLYCKE HEALTH CARE	2
3	POLYMEERIT	3
3.1	Polymeroitumisreaktiot.....	3
3.2	Polymeroitumisaste.....	4
3.3	Kertamuovit ja ristisilloittuminen.....	5
4	MITTAAMINEN	7
4.1	Mittausepävarmuus	7
4.1.1	Mittausvirheet	8
4.1.2	Mittausvirheitä aiheuttavat tekijät.....	8
4.1.3	Mittalaitteen aiheuttamat virheet	9
4.1.4	Mittaajasta johtuvat virheet.....	9
4.1.5	Mittauskohteen aiheuttamat virheet	10
4.1.6	Olosuhteet	10
4.2	Mittautarkkuus	11
4.3	Mittalaite.....	11
5	LINEAARINEN REGRESSIO	13
6	TULOKSET	14
6.1	Nykyinen menetelmä kovuuden mittauksessa.....	14
6.1.1	Keskihajonta	17
6.1.2	Menetelmän arviointi	19
6.2	Uusi mittausmenetelmä	20
6.2.1	Uuden menetelmän keskihajonta	21
6.2.2	Materiaalikulutus	23
6.2.3	Säästöt.....	26
6.3	Penetraatio laatutodistuksen perusteella	26
6.3.1	Penetraation ennustus.....	28
6.3.2	Säästöt ja riskit.....	29
7	MENETELMIEN YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....	30
8	POHDINTA	30

1 JOHDANTO

Kiinnostukseni tämän tutkimuksen tekoon nousi omista opinnoistani sekä työskentelystäni työn toimeksiantajan, Mölnlycke Health Care Oy:n tehtaalla. Mölnlycken Mikkelin tehtaalla valmistetaan haavanhoitotuotteita sekä tavalliseen haavanhoitoon että erikoiskäyttöön. Mölnlyckellä haluttiin tutkia, voiko tuotteiden valmistukseen käytetyn materiaalin kovuutta mitata ennen valmistusprosessin alkua. Tarkoituksena oli, että tuotantoprosessi saataisiin optimoitua mahdollisimman tehokkaaksi.

Otin opinnäytetyön vastaan, koska olin käyttänyt työssäni aineen kovuuden mittaukseen käytettävää penetraatiomittaria ja koska aihe kiinnosti minua. Työn tavoitteena oli selvittää nykyisen mittausmenetelmän mittaajakohtaista vaihtelua, arvioida mittausmenetelmää kriittisesti ja löytää mahdollisia epäkohtia mittaukseen liittyen. Työn toinen osa oli selvittää kahden uuden mittausmenetelmän hyviä ja huonoja puolia sekä arvioida voidaanko menetelmiä käyttää tuotannossa.

Työn pääpaino on kokeellisessa testaamisessa ja tulosten monipuolisessa analysoinnissa. Raporttini koostuu teoriaosuudesta, jossa tuon esille tutkittavan aineen ominaisuuksia ja mittaamiseen liittyviä käytänteitä sekä tulososiosta, jossa kuvaan tutkimuksessa saatuja tuloksia ja pohdin niiden luotettavuutta.

2 MÖLNLYCKE HEALTH CARE

Mölnlycke Health Care on yksi maailmanjohtavista kertakäyttöisten leikkaussali- ja haavanhoitotuotteiden valmistajista. Mölnlycke Health Caren tavoitteena on tarjota mahdollisuus mahdollisimman tehokkaaseen ja helppoon potilashoitoon ja potilaille mahdollisimman kivuttomaan hoitoon./1./

Mölnlycke Health Care on maailman laajuinen yritys. Se työllistää noin 7400 ihmistä 90 eri maassa. Viime vuonna se valmisti 1,7 miljardia haavanhoitotuotetta ja sairaalatarviketta. Mölnlycken tuotteita käytettiin viime vuonna 87 eri maassa./1./

Mölnlycke Health Care Oy:n liikevaihto vuodelta 2011 oli 102,5 M€. Yrityksen tuotto oli pääomalla mitattuna erinomainen./2./

Mikkelin tehtaalla valmistetaan 85 % haavanhoitotuotteista. Suurin osa tuotteista menee vientiin, sillä Suomeen päätyy vain noin 2 % tuotteista. Mikkelissä tuotetaan vuosittain noin 350 miljoonaa haavanhoitotuotetta./1./

3 POLYMEERIT

Polymeeriksi kutsutaan pitkää monomeereistä koostuvaa molekyyliketjua. Polymeereistä voidaan puhua myös yleisemmällä tasolla. Puhutaan siis yleisesti jostain muovista, joka koostuu pitkistä molekyyliketjuista. Polymeerejä voidaan myös valmistaa keinotekoisesti esimerkiksi öljystä. Monomeerit ovat polymeerien rakennuspalikoita. Monomeerit ovat orgaanisia molekyyliä, jotka sisältävät kaksoissidoksen tai vähintään kaksi aktiivista funktionaalista ryhmää. Tämä johtaa siihen, että monomeerit yhdistyvät toisiinsa ja tästä syntyy polymeerimolekyyli. Tätä monomeerien kemiallista yhdistymistä kutsutaan polymerisaatioksi./3, s.1./

3.1 Polymeroitumisreaktiot

Vain harvoissa tapauksissa kaksoissidokset pystyvät reagoimaan tavallisissa olosuhteissa tai korotetussa lämpötilassa. Polymeroitumisreaktiot voidaan jakaa kahteen ryhmään polyadditioon ja polykondensaatioon./4, s.100./

Polyadditio voidaan jakaa kolmeen eri vaiheeseen. Ensimmäinen vaihe on initiaatio. Initiaatio aktivoidaan yleensä lisäämällä joukkoon radikaali. Toinen vaihe on ketjujen kasvaminen. Kasvaminen tapahtuu radikaalin reagoitessa monomeerin kanssa. Tämä synnyttää taas uuden radikaalin, joka reagoi taas seuraavan monomeerin kanssa. Toinen vaihe kestää niin kauan, kunnes prosessin kolmas vaihe terminaatio alkaa ja päättää polyaddition. Terminaatio käynnistetään lisäämällä joukkoon toista radikaalia, joka tuhoaa ensimmäisen radikaalin ja näin päättää polymeroinnin./3, s.9-13./

Kondensaatiopolymerointi tapahtuu usein askelpolymerointimenetelmällä. Askelpolymeroituminen tapahtuu vaiheittain, jossa vaihe kerrallaan polymeerin koko kasvaa, kun funktionaalinen ryhmä reagoi monomeerin tai kasvavan polymeerin kanssa./4, s.96./

Kondensaatiopolymerointi voidaan myös jakaa sen valmistusmenetelmän perusteella korkean lämpötilan ja matalan lämpötilan menetelmiin. Korkean lämpötilan menetelmässä syntyy aina yhtä polymerointiaskelta kohden yksi sivutuote, kun kaksi monomeeriä liittyvät toisiinsa syntyy yksi molekyyli sivutuotetta. Sivutuotteet voivat olla esimerkiksi vesi, alkoholi tai kloorivety. Sivutuote haihdutetaan usein pois korkean lämpötilan avulla. Myös alipaineella voidaan poistaa sivutuote. Polymerointiaika on verrattain pitkä vaihdellen tunnista vuorokauteen. Polyesterin valmistus on tyypillinen esimerkki korkean lämpötilan kondensaatiopolymeroinnista./4, s. 99./

Matalan lämpötilan kondensaatiopolymeroinnissa reaktiot tapahtuvat reilusti nopeammin usein muutamissa minuuteissa. Polymerointi tapahtuu usein liuoksessa. Lähtöaineet on liuotettu kahteen eri nesteeseen, jotka eivät reagoi keskenään. Toinen näistä nesteistä on tavallisesti vesi. Polymeroituminen tapahtuu nesteiden rajapinnassa./4, s.99-100./

3.2 Polymeroitumisaste

Polymeroitumisreaktioiden kestosta puhuttaessa puhutaan molekyylin polymeroitumisasteesta DP:stä (Degree of polymerization). Polymeroitumisasteella tarkoitetaan sitä miten monesta monomeeriyksiköstä se koostuu. Molekyyliketjun pituuden kasvaessa molekyylin moolimassa luonnollisesti kasvaa. Polymeroitumisaste ja moolimassa muuttavat sekä aineen olomuotoa että sen mekaanisia ominaisuuksia. Esimerkiksi eteeni C_2H_4 on kaasu, jonka moolimassa on 28g/mol ja polymeroitumisaste 1. Taulukossa 1 on esitetty polyeteenin polymeroitumisasteen vaikutus sen ominaisuuksiin. Taulukosta nähdään hyvin, miten moolimassan kasvaessa eteeni muuttaa olomuotoaan ensin kaasusta nesteeksi. Moolimassan jatkaessa kasvuaan eteeni alkaa muuttua kovaksi muoviksi. Moolimassan 10000g/mol kohdalla polymeerit alkavat saavuttaa muovilta vaadittavia ominaisuuksia./4, s.27-28./

TAULUKKO 1 Eteenin olomuodot/4, s.28/

DP	Moolimassa (g/mol)	Pehmenemis-lämpötila (°C)	Polymeerin luonne 25 °C:ssa
1	28	-169	kaasu
6	170	-12	neste
35	1000	37	rasvamainen
140	4000	93	vahamainen
250	7000	98	kova vaha
430	12000	104	kova muovi
750	21000	110	kova muovi
1350	38000	112	kova muovi

Mekaaniset ominaisuudet, kuten sitkeys, vetolujuus ja kimmokerroin, kasvavat aluksi nopeasti ja myöhemmin hitaammin polymeroitumisasteen kasvaessa. Mitä pidempiä ketjuja polymerisoituu, sitä parempia ominaisuuksia polymeeri saa. Tosiasiassa polymeerit koostuvat suuresta määrästä ketjuja. Osa ketjuista on pitkiä ja osa lyhyitä. Tämän takia polymeereille on laskettu keskimääräinen molekyyli massa ja keskimääräinen polymeroitumisaste, jonka jälkeen arvoille on määritetty mekaaniset ominaisuudet. Esimerkiksi polystyreeni, jonka keskimääräinen molekyyli massa on 100000g/mol, saattaa sisältää molekyyliä, joiden suhteellinen moolimassa vaihtelee välillä 5000-2 Milj. On tärkeää ymmärtää, että pienen polymeroitumisasteen polymeeri on mekaanisilta ominaisuuksiltaan erilainen kuin polymeeri, jonka polymeroitumisaste on korkeampi./3, s.3./ ; /4, s.28-29./

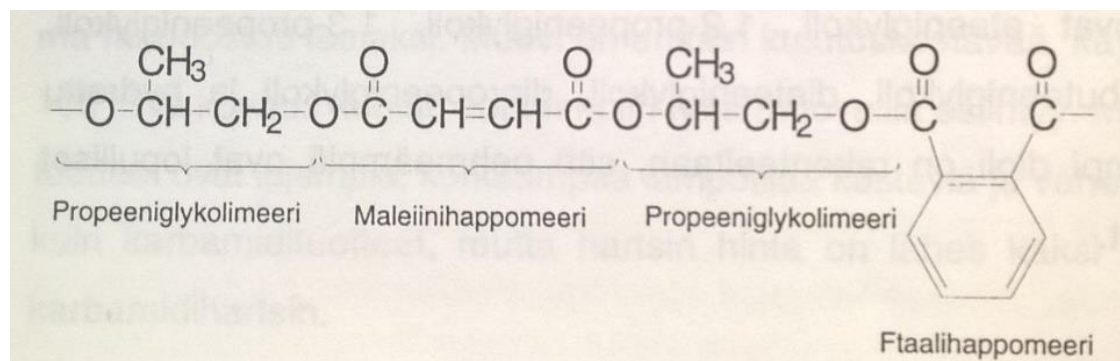
3.3 Kertamuovit ja ristisilloittuminen

Polymeeriketjujen linkittyminen toisiin ketjuihin määrittää muovin muokattavuuden. Tämän perusteella muovit jaotellaan kesto- ja kertamuoveihin. Kestomuoveissa on lineaarisia tai haaroittuneita polymeeriketjuja. Kestomuoveissa molekyyli ketjuja yhdistävät voimat ovat heikkoja, näitä sidoksia kutsutaan sekundaarisidoksiksi. Lämmitettäessä kesto muoveja niiden ketjujen väliset sidokset hajoavat ja alkavat liikkua toistensa lomitse. Tämä johtaa muovin pehmenemiseen, ja jos lämmitystä jatketaan riittävän kauan, muovit sulavat. Kestomuovit voidaan sulattaa ja uudelleen muotoilla toistuvasti./5, s.21./

