

LEIKATTUJEN MUOVIRULLIEN LAADUN  
PARANTAMINEN KOVUUSMITTAUSTEN  
AVULLA

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU

Muovitekniikan koulutusohjelma

Opinnäytetyö

Kevät 2007

Tuomas Keppo

Lahden ammattikorkeakoulu  
Muovitekniikan koulutusohjelma

KEPPO, TUOMAS: Leikattujen muovirullien laadun parantaminen  
kovuusmittausten avulla

Muovitekniikan opinnäytetyö, 49 sivua, 5 liitesivua

Kevät 2007

---

## TIIVISTELMÄ

Tämä opinnäytetyö käsittelee Wihuri Oy Wipakin Nastolan tehtaalla leikattujen asiakasrullien kovuuksia ja sitä, voidaanko niiden laatua parantaa kovuusmittausten avulla.

Työn teoriaosassa kerrotaan muovin soveltuvuudesta pakkausmateriaaliksi ja käydään tuotannon eri vaiheet läpi, miten muovipelleteistä valmistuu pakkausteollisuuden käyttämä muovirulla. Lisäksi teoriaosassa käsitellään kaksi erilaista muovirullien kovuusmittaamiseen kehitettyä laitteistoa ja verrataan niitä keskenään. Lopuksi on esitelty mittaustulokset ja selvitetty, onko niillä merkitystä muovirullien laadun parantamisessa.

Leikatuilla muovirullilla tarkoitetaan emorullasta valmistettuja asiakasrullia, jotka valmistetaan leikkaamossa asiakkaan vaatimusten ja ohjeiden mukaisesti. Kovuusmittauksilla tarkoitetaan mittauksia, jotka suoritetaan sekä palautetusta että lähtevästä muovirullasta. Laadun parantamisen on määrä näkyä siten, että asiakkaalle ei lähetettäisi sellaisia rullia, jotka asiakas palauttaisi takaisin yritykselle käyttämättöminä.

Opinnäytetyön tutkimukset suoritettiin yrityksen palautusvarastossa sekä lähtevän tavaran varastossa. Asiakkaan palauttamia rullia verrattiin yrityksestä lähteviin rulliin. Mittalaitteiden vertailu suoritettiin Biaxiksen tehtaalla Lahdessa.

Tutkimusten mittaustulosten perusteella voidaan todeta muovirullien laadun parantamisen kovuusmittauksilla lähes mitättömäksi. Leikattujen muovirullien laatua voidaan parantaa parhaiten motivoituneella henkilöstöllä, joka karsii huonot muovirullat pois ja lähettää asiakkaalle vain hyvälaatuista tuotetta.

Avainsanat: asiakasrulla, rullan kovuusmittaus, laadun parantaminen

Lahti University of Applied Sciences  
Faculty of Technology

KEPPO, TUOMAS: Improved quality of cut plastic rolls  
by means of hardness measurement

Bachelor's Thesis in Plastics technology, 49 pages, 5 appendices

Spring 2007

---

## ABSTRACT

This thesis deals with the hardness of plastic rolls cut at the Wipak Oy Nastola factory. The objective was to improve their quality by means of hardness measurement.

The theory part examines the suitability of plastic as packaging material and describes how plastic pellets are made to a plastic roll for the packaging industry. This part also deals with two devices used for measuring the hardness of plastic rolls. These devices are compared with each other.

Cut plastic rolls are customer rolls manufactured from mother rolls. They are made in the cutting department according to customers' requirements. Hardness measurements were performed for plastic rolls that have been returned and plastic rolls that are going out. Improved quality of plastic rolls should have the result that the factory does not deliver rolls which customers return back to the factory unused.

The practical part of the thesis was done in the factory's warehouse for returned products and the warehouse for outgoing products. The rolls returned by customers were compared to rolls which were leaving the factory. The comparison of two different measurement devices was done at the Biaxis factory in Lahti.

The results of the measurements showed that the improvement in the quality of the plastic rolls achieved with hardness measurement was insignificant. The quality can be improved by having motivated personnel who are careful not to send out poor-quality products.

Key words: plastic roll, hardness measurement, improving quality

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	MUOVI PAKKAUSMATERIAALINA	3
2.1	Muovipakkauksissa käytettävät kalvomateriaalit	3
2.2	Muovin soveltuvuus pakkauksiin	6
2.3	Muovi verrattuna muihin materiaaleihin	8
2.4	Muovin tulevaisuus pakkausmateriaalina	9
3	TAVOITTEENA LAADUKAS MUOVITUOTE	10
3.1	Laatukäsite	10
3.2	Laatuun liittyvä terminologia	11
4	PELLETISTÄ MUOVIRULLAKSI	11
4.1	Tuotannonohjaus	12
4.2	Kalvo-osasto	12
4.2.1	Tasokalvon valmistus	13
4.2.2	Puhalluskalvon valmistus	14
4.3	Jalostus	16
4.3.1	Laminointiosasto	16
4.3.2	Paino-osasto	17
4.3.3	Leikkaamo	20
4.3.4	Pussiosasto	20
4.3.5	Varastot	21
4.4	Tehdaspalvelu	22
5	JALOSTUKSEN MUOVIRULLAT	22
5.1	Yleistä muovirullista	22
5.2	Hylsyjen leikkaus	23
5.3	Asiakasrullien leikkaus	25
5.3.1	Töiden järjestely leikkaamossa	26
5.3.2	Kuntoonlaitto	27
5.3.3	Laadunvalvonta leikkauksessa	27
5.4	Työturvallisuuteen vaikuttavat tekijät	28
5.5	Leikkaamon virhetilanteet ja niiden korjaus	28
5.6	Ongelmakohtat	30
6	TAPIO RQP ROLL HARDNESS PROFILER -MITTALAITE	32
6.1	Mittalaitteen tarkoitus ja osat	32

6.1.1	Kovuusmittalaitteen toimintaperiaate	33
6.1.2	Ohjelman käyttö	33
6.1.3	Yleinen mittauskäytäntö	35
7	PAROTESTER2-KOVUUSMITTALAITE	35
7.1	Mittalaitteen osat ja rakenne	35
7.1.1	Mittausperiaate	36
7.1.2	Mittauksen suoritus	37
8	KOVUUSMITTALAITTEIDEN VERTAILUA	38
9	TAPIO -KOVUUSMITTALAITTEEN MITTAUSTULOKSET	40
9.1	Polyeteenirulla PE 100 S	40
9.2	Laminaattirulla CO MS 100	42
9.3	Laminaattirulla MP TPF 300 XX HFP	43
10	YHTEENVETO	45
	LÄHTEET	47
	LIITTEET	49

## 1 JOHDANTO

Wipak Oy kuuluu Wihuri-konserniin, joka on teollisuutta ja kauppaa harjoittava monialayritys. Wihurin neljä toimialaa ovat päivittäistavarat, tekninen kauppa, erityistoimialat sekä pakkausteollisuus, johon Wipak kuuluu. Wipak-ryhmään kuuluu yhteensä seitsemän tuotantoyksikköä ympäri Eurooppaa. Suomen tehdas sijaitsee Nastolassa. Kuviossa 1 on talvista maisemaa Wipakin tehdasalueesta Nastolassa. (Wihurin pakkausteollisuus, 2006.)

Wipak on maailman johtavia elintarvike- ja terveydenhuoltoalan pakkausmateriaalien sekä pakkausjärjestelmien valmistajia. Koko Wihuri-konsernin liikevaihto on noin 1,5 miljardia euroa ja henkilöstön määrä on noin 4600, josta Wipak Nastolan osuus on noin 450 henkeä. Wipakin liikevaihdosta tulee noin 90 % Suomen ulkopuolelta. (Tervetuloa taloon, Uuden työntekijän opas, 2006.)



KUVIO 1. Wipak Oy:n tehdasalue Nastolassa

Wipakin toiminta perustuu neljään liiketoiminta-alueeseen ja asiakasryhmään:

#### WIPAK FOOD - elintarvikepakkaukset

- tuoretuotteille (liha, kana, kala, juusto, valmisruuat, leipä)
- kuivatuotteille (snaksit, kahvi, keksi)
- makeistuotteille (makeiset, suklaa)

#### WIPAK MEDICAL - sairaalatarvikepakkaukset

- HCP-tuotteille (terveydenhuoltoon)
- Medical industrial -tuotteille (sairaalatarviketeollisuudelle)

#### WIPAK COVEXX - repäisynauhat, tekniset kalvot ja puolivalmisteet

WALOTHEN - tupakkateollisuus, paperilaminaatit, käärekalvot ja standardikalvot.

Wipakilla toimii LYHTY-toimintajärjestelmä, joka kattaa koko perustoiminnan. Se koostuu neljästä eri osasta. Ensimmäinen osa on laatujärjestelmä, joka kattaa tuotteiden ja palvelun laatutason seurannan ja parantamisen. Toinen osa on ympäristöjärjestelmä, jonka ohjeistus keskittyy päästöjen pienentämiseen, ongelmajätteen synnyn vähentämiseen ja jätteiden lajitteluun. Kolmantena osana on hygienia- ja siisteysjärjestelmä. Sillä pyritään varmistamaan tuotteiden puhtaus ja turvallisuus. Neljäntenä osana on työterveys-turvallisuusjärjestelmä, joka keskittyy työntekijöiden työstä johtuvien haittojen ja tapaturmien ehkäisyyn sekä turvallisten työtapojen edistämiseen. (Tervetuloa taloon, Uuden työntekijän opas, 2006.)

Wipakin kokonaisvaltaista kalvo-osaamista täydentävät korkealaatuinen painatus, leikkaus ja pussituotanto. Jatkuva tuotekehitys perustuu asiakastarpeisiin, innovaatioihin, kestävään kehitykseen ja tinkimättömään laatuun. Kuluttajapakkauksien merkitystä elintarvikkeiden jakelussa ja markkinoinnissa on viime aikoina korostettu menestyneissä elintarvikeyrityksissä. Kuluttajahan tekee usein ostopäätöksensä pakkauksesta saamansa vaikutelman ja käytettävyyden perusteella. (Wihurin pakkausteollisuus, 2006.)

Tämän työn tarkoituksena on tutustua Wipakilla ja sen tytäryhtiössä Biaxiksella oleviin kovuusmittauslaitteistoihin. Kovuusmittausten avulla on tarkoitus löytää

eroja huonon ja hyvän rullan kovuusprofiilin välille, eli yritys tietäisi jo rullaa lähettäessään hyväksyykö asiakas rullan vai ei. Näin olisi helppo karsia huonot rullat pois ja säilyttää yrityksen hyvä laatumaine. Wipakilla oleva Tapio RQP Roll hardness-profiler -mittauslaitteisto ei ole ollut yrityksessä käytössä, ja tarkoitus onkin selvittää, onko mittauslaitteisto mahdollista saada mukaan tuotantoon osaksi laadunvarmistusta. Työ kohdistuu ensisijaisesti kalvoihin, joiden laadun suhteen yritys on saanut eniten valituksia. Biaxiksella oleva PAROtester2-mittalaite on yrityksessä jo käytössä. Siihen tutustumisen lisäksi tarkoitus on verrata näitä kahta kovuusmittalaitetta keskenään. Tulokset eivät ole keskenään absoluuttisesti vertailukelpoisia. Tarkoituksena on verrata, kummalla saadaan tarkempaa tietoa tutkitavasta asiakasrullasta.

## 2 MUOVI PAKKAUSMATERIAALINA

### 2.1 Muovipakkauksissa käytettävät kalvomateriaalit

Muovipakkaukset jaetaan yleensä kahteen eri luokkaan: pehmeisiin ja koviin pakkauksiin. Raja ei ole aina selvä, mutta pehmeät eli joustopakkaukset ovat yleensä kalvopakkauksia ja kovat kaikkia muita. Wipakilla valmistettavat pakkausmateriaalit kuuluvat pehmeisiin muovipakkauksiin, joita käsitellään seuraavassa. Kovat muovipakkaukset jätetään käsittelemättä kokonaan.

Pehmeät muovipakkaukset valmistetaan siis kalvoista. Polyolefiineista valmistetut kalvot ovat suuressa suosiossa kalvopakkauksissa. Eniten käytetty materiaali on LD-polyeteeni. Se on erinomaisen kuumasaumattavuutensa vuoksi paljon käytetty laminoituissa rakenteissa. LD-polyeteeni valmistetaan samaan tapaan kuin muutkin kestumuovikalvot eli suulakepuristimella. Myös HD-polyeteeni on paljon käytetty varsinkin sellaisissa tapauksissa, joissa tuotteelta on vaadittu kosteudenestoa. Muovien keskinäisiä laminaatteja valmistetaan ruiskuttamalla muovilakkakerros peruskalvolle tai käyttämällä muovilakkaa liimana erilaisten muovikalvojen yhteen liittämiseksi. Laminaattikalvoilla voidaan saavuttaa huomattavia etuja. Kaa-



sujen ja vesihöyryn läpäisevyyttä voidaan säädellä yhdistämällä sopivia kalvoja toisiinsa. Tiivis kalvolaminaatti saadaan polyeteenistä sekä tyydyttyneestä polyesterikalvosta. Polyeteeni läpäisee kaasuja mutta ei vesihöyryä. Polyesteri on kaasuja läpäisemätön. Muovikalvoista tehdään lähinnä erilaisia pakkauspusseja ja säkkejä. Kalvon paksuus voi olla väliltä 0,02 - 0,25 mm. Se määräytyy lähinnä käyttötarkoituksen mukaan. Erilaisten viljatuotteiden, kuten leipien, pakkauksiin käytetään 0,02 - 0,03 mm muovikalvoja. Tekstiilien ja pientavaroiden pakkauksiin 0,04 - 0,06 mm sekä kemikaalien, mm. apulantojen pakkauksiin 0,1 - 0,25 mm:n kalvoja. (Kulju 1972, 343-351.)

PP-kalvoa käytetään myös pakkaustarkoituksiin. Orientoimaton PP-kalvo on kirkas, kosteutta hylkivä, hyvin muotonsa pitävä sekä hyvin kuumuutta kestävä. Sillä on myös pieni venyvyys ja iskunkestävyys. Orientoitu PP-kalvo muokataan vetojännitystä kestäväksi, jäykäksi, kosteutta ja rasvaa hylkiväksi, matalan lämpötilan kestäväksi, kirkkaaksi ja kiiltäväksi. Kalvoja käytetään paljon laminoiduissa rakenteissa mm. välipalaruokaa pakattaessa sekä yhdessä paperin kanssa, kuten kekkipusseissa ja eläinten kuivaruokaa pakattaessa. Vielä erikseen päällystettyjä kalvoja käytetään tupakkapakkauksiin tai kosmetiikkapakkauksien kartonkeihin. (Karinen 2007.)

Useimmat PVC-kalvot on valmistettu puhalluskalvomenetelmällä. PVC on herkkä kuumuudelle, ja siksi sen valmistaminen onkin vaikeampaa kuin PE- tai PP- kalvojen. Sillä on erinomainen jousto-ominaisuus ja ainutlaatuinen tarttuvuus pakattaessa tuoretta lihaa tai tuotteita käsin. Sitä käytetään myös monenlaisissa kiehtaisupakkauksissa, kuten kasettien, lelujen ja kirjojen sekä lääketieteellisten tuotteiden pakkauksissa. (Karinen 2007.)

Vanhin pakkauksissa käytetty kalvomateriaali on sellofaani, jonka tutumpi nimi on kelmu. Sen käyttö on kuitenkin pikkuhiljaa häviämässä. Se on pakkausmateriaalina lasinkirkasta ja jäykähköä. Konekelppoisuus on hyvä, mutta miinuspuolet vähentävät sen käyttöä. Se ei kestä kosteutta ja on kuivanakin hauras. Siksi sellofaani on suojattava kosteudelta joko lakkaamalla tai laminoimalla se toisen muovin kanssa. Haittapuolena on lisäksi sen soveltumattomuus lämpö- ja suurtaajuus-

saumaukseen. Sellofaani saadaan kuitenkin kuumasaumattavaksi laminoimalla se esimerkiksi PE-kalvon kanssa. (Kulju 1972, 343.)

Erikoiskalvojen valmistus on suhteellisen vähäistä, vaikka niiden merkitys on tärkeä. Polyamidi- ja polyesterikalvot soveltuvat esimerkiksi makkaran pakkaamiseen. Polyamidit imevät vettä, joten ne turpoavat kostuessaan. Tämän takia ne suojataan molemminpuolisella PE-kerroksella. Polyesteri eli polyeteenitereftalaatti PET on myös käytetty pelkkänä kalvona. Sitä käytetään, kun tarvitaan keveyttä, hyvin suurta puhkaisulujuutta, kemiallista kestävyyttä sekä matalien lämpötilojen kestoja. Polyvinyyliideenikloridi PVDC soveltuu elintarvikkeiden kuten juuston, leivän ja lihan pakkaukseen. Se on kalvona sitkeää, erittäin kaasu-, kosteus-, ja rasvatiiivistä sekä helposti kutistuvaa. Sitä käytetään myös päällystysaineena, kun tarvitaan parempia lujuus- ja tiiveysominaisuuksia. Ionomeerejä, kauppanimeltään Surlyn, valmistetaan lisäämällä PE-ketjuun karboksyyliiryhmiä ja metalleja. Sitä käytetään päällysteenä kelmuille, paperille ja polyamidille sekä sideaineena ekstruusiossa. Se saumautuu alhaisissa lämpötiloissa ja soveltuu siksi nopeille pakkauskoneille. (Kulju 1972, 347-351.)

