

Ilmari Säilä

# Vartalonmyötäisen neulosvaatteen mitoittaminen vaatteen aiheuttaman paineen perusteella

Mia-Tuote Oy

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Vestonomi (AMK)

Vaatetusalan koulutusohjelma

Opinnäytetyö

18.4.2018

Tekijä(t) Otsikko  Sivumäärä Aika	Ilmari Säilä Vartalonmyötäisen neulosvaatteen mitoittaminen vaateen aiheuttaman paineen perusteella Mia-Tuote Oy  29 sivua + 1 liitettä 18.4.2018
Tutkinto	Vestonomi (AMK)
Koulutusohjelma	Vaatetusalan koulutusohjelma
Ohjaaja(t)	TaM Raija Mikkonen Toimitusjohtaja Mia Surakka, Mia-Tuote Oy
<p>Opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa ja edelleen kehittää menetelmiä vartalon myötäisen neulosvaatteen mitoittamiseksi, sekä soveltaa kehitettyjä menetelmiä yhteistyöyrityksen tarpeiden mukaisesti. Opinnäytetyössä keskitytään neulosmateriaalin jouston mittaamiseen ja mahdollisuuden käsitellä poistoa vaateen käyttäjälle aiheutuvan paineen perusteella.</p> <p>Opinnäytetyö on hankkeistettu, ja yhteistyöyrityksenä toimi Mia-Tuote Oy. Opinnäytetyön soveltava osuus perustui yhteistyöyrityksen mielenkiintoon jatkuvasti kehittää valmistamiensa asujen mittataulukoita ja vastata materiaalien käyttöön liittyviin haasteisiin. Yhteistyöyrityksen toimeksianto koski naisten ja tyttöjen asujen mitoittamista ja opinnäytetyö rajautui sen mukaisesti.</p> <p>Opinnäytetyön lähestymistapa on tutkimuksellinen ja käytetty tutkimusstrategia on sekä laadullinen että määrällinen. Tutkimuskirjallisuus koostuu pääasiassa tekstiiliteollisuuden kirjallisuudesta, tieteellisistä julkaisuista ja standardeista. Tutkimusaineisto koostuu asiantuntija-haastattelusta ja kokeellisista mittaustuloksista. Opinnäytetyössä esitellään tarvittavaa teoreettista sisältöä, johon merkittävimmin kuuluu materiaalien venytuskokeet, vaateen ja erityisesti neulosvaatteen kaavoitus ja mitoitus, sekä kompressiovaatteen mitoitus. Teoriaan pohjautuvia menetelmiä hyödynnetään tuotettaessa tietoa yhteistyöyritykselle käyttämiensä materiaalien joustosta ja toteutetaan voimistelijan asun mittataulukko eri väljyyksissä.</p> <p>Lopputuloksena yhteistyöyritykselle kehkeytyi sen käyttämiä materiaaleja vastaava voimistelijan asun mittataulukko ja tästä johdettu taulukko poiston osuuksista, sekä mittaustuloksiin perustuvaa tietoa materiaalien joustavuudesta. Lopputuloksena syntyi myös menetelmä määrittellä poisto, sen aiheuttaman paineen perusteella niin että määrittelyssä voi huomioida myös vaateen pituussuuntaisen poiston tai venytyksestä aiheutuva poikittaisen lyhenemän.</p>	
Avainsanat	mitoitus, neulosvaate, neulosmateriaali, paine

Author(s) Title	Ilmari Säilä Sizing Form Fitting Knitted Garment Based on Clothing Pressure Mia-Tuote Ltd.
Number of Pages Date	29 pages + 1 appendices 18 May 2018
Degree	Bachelor of Fashion and Clothing
Degree Programme	Fashion and Clothing
Instructor(s)	Mia Surakka, CEO at Mia-Tuote Ltd. Raija Mikkonen MA
<p>The aim of this thesis was to study and develop sizing methods for form fitting garments. Furthermore, the aim was to employ the developed methods to benefit of the cooperation company in accordance with its interests. The primary focus of this thesis is on deriving a stretch reduction factor for a garment by the pressure caused to the wearer by the garment.</p> <p>This thesis is commissioned by and carried out in accordance with Mia-Tuote Ltd. The basis for the cooperation was the company's continuous interest in developing and improving their products, including the products' sizing and the use of materials. Application of the theoretical information was aimed towards fulfilling the demands of the cooperation company. The commission comprised of the production of a sizing chart for gymnast's body suit and measurement data on certain materials' stretch. As the commission only regarded sizing of women's and girls' bodysuits, the focus on the practical aspects in this thesis is on women's garments.</p> <p>This thesis' approach towards the subject was a theoretical study and the research method utilized was both qualitative and quantitative. The cited research literature consisted mostly of literature in the textile industry, research papers and standards. The research material was gathered from the expert interview and a stretch test on knit materials. The thesis starts of by reviewing theoretical aspects related to the subject which encompasses material stretch tests, garment flat pattern making and sizing, especially regarding knit garments, and sizing methods used for compression garments. In addition to reviewing, some methods were derived enabling the application of the theoretical information in a practical manner.</p> <p>As the result of the commission a semi material-specific sizing chart for the gymnast's body suit and measurement data on the used materials' stretch was produced for the cooperation company. A secondary result was the discovery of a method for sizing a form fitting or skin-tight garment based on its clothing pressure in a manner that took lengthwise stretch reduction in account.</p>	
Keywords	sizing, knitted fabric, form fitting garment, clothing pressure

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Opinnäytetyön lähtökohdat	2
2.1	Mia-Tuote Oy	2
2.2	Työn rajaus ja tavoitteet	3
2.3	Toimeksianto ja yrityksen tarve	4
3	Materiaali osana mitoittamista	5
3.1	Neuloksen kyky mukautua venytykseen	5
3.2	Elastaani neuloksessa	6
3.3	Venytyksen lieveilmiöt	7
3.4	Neuloksen venytyskokeet	8
3.4.1	Ehdotettuja venytyskokeita	8
3.4.2	Poikittaissuuntainen lyheneminen	9
3.4.3	Opinnäytetyössä suoritettava venytyskoe	9
3.4.4	Mittaustulosten interpolointi	10
4	Neulosvaatteen mitoittaminen ja kaavoitus tasokaavana	11
4.1	Poisto neulosvaatteessa	12
4.2	Poiston määrittäminen	13
4.2.1	Poiston määrittäminen vaatteen aiheuttaman paineen perusteella	14
4.3	Pituussuuntainen poisto	15
4.4	Poistokertoimet	17
5	Vartalonmyötäisen vaatteen fyysinen ergonomia	17
6	Voimistelijan asun mitoittaminen	18
6.1	Kohderyhmä	18
6.2	Käytettävät materiaalit	19
6.3	Kokolajitelma ja tuotteen mitoittaminen	22
6.3.1	Tuotteen mitoittaminen	24
7	Pohdinta	26
	Lähteet	28

Liitteet

Liite 1. Voimistelijan asun mittataulukko

## 1 Johdanto

Opinnäytetyön tavoitteena on kartoittaa ja edelleen kehittää menetelmiä vartalon myötäisen neulosvaatteen mitoittamiseen sekä soveltaa kehitettyjä menetelmiä yhteistyöyrityksen Mia-Tuote Oy:n tarpeiden mukaisesti. Tarkoituksenmukaistamalla alan kirjallisuudessa esitettyjä menetelmiä, suunniteltiin materiaalin venytyskoe, joka oli riittävän tarkka ja yksinkertainen toteutukseltaan ja yhdistettiin tyypillisesti kompressiovaatteen mitoittamisessa käytettyjä menetelmiä menetelmiin, jotka sallivat vaatteen pituussuuntaisen poiston tekemisen. Tarkoituksenmukaisia menetelmiä hyödyntäen tuotettiin tietoa yhteistyöyritykselle sen käyttämien materiaalien joustosta ja toteutettiin voimistelijan asun mittataulukko eri poiston osuuksilla.

Vartalonmyötäinen neulosvaate on tyypillisesti käyttäjäänsä pienempi ja käytettävän materiaalin jousto korvaa tarpeen väljyydelle. Mitan, jonka materiaali joustaa voi ilmaista poikkeamana vartalon mitasta muun muassa pituuden yksikkönä tai prosenttiosuutena. Osassa vartalon myötäisten neulosvaatteiden kaavanpiirto-ohjeita käytetään kiinteää mittaa poiston aikaan saamiseksi, mikä voi olla ongelmallista, ellei piirrettävän kaavan tai mitoitettavan vaatteen mitat ole lähellä jotain tiettyä keskikokoja. Tähän tapaan viitataan opinnäytetyössä poiston perustamisella mittaan. Toinen yleinen lähestymistapa on määrittellä poisto prosenttiosuutena vartalon mitasta. Tämä tapa säilyttää materiaalilta vaadittavan jouston tietyn suuruisena, käyttäjän mitoista riippumatta. Tähän viitataan opinnäytetyössä poiston perustamisena osuuteen vartalon mitasta tai perustamisena materiaalin joustoon. Opinnäytetyössä kuitenkin perehdytään vielä kolmanteen mahdollisuuteen, joka on perustaa poisto sen aiheuttamaan paineeseen ja tähän viitataan poiston perustamisena paineeseen. Tämä tapa on tyypillinen kompressiovaatteiden mitoituksessa.

Kompressiovaatteiden voi käsittää olevan erikoistuneita joustavasta materiaalista valmistettuja vaatteita. Erikoistuminen liittyy vaatteen käyttötarkoitukseen, joka on painaa tai puristaa käyttäjäänsä, vaikuttaen tämän fysiologisiin toimintoihin. Jotta fysiologisiin toimintoihin voisi vaikuttaa halutulla tavalla, tarvittavan paineen on oltava tiedossa ja sen on toteuduttava vähintäänkin tyydyttävästi. Kompressiovaatteen poiston perusteena on-

kin käyttäjälle aiheutuva paine, minkä vuoksi samoja menetelmiä käytetään opinnäytetyössä. Erona on kuitenkin se, että opinnäytetyössä pyritään ennakoimaan lopputulosta eli vastaamaan kysymykseen kuinka paljon vaate painaa käyttäjäänsä, muttei varsinaisesti mitoittaa vaatetta joka puristaisi käyttäjää niin kuin kompressio vaatteiden on tarkoitus.

Poiston määrittely paineen perusteella vaatii käytettävän kankaan joustavuuden selvittämistä ja tietoja käyttäjän kolmiulotteisesta muodosta. Lisäksi, jotta voisi arvioida suosituksen vaatteiden aiheuttaman paineen, on perehdyttävä tämän vaikutuksiin käyttäjän fyysiseen mukavuuteen. Opinnäytetyön alkupuolella kartoitetaan neulosten ominaisuuksia, menetelmiä saada tietoa neuloksen joustavuudesta ja menetelmiä vaatteiden kaavoittamiseksi ja mitoittamiseksi. Materiaalin jouston arvioimiseen tai mittaamiseen ehdotettuja toimintatapoja vertaillaan keskenään ja suunnitellaan opinnäytetyön tarkoituksiin sopiva koe, jota hyödynnetään teoreettista tietoa sovellettaessa. Kaavoittamiseen perehtymällä selvennetään tasokaavan mukanaan tuomia rajoituksia, koska opinnäytetyö käsittelee vain näin valmistettavia vaatteita. Käsiteltävä mitoittamisen teoria pohjautuu neulosvaatteiden ja kompressiovaatteiden mitoittamisen teoriaan ja pyrkii hyödyntämään osa-alueita molemmista.