Kertamuovien lineaariset molekyyliketjut liittyvät toisiinsa pitkittäisillä sidoksilla sekä poikittaisilla lujilla kovalenttisilla sidoksilla. Tätä lujien sidosten syntyä kutsutaan ristisilloittumiseksi. Ristisilloittumisen avulla kertamuoveille syntyy verkkomainen kolmiulotteinen rakenne. Näitä lujia sidoksia ei saada irrotettua toisistaan lämmön avulla niin kuin kestumuoveissa. Kertamuoveille on siis annettava niiden lopullinen muotonsa ennen kovettumista. Kertamuovituotteita sanotaankin usein yhdeksi isoksi molekyyliksi./5, s.22./

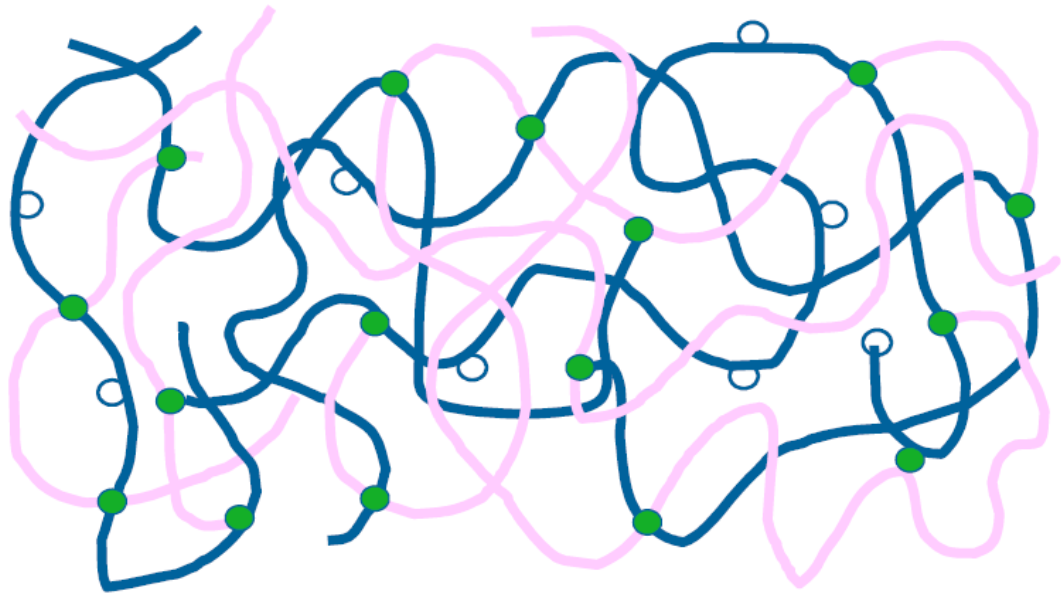
Ristisilloittuminen muuttaa kertamuovien mekaanisia ominaisuuksia. Korkea ristisilloittumisaste parantaa polymeerin jäykkyyttä, mittapysyvyyttä, lämmönkestoa ja kemikaalien kestoaa, mutta huonontaa sitkeyttä./3, s.49./

Kuvasta 1 nähdään lineaarisen tyydyttymättömänpolyesterin rakenne. Polyesteri ei ole vielä ristisilloittunut eli maleiinihappomeerin hiiliatomien välillä on kaksoissidos.



KUVA 1. Lineaarisen tyydyttymättömänpolyesterin rakenne /4, s.116/

Polyesteri koostuu alkoholi- ja happo-osista. Hapot voivat olla tyydyttymättömiä tai tyydyttyneitä. Tyydyttymättömät hapot sisältävät kaksoissidoksia. Ristisilloittuminen aloitetaan sekoittamalla polyesterimassaan jotain tyydyttymätöntä monomeeria. Polyesterin tapauksessa tämä monomeeri on usein styreeni. Tämän jälkeen seosta lämmitetään, ja näin styreenimolekyylit alkavat polymeroitua keskenään sekä tyydyttämättömän polyesterin kaksoissidosten kanssa. Tästä syntyy kertamuoveille ominainen silloittunut rakenne./4, s.116-117./ Kuvasta 2 nähdään sinisellä polyesteriketjut ja vaaleanpunaisella styreeniketjut. Vihreät pallot viivojen yhtymäkohdissa kuvaavat ristisilloittunutta rakennetta ja valkeat pallot vielä reagointikykyisiä kohtia.



KUVA 2 Polyesterin ja styreenin silloittunut rakenne/6/

4 MITTAAMINEN

Mittaamista tarvitaan, kun havaitaan jonkun muuttujan arvojen vaihtelu. Mittaamisella tarkoitetaan siis muuttujan arvojen mittaamista /7, s.78/.

Mittaamisen onnistumisen ja luotettavuuden kannalta on ensiarvoisen tärkeää, että käytettävä mittalaite soveltuu kyseisen suureen mittaamiseen. Laitteen on hyvä olla suunniteltu mittaamaan juuri sitä suuretta, mikä halutaan selvittää. Mittalaitteen tulee olla riittävän tarkka suorittamaan valittu mitta. Laitteen käyttäjällä on suuri vastuu mittaustuloksen onnistumisesta. Mittaajalla tulisi olla jonkinlainen ymmärrys mittaustehtävästä, sekä riittävä koulutus, ohjeistus ja aika, jotta pystyy suorittamaan mittauksen oikein. Näin saadaan vähennettyä inhimillisistä syistä johtuvia mittavirheitä./8, s.157./

4.1 Mittausepävarmuus

Lähtökohtaisesti mittaustulos on väärin. Tällä tarkoitetaan sitä, että mittaustuloksen ja suureen oikean arvon välillä on eroa. Tätä eroa kutsutaan mittausrvirheeksi. Virheen huomioiminen on erityisen tärkeää erilaisissa tarkkuusmittauksissa. /9/. Tässä työssä mitattavat suuret ovat mitattu kalibroinnin piiriin kuuluvilla laitteilla ja niillä mitataan huomattavan tarkkoja arvoja, joten pienetkin virheet heijastuvat lopputulokseen.

Tähän työhön liittyviin mittauksiin liittyy useita perinteisiä epävarmuuskomponentteja.

4.1.1 Mittausvirheet

Mittausvirheiden yksi jakotapa on jakaa ne kolmeen eri luokkaan, joita ovat karkea virhe, systemaattinen virhe ja satunnainen virhe /10, s.95/.

Karkeassa virheessä nimensä mukaan epäillään mittaustuloksissa esiintyvää suurta heittoa mittaustuloksissa. Tällaisia karkeita virheitä voi syntyä esimerkiksi mittalaitteen toimintahäiriöstä, mittaustuloksen väärästä luennasta tai arvojen tallennuksen yhteydessä tapahtuvasta kirjausvirheestä./10, s.95./ Karkeita virheitä voidaan välttää huolellisella työskentelyllä. Karkean virheen tulos tulisi aina hylätä, mutta sen aiheuttaja aina selvittää./11./

Systemaattisella virheellä tarkoitetaan mittalaitteesta tai mittaumenetelmästä aiheutuvaa virhettä. Systemaattiselle virheelle on tyypillistä, että se vääristää koetulosta tiettyyn suuntaan. Systemaattinen virhe voi johtua esimerkiksi olosuhteista, kuten lämpötilasta, joka aiheuttaa virheen mittaukseen tai mittalaitteen toimintaan. Tällaista mittalaitteesta johtuvaa virhettä on mahdollista korjata kalibroimalla laite ja käyttämällä mittalaitetta oikeissa olosuhteissa./10, s.95./

Satunnaisia virheitä kutsutaan myös tilastollisiksi virheiksi. Niitä esiintyy aina mittauksissa. On tutkittu, että mitä tarkempi mittalaite on, sitä suurempi on satunnaisen virheen osuus. Mittauksien riittävällä määrällä taataan se, että satunnaisvirheet eivät yleensä aiheuta tuloksiin vääristymiä, koska ne kumoavat toisensa./10, s.95./

4.1.2 Mittausvirheitä aiheuttavat tekijät

Mittausvirheitä aiheuttavat tekijät jaotellaan usein neljään eri luokkaan. Virheitä aiheutuu mittalaitteesta, mittaajasta, mitattavasta kohteesta ja ympäristöstä. Virheiden tiedostaminen olisi hyödyllistä, jotta ne pystytään välttämään./10, s.96-97./

4.1.3 Mittalaitteen aiheuttamat virheet

Seuraavaksi käsittelen tässä työssä käytettävän laitteen mahdollisia ja huomioon otettavia virhemahdollisuuksia. Itse mittalaitteen kunto voi vaikuttaa mittaustulokseen. Kuluminen aiheuttaa usein vääristymiä tulokseen ja nämä vääristymät esiintyvät systemaattisina virheinä. Säännöllisellä ja toimivalla kalibrointijärjestelmällä pyritään estämään ja pienentämään tätä virhettä./10, s.96./ Työssä käytettävä mittalaite kuuluu säännöllisen kalibroinnin piiriin. Kalibroinnissa tarkastetaan laitteen ulkoinen kunto, näyttämä sekä puhtaus. Kalibrointi suoritetaan aina käyttöpaikalla. Näin vältetään mahdollinen olosuhteista aiheutuva kalibrointivirhe. Kalibrointi tehdään tietylle mitta-
välille, joka on valittu siten, että kaikki mitattavat tulokset ovat varmasti sillä mitta-
alueella.

Mittalaitteessa voi esiintyä epäpuhtauksia, jotka vaikuttavat väärentävästi mittaustulokseen. Mittalaitteen jokapäiväisestä puhtaudesta pitävät huolta koneenkäyttäjät ja tarvittaessa laitetta pyyhitään denaturoidulla alkoholilla. Myös erilaiset epänormaalit tapahtumat, kuten pienetkin iskut tai osumat laitteeseen, voivat aiheuttaa herkkään laitteeseen virhettä.

4.1.4 Mittaajasta johtuvat virheet

Mittaajalla on suuri merkitys mittauksessa, sillä jokaisella on hiukan omanlaisensa tapa mitata ja jokainen näkee asian omalla tavallansa. Yleisimpiä syitä, jotka johtavat mittaajan tekemään mittausrvirheeseen ovat kiireellisyys, huolimattomuus, ammattitaidon puute, huono ohjeistus, motivaatio ja vireystila./10, s.96./

Mölnlyckellä on selvästi panostettu näiden virheiden pois kitkemiseen. Työohjeessa on tarkka kuvaus ja ohje siitä, kuinka mittausta suoritetaan. Koulutus uuden laitteen käyttöön on ainakin oman kokemukseni perusteella riittävää. Mittaustilanteessa ei yleensä ole kiirettä, vaan sen saa suorittaa rauhassa. Toki poikkeaviakin tilanteita varmasti syntyy, mutta kiirettä tulisi kyllä välttää mitattaessa. Suurimman riskin mielestäni aiheuttaa tässä tapauksessa se, että konetta käytetään ympärivuorokautisesti eli mahdollisia huonon vireystilan mittauksia saattaa tapahtua ainakin yöaikaan.

Yksi tämän työn osuuksista oli tarkastella mittaajien välisiä eroavaisuuksia tällä hetkellä käytössä olevalla mittaustekniikalla. Mittauksia suoritti kolme eri henkilöä. Henkilöt pyrittiin valitsemaan niin, että kaikilla on eri määrä mittauskokemusta. Mahdollisia eroja mittaajien välillä selvitetään mittauksien keskiarvojen ja keskihajontojen avulla. Tästä nykyisin käytettävästä menetelmästä saadaan myös vertailusarja uusien menetelmien tarkastelua varten.

4.1.5 Mittauskohteen aiheuttamat virheet

Mitattavan kohteen virheet luonnollisesti aiheutuvat useimmiten jostain materiaalivirheestä tai kappaleen fyysisestä muodosta. Tyypillisimpiä voivat olla kappaleen huono pinnanlaatu, epäpuhtaus, materiaalin liiallinen pehmeys tai kovuus tai lämpölaajenemisesta johtuva mittamuutos. Fyysisellä virheellä tarkoitetaan sitä, että kappale on liian pieni tai suuri mittausta varten tai kappale on väärän muotoinen mittaukseen. Itse koko tai muoto ei aiheuta virhettä, sen aiheuttaa sopimaton mittausmenetelmä./10, s.96./

Tässä työssä mitattava aine on kohtuullisen pehmeää, mikä asettaa omat vaatimuksensa mittarille. Aine ei myöskään ole täysin homogeenistä eli kovuseroja saattaa olla jopa näytekappaleen eri osissa. Tällaisissa tapauksissa, missä aineen kovuus vaihtelee näytekupin sisällä, keskiarvo pysyy silti kohtalaisen luotettavana, sillä kovuusvaihtelut kumoavat toisiaan, koska mittaus tapahtuu neljästä eri kohdasta.