Kutistekalvoissa raaka-aineen valinta sekä kalvon valmistustapa antavat kalvolle ominaisuuden kutistua jopa 50 % sitä lämmitettäessä. Kun tuote on kääritty kalvoon, pakkaus kulkee kuuman uunin läpi, jolloin kalvo kuumenee ja kutistuu sitoen pakatun tuotteen tiiviiksi paketiksi. Kutistuvia pakkauskalvoja valmistetaan eniten LD-polyeteenistä mutta myös jonkin verran ohuista PVC- ja PP-kalvoista. Niillä saadaan pienet pakkaukset sidottua suuremmiksi, jolloin kuljetus ja muu käsittely helpottuvat. Kiristekalvoa voidaan venyttää ilman lämpökäsittelyä siten, että se kiristekäärinnän jälkeen pysyy jännittyneenä pitkän ajan. Kiristekalvo on tyypillisesti ohutta, ja tuoretavarat pakataan useimmiten käsin PE-, LLD- tai PVC-kiristekalvoon. Myös eteenivinyyliaasettaattia EVA käytetään kiristekäärintään. Se venyy paremmin ja on kimmoisampaa. (Kulju 1972, 348.)

Myös nesteitä voidaan pakata käyttämällä muovipusseja. Juomaveden, pesuaineiden, maidon ja nestemäisten kemikaalien kuljetukseen käytetään muovikalvoista tehtyjä pusseja. Käytetyin materiaali on polyeteeni. Polyeteenikalvoa käytetään suurten esineiden, mm. huonekalujen, pakkaamisessa. Tuote saa hyvän suojan

liikaantumiselta sekä kosteudelta. Taulukossa 1 on lueteltu yleisimmät muovikalvomateriaalit, niiden maksimikäyttölämpötilat, käyttökohteet sekä tyypillisimpiä ominaisuuksia. (Kulju 1972, 349-351.)

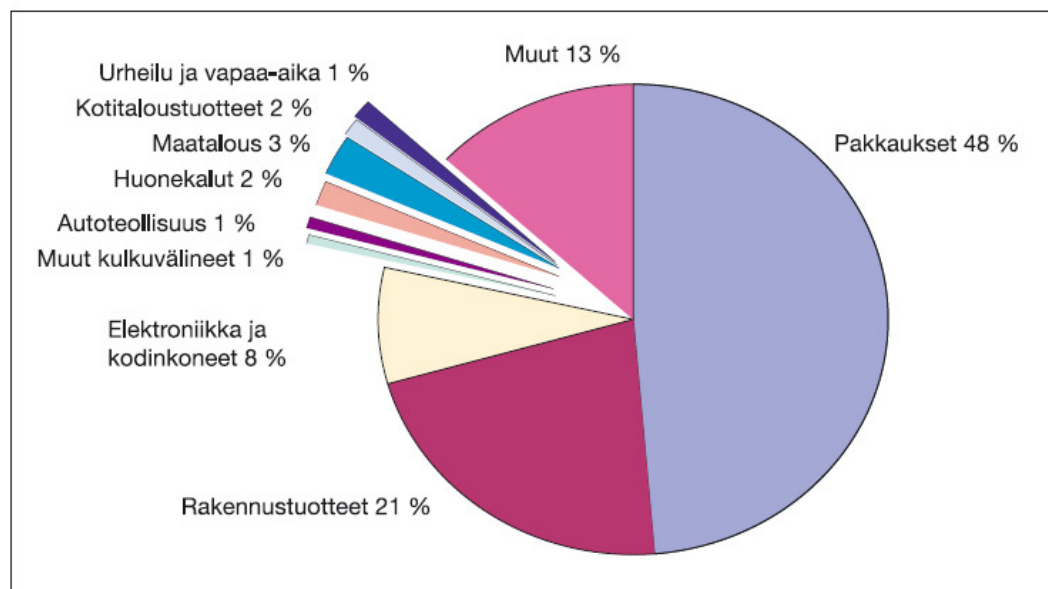
TAULUKKO 1. Muovikalvomateriaalit

<b>Muovikalvomateriaali</b>	<b>Maksimikäyttölämpötila</b>	<b>Käyttökohte</b>	<b>Ominaisuuksia</b>
LDPE	65 °C	Laminoidut rakenteet, kutistuvat pakkauskalvot	Erinomainen kuumasaumattavuus
HDPE	120 °C	Kohteet, joissa tuotteelta vaaditaan kosteudenestoa	Hyvä kosteudenesto
Orientoimaton PP	120 °C	Laminoiduissa rakenteissa, välipalaa pakattaessa sekä paperin kanssa	Kirkas, kosteutta hylkivä, muotonsa pitävä ja kuumuutta kestävä
Orientoitu PP	120 °C	Laminoiduissa rakenteissa, välipalaa pakattaessa sekä paperin kanssa	Venytystä kestävä, jäykkä, vettä ja rasvaa hylkivä
PVC	95 °C	Pakattaessa tuotetta käsin, kietaisupakkaukset	Erinomainen jousto-ominaisuus ja ainutlaatuinen tarttuvuus
PA	180-230 °C	Makkarapakkaus	Turpoaa kosteudessaan
PET	200 °C	Makkarapakkaus	Kevyt, suuri puhkaisulujuus, kemiallinen kestävyys
PVDC	140 °C	Elintarvikkeiden pakkaus, mm. juusto, leipä ja liha	Sitkeä, kaasu-, kosteus-, ja rasvatiivis sekä helposti kutistuva
Ionomer eli Surlyn	70 °C	Päällysteenä paperille, nylonille sekä sideaineena ekstruusiossa	Saumautuu alhaisessa lämpötilassa

## 2.2 Muovin soveltuvuus pakkauksiin

Muovi on monissa sovelluksissa pakkausmateriaalina lähes korvaamaton. Pakkauksille asetetaan monia vaatimuksia, ja muovi täyttää useimmiten parhaiten koko-

naisvaatimukset. Sen ominaisuuksia nimenomaan pakkausmateriaalina ovat keveys, läpinäkyvyys, kestävyys, hinta sekä monipuolisuus. Pakkauksen tulisi olla siis mahdollisimman kevyt, etteivät kuljetuskustannukset kasvaisi liian suuriksi. Läpinäkyvä pakkaus on useimmiten välttämätön, sillä asiakas haluaa normaalisti nähdä, mitä hän on ostamassa. Hyvä pakkaus säilyttää tuotteen muuttumattomana valmistajalta kuluttajalle, joten sen on oltava kestävä. Pakkauksen hinnankin olisi oltava sellainen, etteivät varsinaisen tuotteen hintakustannukset kasvaisivat liian suuriksi. Elintarvikepakkauksissa olisi tärkeää, etteivät pakkausmateriaalit anna makua tai hajua tuotteeseen eivätkä myöskään sisältäisi myrkyllisiä aineita. Pakkauksen hygieenisuus on myös tärkeää. Myös muovipakkausten hyvä soveltuvuus nopeisiin pakkauskoneisiin sekä tuoteselosteen ja pakkauksen muun painatuksen korkea laatu ovat vauhdittaneet muovipakkausten käytettävyyden yleistymistä. Muovin suojaominaisuudet ovat siis aivan loistavat, vaikkakin on muistettava, ettei mikään pakkausmateriaali täytä näitä kaikkia vaatimuksia vaan jokaisella on omat heikkoutensa. Monilla tahoilla muovia saatetaan pitää ympäristönsaastuttajana, mutta mikäli siitä luovuttaisiin, yhä suurempi osa tuotteista päätyisi kuluttajille käyttökelpottomana. Muovia käytetään pakkausten suojamateriaalina noin puolet koko muovin käyttökohteista. Tämä ilmeneekin alla olevasta kuviosta 2. (Kulju 1972, 332-334.)



KUVIO 2. Muovin kulutus eri teollisuuden aloilla Suomessa vuonna 1996 (Kaartoluoma ym. 2002, 7.)

### 2.3 Muovi verrattuna muihin materiaaleihin

Paperi on hinnaltaan edelleenkin halvin pakkausmateriaali. Polttamalla sen hävittäminen olisi helppoa, mutta se on läpinäkymätön eikä kestäisi varsinkaan kosteana mekaanisia rasituksia. Lasi olisi läpinäkyvää ja säilyttäisi tuotteen varmasti muuttumattomana, mutta se on hirmuisen painavaa ja helposti särkyvää. Lisäksi hävittämisessä tulisi hankaluuksia. Metallipakkauksissa olisi paljon haittapuolia. Se on läpinäkymätön ja korroosiolle altis, minkä johdosta se tarvitsisi sisäpuolista pintakäsittelyä. Metallipakkauksien hävittäminen olisi hankalaa, koska ne eivät pala ja tuhoutuminen luonnossa tarvitsisi erittäin pitkän ajan. Puu olisi halpa materiaali, mutta sen suuri kosteudenimemiskyky olisi huomattava ongelma. Sen huokoisuus aiheuttaisi myös sen, että puu ei olisi hygieenistä. Valmistuskustannukset olisivat verraten korkeat ja kestävyys vain kohtalainen puun suuren lahoamisvaaran vuoksi. (Kulju 1972, 332-334.)

Muovien laajasta valikoimasta saadaan eri tarkoituksiin sopivia tyyppejä, joten valintamahdollisuudet ovat todella suuret. Mikäli muovia kuitenkin lähdetäisiin korvaamaan pakkausmateriaalina, korvaavat materiaalit olisivat usein painavampia kuin muovit. Tämä takaisi sen, että energiaa kuluisi enemmän jo tuotteiden kuljetusvaiheessa. Muovipakkausten hinta on todella kilpailukykyinen, joten muut pakkausmateriaalit saattaisivat tulla kalliimmiksi. Samoin muovin energiasisältö on usein pienempi kuin korvaavien materiaalien. Pelkästään nämä muutamat syyt antavat muoville pakkausmateriaalina sekä ympäristöllisesti että taloudellisesti selkeän etulyöntiaseman muihin materiaaleihin verrattuna. Taulukossa 2 on verrattu yleisimpiä muovimateriaaleja muiden pakkausmateriaalien yleisimpiin ominaisuuksiin. (Kaartoluoma ym. 2002, 9-10.)

TAULUKKO 2. Muovi verrattuna muihin yleisimpiin pakkausmateriaaleihin (Murphy 1996, 4)

Ominaisuus	Teräs	Alumiini	Lasi	PVC	PET	HDPE
Jäykkyys	Hyvä	Melko hyvä	Hyvä	Melko hyvä	Melko hyvä	Melko hyvä
Puhkaisulujuus	Hyvä	Hyvä	Melko hyvä	Melko hyvä	Hyvä	Hyvä
Matalapainoisuus	Melko hyvä	Melko hyvä	Melko hyvä	Melko hyvä	Hyvä	Hyvä
Muokattavuus	Melko hyvä	Melko hyvä	Melko hyvä	Hyvä	Hyvä	Hyvä
Läpinäkyvyys	Melko hyvä	Melko hyvä	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Melko hyvä
Gas/aroma barrier	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Melko hyvä	Melko hyvä	Melko hyvä
Pieni pakattavuus	Melko hyvä	Melko hyvä	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Hyvä
Sopivuus tynnyreiksi	Hyvä	Melko hyvä	Melko hyvä	Melko hyvä	Melko hyvä	Hyvä

Merkitys	Väritys
Hyvä	Hyvä
Melko hyvä	Melko hyvä
Soveltumaton	Soveltumaton

#### 2.4 Muovin tulevaisuus pakkausmateriaalina

Muovin käyttö pakkauksien materiaalina tulee näkymään vahvana myös tulevaisuudessa verrattuna muihin käytettäviin pakkausmateriaaleihin. Tulevaisuudennäkymät pakkausalalla ovat siis varsin hyvät. Ainoa ongelma saattaa olla siinä, että pakkausalalla kannattavuuteen vaikuttavaa raaka-aineiden hintakehitystä ei voida luotettavasti arvioida. Raaka-ainemarkkinoilla kysyntä ja tarjonta ovat tasapainossa, joten tällä hetkellä hintataso näyttää vakaalta. Kasvavan viennin ansiosta asiakastoimialojen kehitys näyttää varsin positiiviselta, joten kotimaisten pakkausmateriaalien kysyntä säilynee edelleen kohtuullisella tasolla. (Räisänen 1998, 28.)

Useissa maissa muovipakkausten keräys, jälkikäyttö ja kierrätys on organisoitu tehokkaasti, joten kaatopaikoille menevän muovipakkausjätteen määrää on pystytty vähentämään aiemmasta määrästä. Nämä tekijät puoltavat muovin käyttöä pakkauksien materiaalina. Viime aikoina on myös pyritty kehittämään muoveja, jotka hajoaisivat UV-valon ja bakteeritoiminnan yhteisvaikutuksesta. Tämä voisi tulevaisuudessa osaksi ratkaista muovijätteiden hävittämisongelman. (Räisänen 1998, 28.)

Muovipakkausalan menestyminen Suomessa vaatii kilpailukyvyn säilyttämistä tulevaisuudessakin tasolla, joka kestää kilpailun kansainvälisilläkin markkinoilla. Alan yritykset voivat vaikuttaa omaan kehittymiseensä sekä menestymiseensä tuotekehityksen ja tuotantoteknologian sekä tehokkaan raaka-aineiden hyödyntämisen myötä. Yritykset voivat varautua nykyisen toiminnan muutostarpeisiin ennakoidulla tulevaisuuden kysyntätekijöitä raaka-aineen ja asiakaskunnan suhteen. (Räisänen 1998, 28.)

### 3 TAVOITTEENA LAADUKAS MUOVITUOTE

#### 3.1 Laatukäsite

Laatu käsitteenä on muuttunut alkuperäisestä tuotteen virheettömyydestä kokonaisvaltaiseksi liikkeenjohdon käsitteeksi. Se on nykyisin yrityksen laaja-alaista kehittämistä, jonka tavoitteena on ensisijaisesti tyytyväinen asiakas, mistä seuraa kannattava liiketoiminta ja pidemmällä aikavälillä myös kilpailukyvyn säilyttäminen ja mahdollisesti myös kasvattaminen. Laatu on myös muuttunut tarkoittamaan kaikkea yrityksen toimintaa tuotteen laadusta aina toimintaprosessien ja asiakasyhteysien kehittämiseen asti. (Silén 1998, 13-14.)

Laadusta on olemassa kuusi erilaista laadun käsitettä:

1. **Valmistuslaadussa** keskitytään nimen mukaisesti valmistukseen. Tuote on tarkoitus valmistaa tuotteen määritysten mukaisesti.
2. **Arvolaadussa** laadultaan paras tuote on sellainen, joka antaa eniten vastinetta sijoitetulle pääomalle.
3. **Ympäristölaadussa** tuotteen vaikutukset ympäristöön vaikuttavat myös siihen, millainen tuote on laadultaan.
4. **Kilpailulaadussa** kilpailijaa parempi laatu on ylilaatua ja turhaa resurssien hukkaamista. Yhtä hyvä laatu kuin kilpailijalla on riittävä.
5. **Asiakaslaadussa** asiakkaan tarpeet tyydyttävä laatu on tarpeeksi riittävä.

6. **Tuotelaadussa** hyvin suunnitellulla tuotteella on merkitystä laatuun.  
(Wikipedia-projektin osanottajat 2007.)

### 3.2 Laatuun liittyvä terminologia

Laadunvalvonnalla, josta käytetään myös nimitystä laaduntarkastus, tarkoitetaan tuotteissa olevien laatuvirheiden huomaamista ja niiden pikaista korjausta.

Laadunohjaus on edellistä huomattavasti laajempi termi, joka käsittää ongelmatiedon hyödyntämisen itse tuotteen valmistusprosessin ohjaamiseksi. Laadunohjaus on ikään kuin säätöprosessi, jossa yritetään pitää prosessi hallinnassa tehokkaalla takaisinkytkennällä.

Laadunvarmistus käsittää kaikki toimet, joilla varmistetaan tuotteen laatu yrityksen eri toiminnoissa. Se voidaan vielä jakaa kahteen eri osaan: sisäiseen laadunvarmistukseen, jossa osoitus toiminnasta kohdistetaan johdolle sekä ulkoiseen laadunvarmistukseen, jossa se on osoitettuna asiakkaalle.

Laatujohtaminen perustuu laatuajatteluun. Siinä pyritään kokonaisvaltaiseen yrityksen kaiken toiminnan jatkuvaan parantamiseen laaturyökalujen avulla, kehittämistoiminnan organisoimiseen sekä johtamisen periaatteisiin. (Hannukainen 1993, 15-16.)

## 4 PELLETTISTÄ MUOVIRULLAKSI

Wipakin tuotantoprosessi muodostuu viidestä eri osa-alueesta: tuotannonohjaus, perustuotanto, jalostus, varastot ja tehdaspalvelu.



#### 4.1 Tuotannonohjaus

Tuotannonohjaus suunnittelee tehtaan tuotannon markkinoinnista saamien asiakastilauksien ja myyntiennusteiden perusteella. Tuotannonohjaus vertaa asiakkaan toivomaa toimitusviikkoa tuotantokapasiteettiin, vahvistaa markkinoinnille toimitusajan ja siirtää tuotantoajat perustuotannon sekä jalostuksen käsiteltäviksi. (Tervetuloa taloon, Uuden työntekijän opas, 2006.)

#### 4.2 Kalvo-osasto

Perustuotannossa valmistetaan muovipellesteistä monikerroslaminaatteja kalvokoneilla. Työskentely tapahtuu viidessä vuorossa. Wipakilla on kahta eri kalvokonetyyppiä, puhallus- ja tasokalvokoneita: ne voivat olla joko yksiruuvi- tai kaksiruuviekstruudereita. Yksiruuvipuristin on yleisin, ja kaksiruuvipuristinta käytetäänkin lähinnä kovan PVC:n suulakepuristuksessa.

Suulakepuristimessa sylinterin sisällä oleva pyörivä ruuvi plastisoi ja homogeneroi sulan muovin käyttäen apunaan painetta, kitkaa sekä sylinterin seinästä johtuvaa lämpöä. Ruuvien kierteiden väliin jäävä tilavuus pienenee ruuvien kärkeen mentäessä, mikä saa aikaan plastisoituvan muoviaiheen paineen nousun. Ruuvien kierrosnopeudella säädetään raaka-aineen kitkan muodostumista. Mitä suurempi kierrosnopeus, sitä suurempi on kitkakin. Sylinteristä tulevan lämmön määrää sylinterin lämpötila, jota voidaan säätää lämpövastusten avulla. (Järvinen 2000, 109.)