Lopputuloksena yhteistyöyritykselle kehkeytyi sen käyttämiä materiaaleja vastaava voimistelijan asun mittataulukko ja tästä johdettu taulukko poiston osuuksista, sekä mitaustuloksiin perustuvaa tietoa materiaalien joustavuudesta. Lopputuloksena syntyi myös menetelmä määrittellä poiston osuus vaatteelle, sen aiheuttaman paineen perusteella niin että määrittelyssä voi huomioida myös vaatteiden pituussuuntaisen poiston tai venytyksestä aiheutuva poikittaisen lyhenemän.

## **2 Opinnäytetyön lähtökohdat**

### **2.1 Mia-Tuote Oy**

Mia-Tuote Oy on tamperelainen, vuonna 1994 perustettu esiintymis- ja treeniasuja suunnitteleva ja valmistava yritys, jolla on huomattava 20 vuoden kokemus. Yritys tarjoaa asuja muun muassa tanssin, taitoluistelun ja voimistelun harrastajille ja ammattilaisille.

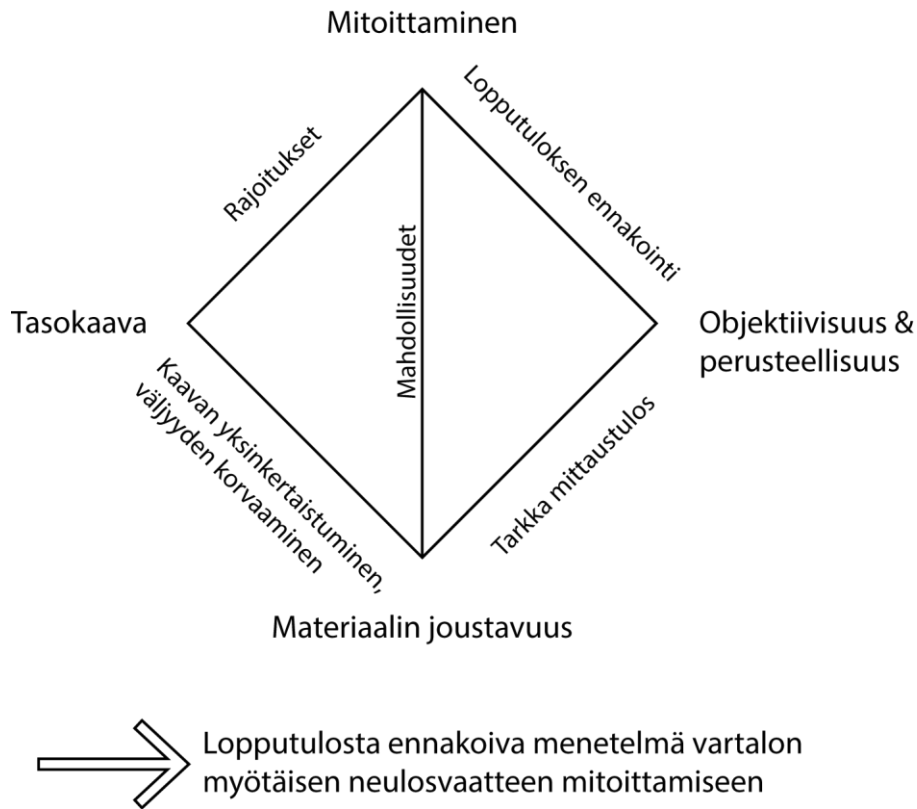
Tuotteiden laadun takeena on korkeatasoinen työnjälki, yrityksen työllistäessä neulosmateriaalien ompeluun erikoistuneita ompelijoita ja käyttämällä erittäin laadukkaita, tarkoituksen mukaisia teknisiä neuloksia. Asiantuntemuksella neulosmateriaaleista ja neulosvaatteen valmistuksesta yritys pystyy takaamaan asujen ulkonäöllisten seikkojen lisäksi kestävyuden ja käyttäjän mukavuuden. palveluna Mia-Tuote tarjoaa myös laajat mahdollisuudet asujen yksilöimiseen, sekä tarjoaa asiakkailleen ammattitaitoista apua esimerkiksi teeman mukaisten esiintymisasujen suunnittelussa. (Mia-Tuote Oy, 2018; Hakanperä 2018.)

## 2.2 Työn rajaus ja tavoitteet

Opinnäytetyö on rajattu koskemaan vartalon myötäisten neulosvaatteiden mitoittamista, korostaen vaatteiden poiston ja materiaalin merkitystä. Käsiteltävän mitoittamisen teorian avulla pyritään objektiivisuuteen ja työtapoihin, jotka ovat riippumattomia vaatteiden käyttäjän vartalonmitoista tai -muodoista. Teorian sovellus kuitenkin rajautuu opinnäytetyössä naisten ja tyttöjen tasokaavana kaavoitettavien asujen mitoittamiseen tietyn kokolajitelman mukaan.

Opinnäytetyössä kartoitetaan eri lähestymistapoja vartalonmyötäisen neulosvaatteen mitoittamiseen ja materiaalien jouston mittaamiseen. Tavoitteena on paremmin ymmärtää poiston vaikutus käyttäjään mitoittamisen näkökulmasta. Vaikutuksella tarkoitetaan vaatteiden käyttäjälleen aiheuttamaa paineen tunnetta ja joitain tähän liittyviä mukavuustekijöitä. Materiaalin jouston mittaamisella venytyskokeessa on tavoitteena tuottaa tietoa opinnäytetyön soveltavaa osuutta varten, mutta myös kehittää yksinkertainen laajemminkin hyödynnettävä menetelmä materiaalin jouston selvittämiseksi riittäväällä tarkkuudella.





Kuvio 1. Opinnäytetyön teoreettinen viitekehys

### 2.3 Toimeksianto ja yrityksen tarve

Asujen mitoitusmenetelmien toimivuuden tarkkailu ja mahdollinen parantaminen on eräs osa-alue yhteistyöyrityksen jatkuvaa työtä osana tuotekehitystä (Surakka 2018). Opinnäytetyössä tuotetaan tietoa yrityksen tarpeeseen, joka on selvittää yrityksen kahden yleisimmin käyttämän materiaalin joustavuus ja tuottaa voimistelijan asun mittataulukko, yleisimmin käytettyjen materiaalien jouston mukaisesti. Lisäksi toimeksiantoon sisältyi kriteeri, jonka mukaan mittataulukon tulee olla sellainen, että se huomioi molemmat käytettävät materiaalit tasapuolisesti. Toisin sanoen niin että samaa mitoitusta ja kaavaa on yhtä mielekästä käyttää, valmistettiin vaate kummasta materiaalista tahansa.

### 3 Materiaali osana mitoittamista

#### 3.1 Neuloksen kyky mukautua venytykseen

Neulosmateriaalien ominainen kyky venyä ja joustaa on keskeinen tekijä opinnäytetyössä. On tarpeellista myös tarkentaa venymän ja jouston ero. Venymä ja jousto erotetaan toisistaan seuraavasti: venymällä tarkoitetaan pituuden kasvua venytyksen alaisuudessa ja joustolla tarkoitetaan kykyä venyä ja venytyksen jälkeen palata täysin tai lähes alkuperäiseen mittaansa. Koskinen & Sillanpää-Suominen (1984) määritelmä joustosta on samanlainen, mutta venymän tai venymisen määritelmä poikkeaa: venymällä viitataan yksinomaan venytyksen neulokselle aiheuttamaan pysyvään vääristymään, joka esimerkiksi ilmenee vaatteessa pussituksena. Opinnäytetyössä kuitenkin venymällä viitataan materiaalin mittamuutokseen sen ollessa jännityksen alaisuudessa ja pysyvään vääristymiseen viitataan juuri pysyvänä vääristymisenä.

Neulokset muodostuvat toistensa läpi kulkevista lankalenkeistä, joita kutsutaan silmu-koiksi. Kudeneulos on mahdollista neuloa yhdellä langalla, kun taas loimineuloksessa neulotaan yhtä lankaa jokaista silmukkavakoa kohden. Kudeneuloksen rakenne vaatii lankaa kolmesta viiteen kertaan materiaalin pituusyksikköä kohden, on huomattavasti alttiimpi reagoimaan muun muassa venytykseen ja on näin joustavampi tai ainakin venyvämpi verrattuna kudottuun kankaaseen tai loimineulokseen. Loimineulokset ovat tyypillisesti vakaampia ja voivat muistuttaa ominaisuuksiltaan kudottuja kankaita hyvinkin läheisesti. (Koskinen & Sillanpää-Suominen 1984, 63; Spencer 2001, 52.)

Kudeneuloksen silmukkaa kyetään venyttämään silmukkarivin suunnassa lähes sen verran kuin siihen on käytetty lankaa ja silmukkavaon suuntaan puolet tästä (Sang, Lee & Park 2015). Käytännössä kudeneulokset eivät veny näin, mutta yksinkertaistuksella voi hahmottaa rakenteen kykyä mukautua venytykseen. Joustamattomasta langasta valmistettu sileä neulos joustaa tyypillisesti silmukkarivin suuntaa 30–50% ja silmukkavaon suuntaan 10–20%. 1x1-resorineulos puolestaan on huomattavasti joustavampi rivin suunnassa: 50–100% ja sileän neuloksen tavoin 10–20% jousto vaon suuntaan. Links -neulos on tyypillisesti hyvin joustava: sen rivin suuntainen joustavuus on verrattavissa sileän neulokseen ja vaon suuntainen jousto on verrattavissa resorineuloksen rivin

suuntaiseen joustoon. Interlock-neulos on vähiten joustava ja poikkeaa aiemmin mainitusta säännöstä joustamalla suurin piirtein saman määrän molempiin suuntiin, 10–20%. (Anand 2000, 107; Spencer 2001, 63.)

Loimineulokset ovat tyypillisesti kudeneuloksia vakaampia ja vähemmän joustavia, kun lanka ei pääse yhtä helposti tai ollenkaan liikkumaan silmukoiden välillä (Spencer 2001, 52). Eri loimineuloksille tyypillistä joustoa ei ole käsitelty laajasti alan kirjallisuudessa, mutta vaikuttaviksi tekijöiksi mainitaan neuloksen yksin- tai kaksinkertaisuus, avoimet ja suljetut silmukat, täyteloimet ja -kuteet. Venyvyyttä lisääviä tekijöitä ovat yksinkertaisuus ja avoimet silmukat (Koskinen & Sillanpää-Suominen 1984 87–88). Helpommin venyviä neuloksia voi olla edullista käyttää joustoa vaativissa käyttötarkoituksissa, siten että alkuperäiseen muotoon palautumisen parantamiseksi neulokseen lisätään elastomeeria, esimerkiksi päällystekehrättynä elastaanifilamenttina (Wang, Liu, Hurren 2008, 105). Pysyvyyttä edistäviin, eli joustavuutta vähentäviin tekijöihin kuuluu neuloksen kaksinkertaisuus, suljetut silmukat, täyteloimi ja -kude (Spencer 2001, 52).