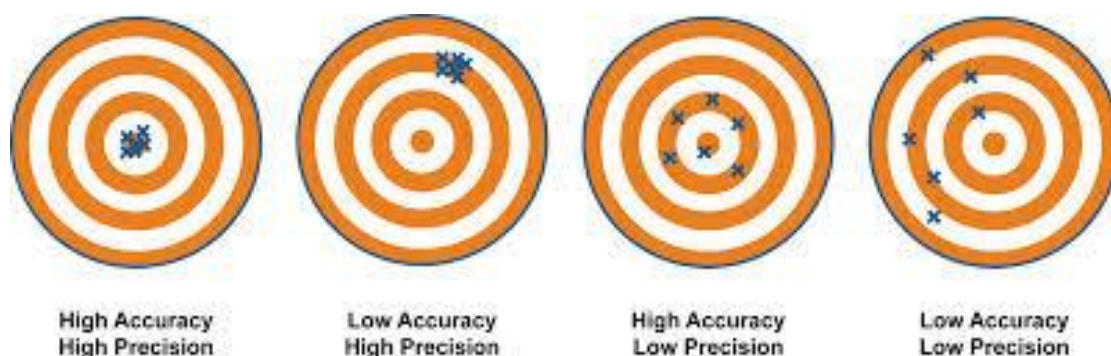
4.1.6 Olosuhteet

Merkittävin ympäristötekijä on lämpötilan vaihtelu. Se aiheuttaa eniten mittausvirheitä. Muita vaikuttavia tekijöitä on mm. valaistuksen puutteellisuus sekä huonot ja likaiset työolosuhteet. Myös ilman kosteus voi vaikuttaa mittalaitteisiin sekä mahdollisesti mitattavaan kappaleeseen./10, s.97./

Mölnlyckellä on huomioitu hyvin kaikki olosuhteista johtuvat asiat. Laite on kalibroitu sen käyttöpaikalla eli niissä olosuhteissa, joissa sitä käytetään. Tehtaalla pyritään pitämään yllä samaa lämpötilaa sekä ilmakehän kosteutta. Valaistus on mittauspaikalla riittävä ja mittalaitteessa on apuvalo valaistuksen hienosäätöä varten.

4.2 Mittaustarkkuus

Mittaussysteemin virheet jakaantuvat tarkkuusvirheisiin (accuracy) ja täsmällisyysvirheisiin (precision). Tarkkuudella tarkoitetaan eroa mittauksen tuloksen ja todellisen arvon välillä. Täsmällisyydellä tarkoitetaan sitä, että laite mittaa lähellä todellista arvoa, mutta ei tee sitä täsmällisesti eli mittauksissa on suurta vaihtelua. Huonoimmassa tapauksessa laitteessa on sekä tarkkuus- että täsmällisyysvirheet. Kuva 3 selventää mittaussysteemiin liittyviä virheitä./9./



KUVA 3. Täsmällisyys ja tarkkuus /12/

Kuvasta selventyy hyvin, mitä tarkoitetaan tarkkuudella ja täsmällisyydellä. Ensimmäisessä taulussa on korkea tarkkuus ja täsmällisyys, joten osumat ovat hyvässä ryppäessä keskellä taulua. Toisessa taulussa osumat ovat hyvin täsmällisiä, mutta tarkkuus on ollut huono. Kolmannessa taulussa tarkkuus on hyvä, mutta täsmällisyys puuttuu. Neljännessä taulussa molemmat ovat pielessä ja osumat ovat, missä sattuu.

Toisen taulun kaltainen tilanne voisi syntyä silloin, kun käytössä on mittauslaite, jossa kalibrointi on pielessä. Mittaukset ovat tarkkoja, mutta tuloksessa on systemaattista virhettä.

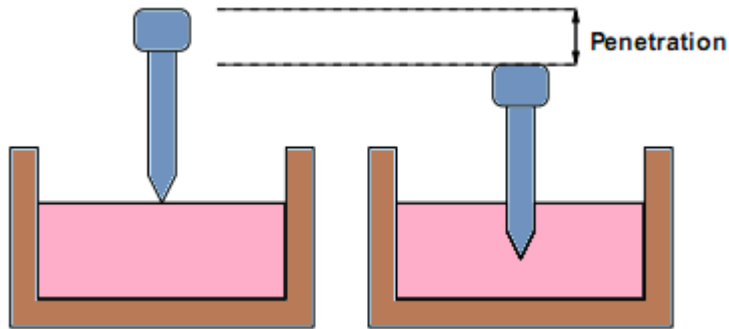
4.3 Mittalaite

Tässä luvussa esitellään tutkimuslaitetta, jota käytetään asfalttipenetraation määrittämiseen. Laitteeseen kuuluu standardoidun kokoinen neula, mittaristo ja standardoidun painoinen paino-osa, joka painaa neulaa mitattavaan aineeseen. Kuvassa 4 esimerkki asfalttipenetrometrinä.



KUVA 4. Asfaltin penetraatiomittauslaite /13/

Penetrometriä käytetään siis mittaamaan kovuutta tai pehmeyttä. Sillä mitataan syvyys millimetreissä, jonka neula uppoaa viidessä sekunnissa mitattavaan aineeseen standardoidulla painolla pystysuoraan. Kuvassa 5 on pelkistetty esitys mittaustilanteesta. Siinä on kuvattu pelkästään neulan uppoamisesta aineeseen.



KUVA 5. Neulan uppouma /14/

Neulan penetraatiosta eli uppoumasta voidaan päätellä, että mitä suurempi saatu arvo on, sitä pehmeämpää aine on. Mölnlycke on määrittänyt omalle aineelleen sopivan uppouman arvon. Tämän arvon perusteella tiedetään, milloin aine on oikean kovuista. Mittauksissa tulee aina ottaa huomioon olosuhteet, kuten lämpötila, koska korkea lämpötila usein alentaa kovuutta. Mittausolosuhteiden olisi hyvä pysyä muuttumattomina./14./

5 LINEAARINEN REGRESSIO

Erilaiset regressioanalyysin muodot ovat erittäin yleisiä tilastointimenetelmiä, ja niitä käytetään runsaasti. Regressioanalyysissä tarkastellaan muuttujien välistä yhteyttä eli korrelaatiota. Regressioanalyysin hyvä puoli on, että sillä voidaan tutkia yhtä aikaa monen muuttujan vaikutusta selitettävään asiaan. Regressioanalyysia kannattaa käyttää, jos halutaan mallintaa muuttujien välistä tilastollista yhteyttä ja ennustaa mittaus- tuloksia jollain muuttujalla./15, s.297/ ; /16/

Regressioanalyysillä voidaan siis selvittää tilastollista riippuvuutta. Voidaan selvittää riippuvuuden voimakkuutta ja sitä, mikä on riippuvuuden matemaattinen muoto. Näitä riippuvuuksia sitten selitetään mallin avulla. Yleensä tutkitaan lineaarista riippuvuutta. Tämä ei ole suuri rajaus, sillä lineaaristen regressiomallien sovellusalue on erittäin laaja. Regressioanalyysin avulla voidaan myös ennustaa tulevia muuttujien arvoja./17, s.268./

Mallista saadaan selville R^2 , joka kuvaa korrelaatiota. Mitä lähempänä 1 arvo on, sitä paremmin verrattavat asiat korreloivat. Arvo voi olla myös -1, jolloin kyseessä on negatiivinen korrelaatio. Regression perusmalli yhdelle muuttujalle saadaan kaavasta 1.

$$y=A+Bx \tag{1}$$

A on kaavassa vakiotekijä ja B on kulmakerroin.

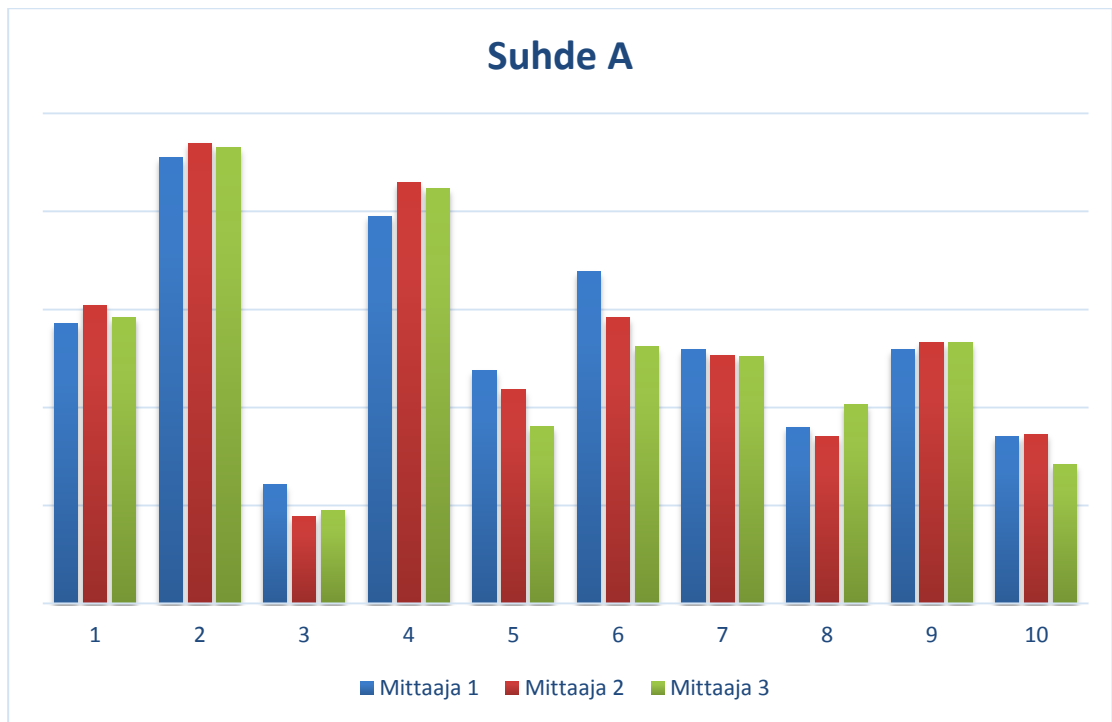
Regressiomallista saadaan suoralle yhtälö. Yhtälön avulla voidaan luoda malli, jonka perusteella yritetään ennustaa tulevia arvoja.

6 TULOKSET

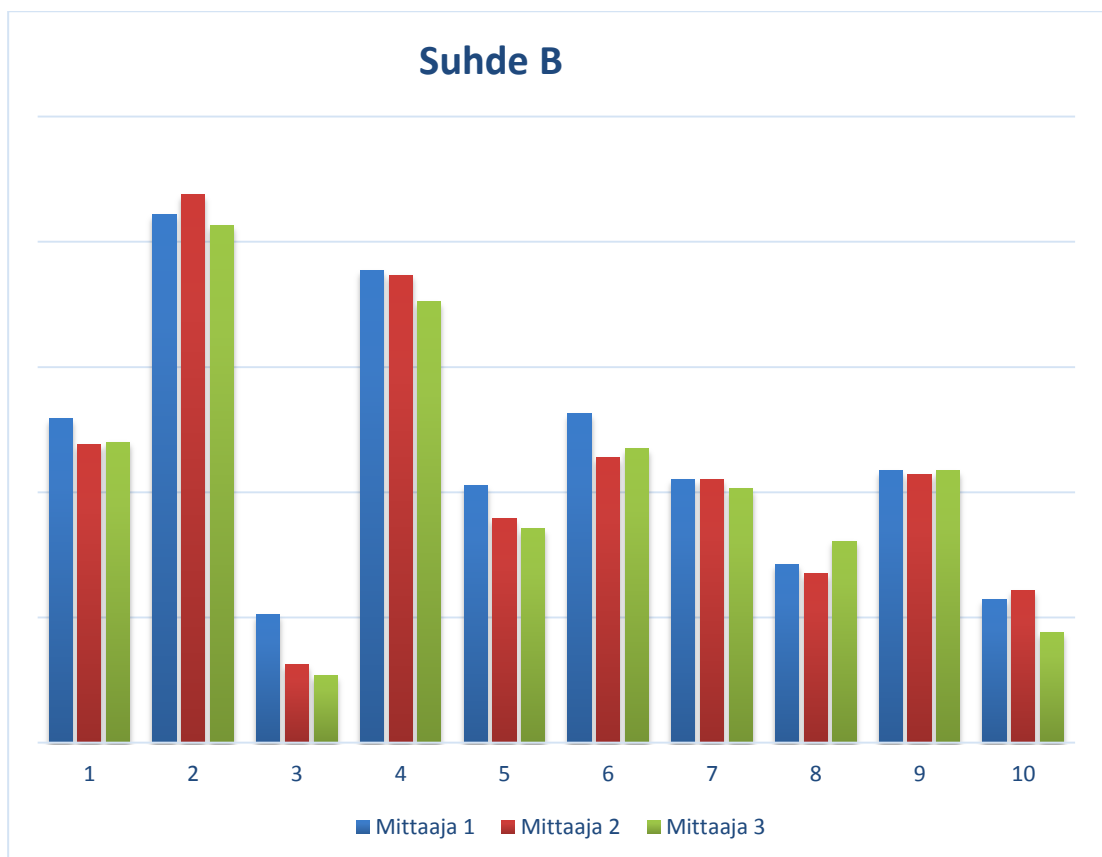
Tulosten tarkastelu rajattiin kolmeen kategoriaan, joista ensimmäinen oli nykyisin käytössä olevan mittausmenetelmän tarkastelu. Toiseksi analysoitiin ensimmäisen uuden menetelmän toimivuutta. Tätä menetelmää verrattiin nyt käytössä olevaan menetelmään. Kolmantena tarkasteltiin toisen uuden menetelmän mahdollisuuksia ennustaa kovuutta etukäteen valmistajalta saatavien tietojen perusteella.