Kalvon valmistuksessa yleisimmin käytetty materiaali on PE-LD. LD-polyeteeni-kalvoja käytetään valmistaessa mm. säkkeitä, pusseja, kääreitä, kutistekalvoja, kasseja sekä laminaatteja yhdessä muiden muovien kanssa. PE:ssä on kaksi tärkeää arvoa, joilla on merkitystä kalvon valmistuksessa. Ensimmäinen niistä on tiheys, joka vaikuttaa esimerkiksi siihen, kuinka sitkeä kalvo on. Se on yleensä PE-LD:llä 0,91 - 0,93 kg/cm<sup>3</sup>. Toinen on sulaindeksi eli sulan juoksevuus, joka määrää, miten ekstruuderin sylinterin lämmöt asetetaan. Kalvoraaka-aineissa se vaihtelee 0,1

- 10 g/10 min. Mitä suurempi on sulaindeksin arvo, sitä vähemmän lämpöä ekstruuderin tarvitsee. (Kurri ym. 1999, 101.)

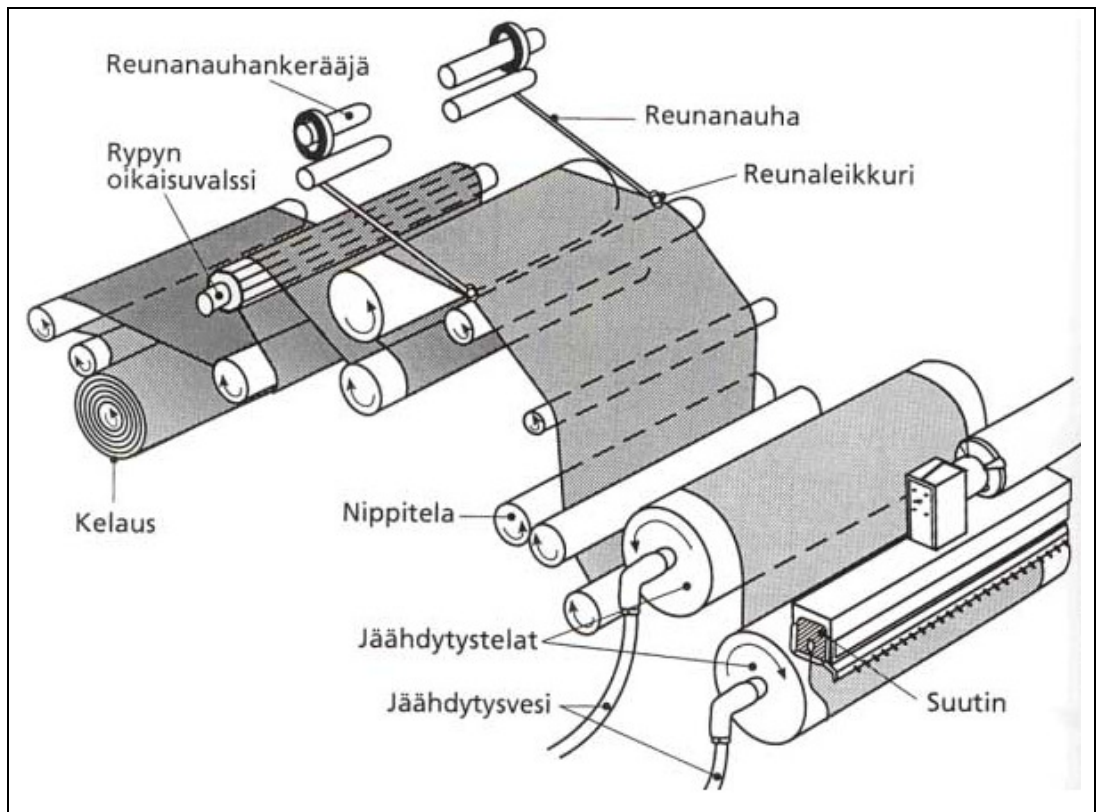
Kalvonvalmistus tapahtuu joko puhallus- tai tasokalvomenetelmällä. Menetelmillä voidaan tehdä myös monikerroskalvoja, joissa kahden tai useamman ekstruuderin tuotto syötetään yhteen suuttimeen. Kalvon valmistaminen on usein osa jotain isompaa kokonaisuutta, johon voi kuulua painatusta, kassintekoa tai jotain vastaavaa. Kalvon valmistamisessa on oltava huolellinen, sillä kalvonvalmistuksessa sattunut virhe saattaa myöhemmin moninkertaistua ja vaikeuttaa huomattavasti kalvon jatkojalostamista. (Kurri ym. 1999, 101.)

#### 4.2.1 Tasokalvon valmistus

Tasokalvon valmistuksessa ekstruuderissa sulatettu muoviraaka-aine johdetaan kapean tasosuuttimen kautta pyörivän jäädytystelan ympärille. Tasosuuttimesta ulos virtaavan muovimassan nopeudella sekä telojen kehänopeudella pystytään vaikuttamaan kalvon paksuuteen. Kalvon on tarkoitus johtaa jäädytystelaa vasten mahdollisimman nopeasti ilmaharjaa apuna käyttäen. Tällöin kalvon kurouma jäisi mahdollisimman pieneksi. Muovikalvon reunat jäävät kurouman takia muuta aluetta paksummiksi, ja siksi ne leikataan pois. Tasokalvon valmistusta käytetään lähinnä PVC-, PET-, PS-, PA- sekä PP-kalvojen valmistukseen. (Kurri ym. 1999, 106-107.)

Tasokalvoa voidaan myös tarpeen vaatiessa orientoida, jolloin sitä venytetään leveys- tai pituussuunnassa tai sitten molemmissa suunnissa. Tämä tapahtuu sulamislämpötilan alapuolella. Orientointi lisää kalvon lujuutta venytyksen suunnassa. Sitä käytetään lähinnä polypropeeni- ja polyesterikalvojen valmistuksessa. (Tammela 1990, 364-365.)

Kalvojen leveydet ovat 1,5 - 2 m, mutta joskus jopa 3 m. Keskimääräiset tuotantonopeudet ovat 100 - 200 m/min, ja joskus päästään jopa 300 m/min nopeuksiin. Tuotantolämpötilat tasosuuttimessa ovat noin 265 °C. Kuviossa 3 on tasokalvon valmistus kuvitettuna. (Tammela 1990, 364-365.)



KUVIO 3. Tasokalvon valmistus kuvitettuna (Kurri ym. 1999, 106.)

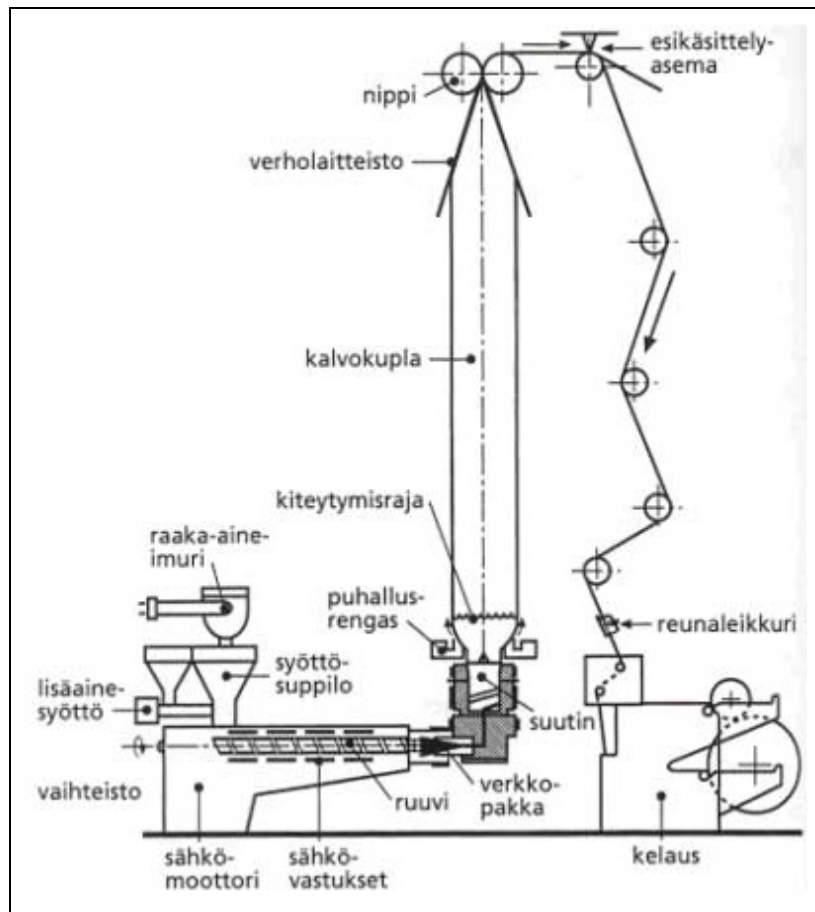
#### 4.2.2 Puhalluskalvon valmistus

Puhalluskalvon valmistuksessa ekstruuderista tuleva sula muovimassa johdetaan adapterin kautta rengassuuttimelle. Siinä muovi jakautuu tasaisesti ympäri rengassuuttimen ja pursuaa ulos suutinraosta. Muoviletkun pää suljetaan, ja suuttimen keskeltä puhalletaan ilmaa letkun sisään. Letkun pullistuessa sitä samalla nostetaan nipin läpi pujotetulla narulla ylös nippiin. Nippi suljetaan, ja puhallusta jatketaan niin kauan, kunnes saavutetaan haluttu halkaisija. Kalvoletku johdetaan esikäsittelyaseman ja reunaleikkurien kautta kelaukseen. (Kurri ym. 1999, 102.)

Puhalluskalvokoneella syntyvän kalvon ominaisuuksiin voidaan vaikuttaa raaka-ainevalintojen lisäksi myös itse prosessiin liittyvin keinoin. Ekstruuderin pyörimisnopeudella voidaan vaikuttaa muovimassan homogeenisuuteen. Ulosvirtausnopeuden kasvaessa jähmettymisraja nousee ja kiteisyysaste kasvaa. Samalla kal-

von optiset ominaisuudet huononevat. Kalvokuplan jäähtymiseen voidaan vaikuttaa kahdella tavalla: nostokorkeuden nostamisella sekä jäähdytysrenkaan kautta puhallettavalla ilmalla. Paksuutta voidaan säätää kolmella tapaa: muuttamalla keulausnopeutta, ekstruuderin ruuvin kierrosnopeutta tai kuplan sisälle puhallettavan ilman määrää. Kalvon leveyttä säädetään muuttamalla kalvokuplan sisällä olevan ilman määrää. Orientoitumiseen vaikutetaan kalvon vetosuhdetta tai puhallussuhdetta muuttamalla. (Kurri ym. 1999, 102-104.)

Ohuita kalvoja valmistettaessa nopeus on 30-90 m/min. Joskus voidaan päästä jopa nopeuteen 200 m/min. Tuotantolämpötila puhalluskalvossa on noin 170 °C eli merkittävästi pienempi kuin tasokalvon valmistuksessa. Kuviossa 4 on puhalluskalvon valmistus kerrottu kuvitettuna. (Tammela 1990, 364.)



KUVIO 4. Puhalluskalvon valmistus kuvitettuna (Kurri ym. 1999, 102.)

### 4.3 Jalostus

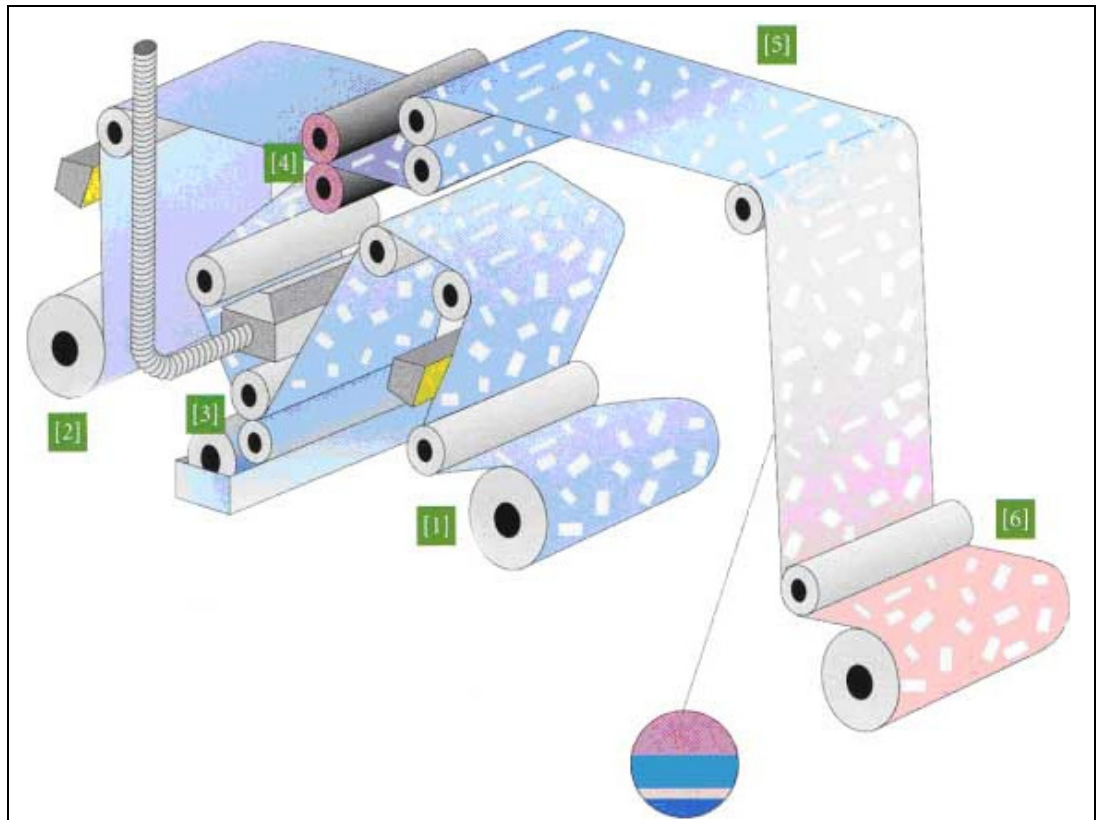
Jalostuksessa muovikalvot viimeistellään asiakastilausten perusteella laminoimalla, painamalla, leikkaamalla tai valmistamalla pusseja. Jalostuksessa työskennellään kahdessa tai kolmessa vuorossa.

#### 4.3.1 Laminointiosasto

Wipakilla toimii muutama muovikalvojen laminointiin soveltuva kone. Osastolla toimitaan kolmessa vuorossa. Laminoinnissa on tarkoitus yhdistää kaksi tai joskus useampiakin muovikalvoja toisiinsa liimaamalla. Laminoinnin avulla voidaan yhdistää myös eri materiaaleja esim. muovikalvo ja paperi, muovikalvo ja kangas, muovikalvo ja alumiini sekä alumiini ja paperi. Laminointimenetelmiä Wipakilla on käytössään kaksi: lakkalaminointi eli liuotinainepitoinen liimalaminointi ja liuotinainevapaa 100 prosenttinen kuiva-ainelaminointi. Periaatteena kaikissa on, että telojen välisessä nipissä puristetaan kaksi tai useampia kerroksia yhteen. Kerrosten välinen asema toistensa suhteen määräytyy sillä hetkellä, kun pintojen liimautuminen toisiinsa tapahtuu. Tämän takia on tärkeää asemoida kerrokset tarkkaan. Myös puristuksen kanssa tulee olla tarkkana. Kummankin pinnan yksittäisten molekyylien tulee koskettaa toisiaan mikrotasolla, jotta saadaan aikaan kunollinen adheesio pintojen välille. Laminaatit saattavat myös käyristyä joko heti tai myöhemmin. Tätä ilmiötä voi aiheuttaa mm. lämpölaajeneminen, yhdistettyjen ratojen erilainen ratajännitys tai rullassa syntyvä kaarevuus radan pituussuuntaan. Valmistunut laminaatti siirretään kuivumaan ja kovettumaan. Jatkotoimenpiteet tehdään asiakastilausten mukaan. Yleensä emorullat leikataan asiakkaalle pienempiin ja paremmin soveltuviin mittapituuksiin. (Siira 2005.)

Kuviossa 5 on selostettu laminoinnin eteneminen. (1) Painettu muovikalvo, joka on tarkoitus laminoida yhteen toisen muovikalvon kanssa. (2) Painamaton muovikalvo, joka useimmiten on polyeteeniä. (3) Liimayksikkö, jossa painetun muovikalvon painamaton puoli saa liimapeitteensä. Yksi tela on jatkuvassa kosketuksessa liiman kanssa, minkä läpi painettu muovikalvo kulkee. (4) Muovikalvot liimau-

tuvat toisiinsa ja muodostuu laminaatti. (5) Laminaatti kulkeutuu rullalle, samalla kuivuen ja kovettuen. (6) Valmis laminaatti viedään varastoon vielä kuivumaan ja kovettumaan. Sieltä se on tarkoitus hakea leikkaamoon ja leikata asiakkaan ohjeiden mukaisesti pienempiin asiakasrulliin.



