



# Opettajien Kirja

## Osa 15

Muoviekstruusio

2021



 Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

# Tekijät

Laimonas Bačkys

Povilas Čepulkovskis

Gintautas Dervinis

Laurent Daguet

Olivier Fortin

Olivier Fortier

Federica Gallicchio

Mika Heikkilä

Bastien Hervé du Penhoat

Sirkka-Helena Ilveskoski

Genė Jakubauskienė

Ritva Klaavu

Marc Manguin

Bilel Miled

Ari Mäkinen

Dmitrij Novikov

Mindaugas Petravičius

Raimundas Petravičius

Pirjo Pietikäinen

Marjan Ranogajec

Ari Rannisto

Christian Raelison

Jolanta Sakalauskiene

Živilė Šatienė

Edita Šidlauskaitė

Jarmo Tikka

Kęstutis Viselga

Gražina Žardalevičienė

**Hyvä opettaja/kouluttaja/ohjaaja,**

**Motivoi ja innosta oppijaa taitojensa kehittämisessä.**

Tämä oppimateriaali on tuotettu eurooppalaisessa Erasmus+ UPSKILL -projektissa, [www.upskill-project.eu](http://www.upskill-project.eu) ja on suunniteltu vastaamaan muovituotannon työntekijän työtehtävissä edellytettäviä taitoja ja tietoa.

Koulutusmateriaalia voidaan käyttää opinnoissa sekä tutkintotavoitteissa, joihin liittyy kirjallinen koe ja ammatillisen osaamisen näyttö että esimerkiksi yrityksissä organisaation koulutustarpeeseen.

Jos materiaalia käytetään tutkintotarkoituksiin, on huomioitava kansalliset ammatillista koulutusta koskevat tutkintomääräykset ja opetussuunnitelma. Materiaali on suunniteltu ammatilliseen koulutukseen oppilaitoksiin yli 16-vuotiaille, jotka voivat myös olla alan teollisuusyrityksissä koulutuksessa, ammattia vaihtaville tai opiskeluun ilman aikaisempaa kokemusta teollisuudesta ja alalla tarvittavasta tiedosta. <https://eperusteet.opintopolku.fi/#/fi/kooste/3855075>

Upskill-materiaali voidaan helposti mukauttaa erilaisiin tarpeisiin ja erilaisille oppijoille, ryhmille tai teollisuusympäristöihin.

Opettajan kirja on kopio opiskelijan kirjasta, mutta siihen on lisätty ohjausehdotuksia ja ohjeita, jotka näkyvät suoraan tekstissä erillisinä raamitettuina tekstiosioina.

Opettajien tulee olla tietoisia vaadittavasta ajantasaisesta tiedosta työturvallisuudessa ja ympäristömääräyksissä kuten mm. Euroopan tason ohjeet. Opettaja voi aina lisätä aiheisiin liittyvää materiaalia, esimerkiksi paikallisia tehdaskohtaisia vaatimuksia.

<https://osha.europa.eu/en/safety-and-health-legislation/european-directives>

Pedagoginen lähestymistapa on sekä käytäntöön painottuva ja toiminnallinen. Materiaali on jaettu muovituotannon työntekijältä vaadittavassa osaamisessa kolmeen pääalueeseen. Yhteensä 18 tutkinnon moduulia on kuvattu Upskill-opetussuunnitelmassa:

- Perustaidot, 8 moduulia
- Yleiset tekniset taidot, 3 moduulia
- Tuotantomenetelmät, 7 moduulia

Koulutuksessa on hyödyllistä käyttää myös muita soveltuvia oppimateriaaleja.

Jokaisen moduulin kirja rakentuu seitsemästä kappaleesta, joissa pyritään ohjaamaan oppimista. Seuraavilla sivuilla on lyhyesti kuvailtu kappaleiden sisältöä.

## Kappale 1: Tavoitteet

Tieto, tekniset taidot, työyhteisöosaaminen ja vuorovaikutustaidot kuten ne on kirjoitettu opetussuunnitelmaan.

Huomioitavaa:

- Opetussuunnitelma on tunnettava hyvin ja selvitettävä opiskelun tavoitteet oppijalle.
- Aikataulutus vaihtelee aiheen ja opiskeltavan asian mukaan.
- Opettaja vastaa, että oppijoilla on kaikki tarvittava ohjeistus ja oppimateriaali käytettävissään.
- Opettajia kannustetaan etsimään sellaista materiaalia ja tietoa, joka liittyy oppijan/ryhmän/ teollisuusyrityksen tarpeisiin. On huolehdittava myös tietojen ajanmukaisuudesta.
- Opettajan tulisi suunnitella ja varata aikaa tarvittavien materiaalien, työtila jne. valmisteluun hyvissä ajoin etukäteen.