6.1 Nykyinen menetelmä kovuuden mittauksessa

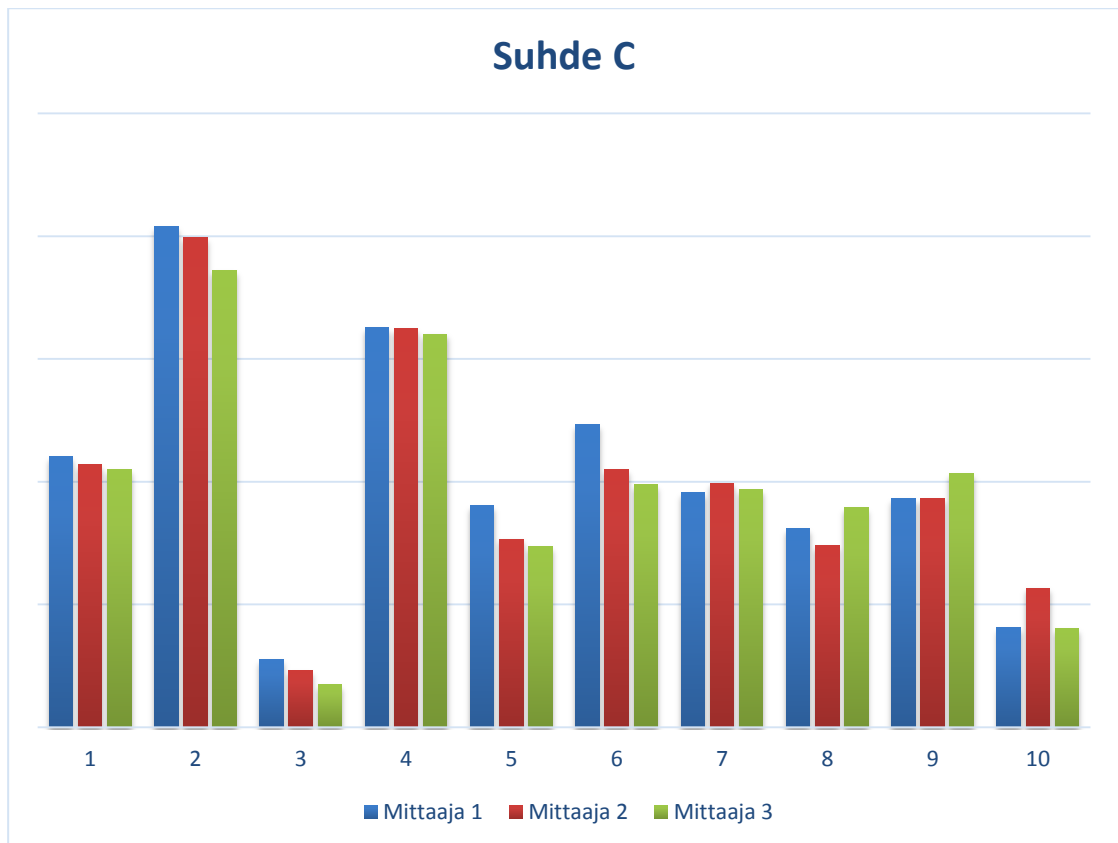
Tällä menetelmällä mitatut arvot toimivat myös vertailuarvoina tarkasteltaessa kahden muun menetelmän toimivuutta. Mitattava aine koostuu kahdesta eri komponentista, A:sta ja B:stä. A:ta ja B:tä sekoitettiin oikeissa suhteissa toisiinsa nähden. Sovittiin, että mittaukset tehdään kolmella eri sekoitussuhteella, jotka pysyvät aina samoina. Päätettiin myös, että mittajina toimivat aina samat kolme henkilöä. Näin päästiin vertailemaan henkilöiden välille syntyvää vaihtelua. Mittauksia tehtiin kymmenestä eri aine-erästä eli mittauksia tuli 10 kpl/sekoitussuhde. Jokainen mittaja mittasi siis 30 eri näytettä. Näistä mittauksista on laskettuna keskiarvot ja keskihajonnat. Kuvissa 6, 7 ja 8 esitetään mittajien keskiarvot kullakin sekoitussuhteella erikseen.



KUVA 6. Mittaukset suhteella A



KUVA 7. Mittaukset suhteella B



KUVA 8. Mittaukset suhteella C

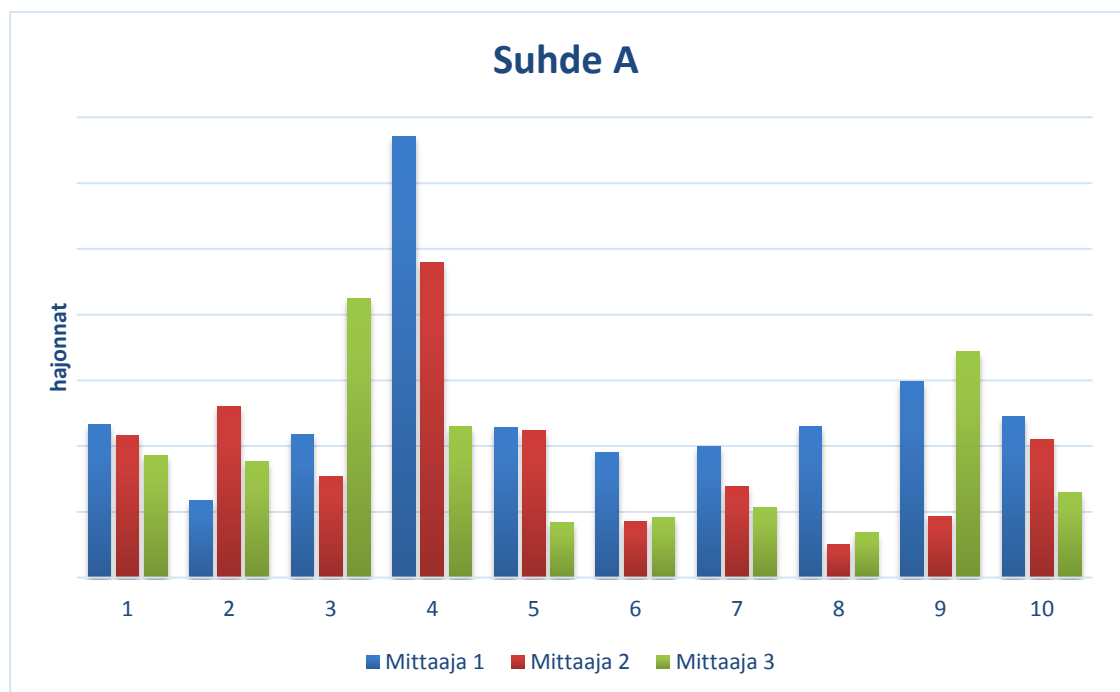
Kuvissa olennaista on kiinnittää huomiota mittaajien eroihin mittauskohtaisesti. Mittaustulosten arvojen suuruuksilla ei ole väliä muuten kuin vertailtaessa mittaajia toisiinsa. Hälyttävän suuria eroja mittaajien välille ei näiden kymmenen mittauskerän aikana syntynyt. Suurin ero on kuudennessa mittauskerässä suhteella A, jossa mittaja 1:n ja mittaja 3:n mittauksen erotus on 2,2 %. Tämäkin erotus on toleranssiluokan 1 sisällä.

Mittauskerästä 1-6 löytyy trendi, jossa suurimmasta osasta mittauksista mittaja 1 on saanut hiukan korkeammat arvot kuin muut mittajat. Syy tähän tajuttiin mittauskerä kuuden aikana. Mittaja 1 piti päätään hiukan korkeammalla katsoessaan neulan ja pinnan välistä osumakohtaa suurennuslasilla. Tämä aiheutti sen, että korkeammalta katsottaessa neula näyttää osuvan pintaan, vaikka todellisuudessa pinnan tasosta tarkasteltuna neula onkin vielä hiukan irti mitattavasta pinnasta. Tämä on aiheuttanut kuuteen ensimmäiseen erään systemaattista virhettä. Systemaattinen virhe arvioitiin olevan noin prosentin luokkaa. Seitsemännessä mittauskerästä eteenpäin vaihdettiin mittaustekniikka hiukan, ja neulan osuma kohta katsottiin tarkemmin pinnan tasosta. Tuloksista

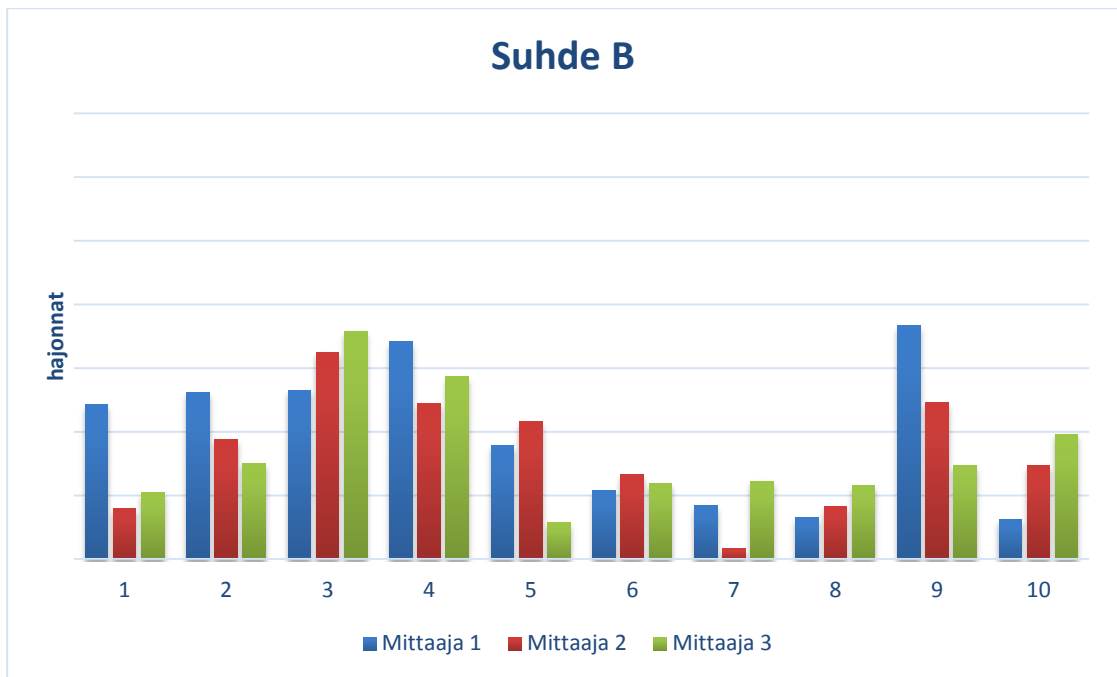
huomataan, että trendi on poistunut, ja mittaja 1:n mittaukset ovat samalla tasolla muiden mittaajien kanssa ja ne vaihtelevat normaalisti.