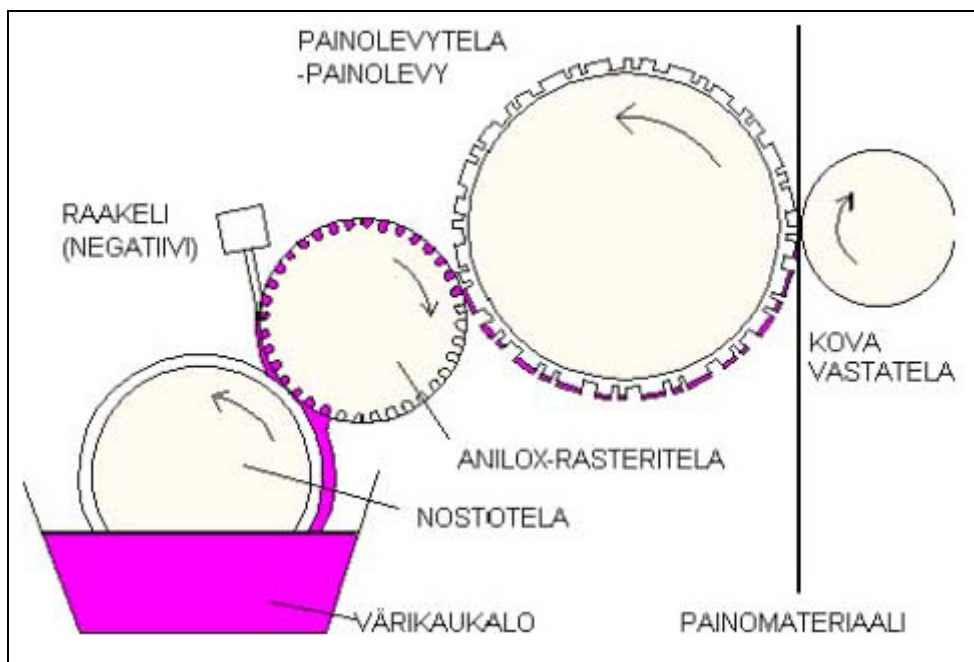
KUVIO 5. Liimalaminointi kuvitettuna kohta kohdalta (Rasmussen ym. 2005, 6.)

#### 4.3.2 Paino-osasto

Wipakin yleisin muovikalvon painomenetelmä on fleksopaino. Flexopaino perustuu rotaatiotekniikalla tapahtuvaan kohopainomenetelmään. Flexopainoyksikkö koostuu kolmesta eri osasta eli värilaitteesta, painosylinteristä ja puristussylinteristä. Painavat pinnat ovat kohollaan painosylinterille kiinnitettävän painolaatan pinnassa. Väritelalta painolaatalle siirtyvä painoväri kiinnittyy levyllä koholla oleviin painoaihion mukaisiin pintoihin, josta se siirtyy suoraan painettavalle materiaalille radan kulkiessa paino- ja puristussylinterien muodostaman painonipin välistä. Flexopainomenetelmässä käytettävät painolaatat ovat joko elastisia kumi-laattoja, fotopolymeerilaattoja tai metallisia sinkki- ja magnesiumlevyjä. Kumilaa-

talle painoaihio valmistetaan valomekaanisesti elektronisella kaiverrusjärjestelmällä. Fotopolymeeri ja metallilevyille painopinta valmistetaan fotokemiallisesti. (Malinen 2005.)

Värilaitteella hallitaan pieniä syvennyksiä. Väritelan pyöriessä väriaukalossa painoväri kiinnittyy telan pintaan täyttäen samalla pinnassa olevat rasterisyvennykset. Pyörivän väritelan pinta on jatkuvassa kosketuksessa teräksiseen raakelite-rään, joka kaappii telan pinnassa olevan painoväriin pois, jolloin painolevyille siirtyy ainoastaan rastereihin jäänyt värimäärä. Koska värimäärän tarve on eri painomateriaaleilla erilainen, valmistetaan anilox-väriteloja erilaisilla rasteritiheyksillä ja -syvyyksillä. Huukosille materiaaleille painettaessa käytetään harvaa ja syväkennoista väritelaa ja sileäpintaisille materiaaleille tiheää ja matalakkennoista telaa. Kuviossa 6 on kuvitettuna fleksopainatuksen periaate ja kerrottu painatukseen liittyvät tärkeimmät telat. (Malinen 2005.)

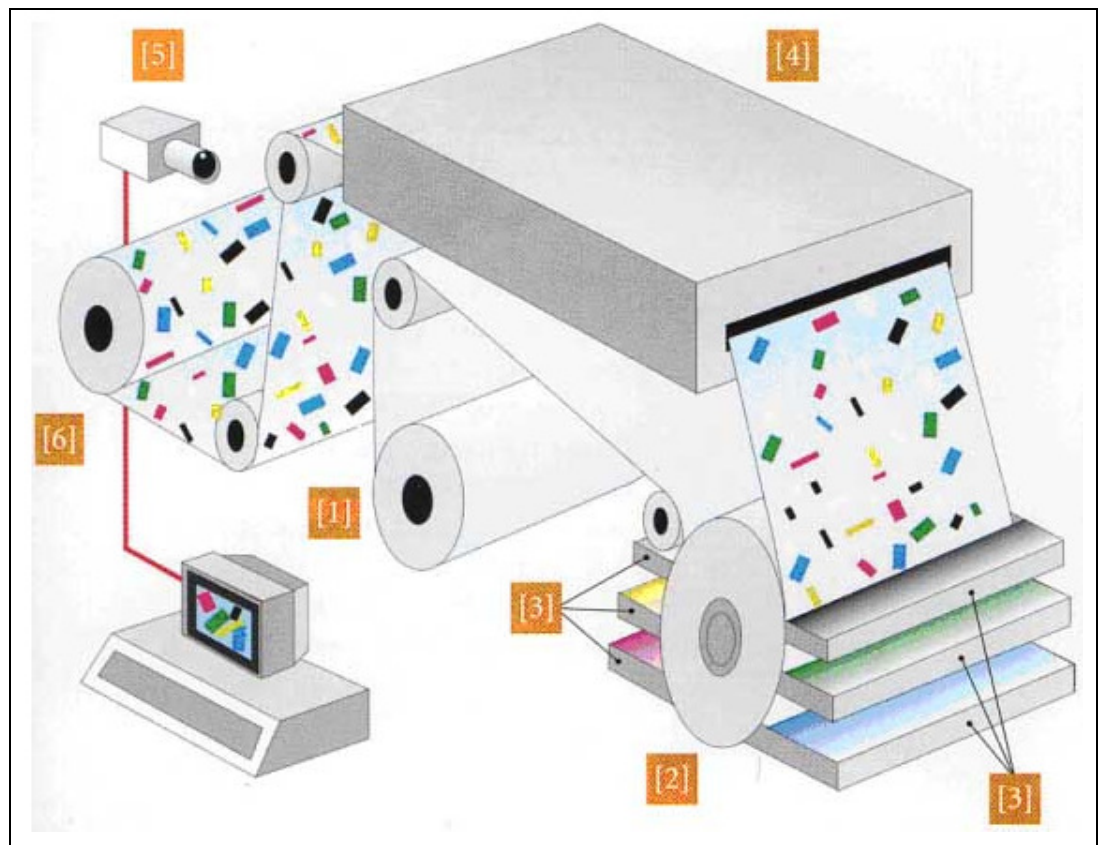


KUVIO 6. Flexopainatuksen periaate kuvitettuna (Malinen 2005.)

Flexopainomenetelmällä painetaan pääasiassa pakkausalan tuotteita. Tällä menetelmällä painetaan mm. muovipussit ja -kassit, muovi- ja paperisäkit, foliot ja kertakäyttöt tuotteet. Kaikki flexopainomenetelmää käyttävät painokoneet ovat rullapainokoneita, ja painoalustan ratalevyydet vaihtelevat käyttötarkoituksesta riippu-

en 500...3000 mm:n välillä. Painovärit, joita fleksopainomenetelmässä käytetään, ovat nestemäisiä ja sisältävät paljon liuotainaineita. (Malinen 2005.)

Kuviossa 7 on kerrottu painamisen eteneminen. (1) Painamaton muovikalvo, johon on tarkoitus painaa kuvioita ja tekstejä asiakkaan ohjeiden mukaisesti. (2) Painosylinteri, jonka yhteydessä ovat myös (3) painovärikaukalot. Sylinteriin kiinnitettävän painolevyn pinnan aihioihin painoväri kulkeutuu suoraan väriteltalalta, ja siitä edelleen suoraan painettavalle materiaalille. (4) Kuivaustunneli, jossa tekstit ja kuvat kovettuvat muovikalvon pintaan. (5) Optinen tarkastus painetulle muovikalvolle, minkä yhteydessä on tietokoneen näyttöpäätte. Voidaan tarkastella mm. värien kirkkautta, ääriviivojen suuntausta sekä kalvon virheettömyyttä. (6) Valmiiksi painettu muovikalvo viedään varastoon. Sieltä se haetaan leikkaamon jatkokäsiteltäväksi.



KUVIO 7. Painaminen kuvitettuna kohta kohdalta (Rasmussen 2005, 7.)



### 4.3.3 Leikkaamo

Leikkaamossa emorullat leikataan pienempiin rulliin asiakastilausten mukaan. Osastolla on kolmea eri kokoluokkaa olevaa leikkuria. Pienin leikkuri on tarkoitettu asiakkaalta takaisin tulevien palautusrullien uudelleen käsittelyyn. Yleisin tehtävä on leikata palautusrullat uudelle asiakkaalle kapeampaan mittapituuteen tilausten mukaisesti. Toinen hyvin yleinen tehtävä on ajaa kasaan menneet muovirullat ehjälle hylsulle. Myös rullaussuunnan vaihto onnistuu koneella hyvin. Koneella pystyy yleensä ajamaan vain yhtä muovirullaa kerralla, joten tuotanto on hidasta.

Keskikokoisia leikkureita tehtaassa on useampia. Ne toimivat tuotannon peruskoneina. Yleensä yhdestä vaihdosta valmistuu kahdesta neljään asiakasrullaa, joten tuotantomäärät ovat suuret. Valmistuneet muovirullat nostetaan robottikädellä linjastolle, josta ne kulkeutuvat pakkausrobotin pakattaviksi ja siitä edelleen lähtevän varaston jatkokäsiteltäviksi. Kokoluokkaa suurempia leikkureita on tehtaassa muutamia, ja niistä valmistuneet rullat ovat usein jumborullia, joita valmistuu yhdestä vaihdosta yleensä muutama kappale. Rullat joudutaankin pakkaamaan usein käsin, joten tuotantomäärät kärsivät hieman tästä. Jokaisella leikkurilla tehdään perushuollot kerran viikossa.

### 4.3.4 Pussiosasto

Pussiosastosta käytetään myös nimitystä puhtaan puolen osasto. Siellä valmistetaan letkunmuotoisesta puhalluskalvosta pusseja yksinkertaisella pohjasaumalla. Lähes kaikki PE-LD-pussit tehdään tällä menetelmällä johtuen puhalluskalvoekstruusion yleisyydestä kyseiselle materiaalille. Pohjasauma saadaan käyttämällä kuumaa lankaa tai impulssisaumausta. Pohjasaumatut pussit tehdään aina puhalluskalvosta. Sivusaumatuissa käytetään tasokalvoa, jossa taite muodostaa pussin pohjan.

Mikäli pussiin tulee painatus, on tuotannon kulku seuraava: kalvonvalmistus, esikäsittely, painaminen, saumaus, leikkaus ja niputus. Jos taas pussi on painamaton

tai valmiiksi painettu, tapahtumat etenevät seuraavasti: kalvo rullataan auki ja taitetaan haluttuun muotoon. Sen jälkeen kalvo saumataan ja leikataan sen liikkessa. Seuraavaksi valmis pussi poistetaan nopeasti pyörivän hihnan avulla ja pus-  
sit ryhmitellään koneesta poistoa varten. Pussin eri taittomuotoja ovat keskitaitto, J-taitto, W-taitto sekä U-taitto.

#### 4.3.5 Varastot

Varastot vastaavat raaka-aineiden vastaanotosta, niiden varastoinnista, valmiiden tuotteiden pakkaamisesta, varastoinnista ja lähettämisestä. Varastot jaetaan kah-  
teen eri luokkaan: saapuvaan varastoon ja lähtevään varastoon. Kuviossa 8 on Wipakilla toimiva pakkausrobotti, joka pakkaa muovirullat sisältävät lavat muo-  
vikääreeseen pakkausvaatimusten mukaisesti. Kuvassa keskellä mustan suojähä-  
kin takana on muovirullat sisältävä lava ja oikealta linjastoa pitkin tulevat seura-  
vat lavat. Oikealla näkyy myös harmaa ohjauspöytä, josta johdetaan robotin ja  
linjaston toimintaa.



KUVIO 8. Lähtevän varaston pakkausrobotti, joka pakkaa lavat muovikääreeseen

#### 4.4 Tehdaspalvelu

Tehdaspalvelu huolehtii koneiden huollosta, korjauksesta, suunnittelusta ja asennuksesta. Lisäksi osasto hoitaa kiinteistöt. Yleisimpiä tehtäviä ovat tehdasrobottien sekä leikkauskoneiden määräaikaishuollot sekä korjaukset.

### 5 JALOSTUKSEN MUOVIRULLAT

#### 5.1 Yleistä muovirullista

Wipakilla leikattavat muovirullat voivat olla painettua tai painamatonta muovikalvoa. Sillä ei kuitenkaan ole merkitystä valmistukseen, vaan valmistus tapahtuu samalla perusperiaatteella joka kerta. Muovirullat on tarkoitus leikata ajo-ohjeessa mainittuun leveyteen sekä juoksumetrimäärään. Joskus rullista saatetaan joutua leikkaamaan huonoa muovikalvoa pois. Suositeltu käytäntö on, että rullia ei ajettaisi vajaiksi vaan mieluummin hieman ylimittäisiksi. Valmistuksessa muovirullat on kelattava niin kireälle, että laminaatti ei kelauksen jälkeisessä käsittelyssä liiku sivuttaissuunnassa eli rulla ei ammu. Asiakkaalle toimitettavan rullan leveystoleranssit ovat  $-0$  mm ja  $+1$  mm. Leveys on tarkoitus mitata työn alussa jokaisesta varresta. Uuden emorullan vaihtuessa on suositeltavaa suorittaa mittaus jokaisesta varresta uudestaan.

Painetussa muovikalvossa on painatusmerkit, joiden pitää olla tietyissä rajoissa, että asiakas hyväksyisi muovirullan. Painatuspituus mitataan jokaisen emorullan alusta, keskeltä ja lopusta. Painatuspituus mitataan valmistuneesta asiakasrullasta eikä siis emorullasta. Toleranssivirheet on ilmoitettu ajo-ohjeessa. Uuden emorullan vaihtuessa joudutaan laittamaan jatkos. Yhdessä muovirullassa saa olla enintään kolme jatkosta, ja kahden jatkoksen välin tulee olla vähintään 200 m. Mikäli niitä on tiheämmässä, muovirulla hylätään. Emorullaa vaihdettaessa laminaatti katkaistaan kohtisuoraan radan poikki ja myöskään jatkosten kohdalla laminaatissa ei saa olla sivuttaisheittoa. Rullan pään on oltava suora, ja sallittu sivuttaisheit-

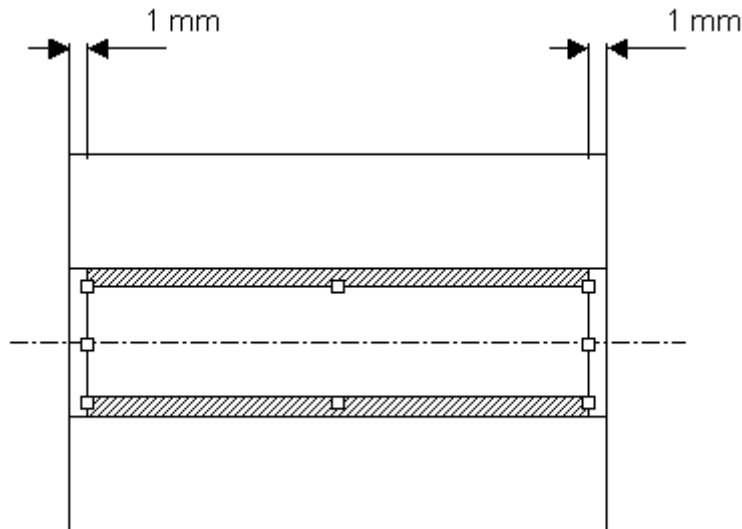
to on  $\pm 1$  mm. Suurin sallittu kartiokkuus eli rullan päistä mitattujen halkaisijoiden erotus on 2 mm. Löysää rullan päätä ei mitattaessa saa puristaa ollenkaan. Rullissa esiintyy myös usein pantoja ja painaumia. Suurin sallittu laminaatin paksuusvaihtelusta aiheutunut kohouma eli panta rullan pinnassa saa olla 4 mm. Mikäli panta on jommassa kummassa reunassa, se saa olla ainoastaan 2 mm. Painauma popinan päässä sitä painettaessa saa olla yli 350 mm:n halkaisijalla maksimissaan 12 mm ja alle 350 mm:n halkaisijalla maksimissaan 10 mm. Muissa tapauksissa rulla siis hylätään. (Wihuri Oy Wipak 2006.)

Valmistuneiden muovirullien päät teipataan kiinni siten, että teipin toinen pää on aukaisun helpottamiseksi käännetty kaksinkerroin liimapuolet vastakkain. Liukasta laminaattia leikattaessa muovirullan ampuminen estetään rullan yliteippauksella. Jokaiseen valmistuvaan laminaattirullaan tulee etiketti. Se on tarkoitus liimata niin, että se ei peitä muovirullan pään kiinnitysteippiä eli häntää. Seuraamisen helpottamiseksi tai etiketin häviämisen varalta tulee jokaiseen muovirullaan teipata myös hylsytiketti hylsyn sisään. Mikäli rullat eivät kulkeudu pakkausrobotin kautta vaan ne joudutaan pakkaamaan käsin, on noudatettava ajo-ohjeen pakkausmääräyksiä. Tyypillisin ohje on kääriä rulla PE-muovikääreeseen, jossa päät survotaan hylsyn sisään. Usein käytetään myös tuplakäärintää tai sitten kertaalleen käärityt rullat suljetaan lavalla isoon pussiin. Muitakin variaatioita on, mutta nämä lienevät yleisimmät. Ennen kuin muovirullat asetetaan lavalle, sille laitetaan pahvi, joka asetetaan myös jokaisen kerroksen väliin. Lavan suurin sallittu korkeus on yksi metri. Kuljetuksen mukana tapahtuvien kolhiintumisien välttämiseksi rullat on asetettava lavalle niin, että ne eivät ylety lavan reunojen ulkopuolelle.