### 3.2 Elastaani neuloksessa

Neulokset ovat joustavuutensa vuoksi kudottuja kankaita huomattavasti vähemmän mittapysyviä, eli palaavat heikommin alkuperäiseen muotoonsa venytyksen jälkeen (Koskinen ja Sillanpää-Suominen 1984, 63). Esimerkiksi yksinomaan puuvillasta valmistettu neule palautuu heikosti alkuperäiseen muotoonsa venytyksen jälkeen. Vääristymistä voi ehkäistä lisäämällä elastaania tai vastaavanlaista elastomeeria neulokseen filamenttina. Verraten korkea elastaaniosuus onkin tavanomaista, kun vaatteen on palaututtava nopeasti alkuperäiseen muotoonsa. Muun muassa vartalonmyötäisissä urheiluvaatteissa käytetyissä materiaaleissa on runsaasti elastaania (Wang ym. 2008, 105). Käytetty elastomeeri on lähes poikkeuksetta elastaani ja sen osuus vaihtelee vaatteen käyttötarkoituksen mukaan.

Elastaani on tekstiileissä tyypillisesti päällystekehrättynä filamenttina, jolloin mahdollisesti tuotteen ulkonäköä ja tuntua heikentävä filamentti ei pääse näkymään päällepäin. Langan rakenne myös tukee filamenttia, halliten sen venymistä (Mather 2015, 131). EU direktiivi 96/74/EY vaatii elastaanilta nopeaa palautumista alkuperäiseen pituuteensa, kun se on ollut venytettyä kolminkertaiseen pituuteen (Boncamper 2011, 339). Suurin

mahdollinen venymä, eli murtovenymä, on elastaanikuidulla noin neljästä kuuteen kertainen alkuperäiseen pituuteen nähden (Sperling 1984, 23). Suuren venyvyyden mahdollistaa elastomeerien kumimainen tila huoneenlämmössä; elastomeereille on tyypillistä huoneenlämpöä matalampi lasiirtymälämpötila. Kumimaisessa tilassa oleva elastomeeri on kuitenkin altis myös pysyvälle vääristymiselle pitkäaikaisen venytyksen seurauksesta (Wang ym. 2008, 105).

### 3.3 Venytyksen lieveilmiöt

On ilmeistä, että neuloksen pituus kasvaa, kun sitä venyttää, mutta tämä ei ole venytyksen ainoa seuraus. Muiden venytyksestä johtuvien ilmiöiden selvittäminen on käytännössä hyödyllistä, sillä se auttaa materiaalivalintojen teossa ja päätöksissä materiaalien käyttöön liittyen. Näitä ilmiöitä ovat muun muassa peittävyys tai tiiveys ja venytyksen suuntaan poikittainen lyheneminen.

Materiaalin kykyyn peittää viitataan termeillä peittävyys (eng. cover factor) ja tiiveys (eng. tightness factor). Materiaalin peittävyys vaikuttaa vaatteen ulkoasuun ja sen voidaan käsittää olevan lankojen ja kuitujen peittämä alue suhteessa materiaalin varajaan alueeseen. Neulosta venytettäessä sen silmukka venyy, jolloin silmukan muodostavan langan peittämä alue laskee suhteessa silmukan varajaan alueeseen. Toisin sanoen tietty määrä lankoja ja kuituja levitetään suuremmalle alueelle. Tällöin myös neuloksen peittävyys voi heikentyä. Neulos peittää samoin kuin kudottu kangas, mutta venytyksellä on suurempi vaikutus tähän. Sinclair (2015) ehdottaa, että neulosten tapauksessa peittävyuden sijasta käytettävän termiä tiiveys. Tiiveys määritellään eroamaan peittävydestä, niin että se huomioi venytyksestä aiheutuvan muutoksen peittävyteen. (Sinclair 2015, 11; Spencer 2001, 282.)

Tiiveys voi vaatia huomiota erityisesti käytettävän materiaalin ollessa verraten harvaa tai ohutta. Harva neulos on jo lähtökohtaisesti vähemmän tiivis, mutta myös ohut hyvin joustava neulos saattaa venytettynä näyttää läpikuultavilta. Onkin tärkeää tiiveyttä arvioidessa huomata venytyksen vaikutus materiaaliin. Ashayeri (2009, 37) suosittelee taktillisten ominaisuuksien arvioimisen olosuhteissa, jossa neulos tulee olemaan vaatetta käytettäessä eli materiaalin ollessa venytettynä. Sama epäilemättä pitää paikkansa tiiveyden suhteen, kun venytyksellä on vaikutus siihen.

Harvenemisen tai ohenemisen lisäksi tai sen sijasta, neulos saattaa vetäytyä venytykseen nähden poikittaisessa suunnassa. Jatkuvan aineen mekaniikassa kappaleen halkaisijan ja pituussuuntaisen muutoksen suhdetta kutsutaan Poissonin luvuksi (Lautrup 2011, 127). Poissonin luku kuvaa isotrooppisten materiaalien ominaisuuksia, eikä siten ole suoraan sovellettavissa esimerkiksi neuloksiin, mutta samankaltainen ilmiö on havaittavissa osan neuloksen lyhentyessä venytykseen nähden poikittaiseen suuntaan. Mikäli materiaalinäyte venytettäessä kapenee tai lyhenee poikittaiseen suuntaan, tämä on mahdollisesti huomioitava mitoituksessa.

### 3.4 Neuloksen venytyskokeet

#### 3.4.1 Ehdotettuja venytyskokeita

Neuloksella on oltava tarkoituksen mukainen jousto, eli venymä suuntaan tietyn voiman vaikutuksesta ja kyky palautua suurin piirtein alkuperäiseen pituuteen. Joustavuuden voi arvioida esimerkiksi käsin venyttämällä neulosnäytettä ja vertailemalla näytteen alkupeiräistä ja venytettyä pituutta toisiinsa (Cole 2016, 7). Näin saatu tieto materiaalin ominaisuuksista on kuitenkin subjektiivista, eikä anna tarkkaa tietoa näytteen kokemasta jännityksestä. Tarkempia tuloksia saa venyttämällä materiaalinäytettä esimerkiksi ripustamalla paino venyttämään sitä ja mittaamalla näytteen pituudenmuutos. Watkins (2011a, 370–371) suosittelee jouston selvittämiseksi painon avulla helposti suoritettavaa koetta. Kokeessa venytetään 5,0 cm:n levyistä ja 20,0 cm:n pituista näytettä 250 gramman painon avulla.

Mikäli on tarpeen ennakoida venytyksestä aiheutuvaa vääristymistä tai saada tietoa materiaalin mittapysyvyydestä pitkäaikaisen venytyksen jälkeen, voidaan suorittaa esimerkiksi standardin SFS 5231 tai BS EN 14704-1-2005 mukainen venytyskoe. Kokeissa testattavasta materiaalista leikataan useita määrätyn kokoisia suorakaiteen muotoisia näytteitä, silmukkarivin ja -vaon suuntiin. SFS:n standardin mukaan testattava näyte esikuormitetaan näytteen neliöpainoon sidoksissa olevalla voimalla ja esikuormitettu pituus mitataan. Tämän jälkeen näytettä venytetään haluttuun mittaan tai halutulla voimalla, palautetaan esikuormitettuun tilaan ja mitataan uudestaan. Pysyvän venymän selvittämiseksi näytettä pidetään venytettynä tunnin ajan, annetaan palautua 15 minuutin ajan

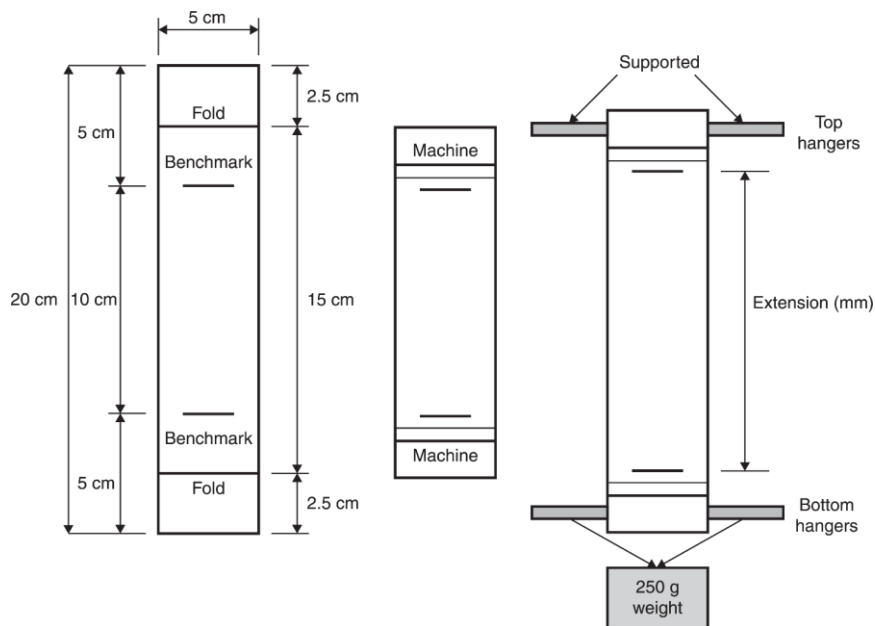
ja mitataan aiheutunut pysyvä pituudenmuutos (SFS 1986). Yhdistyneen kuningaskunnan standardin BS EN 14704-1-2005 mukaisesti suoritettussa kokeessa näytettä venytetään venytyskojeessa useaan otteeseen alkuperäisestä pituudesta suurimpaan määrättyyn mittaan tai suurimmalla määrättyllä voimalla, siten että muutos on tasaista (BSI 2005).

#### 3.4.2 Poikittaissuuntainen lyheneminen

Esitetyt venytyskokeet jättävät venytyksestä aiheutuvan poikittaissuuntaisen lyhenemisen käsittelemättä. Tämä voi olla neulosvaatteen mitoittamisen kannalta merkitsevä muuttuja, mikäli materiaalin poikittainen lyheneminen on riittävän suurta. Lyhenemisen voi todeta venytyskokeen yhteydessä samoin kuin venymän, mittaamalla näytteen mitamuutos poikittaiseen suuntaan (ks. Lautrup 2010, 127).