6.1.1 Keskihajonta

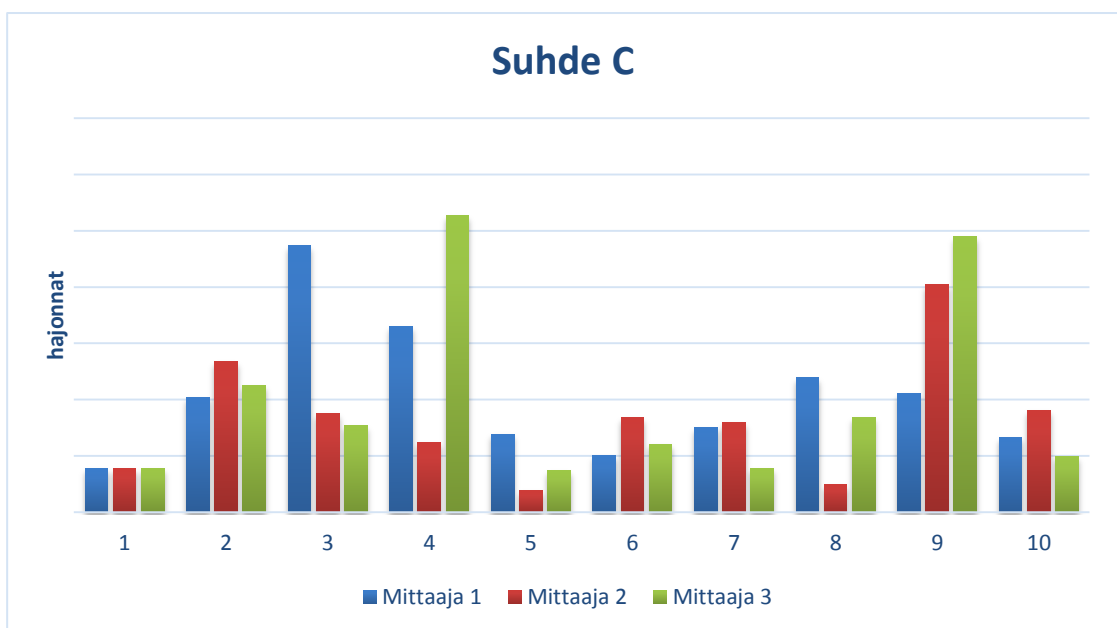
Toinen mittaajien välistä eroa kartoittava asia oli keskihajonnat. Jokaisesta näyteasti-asta mitattiin neljä mittausta. Näistä neljästä tuloksesta laskettiin keskihajonta. Seuraavissa kuvissa 9,10 ja 11 on taulukoituna penetraatiosuhdekohtaiset keskihajonnat eri mittaajille.



KUVA 9. Keskihajonnat suhteella A



KUVA 10. Keskihajonnat suhteella B



KUVA 11. Keskihajonnat suhteella C

Kuvista huomataan, että hajonnat ovat pääasiassa hyvin pienet ja tasaiset. Puhutaan pääasiassa alle 1 % hajonnoista. Voidaan siis todeta mittaajien osanseen asiansa, sillä tulokset olivat pääasiassa hyvin tarkkoja pienellä hajonnalla. Korkeampia hajontoja esiintyy mittauserissä 3,4 ja 9. Näitä erinä mitattaessa huomattiin heti, että näytteen pinnalla oli viivoja ja epätasaisesta sekoittumisesta johtuvia saarekkeitä. Neljännen mittauserän jälkeen pidensimme aineen valutusaikaa ennen näytteen kuppiin ottamis-

ta. Pidemmän valutuksen avulla saatiin oikea sekoitussuhde varmemmin käyttöön. Tämän avulla saimme näytteistä tasalaatuisia ja hajonnat tasaantuivat. Poikkeuksena näistä oli mittauseriä 9, joka tuntemattomasta syystä aiheutti pientä poikkeamaa mitattuihin arvoihin.

Mittaajien välille ei muodostunut merkittävää eroa. Hajonnat vaihtelivat tasaisesti erästä ja sekoitussuhteesta riippuen. Huomioitavaa on, että suhteella B näyttää olevan selvästi tasaisimmat hajonnat. Aine-erissä 3,4 ja 9 suuremmat keskihajonnan heitot puuttuvat suhteella B, ja sen kaikki mitatut keskihajonnan arvot jäävät alle 1,5% eli hyvin pieniksi.

6.1.2 Menetelmän arviointi

Mittausmenetelmän hyviä puolia on ehdottomasti sen tarkkuus ja luotettavuus. Luotettavuus onkin Mölnlycken prioriteettilistalla ykkösenä, sillä virheitä vältetään viimeiseen asti, kun puhutaan hygienia tuotteista. Laajasta otannasta huolimatta mitaajien välille ei syntynyt suuria heittoja, suurimman heiton ollessa 2,2 %. Tämä on hyvä, koska toleranssiluokka ykkösen raja on 3,5 %, eikä sen pitäisi ainakaan ylittyä pelkästään mitaajasta johtuvan virheen vuoksi.

Muita positiivisia asioita on, että mittausmenetelmä on räätälöity juuri tällaista mitaamista varten. Mittalaitteen kalibrointi ja huolto ovat säännölliset, mikä ehkäisee mittalaitteesta johtuvia virheitä. Laitteella on riittävä valaistus ja suurennuslasi helpottamassa karan asettamista oikealle kohdalle.

Negatiivisena asiana mainittakoon karan oikealle kohdalle asettamisessa tapahtunut virhe. Työohjeeseen voisi tarkentaa, että karaa asetettaessa tulee silmien olla mahdollisimman lähellä näytteen pinnan tasoa. Virhettä on sinänsä vaikea havaita sillä mitaaja luulee tekevänsä kaiken oikein asettaessaan karan näytteen pintaan. Virheen aiheuttaa pinnan tason ja silmän akselin välinen kulma.

Toisena huonona puolena aine-erien mittauksessa oli, että joissakin erissä hajonnat nousivat hiukan muita eriä korkeammaksi. Ongelmaan on vaikea päästä käsiksi, sillä syytä hajontojen kasvuun ei aina tiedetä. Juurisyöt voivat hyvinkin olla kemiallisen koostumuksen tasolla, joten niihin on vaikea puuttua. On vain hyväksyttävä, että mi-

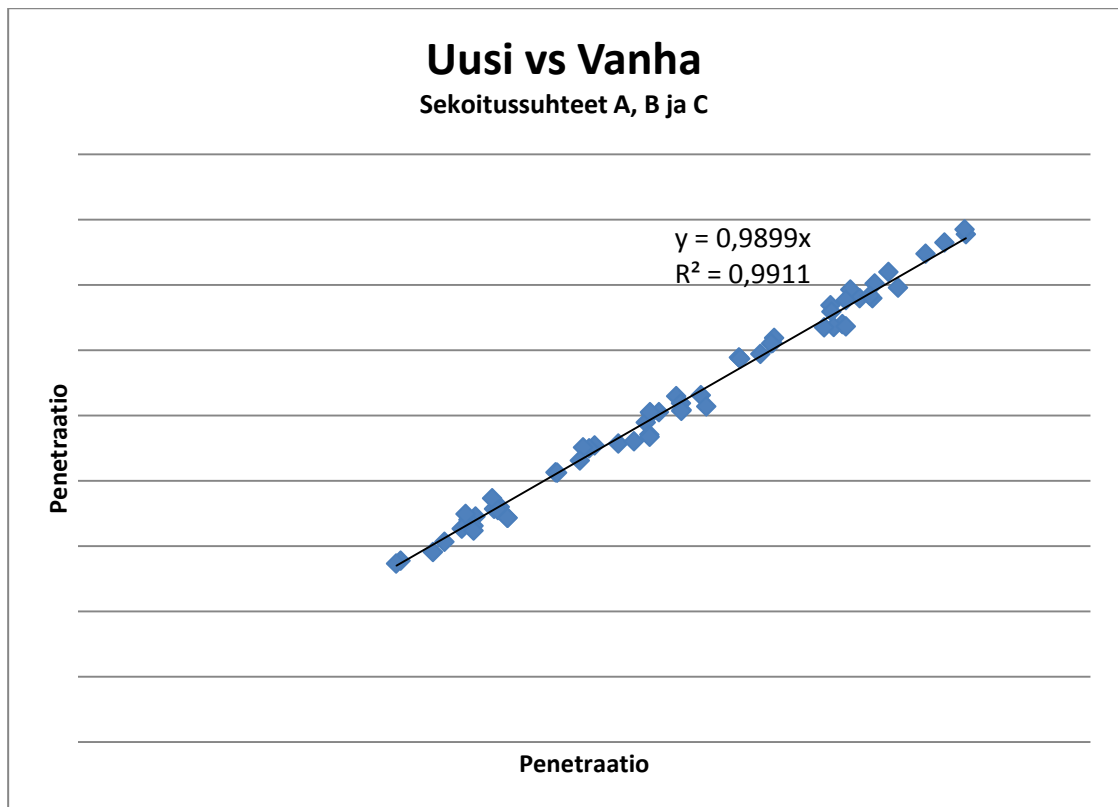
tattava aine ei ole aina homogeeninen, ja että heittelyä koostumuksessa esiintyy jopa näyteastian sisällä. Hyvä puoli asiassa on, että vaikka näytteessä on koostumusvaihtelua, niin mittauksia samasta astiasta tehdään neljä kappaletta ja näin keskiarvosta saadaan luotettava. Tästä asiasta hyvänä esimerkkinä toimii mittauseri 9, jossa kaikkien kolmen mittaajan keskiarvot ovat hyvin lähekkäin jokaisella sekoitusasteella, vaikka mittauksissa esiintyikin poikkeuksellista enemmän hajontaa.

6.2 Uusi mittausmenetelmä

Työn toisessa osassa tutkittiin kone 2:lla suoritettua mittausmenetelmän hyviä ja huonoja puolia. Haluttiin selvittää, onko menetelmä mahdollinen ottaa tuotannolliseen käyttöön. Arvioitiin menetelmän luotettavuutta, hintaa sekä riskejä. Reunaehtona kone 2:lla suoritettavaan mittaukseen on se, että kone 1:llä on oltava vuorossa aina vähintään kaksi koneenkäyttäjää. Ilman kahta koneenkäyttäjää näytteen otto etukäteen on mahdotonta toteuttaa.

Tulosten osalta uutta menetelmää verrattiin nykyisellä menetelmällä mitattuihin tuloksiin. Molempien menetelmien tulokset mitattiin samalla penetrometrillä, jotta mittauslaite ei aiheuttaisi heittoa tuloksiin. Selvitettiin, kuinka paljon mittaustulokset vaihtelevat uuden ja nykyisen menetelmän kesken. Vaihtelu johtuu siitä, että mittausnäytteet on otettu eri koneilla, molemmilla koneilla on omat kalibroitukertoimet pumpeille ja virtausmittareille. Tämä aiheuttaa heittoa tuloksia vertailtaessa. Tulokset pätevät siis vain näillä kalibroitukertoimilla. Jos koneiden kalibroitukertoimia joudutaan muuttamaan, täytyy tehdä tarkastusmittauksia ja selvittää, miten mittaustulokset muuttuvat.

Koneiden välistä eroa tarkasteltiin sekä laskemalla erotus uuden ja vanhan mittausmenetelmän tuloksen välille että jakamalla vanhalla menetelmällä mitattu arvo uudella menetelmällä mitatulla arvolla, jolloin saatiin ns. korjauskerroin. Korjauskerroin otetaan mahdollisesti käyttöön, jos mittaustulosten välinen ero on merkittävä ja mittaustulosten suhde pysyy suunnilleen vakiona. Menetelmien välinen korrelaatio varmistettiin taulukoimalla arvot ja mallintamalla niistä regressiosuoran. Kuvasta 12 näkyy uuden ja vanhan menetelmän mittaustulosten vertailun korrelaatiokerroin sekä suoran kulmakerroin.