## 5.2 Hylsyjen leikkaus

Wipakin muovirullat valmistetaan joko muovi- tai pahvihylsulle. Suurimmalta osalta käytetään pahvihylsyjä asiakkaan vaatimusten mukaisesti. Hylsyjä on kahta eri kokoluokkaa: kolmen ja kuuden tuuman hylsyjä. Suurin osa asiakkaista tilaa muovirullansa kolmen tuuman hylsyillä. Pahvihylsyistä on olemassa myös ohutseinämäistä sekä paksuseinäistä hylsyä. Muovimateriaalista tai rullan juoksumetreistä riippuen saatetaan siis tarvita paksuseinäistä hylsyä tai muuten hylsy

menee kasaan. Kuviossa 9 hylsy on keskitetty asiakasrullan keskelle, eli laminaattiradan on rullan kummastakin päästä oltava 1 mm yli hylsyn pään, toleranssivirheen ollessa  $\pm 0,5$  mm.



KUVIO 9. Hylsy on keskitettävä laminaattiradan keskelle (Wihuri Oy Wipak 2006.)

Wipakilla toimii erikseen hylsyleikkaamo, jossa hylsyt leikataan työmääräimen mittapituuden mukaisesti. Hylsyleikkaamossa toimitaan yhden miehen työvahvuudessa, kaksivuorotyössä yhdessä leikkaamon kanssa. Hylsy leikataan molemmista päistään yhtä millimetriä kapeammaksi kuin hylsyn päälle leikattava muovikalvo. Toleranssivirhe on  $\pm 1$  mm. Hylsyn katkaisujäljen on oltava siisti ja irto-likaa on poistettava hylsystä. Muovihylsyt ovat usein todella likaisia, joten ne on pyyhittävä kostealla pyyhkeellä ennen niiden asettamista varsien väliin. Hylsyjen leikkaus on automatisoitu, joten isommankin hylsyerän valmistus tapahtuu nopeasti. Yleisimmät hylsyn mittapituudet saapuvat tehtaalle valmiiksi leikattuina. Kuviossa 10 on hylsyvalmistamon automatisoitu leikkuri. Sillä pystytään leikkaamaan ainoastaan kolmen tuuman hylsyjä. Tehtaalla on myös kaksi muuta hylsyjen leikkaamiseen soveltuvaa leikkuria. Niistä toisella pystytään leikkaamaan kuuden tuuman hylsyjä.



KUVIO 10. Hylsyjen leikkaus on automatisoitu, joten valmistus käy nopeasti

### 5.3 Asiakasrullien leikkaus

Wipakilla toimii runsaat toistakymmentä muovirullien leikkaamiseen soveltuvaa leikkuria. Niistä löytyy kolmea eri kokoluokkaa. Osastolla toimitaan kahdessa vuorossa 7.00 - 15.00 sekä 14.50 - 22.50. Yhdellä leikkurilla toimitaan kahden miehen työvahvuuksissa. On niin sanottu ensimmäinen leikkaaja sekä toinen leikkaaja, ja jokaisella leikkurilla on myös oma henkilökohtainen trukkipuskinsa.

Ensimmäinen leikkaaja on vastuussa leikkurin pyörittämisestä. Hän asettaa leikkuuterät manuaalisesti työmääräimen mukaisesti. Tällä välin toinen leikkaaja tilaa asiakasrulliin laitettavat popina- sekä hylsyetiketit. Tämä tapahtuu leikkurin yhteydessä olevalta tietokoneen näyttöpäätteeltä. Etiketit tulostuvat vieressä olevalta tulostimelta. Uuden ajon vaihtuessa leikkurin leukojen väliin asetetaan uusi emorulla, joka siis leikataan pienempiin asiakasrulliin työmääräimen mukaisesti. Valmistuneet asiakasrollat leikataan, ja muovikalvon pää suljetaan teipillä. Tämän jälkeen asiakasrollat nostetaan robottikädellä linjastolle ja rullat matkaavat robotin

pakattavaksi lavoille. Ennen lavalle pakkausta asiakasrollat kulkevat saumauskoneen läpi, jossa kaikki rollat kääritään muovikääreeseen ja saumataan päistään tiiviiksi paketiiksi. Valmistunut lava kuljetetaan trukilla varastomiesten jatkokäsittelyiksi. Trukkikuskin vastuulla on täyttää pukit emorullilla työmääräimen jonon mukaisesti. Jokaisella kuskilla on vastuullaan kolmesta viiteen konetta riippuen koneiden työmäärästä. Kuviossa 11 on näkymä tehtaan leikkaamosta. Suuri emorulla leikataan pienempiin asiakasrolliin asiakkaan vaatimusten mukaisesti.



KUVIO 11. Asiakasrollien leikkaus emorullasta

### 5.3.1 Töiden järjestely leikkaamossa

Uusi työ aloitetaan tietokoneelta syöttämällä ajo- ja työnnumero koneelle, jolloin sinne ilmestyvät ajon kaikki perustiedot. Ne ovat myös paperiversioisessa ajo-ohjeessa. Ajo-ohjeesta ilmenevät mm. materiaalin laatu ja leveys, saumautuva puoli, rullaussuunta, hylsyn koko, asiakasrollan leveys, etikettien rullanumerot, asiakas, erikoisohjeet jne. Hylsyn tekijä leikkaa kaikki hylsyt, mikäli ne eivät ole valmista mittaa. Trukkikuski huolehtii tarvittavat emorullat varastosta leikkurin läheisyyteen. Muita järjestelytoimenpiteisiin kuuluvia tehtäviä ovat rulla- ja hyl-



syetikettien tulostus sekä pakkauslistan täyttö. Rulla- ja hylsyetiketit lajitellaan ajon varsimäärien mukaisesti.

### 5.3.2 Kuntoonlaitto

Uuden ajon alkaessa asetetaan emorulla leikkurin varsien väliin. Tässä välin on hyvä tarkistaa materiaalin oikeellisuus sekä pitääkö saumautuva puoli olla valmisrullissa ulko- vai sisäpuolella. Samoin rullaussuunta painetuilla kalvoilla on tarkistettava. Seuraava toimenpide on asettaa alateräkseliin mitat ajo-ohjeen mukaisesti, minkä jälkeen yläterät laitetaan kohdalleen alateräkselin mukaisesti ja lukitaan paikalleen. Seuraavaksi kohdistetaan varret koneen rungossa olevaa mittaasteikkoa käyttäen. Vaihdetaan leikkuriin hylsylaipat riippuen siitä, ajetaanko kolmen vai kuuden tuuman hylsulle. Sähkösilmä säädetään siten, että reunanauhaputkiin menevä muovikalvo olisi molemmista päistään leveydeltään suunnilleen yhtä pitkää ja asetetaan putket sopivalle etäisyydelle. Leikattavasta muovikalvosta riippuen tehdään säädöt, joihin vaikuttavat paksuusvaihtelut sekä venyneisyys. Perussäädöt ovat jarrupaine-ratakireys sekä jokaiselle varsiparille asiakasrullan leveys, telapaine ja puolaus. Tämän jälkeen leikkuriin asetetaan vaadittavat juoksumetrimäärät ja ajonopeus. Myös metrimittari on nollattava. Sitten ajetaan vain rata kohdilleen ja mitataan asiakasrullien leveys. Mikäli mitat eivät täsmää, asetetaan terät uudestaan. Kun mitat ovat sallituissa rajoissa, aloitetaan tuotanto. (Wihuri Oy Wipak 2006.)

### 5.3.3 Laadunvalvonta leikkauksessa

Leikkaustuotannon ollessa käynnissä ja asiakasrullien valmistuessa on eri telojen toimintaa seurattava. Mikäli asiakasrullista ei tule hyviä, niin telojen toiminnan muutoksilla voidaan vaikuttaa niiden laatuun. Ensimmäinen tela, jonka toimintaa on hyvä seurata, on tanssijatela. Mikäli emorullassa esiintyy löysyyttä tai muuta epätasaisuutta, tämän tasaamiseksi tanssijatelan kireyttä on lisättävä. Mikäli muovimateriaali on ryppyistä, voidaan banaanitelan säätämällä vaikuttaa siihen, että materiaali suoristuu. Nippitelaparin säätämällä voidaan vaikuttaa siihen, että



materiaaliin ei tule vekkiiä. Tämä tosin on materiaalin paksuudesta riippuvainen. Leikkausjälkeen voidaan vaikuttaa terien vaihtamisella, mikäli ne ovat liian kulu-  
neet. Usein auttaa myös pieni napautus alaterään, jolloin se kiinnittyy paremmin  
yläterään ja siten leikkaa paremmin. Ajon aikana on jatkuvasti tarkkailtava asia-  
kasrullien profiilia ja materiaalin laatua. Mikäli tarvetta ilmenee, esimerkiksi jos  
asiakasrulla ampuu tai on löysää, on säädettävä telapainetta ja/tai vetoa. (Wihuri  
Oy Wipak 2006.)

#### 5.4 Työturvallisuuteen vaikuttavat tekijät

Tupakointi ja tulen käsittely on yrityksessä sallittu ainoastaan erikseen määritel-  
lyillä alueilla. Jokaisen työntekijän on tiedettävä sammutuslaitteiden sijainti ja  
tutustuttava niiden käyttöohjeisiin. Omiin henkilökohtaisiin suojavälineisiin kuu-  
luvut: kuulonsuojaimet, hanskat, turvajalkineet ja työasu. Leikkurin käydessä on  
varottava sormien joutumista pyörivien telojen väliin, ja jokaisen pitää tietää hä-  
täseis-painikkeiden sijainti leikkurissa ja sen lähiympäristössä. Trukilla saa ajaa  
vasta koulutuksen jälkeen, ja sen käytössä on korostettava rauhallisuutta. Raskaita  
emorullia on kuljetettava siten, että rulla on trukin haarukoiden keskellä ja mah-  
dollisimman alhaalla. Raskaita rullia on muistettava nostaa nosturilla, sillä selkä-  
kivut ovat nostotyössä kovin yleisiä. Jokaisen työntekijän velvollisuutena on pitää  
työympäristö siistinä, millä on ratkaiseva merkitys turvallisuuteen työpaikalla.

#### 5.5 Leikkaamon virhetilanteet ja niiden korjaus

Leikkaamossa syntyy leikkureilla ajettaessa virhetilanteita, jotka vaikuttavat val-  
mistuvan asiakasrullan laatuun. Niiden korjaamiseen on kuitenkin olemassa mene-  
telmiä, joilla asiakasrullat saadaan laadultaan paremmiksi. Mahdolliset virhetilan-  
teet ja niiden korjaaminen on esitetty seuraavassa.

Hylsy sorvautuu ja/tai tekee purua:

- varsiparit on sovitettu hylsulle liian leveälle / säädetään varsiparit uudesta
- liikaa puolausta / säädetään puolaus pienemmälle
- laippa viallinen esim. ei pureudu hylsyn sisäreunaan / vaihdetaan laippa
- hylsyn sisämitta väärä / vaihdetaan hylsyerä.

Asiakasrullan kylkeen tulee muovijauhoa, leikkauspinta on samettimainen tai karhea:

- terät tylsät / terät vaihdetaan.

Leikkausjälki nyppivää:

- yläterät liian löysällä / kiristetään terät
- ala- tai yläterässä vaurio / vaihdetaan terä.

Asiakasrulla ampuu:

- puolausta ja/tai telapainetta liian vähän / lisätään puolausta ja/tai telapainetta
- varret jännityksessä / poistetaan jännitys löysäämällä varsiparin tukiputki
- materiaalissa paksuusheittoa ja pantaa / painamattomissa radoissa lisätään oskillointia, jos varat riittävät
- laminaatti liian tuoretta / vaihdetaan laminaattierä.

Asiakasrulla löysä:

- puolausta ja/tai telapainetta liian vähän / lisätään puolausta ja/tai telapainetta.

Asiakasrulla irtoaa vastatelan pinnasta ja pomppii:

- telapainetta liian vähän / lisätään telapainetta
- leikkausnopeus liian suuri / lasketaan nopeutta
- muut leikkurin säädöt väärin / säädetään leikkuri.

Asiakasrullaan tulee vekkiä:

- materiaali venynyttä / säädetään banaanitela ja/tai nippitelaparia

- varret vinossa vastatelaan nähden / säädetään varret.

(Wihuri Oy Wipak 2006.)

## 5.6 Ongelmakohdat

Yritys saa jatkuvasti asiakkailtaan palautuksina lähettämiään asiakasrullia takaisin. Syitä voivat olla muovikalvon huono laatu, rullan ampuminen, löysä kelaus, korkea panta, liian löysät reunat, liian pitkä tai liian lyhyt hylsy tai sitten rullassa on väärä kelaussuunta. Muitakin syitä löytyy mutta nämä lienee yleisimmät. Jotkut syyt voivat olla inhimillisiä, mutta vastaavasti saattaa esiintyä myös huolimattomuutta ja piittaamattomuutta.

Työntekijöiden vastuulla on leikata emorullasta sellainen muovikalvo pois, joka sisältää alla mainittuja virheitä. Leikattavat emorullat ovat siis harvoin kokonaisuudessaan laadultaan sellaista, jollaisen asiakas hyväksyisi ja josta hän olisi valmis maksamaan. Työntekijöiden vastuu leikkaamossa on suuri siitä, millaisina asiakasrullat tehtaalta lähtevät. Mikäli vielä valmistuneissa asiakasrullissakin esiintyy näitä virheitä, on työntekijän vastuu karsia nämä pois. Asiakkaalle on tarkoitus lähettää mahdollisimman hyvälaatuisia rullia ja siis sellaisia, joita asiakas ei palauttaisi takaisin.

Seuraavassa on lueteltu emorullissa esiintyviä laatuvirheitä ja sitä, millaisina kyseiset virheet ilmenevät. Tällaiset virheet on tarkoitus leikata pois.

- Kanava on liimalaminaatissa esiintyvä virhe, jossa kalvot ovat irti toisistaan.
- Vekki ilmenee siten, että kalvo on rypistynyt kaksinkerroin ja on teräväreunainen.
- Ruttu on epätasaisesti rullautunut kalvomateriaali, joka sisältää poikittaista jälkeä.
- Raidat ja naarmut näkyvät radan suunnassa kulkevinä suorina jälkinä.
- Palaneet muovikalvot sisältävät mustia pistemäisiä partikkeleita kalvon rakenteen sisässä.

- Kalansilmät ja geelit ovat pistemäisiä, yleensä kirkkaita partikkeleita, kalvon rakenteessa.
- Painatusvirheet näkyvät siten, että kuva tai teksti on epäselvä, väri puuttuu tietyiltä alueilta, kalvon pinnassa on väriroiskeita, värisävy on väärä tai vetopituus on väärä.
- Muovikalvosta puuttuu käsittely tai se on heikko. Käsitelty puoli kalvosta on se, joka on tarkoitettu painettavaksi tai laminoitavaksi toista kalvoa vasten.
- Läpikäsittely näkyy muovikalvossa vaaleina laikkuina tai viiruinä ja on selvästi nähtävissä.
- Huono laminoitavuus näkyy monikerroslaminaateissa. Kerrosten välinen sidoslujus jää liian alhaiseksi, jolloin laminaatin kerrokset irtoavat toisistaan.
- Väärä kalvonpaksuus tai väärä kerrospaksuus vaikuttaa suoraan kosteuden ja hapen läpimenoon kalvosta sekä kalvon mekaanisiin ominaisuuksiin.
- Profiilivirhe näkyy rullalla paksuna tai ohuena alueena.
- Muita emorullassa mahdollisesti esiintyviä laatuvirheitä saattavat olla: väärä raaka-aine, saumautuva puoli väärin kelattu, väärä emorullan leveys sekä irtolika ja hyönteiset.

(Wihuri Oy Wipak 2006.)

Joskus ero huonon ja hyvän rullan välillä voi olla todella huomaamaton. Sen huomaa vasta asiakas, joka on laittamassa muovirullaansa pakkauskoneisiin. Muovirullan löysä kelaus ja löysät reunat aiheuttavat hankaluuksia sitä pakkauskoneeseen asetettaessa. Ongelmia aiheuttavat myös epäsoviva hylsy sekä rullan ampuminen.

Kovuusmittausten avulla on tarkoitus selvittää muovirulla, joka on kovuudeltaan sellainen, mikä soveltuu asiakkaan pakkauskoneeseen. Mikäli mittausten perusteella on syytä epäillä muovirullan kovuutta ja soveltuvuutta asiakkaalle, sitä ei tulisi edes lähettää asiakkaalle. Seuraavissa kappaleissa on esitelty kaksi erilaista muovirullien kovuuksien mittaamiseen kehitettyä laitteistoa.

## 6 TAPIO RQP ROLL HARDNESS PROFILER -MITTALAITE

### 6.1 Mittalaitteen tarkoitus ja osat

Rullan kovuuden mittalaitteella on tarkoitus mitata muovirullien kovuuksia ja selvittää kovuusprofiili. Se on kehitetty vain ja ainoastaan tähän tarkoitukseen. Kuviossa 12 on kuva mittalaitteesta sekä käytettävästä mitta-anturista.