#### 3.4.3 Opinnäytetyössä suoritettava venytuskoe

Opinnäytetyössä tehtävä venytuskoe on muunnelma Watkinsin (2011a, 370 – 371) esittämästä kokeesta, jonka näytteen valmistelu ja koejärjestelyt ovat esitetty kuviossa 2. Suoritettavassa kokeessa  $50 \pm 1$  mm:n levyistä ja 250–300 mm:n pituista materiaalinäytettä venytetään eri suuruisten painojen avulla ja venytetty pituus mitataan näytteeseen merkittyjen pisteiden välistä. Pisteiden etäisyys on  $200 \pm 1$  mm toisistaan ja  $25 \pm 1$  mm:n etäisyydellä näytteen reunoista. Aika, jonka jälkeen näytteen pituus mitataan voi olla välittömästi tai näytteen ollessa venytettynä tunnin ajan, kuten SFS:n standardissa ohjeistetaan pysyvän pituuden muutoksen aikaansaamiseksi. Painot ovat massaltaan 100 grammasta 500 grammaan, 100 gramman portaissa. Toisin sanoen näytettä venytetään 1,0 N - 4,9 N:n voimalla ja tämä aiheuttaa  $19,6 \pm 0,4$  N/m -  $98,1 \pm 2,0$  N/m suuruisen materiaalin jännityksen.



Kuvio 2. Watkinsin yksinkertaisen venytyskokeen koejärjestely (Watkins 2011b, 258)

#### 3.4.4 Mittaustulosten interpolointi

Mittaamalla kappaleen venymä ja poikittaissuuntainen lyhenemä tietyn venyttävän voiman vaikutuksesta, voi tuloksen esittää pisteinä, jolla on venymän ja jännityksen arvot tai pisteinä jolla on poikittaisen lyhenemän ja jännityksen arvot. Useamman pisteen arvot interpoloidaan, jolloin venymä on mahdollista esittää jännityksen funktiona. Opinäytetyössä suoritettavassa kokeessa pisteitä muodostuu viisi, joiden avulla oletetaan pystyvän tuottamaan riittävän tarkka approksimaatio materiaalin joustosta. Interpolointimenetelmänä käytetään lineaarisella interpolointia. Suurempaan tarkkuuteen pyrittäessä mittaustuloksia voi lisätä, jolloin saa enemmän pisteitä tai käyttää tarkempaa interpolointi menetelmää, esimerkiksi interpoloivaa kuutiospliniä.

Jos pisteitä ei olisi mielekästä interpoloida, voi interpoloinnin sijasta käyttää regressioanalyysia. Esimerkiksi Kowalski, Mielicka & Kowalski (2012, 99) käyttää epälineaarista regressioanalyysia tyypillisten kompressiovaatteisiin käytettävien materiaalien jouston arvioimiseen. Samoin kuin näytteen venymä, mahdollinen poikittaissuuntainen lyhenemä mitataan ja tulokset interpoloidaan tai muodostetaan regressiokäyrä.

#### 4 Neulosvaatteen mitoittaminen ja kaavoitus tasokaavana

Vaatteen kaavan voi käsittää olevan kehon anatomian mukainen geometrinen perusta vaatteelle. Erityisesti peruskaavoja ovat pitkälti anatomiaan pohjautuvia, kun niiden tarkoituksena on lähes yksinomaan huomioida käyttäjän muodot ja koko. Käyttäjän anatomian tarpeeksi tarkkaan huomioivan peruskaavan voi kuositella suunnitellun vaatteen kaavaksi ja näin saada mallin mukainen istuva vaate. (Hulme 2013, 110.)

Tasokaavan tarkoituksena on luoda vaate, joka mukailee käyttäjänsä kolmiulotteista muotoa, tasaisesta materiaalista. Tätä voidaan myös pitää menetelmän keskeisenä haasteena. Saumat mahdollistavat vaatteen muotoilun vartalon mukaisesti. Peruskaavassa tämä on saumojen ainoa tehtävä ja kuositellussakin vaatteessa usein ensisijainen tehtävä. Saumojen merkitys korostuu vaatteen ollessa tyköistuva; mitä tyköistuvampi vaate on kyseessä, sitä enemmän saumojia tarvitaan. Saumojen lukumäärä määrittää tarkkuuden, jolla kehon muotoja voidaan mukaila. Merkittävä tekijä on sauman muodon lisäksi sen sijainti. (Hulme 2013, 152 –153.)

Saumojen merkitys kuitenkin vähenee, kun vaate valmistetaan joustavasta materiaalista, joka kykenee mukautumaan vartalon muotojen mukaan, jossain määrin ilman saumojakin. Materiaalin joustavuuden huomioiva kaava, jollaisia neulosvaatteen kaavat ovat, poikkeavat kudotusta kankaasta valmistettavan vaatteen kaavasta yksinkertaisuudellaan (Watkins 2011a, 356). Vartalonmyötäisen neulosvaatteen kaava voidaan piirtää alusta alkaen neulosvaatteen kaavana tai muokata väljemmästä kudotusta kankaasta valmistettavan vaatteen kaavasta poistamalla tarpeettomia muotolaskoksia ja poistamalla väljyydet. Tavanomainen tapa neulosvaatteen kaavojen luomiselle onkin ollut työstää kudotulle kankaalle tarkoitettuja peruskaavoja neulosvaatteen kaavoiksi seuraavasti:

- 1 muotolaskokset poistetaan ja osa poistosta siirretään sivusaumaan,
- 2 väljyydet poistetaan niiltä osin, kun on mahdollista,
- 3 poiston osuus vähennetään kaavan mitoista,
- 4 viivat huolitellaan.

(Watkins 2011a, 357.)



Jos kaava piirretään alusta alkaen neulosvaatteen kaavaksi, tarpeettomia muotolaskoksia ei kaavassa todennäköisesti ole, mutta väljyyksiä voi olla tarpeen muokata halutunlaisiksi. Esimerkiksi Colen (2016, 71 – 94) ja Aldrichin (2004, 156) tyköistuvan neulosvaatteen kaavanpiirto-ohjeita noudattamalla sekä Müller & Sohn -kaavoitusjärjestelmän avulla voi piirtää kaavan, joka on valmiiksi neulosvaatteen kaava. Ohjeissa on kuitenkin merkittävä ero lähestymistavoissa poistojen määrittelyyn: Colen ja Aldrichin ohjeissa poisto perustetaan käyttäjän mitoista riippumattomaan mittaan, kun taas Müller & Sohn -ohjeessa poisto perustetaan osuuksiin käyttäjän mitoista. (Cole 2016, 71 – 94; Aldrich 2004, 156; Müller & Sohn 2007.)

#### 4.1 Poisto neulosvaatteessa

Vaatteen ollessa väljä viitataan tilanteeseen, jossa vaatteen mitat ovat tarkoituksellisesti käyttäjänsä mittoja suuremmat. Neulosvaate voi olla väljä eri syistä, mutta väljyys ei ole välttämätöntä, kun vaatteen materiaali on riittävän joustavaa. Neulosvaatteessa väljyys onkin mahdollista korvata materiaalin joustolla (Cole 2016, 15). Lisäksi vartalon myötäisen neulosvaatteen tapauksessa materiaalin jousto sallii vaatteen käyttäjän pukea tämän mittoja pienemmän vaatteen ylleen. Tällöin vaatteen ja käyttäjän mittojen erotusta kutsutaan poistoksi ja joissain tapauksissa negatiiviseksi väljyydeksi.

Käsitellessään erityisen joustavista materiaaleista valmistettavien vaatteiden mitoittamista, Watkins (2011b, 263 – 264) jakaa vaatteiden mallit kategorioihin niiden poiston tai poiston vaikutusten mukaan. Poiston vaikutus käy ilmi, kun jako perustellaan muun muassa vaatteen vaikutuksella sen käyttäjään. Kategoriat ovat tyköistuva vaate (eng. form fit), läheisesti vartaloa myötäilevä vaate (eng. cling fit), aktiivisesti vartaloa myötäilevä vaate (eng. action fit) ja kompressiovaate (eng. power fit). Opinnäytetyössä käytetyn käsitteen vartalon myötäinen vaate voi mieltää sisältävän nämä kategoriat.

Tyköistuvan vaatteen materiaalin jousto on melko vähästä, eikä vaatteen mitoista ole poistettu merkittävästi. Vaate ei aiheuta painetta käyttäjälleen juuri ollenkaan tai vaikuta kehon liikkuvuuteen. Esimerkkinä tästä on tyköistuvat alusvaatteet. Läheisesti vartaloa myötäilevä vaate puolestaan mukailee vartaloa tarkasti ja painaa käyttäjänsä enemmän kuin tyköistuva vaate, mutta silti vähäisesti ja muokkaamatta vartalon muotoja. Käytetyn materiaalin on oltava kohtalaisen joustavaa. Aktiivisesti vartaloa myötäilevä vaate painaa

käyttäjäänsä suuremmalla voimalla, mitä voi luonnehtia jo puristavaksi. Paineen lisäksi tällaisen vaatteen on kyettävä mukautumaan käyttäjänsä liikkeisiin pitäen kontakti vartaloon, asennoista tai liikkeiden nopeudesta huolimatta. Käytettävän materiaalin on oltava hyvin joustavaa kumpaankin suuntaan, sillä asennot vaativat vaatteen mukautumista sekä pystysuunnassa että vaakatasossa eli ympärysmittojen tasossa. Kompressiovaatteen pääasiallisena tarkoituksena on painaa vartaloa, mikä vaikuttaa fysiologisiin toimintoihin kuten verenkiertoon. Käyttöalueina ovat muun muassa urheilu- ja lääkinällinen kompressio. (Watkins 2011b, 263-264.)

#### 4.2 Poiston määrittäminen

Poisto on mahdollista perustaa eri muuttujien varaan, kuten Colen (2016, 71 – 94), Aldrichin (2004, 156) ja Müller & Sohn -kaavoitusjärjestelmän ohjeissa poistot on hieman eri tavoin toteutettu ja eri muuttujien varaan perustettu. Yhteistä kaikille on kuvaukset sopivanlaisesta materiaalin joustosta. Tieto tarkoituksenmukaisesta poistosta yhdistettynä tietoon materiaalin joustosta antaakin paremman käsityksen vaatteen ominaisuuksista. Jos materiaalin jousto mitataan niin että tuloksen voi ilmaista materiaalin venymänä suhteessa sitä venyttävään voimaan, on mahdollista päätellä materiaalista poiston aiheuttama paine, vaatteen ollessa puettuna.

Poiston määrittelyssä materiaalin jousto on merkittävä tekijä ja monesti poisto perustetaan sen varaan. Esimerkiksi Colen ohjeessa ja Watkinsin esittämissä menetelmissä materiaalin jousto on poiston perustana. Tällaiset menetelmät määrittää poisto pitävät materiaalin venytyksen ja siten myös jännityksen tietyn suuruisena. Venytyksen pitäminen tietyn suuruisena on perusteltua, kun venytyksen merkittävin vaikutus liittyy materiaalin ulkonäköön tai tuntuun, esimerkiksi jos kyseessä on kuviollinen neulos, jonka kuvio saattaa vääristyä epätasaisen tai liian suuren venytyksen seurauksesta. Muussa tapauksessa poiston aiheuttama paine on vaatteen ominaisuuksia paremmin ennakoiva tekijä, tosin on myös työläämpi käyttää perusteena.