## Kappale 2: Aiheeseen tutustuminen

Pienien tapaustutkimusten avulla (tiedon haku, ongelman ratkaisu), oppija vastaa kysymyksiin yksin tai ryhmässä. Tavoitteena on herättää mielenkiinto ja uteliaisuus opiskeltavaan aiheeseen. Ammatillisen aineiston käyttäminen auttaa oikean tiedon löytämiseen.

Huomioitavaa:

- Oppimiseen suositellaan vaihdellen ryhmä- ja yksilötyötä sekä aktiivista keskustelua.
- Aikataulutetut ja monipuoliset tehtävät pitävät yllä mielenkiintoa.

## Kappale 3: Dokumentteihin tutustuminen

Yksittäisiä aihetta käsitteleviä lähdemateriaaleja tutkittuaan oppijat hankkivat lisää tietoa (Internet, päiväkirjat, kirjat tai tekniset asiakirjat...) vastaamalla kysymyksiin. Näin oppijan tieto moduulin aiheesta vahvistuu. Tämä on tärkein kappale teoreettisen tiedon hankkimisessa.

Huomioitavaa:

- Määritetään hankittavan tiedon laajuus ja tarvittavat materiaalit.
- Annetaan oppijoille tietoa erilaisista lisämateriaaleista, kuten kirjat, verkkosivustot jne.

## Kappale 4: Käytännön tehtäviä

Oppijat kehittävät moduulin aiheeseen liittyviä taitoja (katso kappale 1). Näiden toimintojen tulisi liittyä mahdollisuuksien mukaan muovituotannon työntekijän työhön ja muovituotantoon. Tässä kappaleessa on tavoitteena soveltaa teoretistä tietoa käytäntöön.

Huomioitavaa:

- Vaaditaan tarvittaessa tieto henkisuojaimista ja työturvallisuudesta.
- Järjestetään työtila ja annetaan riittävästi aikaa ammatillisten taitojen kehittämiseen.
- Osaamisen hankintaa kohdennetaan erityisesti ammattimaisuuteen.

## Kappale 5: Teoriaa

Kappaleessa määritetään ja muodostetaan kokonaiskäsitys aiheesta. Tähän liittyvät elementit kuten toimintatavat ja terminologia.

## **Kappale 6: Muistilista**

Kappaleeseen on koottu moduulin suorittamisessa vaadittu tieto (katso kappale 1) ja tärkeimmät taidot.

Huomioitavaa:

- Edellytetään, että oppijat ymmärtävät keskeisen tiedon merkityksen riittävien taitojen hallitsemiseksi.

## **Kappale 7: Harjoituksia**

Harjoitusten avulla oppijat vahvistavat tietojaan ja kehittävät taitojaan ammatin vaatimusten mukaisesti. Opettaja voi myös käyttää näitä harjoituksia osaamisen arviointiin.

Huomioitavaa:

- Opiskelijoille annetaan riittävästi aikaa hyväksyttävien taitojen saavuttamiseen.
- Voidaan soveltaa yksilöllisesti oppijan taitoihin ja/tai teollisuuden erityistarpeisiin/paikallisiin olosuhteisiin.

Kappaleet 2-7 voidaan suorittaa tässä esitettyssä järjestyksessä. Kouluttaja voi kuitenkin vapaasti muuttaa järjestystä tai soveltaa omaa pedagogista lähestymistapaansa joko valitsemalla vain joitain aktiviteetteja tai lisäämällä muuta aiheeseen liittyvää materiaalia. Suosittelemme kuitenkin noudattamaan tämän kirjan alkuperäistä toiminnallista ja käytännön osaamiseen suuntautunutta lähestymistapaa, jossa tavoitteena on osaamisen kerryttäminen ketjutettuna oppimisprosessina.

Toivomme, että tämä materiaali on hyödyksi tulevien muovialan työntekijöiden koulutuksessa.

UPSKILL-projektitiimi

# Sisältö

Kappale 1: Tavoitteet	7
Kappale 2: Aiheeseen tutustuminen	8
Kappale 3: Dokumentteihin tutustuminen	10
Kappale 4: Käytännön tehtäviä	18
Kappale 5: Työstömenetelmiä	24
Kappale 6: Muistilista	29
Kappale 7: Harjoituksia	30