Mittalaite on rakenteeltaan hyvin yksinkertainen. Se koostuu pääyksikössä olevasta tietokoneesta sekä siihen kiinnitetystä kynästä ja kantonauhasta, pääyksikköön johdolla kiinnitettävästä mitta-anturista, akkujen lataukseen tarvittavasta laturista sekä kantolaukusta. Kaikkiaan mittalaitteisto painaa salkussa ollessaan noin 10 kg.



KUVIO 12. Tapio RQP Roll Hardness Profiler -kovuusmittalaite

### 6.1.1 Kovuusmittalaitteen toimintaperiaate

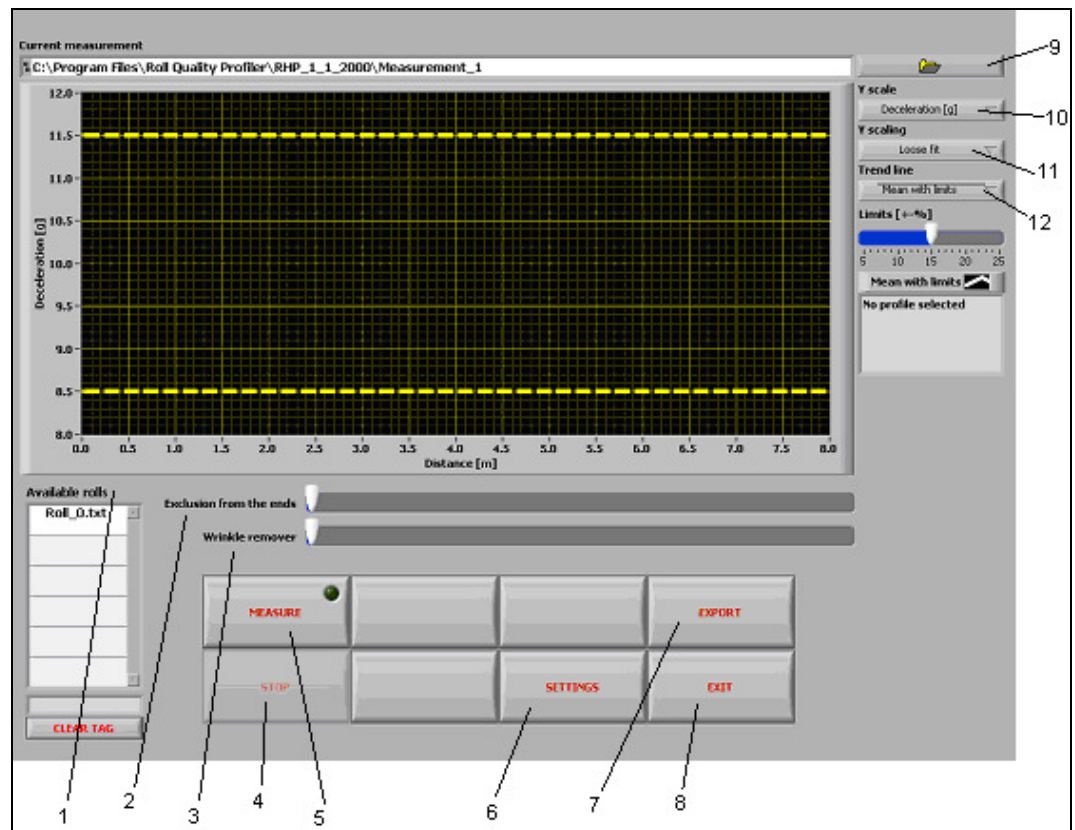
Laitteen käyttö on todella yksinkertaista. Se mittaa tutkittavaa pintaa 10 kertaa sekunnissa. Mittapää painetaan kevyesti mitattavaa pintaa vasten ja lähdetään työntämään halutulla nopeudella eteenpäin. Mitta-anturissa oleva mittapää iskeytyy tutkittavaan kohteeseen ja piirtää kovuuskäyrää tietokoneen näyttöpäätteelle. Mitä hitaammin mittaus suoritetaan, sitä useammin mittapää tarkastelee muovirullan pinnan kovuutta. Kuviossa 13 on kuva käytettävästä mitta-anturista. Keskellä on päästään pyöreä mittapää, joka on suojattu muoviläpällä. Sen vieressä on pituutta mittaava pyörä. Lisäksi anturissa on neljä sileää pyörää helpottamassa anturin liikuttamista tutkittavassa kohteessa. (Tapio RQP Roll Hardness Profiler – Operating Manual.)



KUVIO 13. Mitta-anturissa oleva kovuutta mittaava mittapää

### 6.1.2 Ohjelman käyttö

Asiakasrullien kovuuksia mitattaessa piirtyy tietokoneen näytöllä olevaan ohjelmaan tutkittavan kohteen kovuuskäyrä. Kuviossa 14 on kuva kyseisestä ohjelmasta ennen mittauksen suorittamista ja toimintopainikkeet.



KUVIO 14. Kovuusmittalaitteen Roll Quality Profiler V1.3 -ohjelma

1. Mitattujen rullien kokonaismäärä
2. Rullan päiden poistaminen
3. Ryppyjen poistaminen
4. Mittauksen lopettaminen
5. Mittauksen aloittaminen
6. Asetukset (voidaan valita ohjelma, missä tulokset avataan)
7. Tulosten näyttäminen esim. Excelissä
8. Ohjelmasta poistuminen
9. Tulosten hakeminen
10. Tulosten laatu (y-akseli): hidastuvuus (g)
11. Zoomaus (y-akseli): sovitus, 80 %...120 %, käyttäjän oma
12. Trendi: ei trendiä, keskiarvo, rajat ja keskiarvo

(Tapio RQP Roll Hardness Profiler -Operating Manual.)

### 6.1.3 Yleinen mittauskäytäntö

- Asiakasrulla on tarkoitus mitata kolmesta kohdasta:
  1. oikeasta päädyistä
  2. vasemmasta päädyistä
  3. päältä
- Jokaisesta kohdasta suoritetaan viisi mittausta
- Päätyjen mittaus aloitetaan hylsystä ulospäin
- Päältä mittaus tehdään yleensä vasemmalta oikealle

(Tapio RQP Roll Hardness Profiler -Operating Manual.)

Liitteessä on mainittu Tapio RQP Roll Hardness Profiler -kovuusmittalaitteen tarkat toimenpiteet mittausta suoritettaessa ja se, miten toimitaan, kun kaikki viisi mittausta halutaan näyttöön samanaikaisesti. Lisäksi on vielä selostettu laitteen lataamisesta sekä akkujen käyttöön liittyvistä ongelmista.

## 7 PAROTESTER2-KOVUUSMITTALAITE

Vertailun vuoksi päätettiin testata myös toista kovuusmittalaitetta. Sellainen löytyi Wipakin tytäryhtiöstä Biaxikselta, jonka tehdas sijaitsee Lahdessa. Mittalaite on yrityksessä käytössä, joten vertailimme näitä kahta mittalaitetta keskenään ja niiden antamia kovuuskäyriä tuotannosta valmistuvaan asiakasrullaan.

### 7.1 Mittalaitteen osat ja rakenne

Parotester2-mittalaitteen vakiovarusteisiin kuuluu iskulaite U varustettuna 1.5 m:n BNC kaapelilla, PAROtester2 näyttölaite LCD näytöllä, kantohihna, puhdistusharja, paristoja sekä säilyttämistä varten laukku. Lisävarusteina on saatavilla kirjoitin, latauslaite sekä testaukseen soveltuva testikappale U. Kuviossa 15 on PAROtester2-kovuusmittalaite sekä mittaamisen tärkein työkalu iskulaite U.





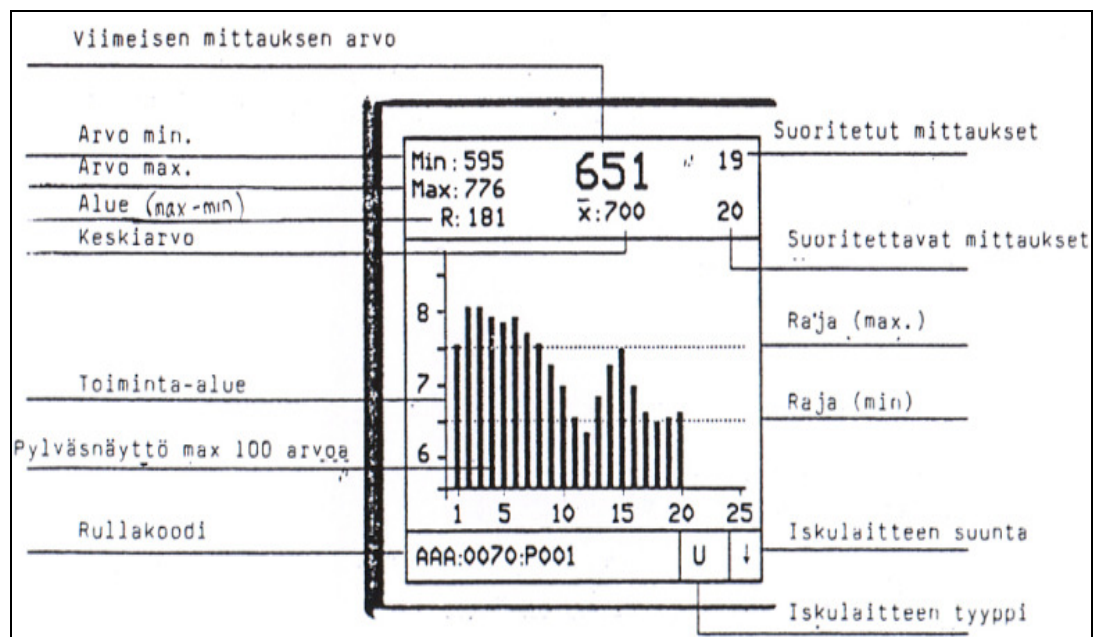
KUVIO 15. PAROtester2-kovuusmittalaite varustettuna iskulaitteella U

### 7.1.1 Mittausperiaate

Laitteella mittaus tapahtuu siten, että jousivoimalla laukaistaan iskuri tarkasteltavaan pintaan, josta se palautuu takaisin. Iskurin liikenopeus iskuhetkellä kumpaankin suuntaan mitataan. Tämä tapahtuu iskurin sisään sijoitetulla magneetilla, joka ohittaa kelan mittauksen aikana. Iskevän ja palautuvan liikkeen aikana kelaan indusoituu jännite, jonka suuruus riippuu iskurin nopeudesta. Mitattavat arvot muodostuvat isku- ja paluuliikkeiden nopeuksista, muodostaen näytölle kovuusarvon  $L$ . Tämä arvo saadaan jakamalla iskurin paluuliikkeen nopeus iskuliikkeen nopeudella ja vielä kerrottuna 1000:lla. Mitä kovempi tarkasteltava kohde on, sitä suurempi on  $L$ :n arvo. (PAROtester2-ohje.)

### 7.1.2 Mittauksen suoritus

Ennen mittauksen aloittamista on valittava mittauksen suunta. Mittaus voidaan suorittaa pystysuorassa, vaakasuorassa tai vinossa suunnassa. Tutkittavasta kohteesta mitataan kovuusarvot pinnan suuntaisesti noin 5 - 10 cm:n välein koko rullan leveydeltä. Iskulaite on muistettava painaa kohdetta vasten kohtisuoraan. Virityskahvaa työnnetään rauhallisesti kunnes iskuri laukeaa. Tämän jälkeen kahva palautetaan rauhallisesti takaisin lepoasentoon. Laite on valmis seuraavaan mittaukseen summeriäänien jälkeen, kun mittaustulos on tarkentunut näytölle. Mittalaitteella ei saa mitata kohteita, jotka ovat liian kovia, koska se vahingoittaa iskuria. Se on suunniteltu mittaamaan ainoastaan paperi-, filmi- ja muovirullia. Mittaus on muistettava suorittaa rauhallisesti, koska nopeasti tehty mittaus vääristää mittaustuloksia. Kuviossa 16 on kuvattuna mittalaitteen näyttöpäätte, josta selviävät mm. mittauksen minimi- ja maksimikovuusarvot ja näiden vaihteluväli sekä vielä keskiarvo. (PAROtester2-ohje.)



KUVIO 16. PAROtester2 -kovuusmittalaitteen näyttöpäätte (PAROtester2-ohje.)

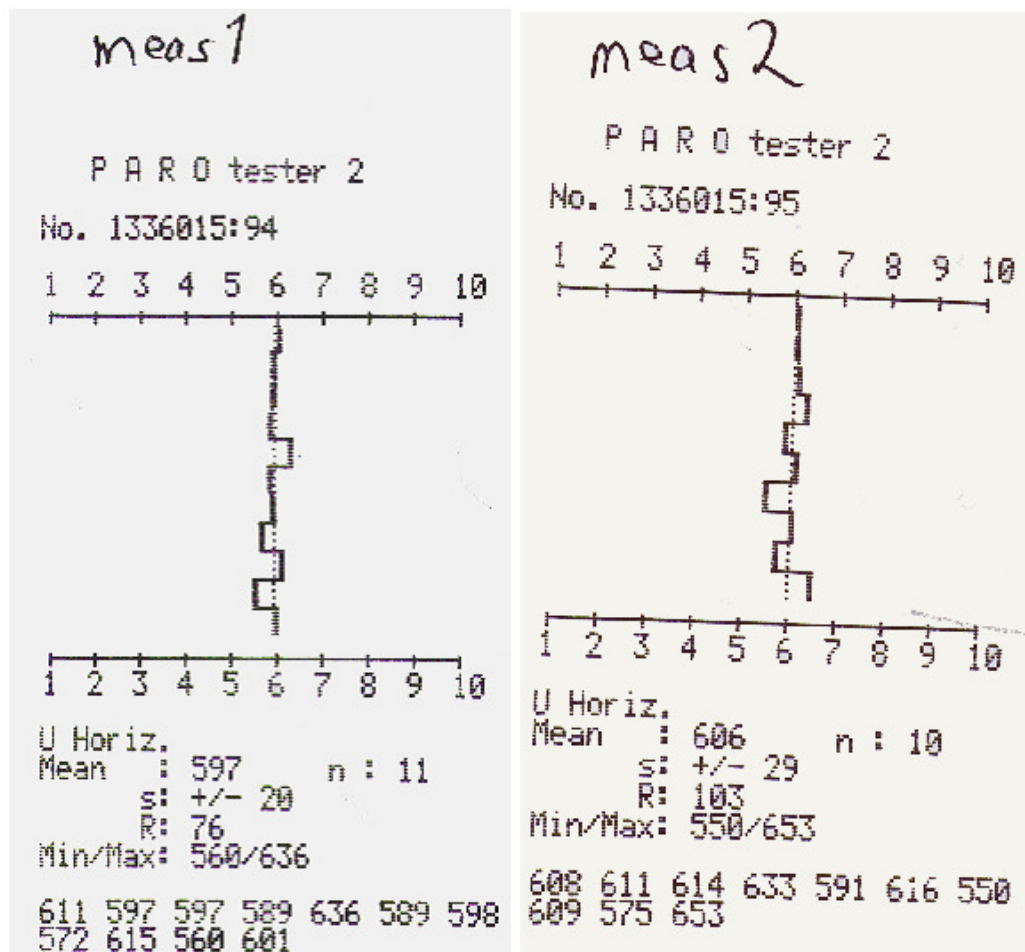
## 8 KOVUUSMITTALAITTEIDEN VERTAILUA

Kovuusmittalaitteiden mittausten menetelmien välillä on selkeitä eroavaisuuksia: PAROtester2 on toiminnaltaan yksinkertaisempi, ja saadut kovuuden arvot ovat paikallisia. Iskulaite siis mittaa kovuuden arvon siitä kohtaa, mihin iskulaite iskeään tutkittavassa kohteessa. Iskujen lukumäärät vaihtelevat tutkittavan kohteen pituuden mukaan. Yleisesti jokaisesta rullasta on otettu noin 10 - 15 mittaustulosta. Mittalaite on kehitetty ainoastaan mittaamaan kovuuksia kohteen päältä, eikä sillä pystytä mittaamaan kovuuden arvoja säteen suuntaisesti.

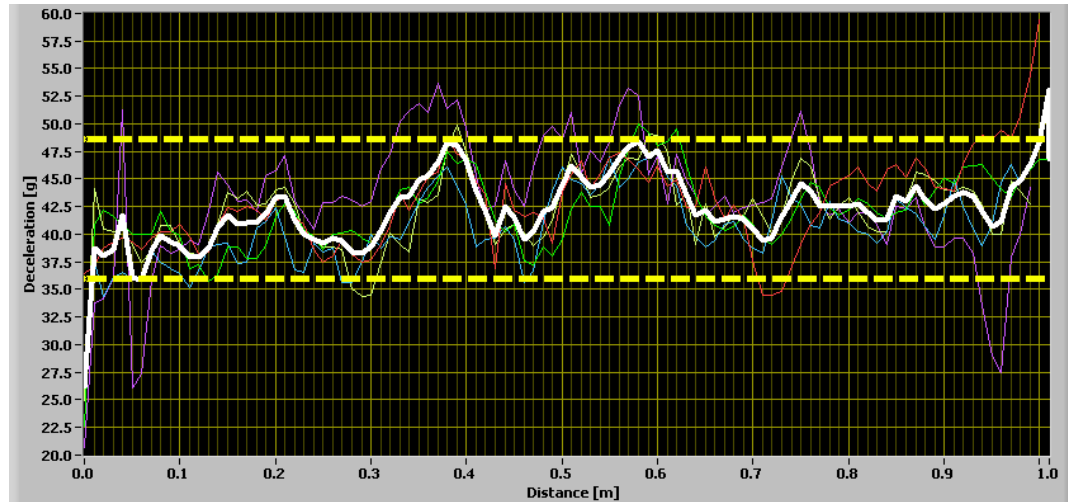
Tapio kovuusmittalaite on hieman monipuolisempi, ja sillä pystytään mittaamaan kovuuden arvot sekä päältä että säteen suuntaisesti. Mitta-anturi työnnetään tutkittavaa pintaa vasten, ja näytölle piirtyy kovuuskäyrää koko kohteen mittaussuunnasta. Rullissa, joissa esiintyy ampumista, on säteen suuntaista kovuusprofiilia mahdotonta mitata. Käytettävä anturi tarvitsee toimiakseen tasaisen pinnan, joten tällaisissa rullissa säteen suuntainen mittaaminen on unohdettava. Ongelmallisinta mitaamisessa ovat rullan päiden mittaukset. Mittausta aloitettaessa ja merkkivalon syttymistä odotellessa mittalaite saattaa antaa rullan kovuusarvoksi huomattavasti alempia tai ylempää arvoja. Myös mittausta lopetettaessa syntyy ongelmia. Mittaanturia pois nostettaessa iskupää lyö todella tiheästi muutaman sekunnin ajan, mikä saattaa vääristää mittaustuloksia. Ohjelmalla pystytään poistamaan rullan päiden mittaukset, mutta silloin jäisivät tärkeät rullan päiden mittaustulokset selvittämättä.