Paineen merkitys korostuu erikoistapauksissa, jona muun muassa kompressiovaateita voi pitää. Koska kompressiovaatteen on puristettava tietyllä voimalla, poiston perusteena on käyttäjälle aiheutuva paine (ks. Kowalski ym. 2012). Samoin kuin kompressiovaat-

teen, muun vartalonmyötäisen neulosvaateen poiston voi perustaa paineen varaan, ilman että vaateen tarvitsisi merkittävästi puristaisi käyttäjäänsä. Käytännössä on kuitenkin hyvä valita menetelmä tai peruste poiston määrittelyyn tarpeen mukaan, sillä turhan perusteellisen lähestymistavan käyttö voi olla merkityksetöntä paineen jäädessä riittävän pieneksi.

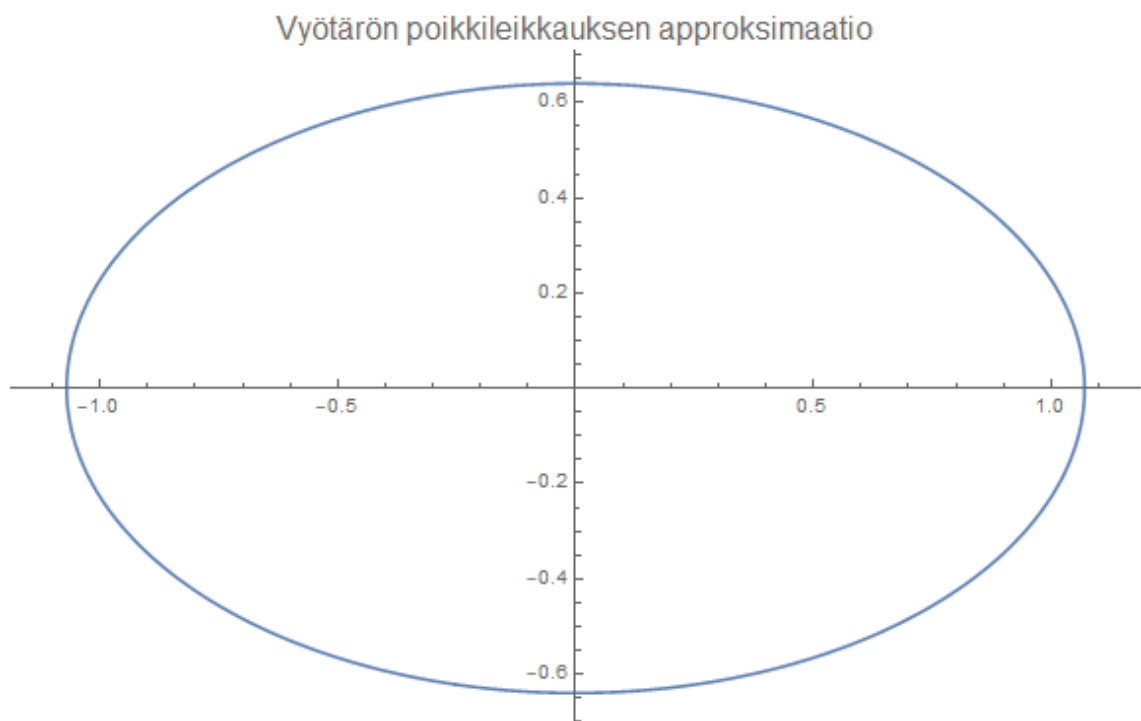
#### 4.2.1 Poiston määrittäminen vaateen aiheuttaman paineen perusteella

Vaate, joka on tarkoituksellisesti käyttäjäänsä mittoja pienempi, puettuna venyy ja pyrkii samalla palautumaan alkuperäiseen muotoonsa. Vaateen pyrkiessä palautumaan muotoonsa se aiheuttaa paineen tuntua käyttäjälle. Materiaalia venyttää tällöin voima, joka aiheuttaa materiaalin jännityksen. Aiheutuva jännitys  $T$  ilmaistaan voimana pituutta kohden, esimerkiksi newton kohden metriä.

Aiheutuvan paineen voi määrittellä Young-Laplacen yhtälön  $P = T/R_1 + T/R_2$  avulla, jossa  $P$  on paine,  $T$  on seinämäjännitys eli jännitys pituuden yksikköä kohden ja  $R$  on kaarevuussäde. Yhtälöä kutsutaan joissain tapauksissa myös Laplacen laiksi. Kun kyseessä on lieriö, jolla on näennäisesti ääretön korkeus, saadaan paine  $P = T/R$ . Yhtälössä paine on kääntäen verrannollinen kaarevuussäteeseen. Kaarevuussäteen selvittämistä voi lähestyä approksimaatiolla, yksinkertaistamaan laskutoimituksia. Yksinkertaisimmillaan approksimaatio on ympyrä, sillä ympyrän kaarevuussäde on sen säde ja paine ympyrän kehällä on näin joka kohdassa yhtä suuri. Paine saadaan kolmiulotteisen malli ollessa ympyrälieriö laskemalla  $P = 2\pi T/c$  ja vastaavasti jännitys  $T = cP/2\pi$ , jossa  $c$  on ympyrän piiri. (Barrett, Brooks, Boitano & Barman 2010, 543; Fan & Hunter 2009, 241; Kowalski ym. 2012, 99.)

Kun vartalon poikkileikkauksen kaarevuus poikkeaa riittävästi ympyrästä, eikä näin enää ole mielekäs approksimaatio, muodostetaan ellipsi. Ellipsin muoto päätellään mittaamalla tietyn vartalon ympärysmittan tasolta kaksi läpimittaa. Läpimittojen on oltava kohtisuorat toisiinsa nähden ja sellaiset että toinen mitoista on mahdollisimman suuri. Suurin mitta on todennäköisesti vartalon sivu–sivu -läpimitta. Mittojen suunniksi valitaan siis sivu–sivu ja keskietu–keskitaka. Sivu–sivu -mitta muodostaa ellipsin pidemmän akselin eli isoakselin ja keskietu–keskitaka lyhyemmän akselin eli pikkuakselin. Akselit ovat toisiinsa nähden aina kohtisuorat (ks. Kowalski ym. 2012, 99).

Kuviossa 3 on esitetty vyötärön poikkileikkauksen approksimaatio. Toisin kuin ympyrän tapauksessa, ellipsin kaarevuussäde vaihtelee liikuttaessa sen kehää pitkin. Merkityksellistä on, että vaatteen käyttäjä kokee suurimman paineen kaarevuussäteen ollessa pienin. Suurimman muodostuvan paineen selvittäminen ja sen mukaan mitoittaminen on oleellista, kun halutaan välttää tarkoituksettoman suuren paineen aiheuttamiselta (Kowalski ym. 2012, 99). Muodostuva suurin paine saadaan laskemalla  $P_{max} = T/R(n\pi)$ ,  $n \in \mathbb{N}$  ja pienin  $P_{min} = T/R(n\pi/2)$ ,  $n \in \mathbb{N}$ . Vastaavasti jännitys on tällöin  $T = R(n\pi)P_{max} = R(n\pi/2)P_{min}$ . On huomattava, että jännitys pysyy samana kaarevuussäteestä riippumatta.



Kuvio 3. Vyötärön poikkileikkausta approksimoiva ellipsi (Säilä 2018)

#### 4.3 Pituussuuntainen poisto

Pituussuuntaisella poistolla tarkoitetaan tarkoituksellista vaatteiden mitan poikkeamaa käyttäjensä pystysuuntaisista mitoista, niin että vaate on lyhyempi. Pituussuuntaisen poiston voi joissain tapauksissa katsoa painavan käyttäjänsä samoin kuin ympärysmittoihin kohdistuvan poiston, mutta tämä ei välttämättä ole käytännöllistä. Lukuun ottamatta mahdollista asennoista johtuvaa vaatteiden kiristymistä pituussuunnassa, jotta

vaate painaisi käyttäjänsä pituussuunnassa, tulisi sen peitä vartaloa niin että pituussuunnassa muodostuu yhtenäinen kehoa kiertävä pinta. Vaikka tällainen pinta onkin esimerkiksi bodyssa haaran ja olan välillä, keskitytään vaatteen materiaalin pystysuuntaisen poiston aiheuttaman paineen sijasta materiaalin kokemaan jännitykseen.

Watkins (2011a, 373) esittää tavan perustaa vaatteen pituussuuntainen poisto materiaalin joustoon ja suhteuttaa tämä ympärysmittojen poiston kanssa. Suhteuttaminen tehdään kertoimen eli niin sanotun akselisuhdeluvun avulla. Akselisuhdeluvulla jaetaan materiaalin venytys suuntiin 90 asteen erotuksella niin että materiaaliin kohdistuva kokonaisvoima pysyy samana. Toisin sanoen voiman suuruus suuntaan vaihtelee, mutta kokonaisvoima pysyy yhtä suurena. Akselisuhdeluku  $a$  on luku nollan ja yhden välillä ja leveys- ja pituussuuntaisten suhdelukujen summa on yksi. Eli  $a_{ympäryys} + a_{pituus} = 1$ ,  $a \in [0, 1]$ , jossa  $a_{ympäryys}$  on kerroin ympärysmittojen poistolle ja  $a_{pituus}$  kerroin pituussuuntaisten mittojen poistolle. Poistot Watkins perustaa materiaalin joustoon ja huomioi myös materiaalin venytyksen suunnan. Kaavan silmukansuunnan ollessa vaon suuntainen, ympärysmittojen poisto määräytyy neuloksen silmukkarivin suuntaisen jouston mukaan (kerrottuna  $a_{ympäryys}$ :lla) ja pituussuuntainen poisto silmukkavaon suuntaisen jouston mukaan (kerrottuna  $a_{pituus}$ :lla). Oletus on, että materiaalia venytettäessä pituussuunnassa, sen venyttämiseen tarvittava voima vaakatasossa kasvaa ja päinvastoin.

Rajoitus esitetyn akselisuhdeluvun tapauksessa on, ettei sitä voi käyttää, kun poiston osuus vartalon mitasta vaihtelee, esimerkiksi vartalon poikkileikkauksen kaarevuuden mukaan. Pituussuuntainen poisto tasautuu vartalon poikkileikkauksen kaarevuudesta huolimatta, joten se on määriteltävä vartalon poikkileikkauksen kaarevuudesta riippumattomana. Saman oletuksen pohjalta, johon akselisuhdeluku perustuu, jaetaan materiaalin jännitys  $T$  suuntiin seuraavasti:  $T_{ympäryys} = PR - T_{pituus}$ ,  $T_{pituus} \ll T_{ympäryys}$ . Näin määritellyssä jakaumassa vartalon kaarevuus ei vaikuta pituussuunnassa tehtävän poiston määrään ja on näin sovellettavissa myös vartalon kaarevuuden huomioivan mitoituksen kanssa. Suositeltavaa on kuitenkin, että pituussuuntainen jännitys on huomattavasti ympärysmittojen jännitystä pienempi.