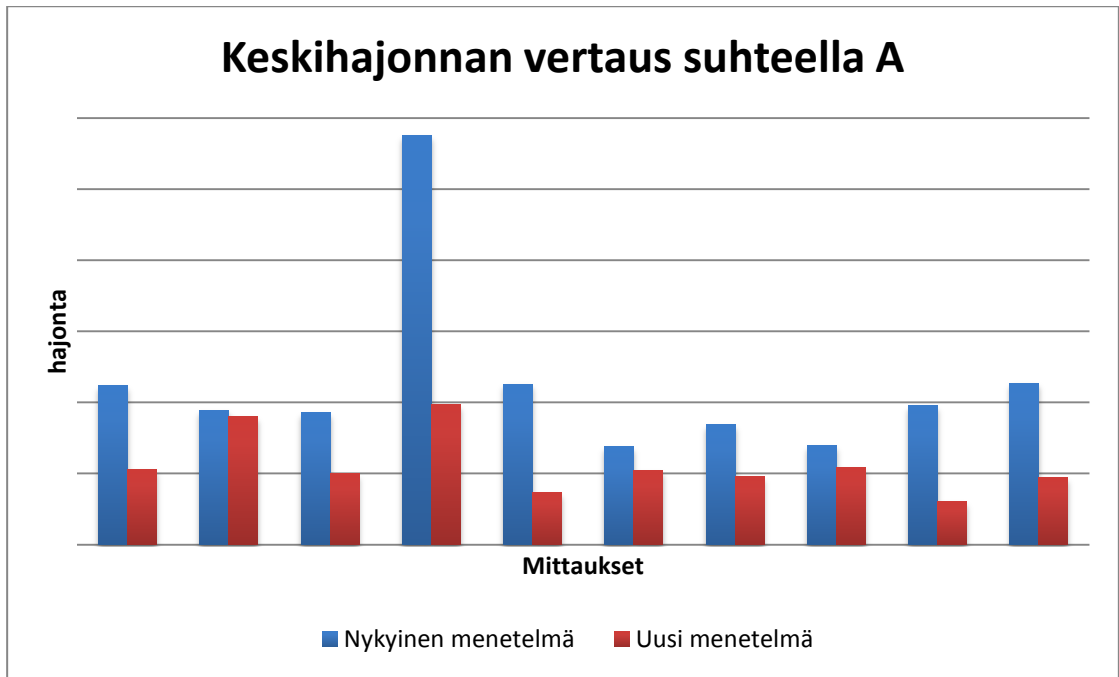


KUVA 12. Regressiosuora

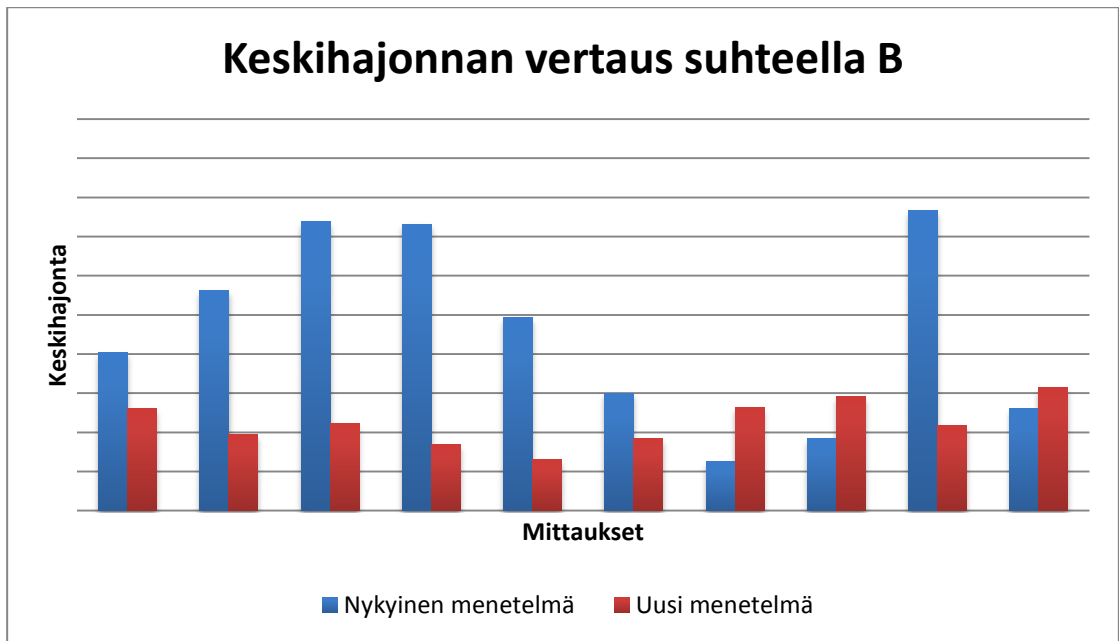
Taulukosta nähdään selvästi, että tutkittavien arvojen välillä on suuri lineaarinen riippuvuus. Tämä antaa vahvan signaalin siihen suuntaan, että uutta menetelmää voisi käyttää vanhan menetelmän sijasta tai yhdessä sen kanssa.

6.2.1 Uuden menetelmän keskihajonta

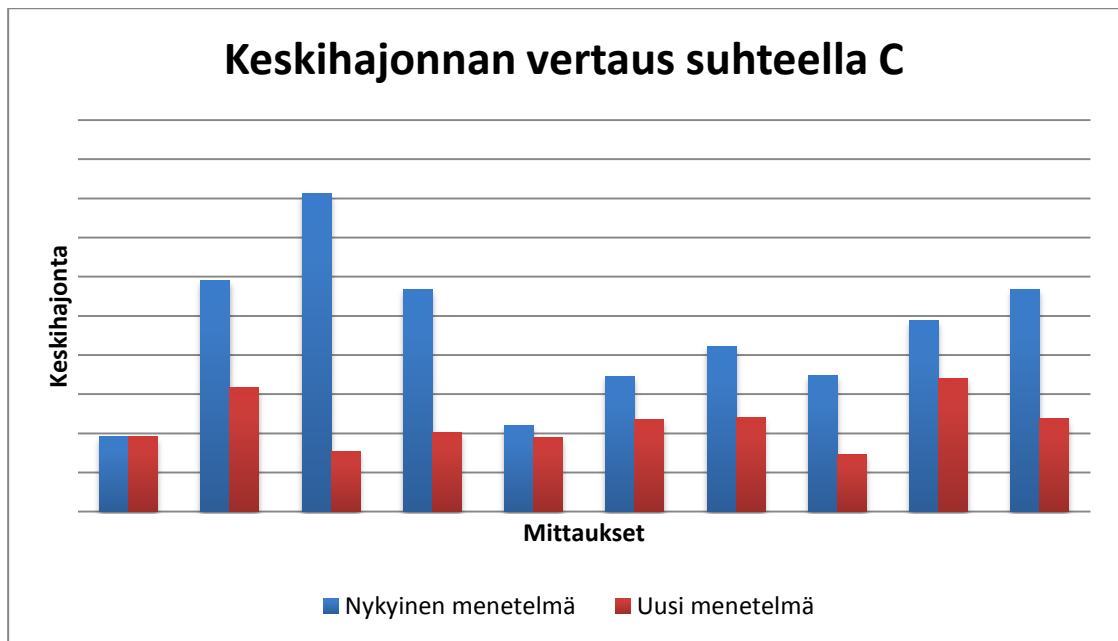
Luotettavuuden kannalta uusi menetelmä oli lupaava. Arvot pysyivät tasaisina ja suhteessa samana verrattuna nykyiseen menetelmään. Hajonnat olivat uudessa menetelmässä selvästi pienemmät kuin nykyisessä menetelmässä. Tämä johtuu erilaisesta sekoittajasta, joka sekoittaa komponentit paremmin toisiinsa. Kuvissa 13, 14 ja 15 on vertailtu nykyisen ja uuden menetelmän keskihajontoja.



KUVA 13. Keskihajontojen vertailu suhteella A



KUVA 14. Keskihajontojen vertailu suhteella B



KUVA 15. Keskihajontojen vertailu suhteella C

Kuvista nähdään, että kone 2:lla määritetyt mittaustulokset ovat hajonnoiltaan selvästi pienemmät kuin kone 1:llä määritetyt. Syy on siinä, että kone 2:lla käytetään dynaamista mikseriä. Tämä johtaa aineen parempaan sekoittumiseen ja homogeenisempaan rakenteeseen. Kone 2:n hajontojen arvot ovat kaikki alle 0,7 %, eli puhutaan jo todella tarkoista mittaustuloksista.

Luotettavuutta heikentävä mittaustulos tuli mittauserässä 8. Kone 1:llä oli käynnissä erän vaihto, ja näytteet kone 2:lle otettiin normaalisti Kone 1:n välisäiliöistä. Kone 2:lla mitatut tulokset kuitenkin poikkesivat hiukan muista mittaustuloksista. Epäiltiin, että mahdollisesti välisäiliöissä on ollut sekoittuneena hiukan myös vanhaa erää. Todettiin, että ongelma on merkittävä. Ongelma kuitenkin poistuu, koska tarkoituksena on, että näytteet otetaan jatkossa etukäteen suoraan astiasta eikä välisäiliöistä niin kuin nyt. Lisäksi näytteen ottoon tulee kertakäyttöinen pussi, joka vaihdetaan joka näytteenoton jälkeen, näin estetään erien sekoittuminen toisiinsa.

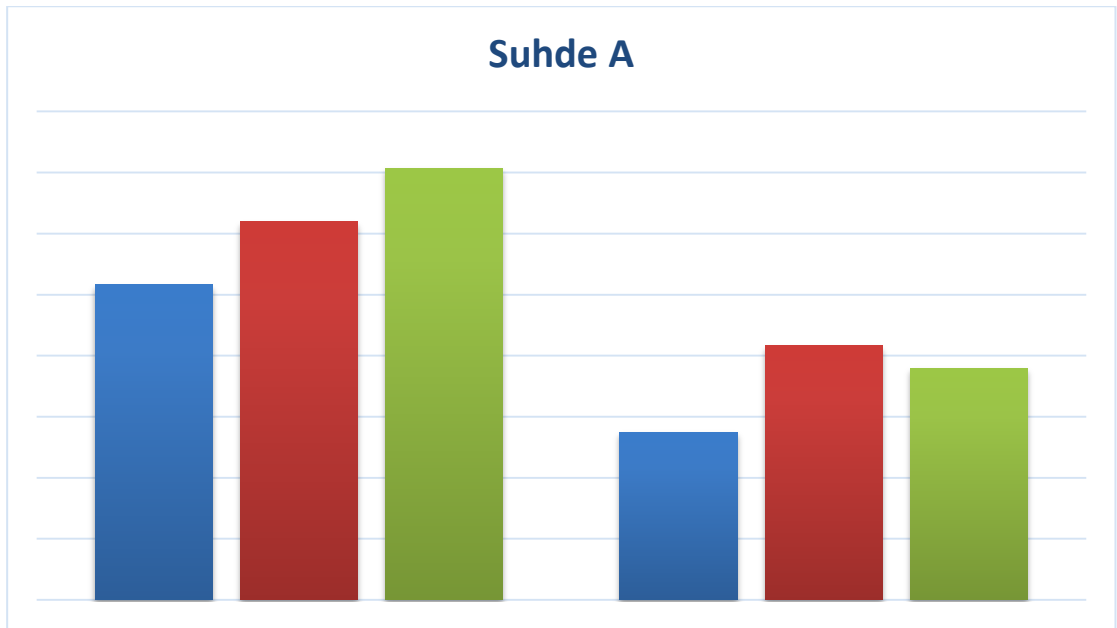
6.2.2 Materiaalikulutus

Mitattaessa aineen kulutusta kone 1:ltä, kulutuksen todettiin olevan samalla tasolla kuin kone 2:lta otettaessa. Uuden menetelmän käyttö ei siis aiheuta aineen kulutuksen lisäämistä.

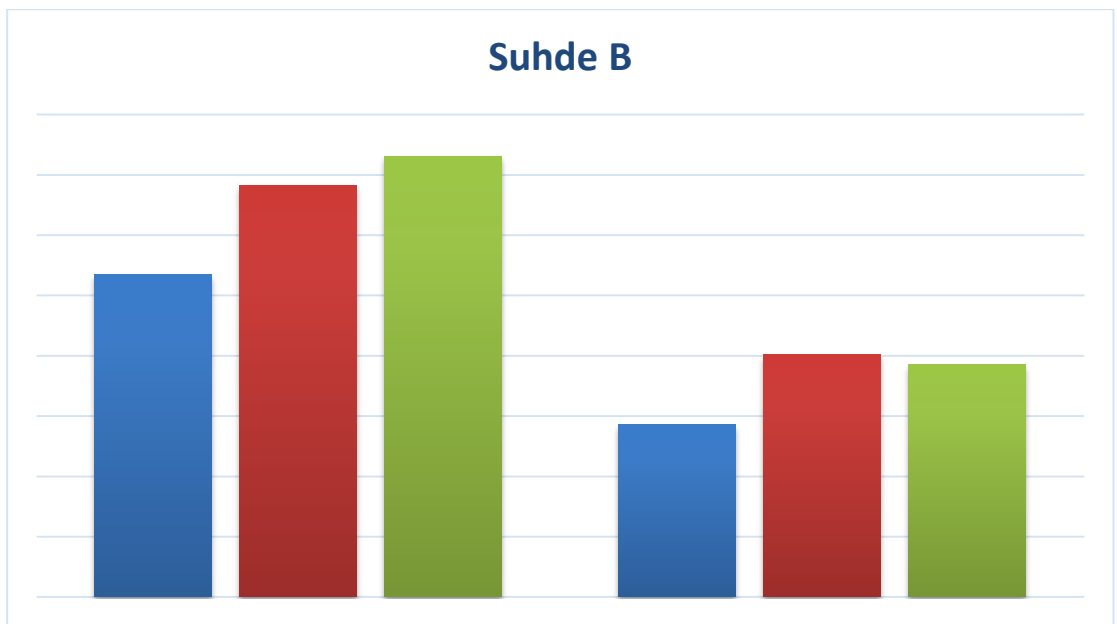
Näytteenotossa käytettävät sekoittajat eroavat toisistaan. Kone 2:lla on käytössä dynaaminen mikseri, kun taas kone 1:llä on tavallinen sekoittaja. Dynaaminen mikseri maksaa noin kymmenen kertaa enemmän kuin kone 1:llä käytettävä sekoittaja. Toisaalta dynaamisella mikserillä saatiin pienemmän hajonnan mittaustuloksia. Mietittiin myös, onko pienemmän hajonnan saavuttamisella mitään hyötyä vai olisivatko tavallisella mikserillä saatavat tulokset riittävän tarkkoja. Ylilaadun tekemisestä ei kannata maksaa ylimääräistä.