Tutkimme Biaxiksen tehdastiloissa Lahdessa mittalaitteiden antamia tuloksia ja lähinnä kovuuskäyriä, sillä mittaustulokset sellaisenaan eivät ole verrattavissa keskenään. Mittasimme kahdesta samasta materiaalista olevasta muovirullasta kovuusarvot molemmilla mittaustulokselta. Juoksumetrejä molemmissa rullissa oli sama määrä eli 15 000. Leveydet olivat 1040 mm ja 865 mm, ja rullien painoiksi oli ilmoitettu 270 kg ja 224,5 kg. Kuviossa 17 on nähtävillä PAROtester2-mittalaitteen antamat kovuuskäyrät ja kuviossa 18 ja 19 Tapio-mittalaitteen antamat

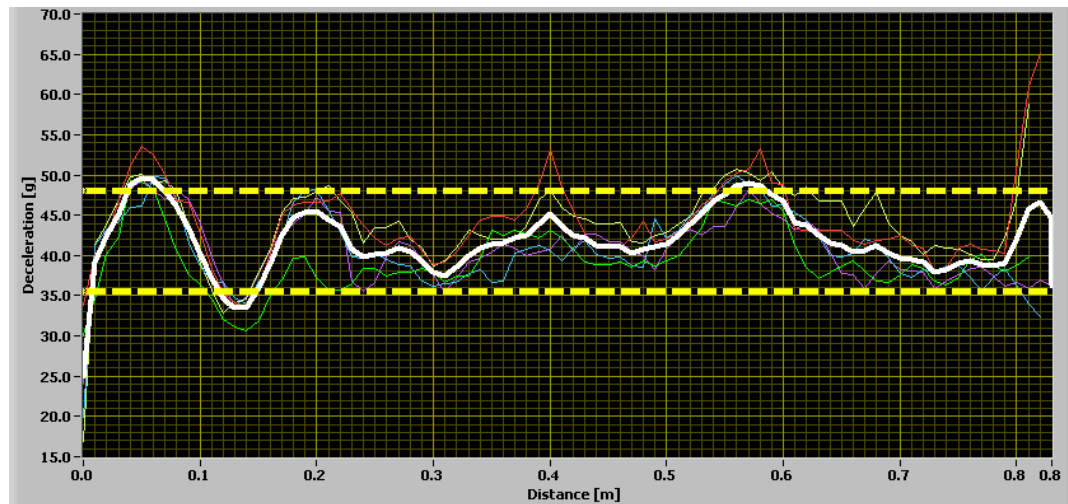
kovuuskäyrät. Biaxis tulkitsee mittaustuloksia siten, että mikäli maksimikovuusarvo on yli 700, asiakasrulla on liian kova, eikä sitä lähetetä asiakkaalle. Minimiarvon ollessa alle 400 asiakasrulla on liian pehmeä eikä sitä lähetetä asiakkaalle. Mikäli maksimi- ja minimiarvon välinen ero on 250 tai yli, asiakasrullassa on liikaa kovuusprofiilin heittoa, eikä sitä siis tällaisessa tapauksessakaan lähetettäisi asiakkaalle. Kuvioista 17 voimme lukea, että molemmat asiakasrullat ovat hyväksyttävissä rajoissa ja valmiina lähtemään asiakkaalle.



KUVIO 17. Biaxiksella mitattujen rullien kovuusarvot. Vasemmalla leveydeltään 1040 mm pitkä rulla ja oikealla 865 mm pitkä rulla



KUVIO 18. Biaxiksella mitatun rullan (leveys 1040 mm) kovuuskäyrä



KUVIO 19. Biaxiksella mitatun rullan (leveys 865 mm) kovuuskäyrä

## 9 TAPIO -KOVUUSMITTALAITTEEN MITTAUSTULOKSET

### 9.1 Polyeteenirulla PE 100 S

Yritys on saanut asiakkaalta palautuksina kaksi muovirullaa takaisin. Palautuksen syynä on löysä kelaus ja varsinkin rullien löysät reunat. Muovirullissa on havaittavissa myös hetkittäistä ampumista. Muovikalvo on polyeteeniä, rullien leveys

on 422 mm, ja ne painavat noin 185 kg kappale. Yhdessä muovirullassa on kelattuna muovikalvoa 4900 juoksumetriä. Kaikki mitatut rullat oli kelattu kuuden tuuman pahvihylsyihin. Mitataan rullista kovuudet ja verrataan niitä tehtaalta lähteviin oletettuihin hyviin asiakasrulliin, jotka asiakkaan pitäisi hyväksyä. Katsotaan löydetäänkö kovuusprofiilien välillä joitain merkittäviä eroja. Ampumisen takia säteen suuntaista mittausta ei voitu suorittaa, vaan mittaus suoritettiin ainoastaan rullien päältä. Taulukossa 3 on ilmoitettu mitattujen rullien kovuuden arvot sekä se, mistä kohdasta rullaa mittaukset suoritettiin. Palautusrullalla tarkoitetaan rullaa, joka on tullut asiakkaalta yritykselle takaisin eli asiakas ei ole hyväksynyt sitä. Asiakasrullalla tarkoitetaan rullaa, joka on yrityksestä vasta lähdössä asiakkaalle.

TAULUKKO 3. Mitattujen rullien kovuuden arvot

	Palautusrullat			Asiakasrullat	
<b>päältä</b>	1. rulla	2. rulla	<b>päältä</b>	1. rulla	2. rulla
max. kovuus	36.36	53.54	max. kovuus	54.02	56.29
min. kovuus	19.26	28.24	min. kovuus	36.22	37.53
keskiarvo	28.19	33.83	keskiarvo	44.93	46.32

Jokaisesta rullasta mitattiin yhteensä viisi tulosta, joiden maksimi- ja minimikovuudet sekä keskiarvot näkyvät taulukossa. Mittaustulosten perusteella saimme suhteellisen selkeän eron kovuudeltaan huonon ja hyvän rullan välille. Tosiasiassa rullien ero silmin nähtynä on vieläkin räikeämpi, kuin tuloksista voisi päätellä, eikä rullia olisi koskaan pitänyt lähettää asiakkaalle. Kuvioista 20 nähdään, että yritykseen palautetut rullat ovat laadultaan suhteellisen huonoja. Tässä tapauksessa kovuusmittarista ei siis olisi ollut mitään hyötyä, vaan vastuu asiakkaalle lähtevästä rullasta on leikkaamon työntekijällä. Huomattavaa on, että palautusrullan numero kaksi korkea maksimiarvo johtuu mittausvirheestä, koska muut neljä mittausta antoivat huomattavasti alempia arvoja. Liitteessä 2 on nähtävillä palautusrullan kaksi ja asiakasrullan kaksi kovuuskäyriä.



KUVIO 20. Yritykseen palautetut PE-rullat

## 9.2 Laminaattirulla CO MS 100

Yritys on saanut palautuksina asiakkaalta takaisin neljä muovirullaa. Muovikalvo on painettua ja leveydeltään 422 mm. Yhdessä rullassa on juoksumetrejä 700, ja yhden painoksi on mitattu 29 kg. Palautuksen syynä on löysä kelaus, joka onkin palautusten yleisin syy. Yhdessä rullassa on myös muovikalvon sivuttaisliikettä eli ampumista, jolloin säteen suuntaista mittausta ei voitu suorittaa kyseiselle rullalle. Mittauksissa käytetyt rullat oli kaikki kelattu kolmen tuuman pahvihylsyihin. Yrityksestä oli lähdössä samoja oletettuja hyviä rullia. Mitataan muovirullien kovuudet ja katsotaan, löydetäänkö eroavaisuuksia hyvän ja huonon rullan välille. Taulukossa 4 on ilmoitettu mitattujen rullien kovuuden arvot sekä se, mistä kohdasta rullaa mittaukset suoritettiin.

TAULUKKO 4. Mitattujen rullien kovuuden arvot

Palautusrullat					Asiakasrullat				
<b>päältä</b>	1. rulla	2. rulla	3. rulla	4. rulla	<b>päältä</b>	1. rulla	2. rulla	3. rulla	4. rulla
max. kovuus	45.88	29.83	32.51	67.06	max. kovuus	40.94	76.50	28.56	19.26
min. kovuus	10.06	9.54	13.43	9.55	min. kovuus	12.18	14.71	9.05	9.28
keskiarvo	22.01	14.44	20.20	26.48	keskiarvo	20.97	34.67	12.83	11.71
<b>oikea pääty</b>	1. rulla	2. rulla	3. rulla	4. rulla	<b>oikea pääty</b>	1. rulla	2. rulla	3. rulla	4. rulla
max. kovuus	102.66	-----	100.60	97.59	max. kovuus	117.75	100.44	104.47	-----
min. kovuus	61.16	-----	59.88	52.61	min. kovuus	42.15	38.02	61.52	-----
keskiarvo	86.43	-----	78.80	80.35	keskiarvo	98.44	74.20	81.03	-----
<b>vasen pääty</b>	1. rulla	2. rulla	3. rulla	4. rulla	<b>vasen pääty</b>	1. rulla	2. rulla	3. rulla	4. rulla
max. kovuus	89.32	-----	117.90	97.13	max. kovuus	86.26	116.72	113.29	-----
min. kovuus	59.94	-----	36.40	56.18	min. kovuus	44.39	68.14	47.38	-----
keskiarvo	79.65	-----	101.72	75.87	keskiarvo	68.36	104.72	79.03	-----

Jokaisesta rullasta mitattiin tässäkin tapauksessa yhteensä viisi tulosta, joiden maksimi- ja minimikovuudet sekä keskiarvot näkyvät taulukossa. Asiakasrullassa numero neljä säteen suuntaista mittausta ei voitu suorittaa rullassa esiintyneen ampumisen vuoksi ja onkin syytä olettaa asiakkaan palauttavan rullan. Mittaustulosten perusteella on mahdotonta löytää selkeä linja sellaisen rullan välille, minkä asiakas hyväksyisi ja mitä asiakas taas ei hyväksyisi. Kovuusarvojen suuret heilahtelut johtuvat muovikalvossa olevista pehmeistä painaumista tai kovista painoista, jotka ilmenevät tulosten muodossa muovirullaa mitattaessa. Liitteenä on nähtävillä asiakasrullan kaksi kovuuskäyrät

### 9.3 Laminaattirulla MP TPF 300 XX HFP

Yritys on saanut palautuksena asiakkaalta takaisin yhden muovirullan. Palautuksen syy on löysä kelaus. Muovirulla on painettua ja pituudeltaan 562 mm. Muovirullan painoksi on mitattu 267 kg, ja sitä on kelattu kuuden tuuman hylsyn ympärille 1300 juoksumetriä. Mitattiin jälleen palautetun ja lähtevän rullan kovuudet ja verrattiin niitä keskenään. Taulukossa 5 on ilmoitettu mitattujen rullien kovuuden arvot sekä se, mistä kohdasta rullaa mittaukset suoritettiin.



## TAULUKKO 5. Mitattujen rullien kovuuden arvot

	Palautusrulla		Asiakasrulla
<b>päältä</b>	1. rulla	<b>päältä</b>	1. rulla
max. kovuus	139.00	max. kovuus	131.44
min. kovuus	42.60	min. kovuus	42.94
keskiarvo	113.77	keskiarvo	117.50
<b>oikea pääty</b>	1. rulla	<b>oikea pääty</b>	1. rulla
max. kovuus	189.13	max. kovuus	172.09
min. kovuus	97.17	min. kovuus	76.84
keskiarvo	172.25	keskiarvo	154.56
<b>vasen pääty</b>	1. rulla	<b>vasen pääty</b>	1. rulla
max. kovuus	175.97	max. kovuus	180.67
min. kovuus	71.20	min. kovuus	85.92
keskiarvo	156.08	keskiarvo	163.54

Tässäkin tapauksessa on mahdotonta sanoa kovuuksien perusteella, mikä on huono ja mikä on hyvä rulla. Kuviossa 21 on yritykseen palautettu rulla ja kuviossa 22 yrityksestä lähtevät asiakasrullat. Kuvienkaan perusteella emme saa laadullisia eroavaisuuksia kyseisten rullien välille. Korkeat kovuuden arvot verrattuna edellisten muovirullien kovuuden arvoihin johtuu muovikalvon paksuudesta ja suuresta juoksumetrimäärästä. Liitteenä on nähtävillä palautus- ja asiakasrullan kovuuskäyrät.



KUVIO 21. Yritykseen palautettu rulla



KUVIO 22. Yrityksestä lähtevät asiakasrollat

## 10 YHTEENVETO

Kovuusmittausten avulla oli tarkoitus löytää eroavaisuuksia yritykseen palautetun sekä yrityksestä lähtevän rullan välille. Saatujen mittaustulosten perusteella on kuitenkin vaikea arvioida kovuuksien vaikutusta laatuun. Kovuuksien arvot liikkuvat pitkälti samoissa arvoissa sekä palautetun että lähtevän rullan välillä. Mikäli kovuuksien arvot olisivat olleet toisistaan merkittävästi poikkeavat, olisi ollut mahdollista muodostaa raja-arvot, minkä sisässä lähtevän rullan kovuuksien pitäisi olla. Tämä olisi vielä edellyttänyt sitä, että yritys olisi saanut asiakkaalta kovuusarvot, kuinka kovan rullan täytyy olla, että se soveltuisi asiakkaalle.

Mitatuissa tuloksissa on muutama asia, mikä hieman arveluttaa. Ensimmäkin mikä merkitys laatuun on asiakasrullalla, joka on ensin matkannut asiakkaalle ja sitten tullut takaisin yritykseen. Kuinka paljon rullan laatu on muuttunut ja kuinka paljon tämä vaikuttaa mittaustuloksiin. Toinen arveluttava asia on lähtevän asiakasrullan mittaustuloksissa. Lähtevät asiakasrollat ovat vasta oletettuja hyviä rullia, joten täyttä varmuutta siihen ei ole, että asiakas ne hyväksyisi. Silmämääräisesti ja

rullan pinnan kovuutta sormin painamalla ei ole kuitenkaan syytä epäillä, etteikö asiakas niitä hyväksyisi.

Näiden mitattujen asiakasrullien tulosten perusteella voimme vain todeta, että asiakkaan on itse kokeiltava ja tehtävä päätös sen suhteen, hyväksyykö vai hylkääkö asiakas rullan. Suurin vaikutus lähtevän rullan laatuun ja siis siihen, että rulla ei palautuisi takaisin tehtaalle, on leikkaamon työntekijällä. Hänen pitäisi itse pystyä arvioimaan näköhavainnoin sekä muovirullan kovuutta käsin koskettelemalla, kannattaako rullaa lähettää asiakkaalle. Tällaisten selkeästi huonojen rullien arvioimiseen ei ensimmäisen tutkittavan palautuserän tulosten perusteella edes siis tarvita kovuusmittalaitetta. Se olisi turhaa tietoutta ja ajan haaskausta.

## LÄHTEET

Painetut lähteet:

Hannukainen, Timo. 1993. Laatuyritykset; laatujohtaminen maailman valioyrityksissä. 2 uudistettu painos. Tampere: Tammer-Paino Oy.

Järvinen, Pasi. 2000. Muovin suomalainen käsikirja. Porvoo: Muovifakta Oy.

Kaartoluoma, Jukka., Pohjonen, Antti., Ylikorpi, Kati. 2002. Muovi mukana menestyksessä. Kirjapaino Markprint.

Kulju, Alvar. 1972. Muovien ominaisuudet ja käyttö. Porvoo: Werner Söderström Oy:n laakapaino.

Kurri, Veijo., Malén, Timo., Sandell, Risto. & Virtanen, Matti. 1999. Muovitekniiikan perusteet. Hakapaino Oy.

Murphy, John. 1996. Choosing and using plastics for packaging. Copyright Techline Industrial Data Services Limited.

PAROtester2-ohje.

Rasmussen, Peter., Reinke, Astrid. 2005. Wipak medical packaging news. Printed by Druckpunkt Coels.

Räisänen, Risto. 1998. Muovipakkausten valmistus. Helsinki: Kirjapaino Snellman Oy.

Silén, Timo. 1998. Laatujohtaminen –menetelmiä kilpailukyvyn vahvistamiseksi. Porvoo: WSOY-Kirjapainoyksikkö.

Tammela, Viljo. 1990. Polymeeritiede ja muoviteknologia. Osa 3. Helsinki: Hakapaino Oy.

Tapio RQP Roll Hardness Profiler -Operating Manual.

Yrityksen sisäiset lähteet:

Tervetuloa taloon. 2006. Uuden työntekijän opas.

Wihurin pakkausteollisuus. 2006. Microsoft Power Point -esitys.

Wihuri Oy Wipak. 2006.