#### 4.4 Poistokertoimet

Halutun suuruisen paineen ollessa tiedossa, selvitetään tarvittavaa jännitystä vastaava materiaalin venymä  $\varepsilon$  venytyskokeen tuloksista. Varsinainen poistokerroin  $k$  saadaan jännitystä vastaavan venymän perusteella seuraavasti:  $k = 1/(1 + \varepsilon)$ . Jos pituussuuntaista poistoa tehdään, poistokertoimien yhtälöt ovat tällöin ympärysmittojen poistolle  $k_{ympäryys} = 1/(1 + \varepsilon_{ympäryys})$  ja pituussuuntaiselle poistolle  $k_{pituus} = 1/(1 + \varepsilon_{pituus})$ . Venymät  $\varepsilon_{ympäryys}$  ja  $\varepsilon_{pituus}$  ovat materiaalin silmukkarivin ja -vaon suuntaisia, riippuen kumpaan silmukansuuntaan kaava on leikattu. Vaatteen valmis mitta on vartalonmitta kerrottuna poistokertoimella.

## 5 Vartalonmyötäisen vaatteen fyysinen ergonomia

Mukavuus on subjektiivisesti koettu tila, fysiologisesta, psykologisesta ja fyysisestä harmoniasta ihmisen ja ympäristön välillä. Toinen määritelmä mukavuudelle on neutraali tila, ilman kipua tai muita epämukavuutta aiheuttavia ärsykejä. Fyysinen mukavuus (kutsutaan myös fyysiseksi ergonomiaksi) käsittää vaatteen mallin (eng. fit) mukavuuden, liikkumisen vaatteen ollessa puettuna ja kokemukset vaatteen taktillisista ominaisuuksista. Fysiologinen mukavuus käsittää elintoimintoihin ja kehon lämmönsäätelyyn liittyvät tekijät, esimerkiksi vaatteen kyvyn siirtää kosteutta iholta, pitää käyttäjä lämpimänä tai edistää verenkiertoa. Psykologinen mukavuus käsittää käyttäjän vartalonkuvan ja kokemuksen vaatteen ulkonäöstä. (Ashayeri 2009, 30; Choudhury ym. 2011, 3-4.)

Vaikka kaikki mukavuuden osa-alueet ovat epäilemättä edullista huomioida, fyysinen mukavuus, joka käsittää vaatteen mallin istuvuuden, on mitoittamisen kannalta tärkein. Tähän sisältyy vaatteen paineen mukavuus eli mukavaksi tai epämukavaksi koettu paine, jonka vaate voi aiheuttaa. Suotuisaksi koettu paine on riippuvainen ruumiinosasta, johon se kohdistuu ja käyttäjän odotuksista (Li 2006, 35, 144; Ashayeri 2009, 35). Esimerkiksi vyötärökaitaleen tai korsetin aiheuttaman paine koetaan mukavaksi, kun paine 11 mmHg tai vähemmän, 11-18 mmHg lievästi epämukavaksi ja 18 mmHg ylittävä epämukavaksi (Li & Wong 2006, 35). Vyötärön peittävän vaatteen aiheuttama paine on riippuvainen sen peittämästä alueesta ja vaatteen materiaalin kyvystä mukautua kehon liikkeisiin. Väittämää 11 mmHg:n suuruisen paineen mukavuudesta tukee vartaloa muokkaavalle

housuliiville määritelty optimaalinen paine, joka tarkemmasta ruumiinosasta riippuen on välillä 4-12 mmHg (Fan & Hunter 2009, 241). Joissain tapauksissa paine voi olla hyvinkin suuri ja mukavuus toissijaista. Mukavuus voidaan tällöin erotella sen mukaan, miten kokemus muuttuu pitkittyneen altistuminen seurauksesta: enintään 51 mmHg suuruinen paine on mukava siten että pitkittynyt altistuminen vähentää epämukavuuden tunnetta, kun taas tätä suuremmalle paineelle altistuminen koetaan ajan kuluessa kasvavassa määrin epämukavaksi (Li & Wong 2006, 144).

## 6 Voimistelijan asun mitoittaminen

Asujen mitoittamisen tarkkailu ja mahdollinen parantaminen on osa-alue yhteistyöyrityksen jatkuvaa työtä osana tuotekehitystä. Opinnäytetyössä keskitytään mitoittamaan voimistelijan asu, niin että mitoitus on tehty yrityksen yleisimmin käyttämien materiaalien joustavuuden perusteella. Asun malli perustuu bodyn peruskaavaan, jossa voi olla erillinen helmaosa ja hihat. Opinnäytetyössä mitoittettava puku on hihatton ja mahdollista helmaa ei erikseen mitoiteta.

### 6.1 Kohderyhmä

Kohderyhmä opinnäytetyössä mitoittavalle asulle on pääasiassa voimistelua harrastavat naiset ja tytöt, ikäryhminä lapset ja nuoret. Yritys tarjoaa asuja kaiken ikäisille, mutta opinnäytetyössä ei käsitellä aikuisille ja ikäihmisille suunnattuja asuja. Kohderyhmän ruumiinrakenteen odotetaan poikkeavan keskiarvoisesta, runsaan kuntoilun vuoksi (ks. Hulme 2013, 20). Poikkeavuutta painotetaan kokolajitelman suuremmassa päässä, sillä lapsilla ruumiinrakenteen oletetaan olevan enimmäkseen tavanomainen, toisin sanoen lähellä Lasten vaatetuksen mittataulukko 1984 Passelin esittämää. Nuoren voimistelijan vartalonpituus voi kuitenkin kasvaa huomattavasti ympärysmittojen pysyessä verraten pieninä, mikä tulee huomioida mittataulukon loppupäässä. Tietyissä vaatekoossa ei kuitenkaan ole suuria eroja mainittujen mittataulukon mittoihin, kun voimistelijat eivät ole suuresta kuntoilun määrästä huolimatta erityisen lihaksikkaita (Hakanperä 2018). Esimerkiksi nuorille ja nuorille aikuisille sopivien kokojen selän leveyden tai olan pituuden voi odottaa olevan samassa suhteessa rinnan ympäryksen kanssa kuin se on Naisten vaatetuksen mittataulukko N-2001:n pienemmissä koissa.

## 6.2 Käytettävät materiaalit

Käytettävät materiaalit ovat seuraavat:

- materiaali 1: koostumus 80 % polyamidi ja 20 % elastaani, neliöpaino 190 g/m<sup>2</sup>, neulos charmeuse
- materiaali 2: koostumus 78% polyamidi, 22% elastaani, neliöpaino 190 g/m<sup>2</sup>, neulos charmeuse

Koejärjestelyt ja kokeen kulku ovat kohdan 3.4.3 mukaiset: materiaalista leikataan kolme 50 ± 1 mm leveää ja 250–300 mm pitkää näytettä silmukkarivin ja -vaon suuntaan. Mittausta varten merkitään kaksi pistettä, joiden etäisyys toisistaan on 200 ± 1 mm ja 25 ± 1 mm etäisyydellä näytteen reunoista. Näyte venytetään 1,0 – 4,9 N voimalla, jolloin jännitys on 19,6 ± 0,4 – 98,1 ± 2,0 N/m. Näytettä pidetään venytettynä tunnin ajan tietyllä voimalla, minkä jälkeen pituuden muutos ja poikittaisen lyhenemä mitataan ja venyttävää voimaa kasvatetaan. Koe suoritetaan kummallekin materiaalille samoin.

Näytteiden venytyksestä aiheutuneet mittamuutokset ovat esitetty taulukossa 1. 0 N/m -sarakeessa olevat mitat ovat näytteiden alkuperäiset venyttämättömät mitat. Taulukossa 2 mittaustulosten perusteella on laskettu keskiarvoinen venymän osuus ja keskiarvoinen poikittaisen lyhenemän osuus.



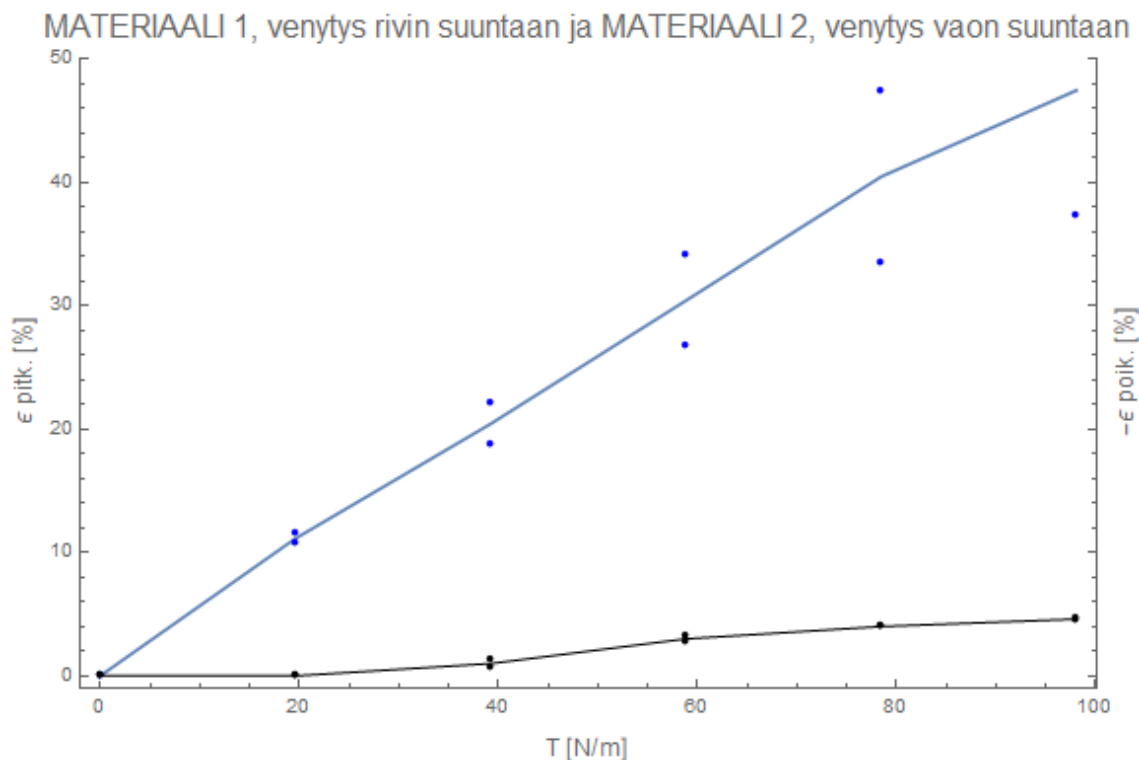
Taulukko 1. Näytteiden mitat venytettyinä (mm)