Dynaaminen mikseri ei myöskään ollut täysin ongelmaton, vaan pyöriessään dynaaminen mikseri synnyttää suuren määrän ilmaa näytteeseen. Tämä ei ollut sinänsä ongelma, koska ilma poistetaan näytteistä alipaineen avulla. Vaikeuksia se kuitenkin aiheutti, koska ilmaa oli niin paljon, että aine meinasi ryöpsähtää ulos näyteastiasta, kun ne laitettiin alipaineeseen. Tämän pystyi kuitenkin välttämään melko helposti laittamalla alipaineen aina hetkeksi päälle ja pois, kunnes pahimmat ilmat oli saatu näytteistä ulos. Tämä ilman poisto kuitenkin aiheuttaa työntekijälle noin viiden minuutin lisätyön joka kerta.

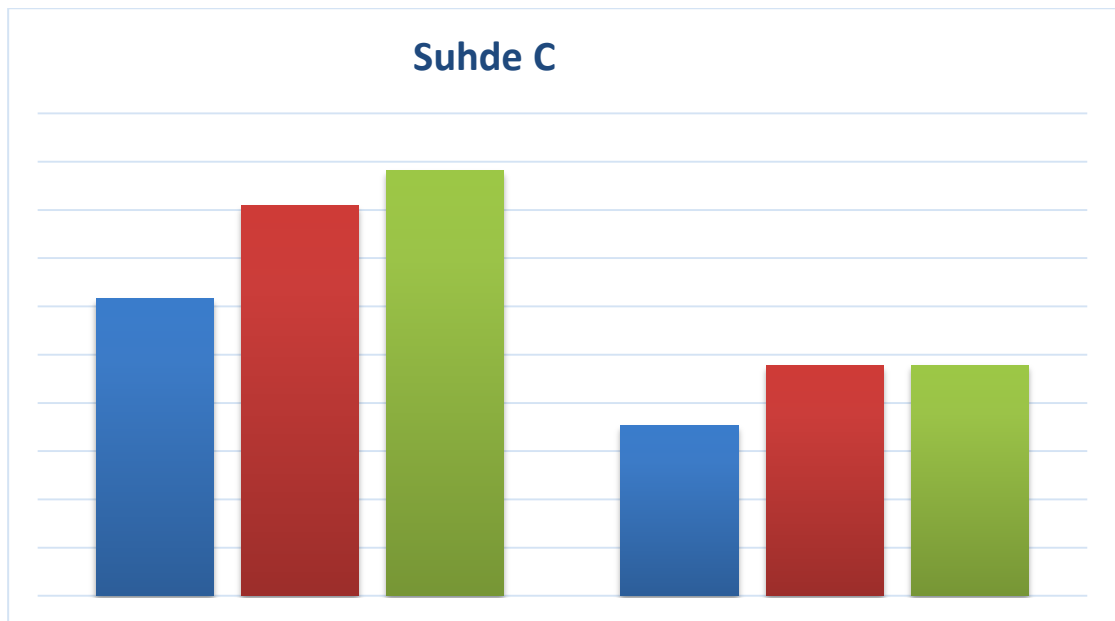
Korkeamman hinnan ja ilmaongelman vuoksi mietittiin vaihtoehtoista ratkaisua ja keksittiin ratkaisuksi adapteri, jolla saadaan Kone 2:lle käyttöön tavallinen sekoittaja. Tällä pienellä sekoittajalla ei ehditty mitata kuin kolmesta näyte-erästä, joista yksi oli erä 8, joka epäonnistui hiukan erän vaihdon takia. Pienen sekoittajan käyttöönottoa varten täytyy vielä tehdä testimittauksia muutamasta erästä. Kuvissa 16, 17 ja 18 on esitetty kahden viimeisen mittauserän tulokset. Kuvista nähdään, kuinka pienen mikserin mittaukset ovat suhteessa kone 2:n mittauksiin ja dynaamisella mikserillä tehtyihin mittauksiin.



KUVA 16. Kaksi viimeistä erää suhteella A



KUVA 17. Kaksi viimeistä erää suhteella B



KUVA 18. Kaksi viimeistä erää suhteella C

Näistä kahdesta erästä nähdään, että kone 2:lla otetut näytteet eivät eroa toisistaan juurikaan. Pieni heitto, joka näytteiden välille syntyy, johtuu todennäköisesti pumpauspaine-erosta, mikä aiheutuu, kun käytetään erilaisia mikseriä. Pientä mikseriä verrattaessa kone 1:n mikseriin huomataan, että arvot ovat mittauksessa 9 noin 2,5 % suuremmat ja mittauksessa 10 noin 1,5 % suuremmat.

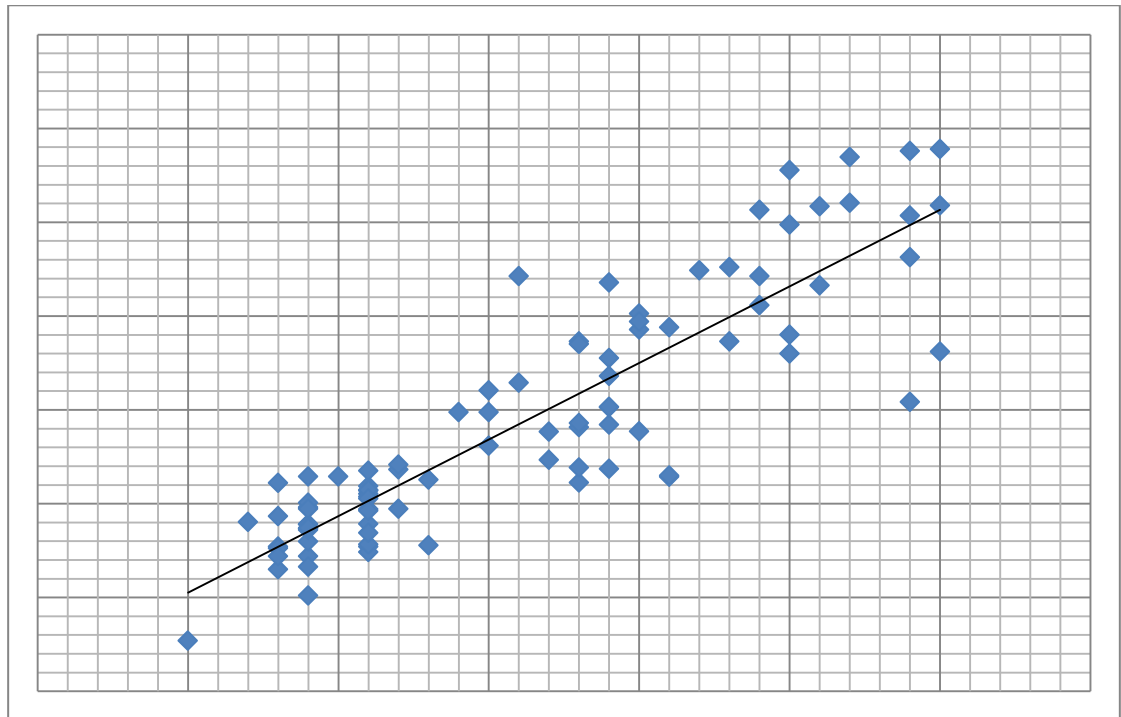
6.2.3 Säästöt

Hinnan puolesta kone 2:lla mitattaessa tulee pitkässä juoksussa säästöjä. Kustannukset muodostuvat: Alkuinvestoinnista laitteisiin, henkilöstön koulutuksesta ja työohjeiden laatimisesta. Säästö perustuu siihen, että kone 2:lla mitattaessa on tarkoitus välttää erän vaihdon yhteydessä menetettävää aikaa ottamalla ja mittaamalla näytteet uudesta erästä etukäteen. Vuositasolla säästöt olisivat merkittävät. Säästöjen avulla alkuinvestoinnit ja muut menetelmän aloituskulut kuitataan hyvin nopeasti.

6.3 Penetraatio laatutodistuksen perusteella

Laatutodistuksen perusteella penetraation arviointi olisi toimiessaan kaikista helpoin, ja sillä saavutettaisiin suurimmat säästöt. Tätä tutkittavaa menetelmää varten saatiin tietoa aineen valmistajalta. He mittaavat aineelle penetraation ja ilmoittavat sen laatutodistuksessaan. Tarkoituksena oli kerätä aineisto valmistajan ilmoittamista arvoista ja

Mölnlyckellä mitatuista vastaavista arvoista (Kone 1:n penetrometrillä mitatut). Keräsin Excelliin aineiston 60 eri aine-erästä ja vertasin näitä arvoja Mölnlyckellä mitattuihin arvoihin. Nämä arvot on kuvattu kuvassa 19. X-akselilla on eri mitta-asteikko kuin Y-akselilla.



KUVA 19. Aineen mittaustulosten regressiokäyrä

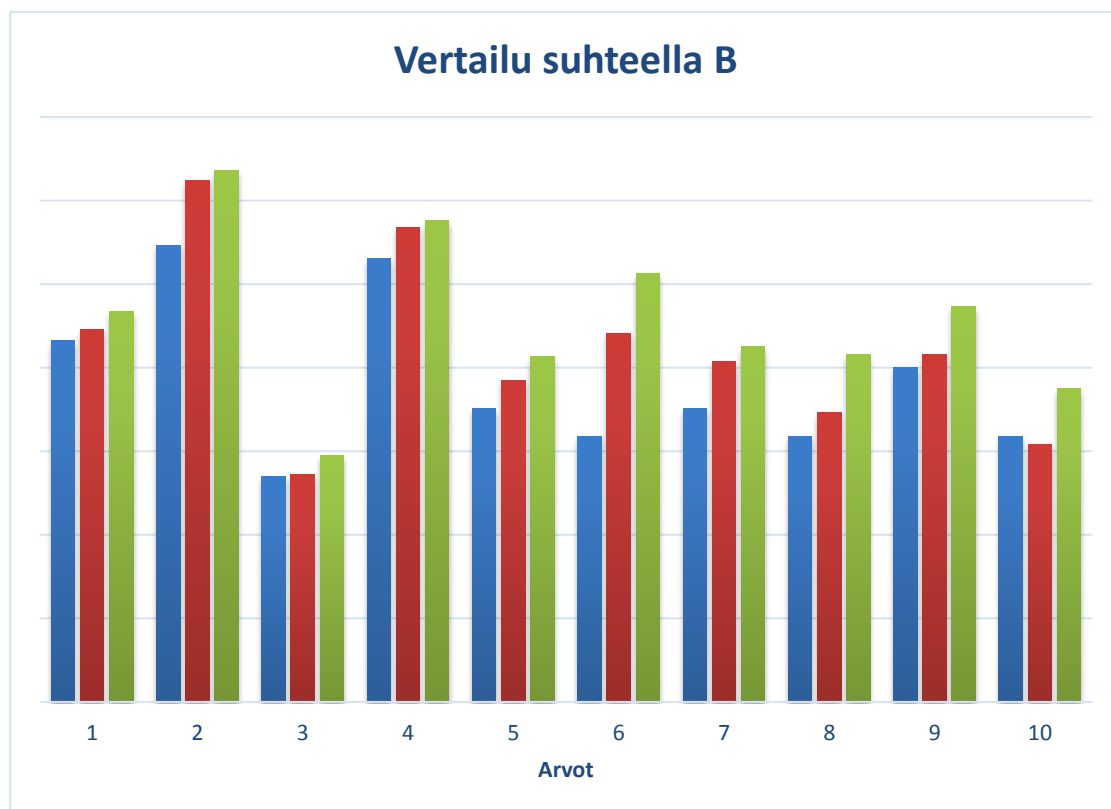
Kuvasta nähdään selvästi, että mitattujen ja valmistajalta saatujen arvojen välillä on lineaarista riippuvuutta. Korrelaatiokerroin on vain 0,7842. Tämä viittaa siihen, että uusi menetelmä ei välttämättä ole riittävän tarkka ennustamaan penetraatiota. Suoran yhtälöksi saatiin kaava 2.

$$y=0,0816x + 3,0047 \quad (2)$$

Syöttämällä kaavaan 1 x:n paikalle ennusteen arvo saadaan mallin ennustama penetraatio. Pää tarkoituksena oli selvittää, voidaanko valmistaa riittävän luotettava malli, josta pystyttäisiin päättelemään valmistajan ilmoittaman arvon perusteella haluttu kovuusarvo.