Elektroniset lähteet:

Laatu [verkkójulkaisu]. Laadun käsite [viitattu 20.02.2007]. Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/Laatu>

Karinen, Jarmo. Pakkaustekniikka [verkkójulkaisu]. Yleiset pakkausmuovit [viitattu 7.03.2007]. Saatavissa: [http://www.tp.spt.fi/~jkarinen/Pakkaustekniikka/Fundamentals of packaging technology Kappale 10.pdf](http://www.tp.spt.fi/~jkarinen/Pakkaustekniikka/Fundamentals_of_packaging_technology_Kappale_10.pdf), 7.03.2007

Malinen, Jussi. 2005. Fleksopainotekniikka [viitattu 20.03.2007]. Microsoft Power Point -esitys.

Siira, Elsa. 2005. Laminointi [viitattu 27.03.2007]. Microsoft Power Point -esitys.

## LIITTEET

LIITE 1. Tapio RQP Roll Hardness Profiler -kovuusmittalaitteen ohjeet

LIITE 2. Polyeteenirullan PE 100S kovuuskäyrät

LIITE 3. Laminaattirullan CO MS 100 kovuuskäyrät

LIITE 4. Laminaattirullan MP TPF 300 XX HFP kovuuskäyrät

## Tapio RQP Roll Hardness Profiler -kovuusmittalaitteen ohjeet

## Mittauksen suoritus

- Laitetaan virta päälle painamalla mittauslaitteen vasemmalla puolella olevaa virtakytkintä muutaman sekunnin ajan.
- Laitteistosta pitäisi aueta Roll Quality Profiler-ohjelma automaattisesti.
- Paina laitteen sivussa kiinni olevalla kynällä ”Measure”-kuvaketta näyttöpäätteeltä. Kuvakkeen ylälaidassa pitäisi nyt vilkkua vihreä valo. Tällöin voit aloittaa mittaamisen.
- Paina mitta-anturin mittapää mitattavaa pintaa vasten. Odota muutama sekunti ennen kuin lähdet työntämään mittapäästä eteenpäin.
- Mittaus on suoritettava mahdollisimman tasaisella nopeudella sekä vakaalla kädellä.
- Kun haluat lopettaa mittaamisen, nostat vain mittapään ylös.
- Viimeistele mittauksen lopetus painamalla kynällä näyttöpäätteeltä ”Stop”

(Tapio RQP Roll Hardness Profiler -Operating Manual.)

Halutessasi kaikki viisi mittausta näyttöön samanaikaisesti tulosten vertailun helpottamiseksi toimi seuraavasti:

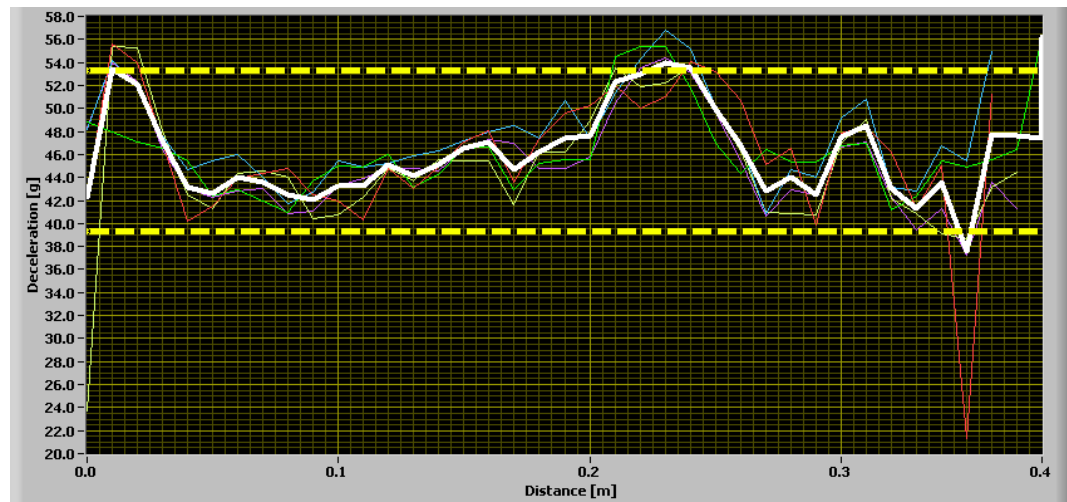
- Paina kynällä ”Measure”-kuvaketta. Vihreän valon vilkkuessa kuvakkeen oikeassa ylälaidassa voit aloittaa mittaamisen.
- Paina mittapää mitattavaa pintaa vasten. Odota muutama sekunti ennen kuin aloitat työntämään mittapäästä rullan pintaa vasten.
- Muista suorittaa mittaus tasaisella nopeudella ja mahdollisimman vakaalla kädellä.
- Suoritettuasi ensimmäisen mittauksen odota jälleen muutama sekunti ennen kuin toistat mittauksen. Suoritettuasi viisi mittausta viimeistelet mittaukset painamalla kynällä näyttöpäätteen ”Stop”-kuvaketta.
- Jokaisesta viidestä mittauksesta piirtyy oma käyränsä näytölle tulosten vertailun helpottamiseksi.
- Valkoinen käyrä kuvaa ottamasi mittauksien keskiarvoa.

## Laitteen lataaminen

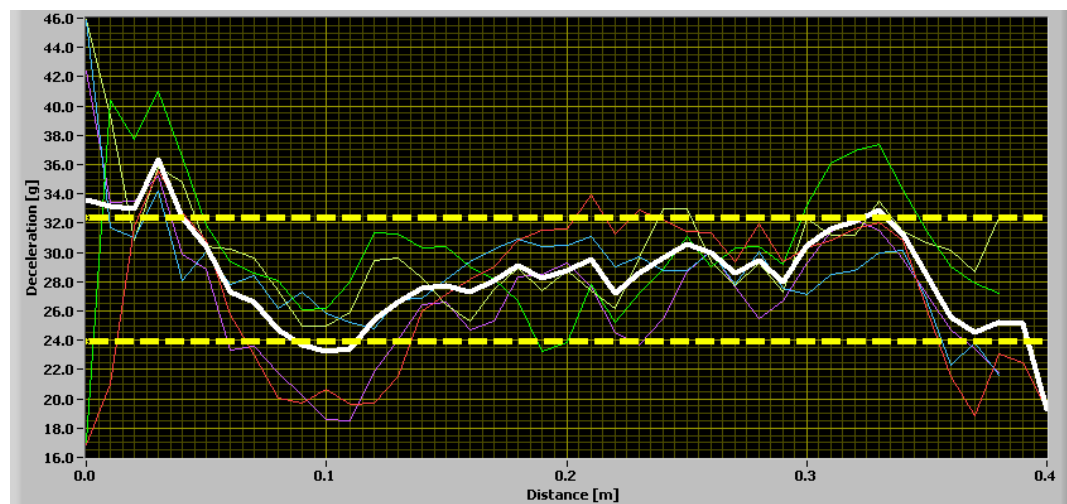
Suorita lataus aina ennen mittauksien aloittamista. Mittalaite sisältää kaksi akkua: PC:n akku sekä mitta-anturin akku. Molemmat akut latautuvat samalla kertaa ja ne sijaitsevat pääyksikön kotelon sisällä. Pääyksikön vasemmalla puolella on paikka, mihin laturi kytketään. Akkujen täyteen lataaminen kestää noin 30 - 45 minuuttia riippuen siitä, kuinka tyhjät akut ovat. Huomioi, että mitta-anturi on oltava irti pääyksiköstä latauksen ajan. Täyteen ladatuilla akuilla pystyy mittailemaan noin kaksi tuntia. Mittaillessasi kylmässä varastossa akkujen kesto on huomattavasti kahta tuntia lyhyempi. Mittaukset suositellaankin suoritettavan sisätiloissa ja lämpimässä. Laturia säilytetään salkussa. (Tapio RQP Roll Hardness Profiler -Operating Manual.)



## Polyeteenirullan PE 100S kovuuskäyrät

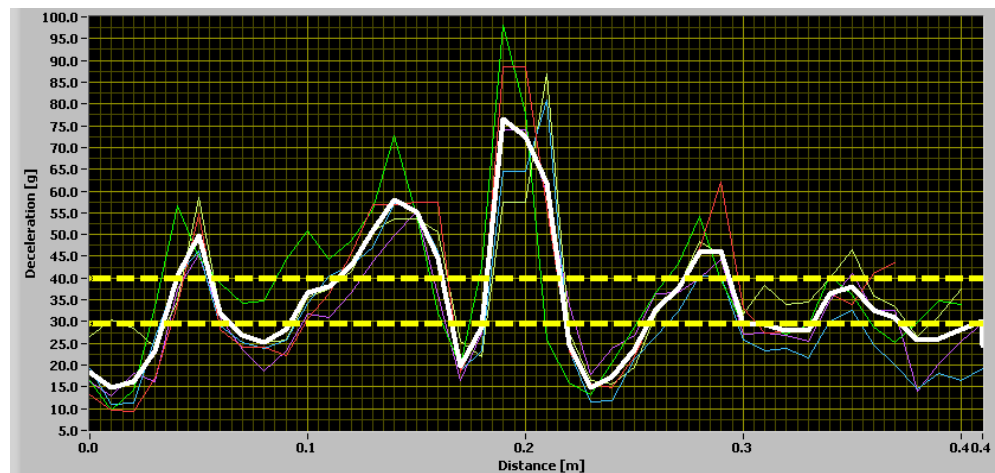


KUVIO 1. PE 100 S Asiakasrullan nro2 kovuuskäyrä päältä mitattuna

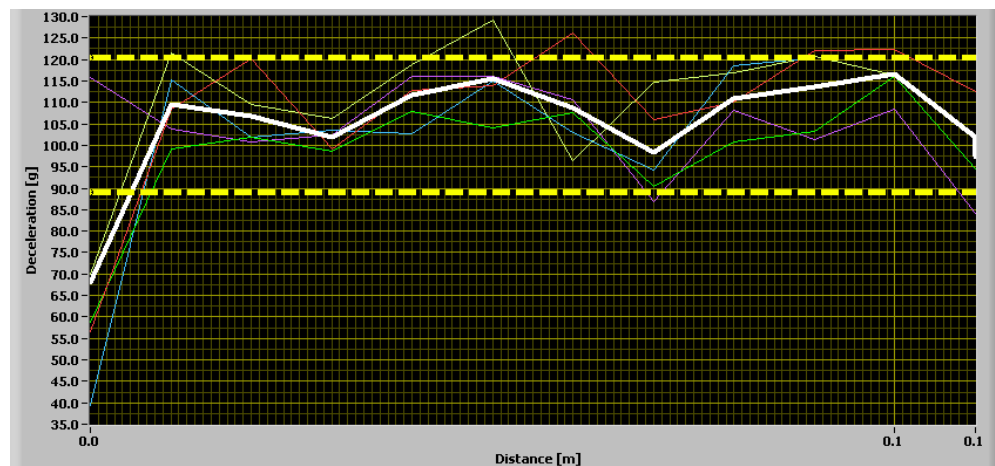


KUVIO 2. PE 100 S Palautusrullan nro2 kovuuskäyrä päältä mitattuna

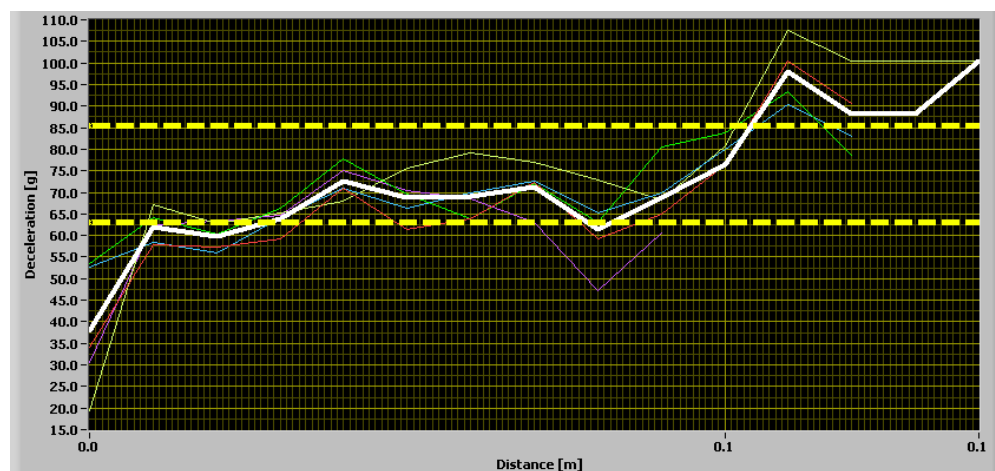
## Laminaattirullan CO MS 100 kovuuskäyrät



KUVIO 3. CO MS 100 Asiakasrullan nro2 kovuuskäyrä päältä mitattuna

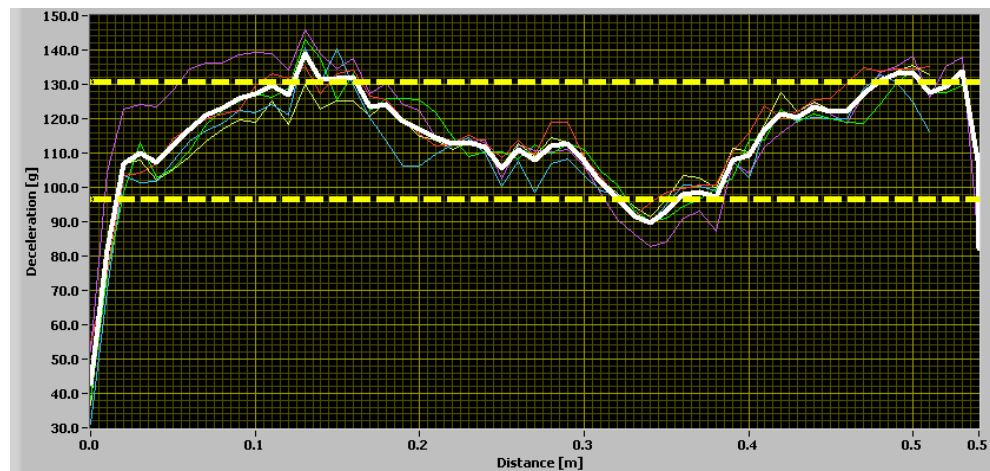


KUVIO 4. CO MS 100 Asiakasrullan nro2 kovuuskäyrä vasemmalta mitattuna

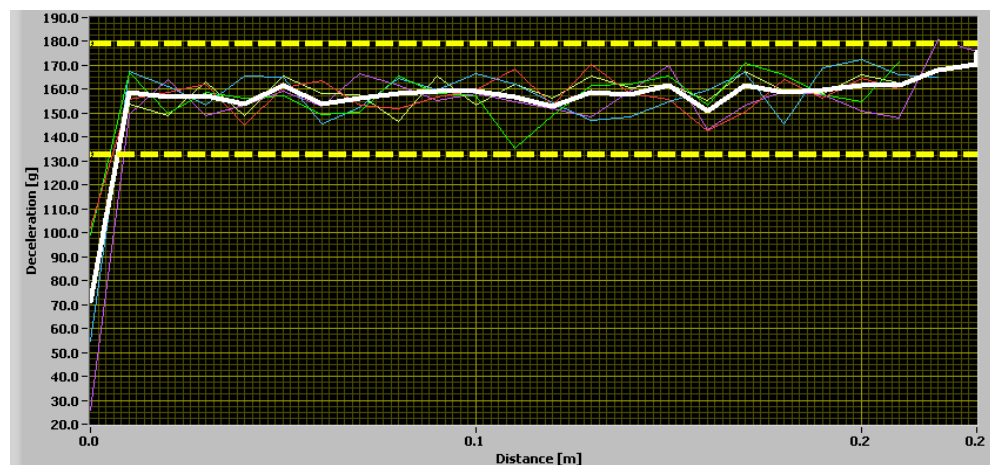


KUVIO 5. CO MS 100 Asiakasrullan nro2 kovuuskäyrä oikealta mitattuna

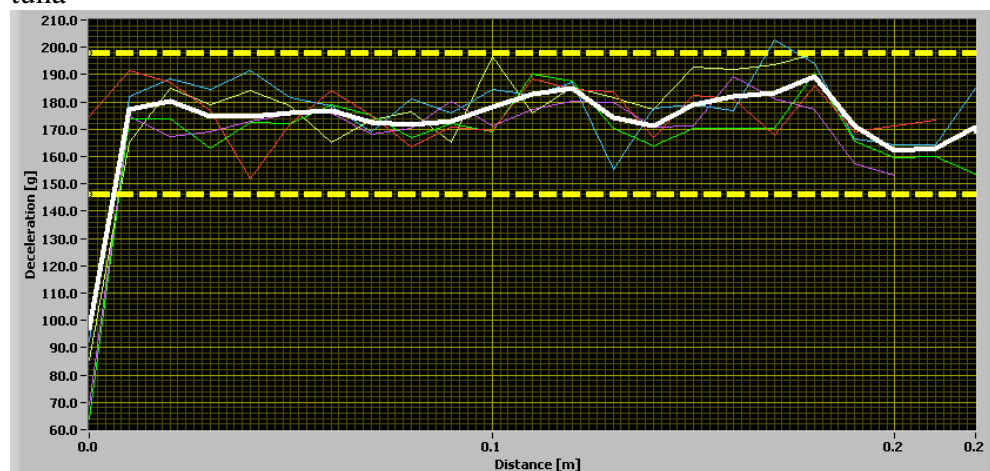
## Laminaattirullan MP TPF 300 XX HFP kovuuskäyrät



KUVIO 6. MP TPF 300 XX HFP Palautusrullan kovuuskäyrä päältä mitattuna



KUVIO 7. MP TPF 300 XX HFP Palautusrullan kovuuskäyrä vasemmalta mitattuna



KUVIO 8. MP TPF 300 XX HFP Palautusrullan kovuuskäyrä oikealta mitattuna