Materiaali	Näyte	Mitan suunta	0 $\frac{N}{m}$	19,6 $\frac{N}{m}$	39,2 $\frac{N}{m}$	58,9 $\frac{N}{m}$	78,5 $\frac{N}{m}$	98,1 $\frac{N}{m}$	
Materiaali 1	Rivi	Pitkittäin	200	222	241	264	298	325	
			200	225	250	272	294	311	
			200	222	242	269	293	310	
		Poikittain	50	50	49	47	46	46	
			49	49	48	48	47	47	
			49	49	49	49	49	49	
		Vako	Pitkittäin	200	214	228	268	299	323
				200	220	234	285	299	326
				200	214	230	264	291	322
	Poikittain		50	49	48	46	44	42	
			50	48	47	42	42	40	
			50	49	47	46	44	42	
	Materiaali 2	Rivi	Pitkittäin	200	211	221	240	260	272
				200	211	222	238	254	271
				200	214	224	239	255	275
Poikittain			50	50	50	49	48	48	
			50	50	50	48	46	45	
			50	50	49	46	44	42	
Vako			Pitkittäin	200	220	235	255	270	277
				200	221	237	253	265	274
				200	224	240	252	266	273
		Poikittain	50	50	50	49	48	48	
			50	50	50	48	48	47	
			50	50	49	48	48	48	

Taulukko 2. Materiaalien 1 ja 2 mittamuutosten keskiarvot prosenttiosuuksina

Materiaali	Venytyn suunta	Mittauksen suunta	19,6 $\frac{N}{m}$	39,2 $\frac{N}{m}$	58,9 $\frac{N}{m}$	78,5 $\frac{N}{m}$	98,1 $\frac{N}{m}$
Materiaali 1	Rivi	pitk.	11,5%	22,2%	34,2%	47,5%	57,7%
		poik.	-0,0%	-1,3%	-2,7%	-4,0%	-4,0%
	Vako	pitk.	8,0%	15,3%	36,2%	48,2%	61,8%
		poik.	-2,7%	-5,3%	-10,7%	-13,3%	-17,3%
Materiaali 2	Rivi	pitk.	6,0%	11,2%	19,5%	28,2%	36,3%
		poik.	0,0%	-0,7%	-4,7%	-8,0%	-10,0%
	Vako	pitk.	10,8%	18,7%	26,7%	33,5%	37,3%
		poik.	0,0%	-0,7%	-3,3%	-4,0%	-4,7%

Tarkastelemalla saatuja mittaustuloksia voi päätellä miten materiaaleja on edullisinta käyttää. Kaavan silmukansuunta on silmukkavaon tai -rivin suuntainen riippuen siitä, kummalla tavalla saavutetaan suurempi jousto ympärysmittojen suuntaan (Hakanperä 2018). Kun mittataulukon on sovittava käytettäväksi useamman materiaalin kanssa, pyritään sellaiseen järjestelyyn, jossa erot materiaalien joustossa ovat mahdollisimman pienet. Materiaaleja 1 ja 2 on edullista käyttää niin että toinen leikataan rivin suuntaan ja toinen vaon suuntaan, sillä materiaali 1 joustaa helpommin rivin suuntaan ja tällöin myös poikittainen lyhenemä on pienintä, kun taas materiaali 2 joustaa paremmin vaon suuntaan ja tällöin myös poikittainen lyhenemä on pienempää. Kuviossa 4 on esitetty molempien materiaalien venymän ja poikittaisen lyhenemän arvot (pisteet) sekä interpoloitu keskiarvo näistä (viivat).



Kuvio 4. Materiaalin 1 ja materiaalin 2 joustavuus ja poikittainen lyhenemä (pisteet), interpoloidut keskiarvot näistä (viiva) (Säilä, 2018)

Venymän ja poikittaisen lyhenemän funktiot:

$$\varepsilon_{\text{pitk.}} = \begin{cases} 0,5682976554536188T; & T \in [0; 19,62] \\ 0,474002T + 1,85008752; & T \in [19,62; 39,24] \\ 0,50969T + 0,4496904; & T \in [39,24; 58,86] \\ 0,51223T + 0,300186; & T \in [58,86; 78,48] \\ 0,35678T + 12,499902; & T \in [78,48; 98,1] \end{cases}$$

$$\varepsilon_{\text{poik.}} = \begin{cases} 0, & T \in [0; 19,62] \\ -0,0509684T + 1,000000008, & T \in [19,62; 39,24] \\ -0,1019366T + 2,99907396, & T \in [39,24; 58,86] \\ -0,050969T - 0,03665808, & T \in [58,86; 78,48] \\ -0,017839T - 2,60000316, & T \in [78,48; 98,1] \end{cases}$$

### 6.3 Kokolajitelma ja tuotteen mitoittaminen

Toimeksiantajalla on kaksi kokolajitelmaa voimistelijan puvulle: vartalonpituuteen perustuva ja rinnan ympärykseen perustuva lajitelma. Vartalon pituuteen perustuvat koot ovat suunnattu pääasiassa nuorille voimistelijoille ja kasvavat mittataulukon suuremmassa päässä erityisesti pituutta. Kokomerkinnyt vartalonpituuteen perustuvassa lajitelmassa ovat 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170 ja 180. Osana opinnäytetyötä mitoitetaan vain

tähän kokolajitelmaan kuuluvat koot. Yhteistyöyritys koki parhaaksi, että perustan mitoitukset sen käyttämään kokolajitelmaan, mutta niin että luon oman mittataulukon.

Vartalonmittataulukko muodostetaan pääasiassa Lasten vaatetuksen mittataulukko 1984 Passeli ja Naisten vaatetuksen mittataulukko N-2001 mittojen perusteella. Kokojen 110 – 140 perusteena käytetään lasten vaatetuksen mittataulukon tyttöjen C-vartalon mittoja ja koon 180 perustana naisten vaatetuksen mittataulukon C-vartalon mittoja. N-2001:ssa suurin vartalon pituus on 176 senttimetriä, joten pituuden kasvu 180 senttimetriin on extrapoloitu. Käytettävän mittataulukon yhtenäisyyden vuoksi koot 150 – 170 ovat yhdistelmiä lasten ja naisten vaatetuksen mittataulukoista. Koko 150 painottaa enemmän lasten vaatetuksen mittataulukon kokoja ja 170 enemmän naisten vaatetuksen mittataulukon kokoja. Asun mitoituksessa tämä siirtymä tehdään myös vartalon poikkileikkausten muodoille. Taulukosta 3 on esitetty vartalonmittojen mittataulukon pohja, josta käy ilmi mitoittamiseen käytetyt vartalon mitat. Mitat ovat valittu sen perusteella, mitä hihattoman bodyn mitoittamiseen tarvitaan tai voi tarvita.

Taulukko 3. Vartalon mittojen mittataulukon pohja

	110	120	130	140	150	160	170	180
Vartalonpituus								
Rinnan ympäryys								
Vyötärön ympäryys								
Lantion ympäryys								
Selän leveys								
Etuleveys								
Kädentien leveys								
Pääntien leveys								
Kädentien korkeus								
Kaula-Rinta								
Kaula-vyötärö-eteen								
Alempi lantion korkeus								
Istumakorkeus								
Vyötärö-haara-vyötärö								
Olanpituus								

Vartalon mittojen mittataulukkoa kootessa voi huomata lasten vaatetuksen mittataulukosta puuttuneen joitain tärkeitä mittoja kuten vyötärö-haara-vyötärö -ympärysmittan ja kädentien leveys. Näissä tapauksissa hyödynnettiin muita kuin mainittuja mittataulukoita lähteinä tai muunnettiin mitta naisten mittataulukon koosta lasten kokoihin skaalaamalla mitta suhteessa siihen yhteydessä oleviin mittoihin. Esimerkiksi vyötärö-haara-vyötärö -

mittaa näyttäisi Naisten vaatetuksen mittataulukon N-2001 perusteella hyvin korreloivan vartalon pituus ja lantion ympäryys. Toisin sanoen osassa tapauksia mittoja on jouduttu arvioimaan, jolloin huomattavakin epätarkkuus todennäköistä.

### 6.3.1 Tuotteen mitoittaminen

Voimistelijan asun ei ole tarkoitus puristaa käyttäjäänsä, eikä pukuun tehdä pituussuuntaista poistoa, voimistelijan liikkeiden helpottamiseksi (Hakanperä 2018). Puku kuitenkin painaa käyttäjäänsä jonkin verran, koska se on hyvin vartalon myötäinen. Voimistelijat itse sovittaessaan pukuja todennäköisesti valitsevat koon, joka tuntuu mukavalta. Mukaavuuden ollessa subjektiivista on haastavaa tarkkaan päätellä, minkä suuruinen puvun aiheuttamaa painetta on hyväksyttävää. Asiaa monimutkaistaa myös se, että osa seuroista toivoo asun voivan käydä pitempään, voimistelijoiden kasvaessa ja saattavat näin valita suuremman koon kuin mikä olisi valinnan hetkellä tarpeen (Hakanperä 2018).

Ratkaisuna epäselvyyteen tarvittavasta poiston määrästä luodaan useita mittataulukkoita, joissa on eri suuruiset poiston osuudet. Epäilemättä yhteistyöyrityksellä on käsitys sopivan suuruudesta poistosta ja mitoista vaatteelle, mutta yritys myös halusi olla suoraan vaikuttamatta mitoitusprosessiin. Ainoana mainintana oli, ettei puku saa juurikaan painaa käyttäjäänsä, eikä pituussuuntaista poistoa tehdä (Hakanperä 2018). Tämän perusteella pystyi kuitenkin riittävän tarkasti arvioimaan sopivan välin poiston aiheuttamalle paineelle.

Poisto määritellään paineen suureen avulla: pienimmän poiston on tarkoitus painaa käyttäjäänsä 1 mmHg:n voimalla ja suurimman 4 mmHg:n voimalla. Näiden välissä on 2:ta ja 3 mmHg:aa vastaavat poistot. Mitoitukset nimetään numeroilla niin että numero viittaa teoreettiseen suurimpaan paineeseen  $P_{max}$ , mutta yksikkö jätetään pois sen tarpeettomuuden vuoksi. Yhteistyöyritys voi valita sopivimman poiston vaihtoehdoista.