6.3.1 Penetraation ennustus

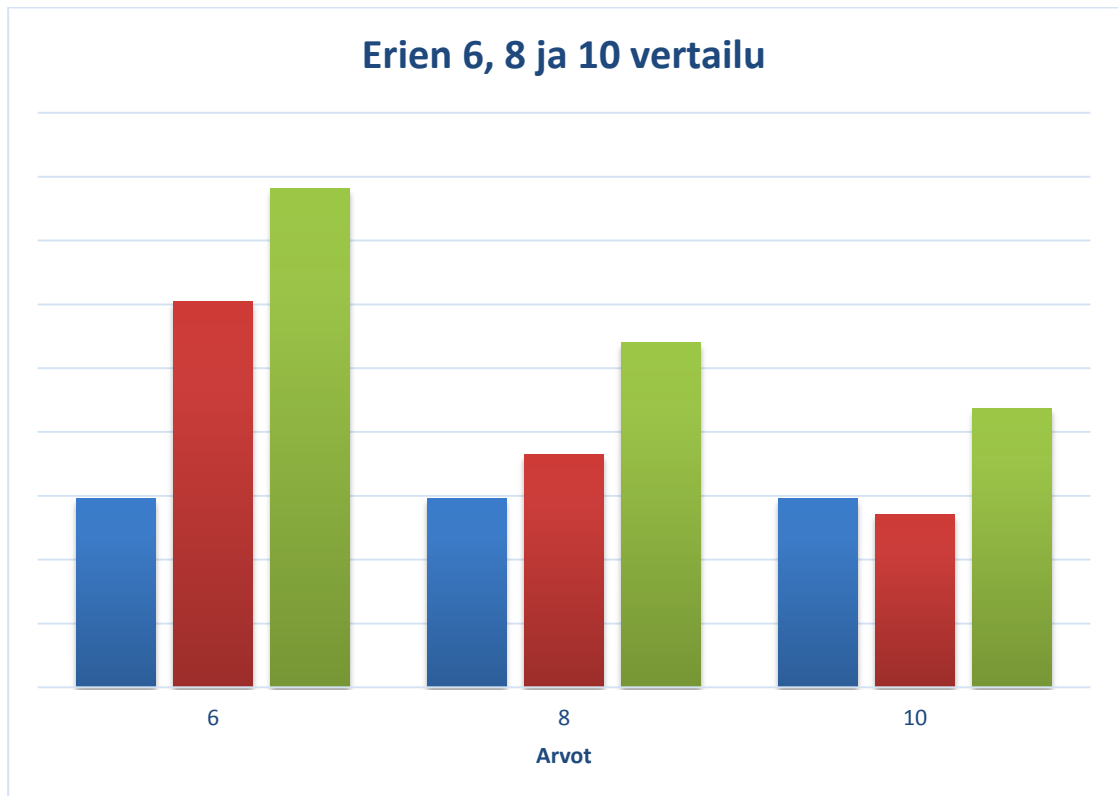
Mallin toimivuutta testattiin käytännössä näiden kymmenen erän aikana, jona mittauksia suoritettiin. Kuvassa 20 on esitetty regressioennusteen vertailu Kone 1:llä ja kone 2:lla mitattujen tuloksien keskiarvoihin.



KUVA 20. Regressioennusteen vertailu mitattuihin arvoihin

Tuloksia vertailtaessa nähtiin, että ennusteen ja mitatun arvon väli vaihtelee suuresti. Pahimmillaan ero on mittauserässä 6, jossa ennuste antaa 4,5 % pienemmän arvon kuin mitattu arvo, kun taas mittauserä 10 ennuste antaa 0,5 % suuremman arvon kuin kone 1:llä mitattu. Tästä voidaan päätellä, että jo kymmenen erän kohdalla ennusteen ja todellisen arvon välille tulee liian suuria heittoa. Heitot menevät toleranssiraja ykkösen ylitse, ja tämä aiheuttaisi koneella korjaavia toimenpiteitä, mikä puolestaan veittäisi kaiken hyödyn, mitä ennusteella säästettäisiin.

Kuvassa 21 on vertailtu kolmen erän ennusteita. Näille kaikille on yhteistä se, että valmistaja on mitannut jokaiselle saman penetraation arvon.



KUVA 21. Mittauserien 6, 8 ja 10 vertailu

Kuvasta 21 nähdään, että erien välillä on suurta vaihtelua, vaikka valmistaja onkin mitannut kaikille näille erille saman penetraation. Tämän taulukon perusteella voidaan helposti todeta, että regressiomallissa on liikaa vaihtelua eikä se sovi tuotannolliseen käyttöön. Mahdollinen syy arvojen heittelyyn voi löytyä jo aineen molekyyalitasolta. Aineen kovuuteen vaikuttaa herkästi kahden komponentin molekyyalitasolla muuttuvat asiat. Lisäksi aineen valmistajalla voi olla erilaiset näytteenotto- ja mittaustavat.

6.3.2 Säästöt ja riskit

Mahdolliset säästöt jätettiin laskematta, sillä menetelmä on liian epävarma tuotannolliseen käyttöön. Säästöt olisivat olleet samalla tasolla kuin kone 2:lla etukäteen mitattaessa saavutettavat. Yksi mahdollisista riskeistä menetelmän käyttöön on se, että yksi mittauksista eli raaka-aineiden valmistajan mittaus ei ole Mölnlycken valvonnan alaisuudessa. Valmistaja on kyllä luotettava, mutta mahdollisia muutoksia esimerkiksi heidän laitteen kalibroinnissa, ei voida kontrolloida. Ne voisivat vaikuttaa tuloksiin ja sitä kautta vääristää ennustetta.

7 MENETELMIEN YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä työssä ei mittaushenkilöiden välillä havaittu merkittäviä eroja. Tämä on tietysti hyvä, koska mittausmenetelmän tuleekin olla niin yksinkertainen, että jokainen pystyy sillä tarkasti mittaamaan. Mittaajan silmien aseman vaikutus tulokseen suhteessa mitattavaan pintaan on mielestäni hyvä ottaa jatkossa huomioon, koska se tulosten perusteella aiheuttaa mittaajien välillä mittaustulosten heittelyä. Hyvin tärkeää on myös tiedostaa, että mitattava aine on hyvin epähomogeenista ja siitä syystä mittauksissa voi syntyä eroja jopa saman erän sisällä.

Sen menetelmän käyttöön ottoa, jossa näytteet otettaisiin etukäteen kone 2:lla ja mitattaisiin kone 1:n penetrometrillä, voidaan tulosten perusteella suositella. Menetelmällä pystytään säästämään ajoaikaa mittaamalla näytteet etukäteen. Säästöt ovat vuositasolakin jo merkittävät.

Uuden koneen käytön oppiminen ei ole ylivoimainen tehtävä. Näytteen ottaminen on lopulta nopea tehdä, ja se kestää vain noin 30 minuuttia. Nykyisellä välineistöllä on vielä estetty komponenttien mahdollinen sekaantuminen laittamalla letkuihin omanlaisensa liittimet.

Ennen uuden menetelmän käyttöön ottoa tulee vielä miettiä seuraavia seikkoja, joita ovat sekoittajan valinta, työohjeen laadinta, koulutus, reseptin laadinta kone 2:lle ja uuden näytteenottokärryn tilaus.

8 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli arvioida sekä nykyisen menetelmän toimivuutta aineen kovuuden mittauksessa että tutkia kahden vaihtoehtoisen menetelmän toimivuutta aineen kovuuden selvityksessä. Nykyistä menetelmää arvioitiin tutkimalla mittaajakohtaista vaihtelua mittauksissa. Uusien menetelmien osalta selvitettiin huonoja ja hyviä puolia. Testattaessa ilmenneitä asioita tarkasteltiin ja arvioitiin mahdollisuuksia ottaa menetelmiä tuotannolliseen käyttöön.

Työhön oli helppo lähteä, sillä nykyinen menetelmä oli itselleni tuttu ja olin suorittanut mittauksia jo aikaisemmin kesätöissä ollessani. Molemmat uudet menetelmät oli jo keksitty ja minun tehtäväkseni jäi selvittää näiden menetelmien toimivuutta. Perehtyminen regressioanalyysiin ja tilastointiin auttoi toisen uuden menetelmän tutkimisessa ja ensimmäistä menetelmää varten en joutunut opettelemaan kuin ainenäytteiden oton ja valmistuksen.

Kaikista kolmesta testauksen osasta saatiin onnistuneet tulokset, joiden perusteella pystyttiin tekemään päätelmät niiden toimivuudesta. Nykyisen menetelmän tarkkuudesta ja mittaajakohtaisesta vaihtelusta saatiin arvokasta tietoa. Nykyinen menetelmä on luotettava ja tarkka, eikä mittaajien välille syntynyt merkittäviä eroja.

Ensimmäinen uusista menetelmistä oli tulosten mukaan niin hyvä, että se voidaan ottaa tuotannolliseen käyttöön. Toinen uusista menetelmistä, jossa laatutodistuksen perusteella yritettiin arvioida oikeaa aineen kovuutta, antoi selvän tuloksen. Menetelmä oli liian epäluotettava tuotannolliseen käyttöön, joten se pystyttiin helposti sulkemaan pois tulosten perusteella. Vaikka menetelmä ei toiminut, oltiin tyytyväisiä selvään negatiiviseen tulokseen.

Työn tuloksista on Mölnlyckelle hyötyä. Tutkimuksen avulla saatiin mahdollinen uusi menetelmä, jonka käyttöön oton avulla saavutetaan merkittävää rahallista säästöä.

Aiheesta riittäisi mahdollisia jatkotutkimuksen kohteita runsaasti. Itseäni kiinnostaisi eniten tutkia ainetta tarkemmin. Olisi mielenkiintoista päästä käsiksi aineeseen aivan kemialliselta tasolta alkaen. Sitä kautta voisi päästä käsiksi tutkimuksessakin esiin nousseisiin tuntemattomiin syihin, jotka aiheuttavat heittelyä mittauksissa. Toinen mahdollinen jatkotutkimus voisi liittyä uuden menetelmän sisäänajoon. Uusia laitteita pitäisi testata ja uusi menetelmä olisi opettava nykyisille koneenkäyttäjille.

LÄHTEET

1. Mölnlycke Health Care Oy. Yrityksen www-sivut.
<http://www.molnlycke.com/> Päivitetty 25.2.2015. Luettu 25.2.2015
2. Kauppalehti. Kauppalehden www-sivut.
<http://www.kauppalehti.fi/5/i/yritykset/tulostiedote/tiedote.jsp?selected=kaikki&oid=20120701/13415030089760&liikevaihtoluokka=5&toimiala=&paikkakunta=/> Päivitetty 05.07.2012. Luettu 25.2.2015
3. Chanda Manas, Roy Salil K. Plastics technology handbook. Marcell Dekker Inc. 1998, 1195s.
4. Seppälä Jukka, Polymeeriteknologian perusteet. Otatieto Oy. 1997, 267s.
5. Kurri Veijo, Malen Timo, Sandell Risto, Virtanen Matti. Muovitekniikan perusteet. Hakapaino OY. 2002, 244s.
6. Opetuskalvo. Mölnlycke Health Care. PDF-dokumentti. Päivitetty 8.10.2013. Luettu 16.4.2015.
7. Uusitalo Hannu. Tiede, tutkimus ja tutkielma. WSOY.1991, 121s.
8. Aumala Olli. Mittaustekniikan perusteet. Yliopistokustannus/Otatieto. 1989, 223s.
9. Luentokalvo. Aalto-yliopisto. PDF-dokumentti. Päivitetty 24.11.2014. Luettu 25.2.2015.
10. Keinänen Toimi, Järvinen Masi. Mittaustekniikka. Sanoma Pro Oy, Helsinki. 2014, 182s.
11. Selin Seppo. Opetusmoniste. MAMK 2015, 13s.
12. Climatica. WWW-dokumentti. <http://climatica.org.uk/climate-science-information/uncertainty> . Päivitetty 2015. Luettu 4.3.2015
13. Pavement Interactive. WWW-dokumentti.
<http://www.pavementinteractive.org/article/penetration-test/> . Päivitetty 16.8.2007. Luettu 27.2.2015
14. Civil Engineering. WWW-dokumentti. <http://www.aboutcivil.org/to-perform-penetration-test-on%20Bitumen.html> . Ei päivitys tietoa. Luettu 27.2.2015
15. Nummenmaa Lauri. Käytätymistieteiden tilastolliset menetelmät. Tammi.2004, 400s.
16. Tilastokeskus. WWW-dokumentti.
<http://www.stat.fi/meta/kas/regressioanalyy.html> . Päivitetty 3.3.2015. Luettu 3.3.2015

17. Mellin Ilkka. WWW-dokumentti.

<http://math.aalto.fi/opetus/sovtoda/oppikirja/Regranal.pdf> . Päivitetty 2006.

Luettu 3.3.2015