Tuotteen mitat saadaan voimistelijan asulle suoraan kertomalla vartalon mitat kutakin vastaavalla poistokertoimella  $k$  tai johtamalla poiston määrä mitasta, joka on kerrottu poistokertoimella. Vaikkei pituussuuntaista poistoa tehdä, pystysuuntainen lyheneminen huomioidaan pituussuuntaisena jännityksenä. Poistokerroin ympärysmitoille saadaan täl-

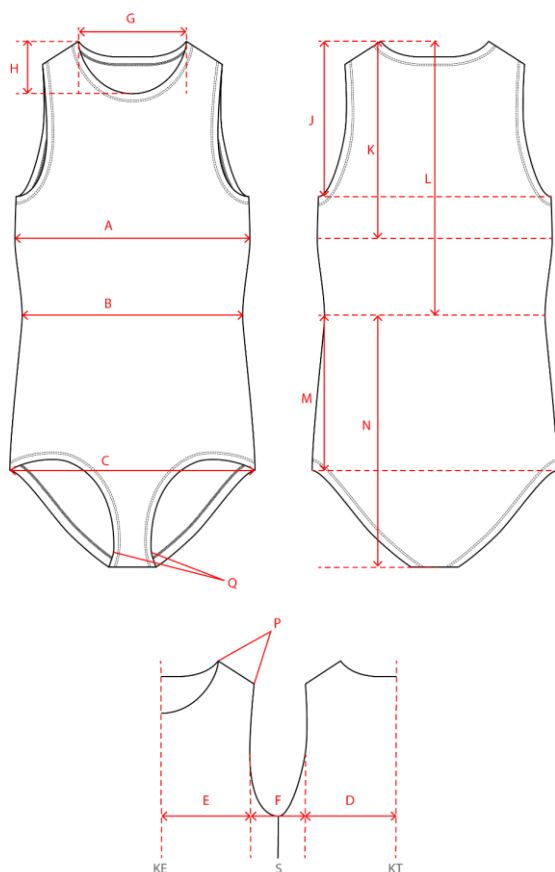
lön  $k_{ympärys} = 1/(1 + \varepsilon_{ympärys})$ . Poiston aiheuttama paine suurin paine pysyy teoreettisesti yhtä suurena eri ympärysmittojen tasoissa, mutta poiston osuus vaihtelee koon ja vartalon poikkileikkauksen mukaan. Poisto määritellään kertoimen  $k$  avulla rinnan, vyötärön ja lantion ympäryksille. Hihattoman vaatteen ollessa kyseessä, näistä voidaan johdattaa poisto muille tarvittaville mitoille, esimerkiksi rintalinjan muodostaville mitoille. Rintalinjan muodostavat mitat ovat selän leveys, kädentien leveys ja etuleveys. Mittojen poiston osuuden voi melko hyvin perustein määrittää olemaan sama kuin rinnan ympäryksen poiston osuuden, sillä mitat sijaitsevat kaavassa hyvin lähellä toisiaan. Tämä on myöskin mahdollista, kun sivusauman voi muotoilla hihattomassa vaatteessa vapaammin kuin hihallisessa vaatteessa kaartamalla saumaa sisäänpäin kainalopistettä kohden (ks. Cole 2016, 413).

Halutunlaisen poiston ollessa tiedossa muodostetaan tuotteen mittataulukko. Taulukossa 4 on tuotteen mittojen taulukkopohja, josta käy ilmi mittapisteet. Kuviossa 5 on esitetty myös esitetty mittapisteet voimistelijan asulle, mittapistekuvana. Mallikohtaiset mitat ovat merkitty tähdellä ja näitä voi muuttaa vaikuttamatta merkittävästi asun istuvuuteen tai toiminnallisuuteen.

Taulukko 4. Asun mitat (mittataulukon pohja)

	110	120	130	140	150	160	170	180
A	½ Rinnan ympäryys							
B	½ Vyötärön ympäryys							
C	½ Lantion ympäryys							
D	½ Selän leveys							
E	½ Etuleveys							
F	Kädentien leveys							
G	Pääntien leveys*							
H	Pääntien syvyys*							
J	Kädentien korkeus							
K	Kaula-Rinta							
L	Kaula-vyötärö-eteen Alempi lantion kor-							
M	keus							
N	Vyötärö-haara-vyö- tärö							
P	Olan pituus*							
Q	Haara							

\*mallikohtainen mitta



Kuvio 5. Asun mittapisteet (Säilä 2018)

## 7 Pohdinta

Vaatetusalan kirjallisuudessa on runsaasti tietoa vartalon myötäisen neulosvaatteen mittaamisesta: tieteellisissä julkaisuissa tai mittaamisen teoriaan liittyvissä teoksissa perehdytään asioihin hyvinkin suurella tarkkuudella, kun taas erilaiset käytännön ohjeet painottavat lähes poikkeuksetta arviointia. Pidän opinnäytetyössä hyödynnettyjä menetelmiä näiden välimuotona, mutta silti enemmän tarkkuuteen painottavina.

Perehtyminen useisiin menetelmiin mitoittaa vartalon myötäinen neulosvaate nosti esille kaksi pääkohtaa asiasta vartalon mittojen tarkastelun lisäksi: materiaalin joustavuuden arviointi tai mittaaminen ja poiston määrittely. Jako ei ole ilmeinen, sillä jotain tiettyä menetelmää tarkastellessa nämä pääkohdat vaikuttavat olevan saumattomasti yhteydessä toisiinsa. Useaa menetelmää tarkastelleena kuitenkin huomaa, että materiaalin

jouston voi arvioida tai mitata tietyllä tavalla ja jatkaa toisella tavalla tuotteen mitoittamiseen. Esimerkiksi Watkinsin (2011a) yksinkertaistettu, mutta objektiivinen tapa mitata materiaalin venymä painon avulla, voisi yhdistää Cole (2016) piirto-ohjeista johdettaviin mitoituksiin. Menetelmiä voi siis tietyssä mielessä käyttää ristiin ja kehittää suosimansa lähestymistavan mukaisesti ja käyttötarkoituksiin sopivaksi. Suosimani lähestymistapa korostaa objektiivisuutta ja perusteellisuutta, mutta niin että mitoittaminen on mahdollista toteuttaa myös pienillä resursseilla.

Opinnäytetyössä pyrittiin muun muassa yhdistämään vaatteiden ympärysmittojen poiston määrittely vaatteiden käyttäjälle aiheutuvan paineen mukaan ja tyypillinen pituussuuntainen poisto. Tämä saavutettiin osittain. Jotta materiaalin jännitystä voitaisiin ennakoita tarkasti, etenkin pystysuunnassa on kyettävä selvittämään aiheutuvan paineen lisäksi materiaalin jännitys vaatteiden jokaisessa kohdassa. Oletettavasti tätä on käytännöllisintä lähestyä kolmiulotteisen mallinnuksen tai muiden vartalon tilavuuden huomioivien menetelmien avulla. Myöskin, kun opinnäytetyössä painotettu tarkkuuteen tähtäävä lähestymistapa mitoittamiseen on todennäköisesti käytännöllisimmillään esimerkiksi urheiluvaatteiden mitoittamisessa sovellettuna, asentojen ja kehon liikkumisen huomioiminen olisi hyödyllistä.



## Lähteet

- Aldrich, Winifred 2004. *Metric Pattern Cutting*. 4.painos. Oxford, Yhdistynyt kuningaskunta: Blackwell Publishing.
- Barrett, Kim, Brooks, Heddwen, Boitano, Scott, Barman, Susan 2010. *Ganong's Review of Medical Physiology*. 23.painos. New York, Yhdysvallat: McGraw-Hill Companies, Inc.
- Boncamper, Irma 2011. *Tekstiilioppi: Kuituraaka-aineet*. Hämeenlinna: Hämeen ammattikorkeakoulu.
- BSI 2005. BS EN 14704-1-2005: Determination of the elasticity of fabrics – Part 1: Strip tests. 2005. [PDF] (luettu 1.2.2018).
- Choudhury, Roy A.K., Majumdar, P.K., Datta, C. 2011. *Fundamentals of comfort and assessment. Improving comfort in clothing*. Cambridge, Yhdistynyt kuningaskunta: Woodhead Publishing.
- Cole, Julie 2016. *Pattern Making with Stretch Knit Fabrics*. Lontoo, Yhdistynyt kansakunta: Bloomsbury Publishing Inc.
- Stevenson, A. 2001. *Rubber Technologist's Handbook*. Shawbury, Yhdistynyt kansakunta: Rapra technology ltd.
- Fan, J., Hunter, L. 2009. *Engineering apparel fabrics and garments*. Cambridge, Yhdistynyt kuningaskunta: Woodhead Publishing Limited.
- Hulme, W.H. 2013 (1944). *The Theory of Garment-Pattern Making: A Textbook for Clothing Designers, Teachers of Clothing Technology, and Senior Students*. Redditch, Yhdistynyt Kansakunta: Read Books Ltd.
- Kilinc-Balci, F. S. 2011. *How consumers perceive comfort in apparel. Improving comfort in clothing*. Cambridge, Yhdistynyt kuningaskunta: Woodhead Publishing
- Koskinen, Annikki, Sillanpää-Suominen, Hilikka. 1984. *Kankaiden rakenneoppi*. Helsinki: Otava.
- Kowalski, Krzysztof, Mielicka, Elizabieta, Kowalski, Tomasz Marek 2012. *Modelling and Designing Compression Garments with Unit Pressure Assumed for Body Circumferences of a Variable Curvature Radius*. *Fibers & Textiles in Eastern Europe* 20 (6). 98-102.
- Lautrup B. 2011. *Physics of Continuous Matter, Exotic and Everyday Phenomena in the Macroscopic World*. Boca Raton, Yhdysvallat: CRC Press.
- Li, Y., Wong, A.S.W. 2006. *Clothing biosensory engineering*. Cambridge, Yhdistynyt kuningaskunta: Woodhead Publishing.
- Mather, R.R. 2015. *Synthetic textile fibres: polyolefin, elastomeric and acrylic fibres*. *Textiles and Fashion: Materials, Design and Technology*. Cambridge, Yhdistynyt kuningaskunta: Woodhead Publishing.

Mia-Tuote Oy 2018. Yritysinfo. <<http://www.miatuote.fi/yritysinfo/>>. Luettu 1.3.2018.

Müller & Sohn 2007. Grundschnitt Body für Mädchen in Gr. 128. München: Rundschau Verlag.

Sang, J.S., Lee, M.S. & Park, M.J. 2015. Structural effect of polyester SCY knitted fabric on fabric size, stretch properties, and clothing pressure. *Fashion and Textiles*. 22 (2).

SFS. 5231. Tekstillit. Kankaiden elastiset ominaisuudet. Kertakuormitus vakiovenymään. 1986. [PDF] (luettu 1.2.2018).

Sinclair, Rose 2015. *Textiles and Fashion: Materials, Design and Technology*. Cambridge, Yhdistynyt kuningaskunta: Woodhead Publishing.

Sperling, L.H. 2006. *Introduction to physical polymer science*. 4.painos. Hoboken, Yhdysvallat: John Wiley & Sons, Inc.

Wang, X., Liu, X., Hurren, C. 2008. *Fabric testing. Physical and mechanical testing of textiles*. Cambridge, Yhdistynyt kuningaskunta: Woodhead Publishing.

Watkins, Penelope 2011a. Designing with stretch fabrics. *Indian Journal of Fibre & Textile Research* 36. 366-379.

Watkins, Penelope 2011b. *Garment pattern design and comfort. Improving comfort in clothing*. Cambridge, Yhdistynyt kuningaskunta: Woodhead Publishing.

### **Henkilökohtaiset lähteet**

Hakanperä, Veera 2018. Kaavanleikkaaja. Mia-Tuote Oy. Haastattelu: 1.3.2018.

Surakka, Mia 2018. Tapaamiset yrityksessä opinnäytetyön aikana.

## **Voimistelijan asun mittataulukko**

(Liite salainen tässä versiossa)