# Kappale 1: Tavoitteet

TAIDOT	TIEDOT
<b>TEKNINEN TAITO</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tuotantolinjan käynnistys ja pysäytys</li> <li>2. Laitteen toiminnan ja tuotteen laadun seuranta</li> <li>3. Sopimusten ja ohjeiden noudattaminen</li> <li>4. Tuotteiden ja materiaalien turvallinen käsittely, olennaisesti työhön liittyvien ohjeiden lukeminen ja omaan työhön liittyvien turvallisuusohjeiden noudattaminen</li> <li>5. Laitteen pysäytys ja sammuttaminen epätyypillisissä tilanteissa</li> </ol>	
<b>TYÖYHTEISÖOSAAMINEN</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Oman työn suunnittelu ennakoiden ja kehittäminen</li> <li>2. Työhön liittyvien asiakirjojen täyttäminen</li> <li>3. Tietojen kerääminen työpaikan vaatimusten mukaan</li> <li>4. Työaikataulujen seuraaminen</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Prosessin vaatimukset</li> <li>2. Ekstruusiolinjan rakenne ja eri komponentit</li> <li>3. Eri tyyppiset ekstruusiolaitteet (yksi-kaksiruuvi, monivaihe)</li> <li>4. Muoto, jäähdytys, leikkaus ja keräily</li> <li>5. Kalvo-/levy ja putki-/profiilituotteiden tyyppilliset ominaisuudet</li> </ol>
<b>VUOROVAIKUTUSTAIIDOT</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Osallistuminen työpaikan vuorovaikutustilanteisiin</li> </ol>	

# Kappale 2: Aiheeseen tutustuminen

Tutkinnon osan teemaan liittyen tutustu aiheeseen ja vastaa kysymyksiin

## MENETELMÄ

1. Muodostan oletuksen
2. Muodostan säännön
3. Hyväksytän sen opettajalla
4. Esitän tulokset ja tulkitseen niitä
5. Hyväksyn/hylkään oletuksen
6. Vastaan kysymykseen

Ekstruusiomenetelmillä valmistetaan paljon muovituotteita. Alla olevien tehtävien tarkoituksena on antaa näkemys menetelmästä. Lähdemateriaalina kirjat ja verkkosivujen haut esimerkiksi yritysten kotisivuille ovat mahdollisia tiedon lähteitä. Kirjaa muistiin kaikki käyttämäsi lähteet.

### A. Markkinoilla olevia tuotteita

1. Millaisia muovituotteita valmistetaan ekstruusiolla, suulakepuristuksella?  
Etsi useita tuotetyyppejä.

**Tarvittaessa voi löytää tuotteita ominaisuuksien avulla, esimerkiksi, että ne voivat olla pitkiä, käytetään kunnallistekniikassa, tiivisteissä, lasin sijaan ... hakusana voi olla myös ”muoviekstruusiotuotteet”**

2. Tee oma raportti ekstruusiosta, johon liität kuvia, älä unohda mainita viitteitä.

**Raportti voi olla paikallisen teollisuuden mukaan suunnattu.**

3. Kuinka suuri osuus maailman muovituotteista valmistetaan ekstruusiolla?

**Löytyy tilastotietoa: <https://www.statista.com/statistics/282732/global-production-of-plastics-since-1950/>**

4. Kerää paikallisista ekstruusioyrityksistä tietoa.

### B. Tutki suulakepuristuksen perusteita

1. Miksi menetelmän nimi on ekstruusio?

**Kuvailevia sanoja voisi olla voima, paine, työntö.**

2. Millaisessa muodossa muovimateriaali on ennen työstöä?

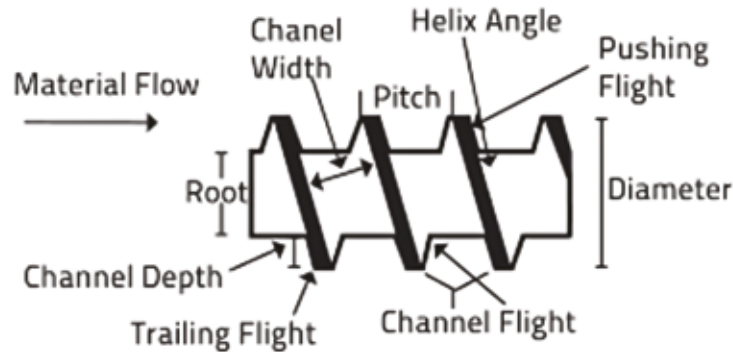
**Yleensä kiinteässä muodossa, kuten granaatteina, mutta myös hiutaleina tai jauheena.**

3. Mitä materiaalille tapahtuu ekstruuderissa?

**Muovi sulaa ja kulkee ruuvien kuljettamana suuttimelle.**



4. Kuvaile, miksi menetelmässä ruuvi on olennainen tekijä.



Paitsi, että ruuvi kuljettaa, se edesauttaa sulamista siinä syntyvän kitkan takia. Ruuvien geometrialla on suuri merkitys monessa asiassa; sekoitus ja paineen kontrolli, tilavuuden ja viskositeetin säätö, kaasujen poisto.

5. Miten ekstruuderilla valmistettava tuote saa muotonsa?

Suutin, joskus apulaitteiden kanssa. Puhalluskalvo tulee ulos suuttimesta putkimuodossa ja täytetään sitten ilmassa tavoitemittaan. Levyjen valmistuksessa suuttimet ja kaapimet/huulet määrittävät leveyden, paksuuden/vahvuuden ja pinnan. Jatkuvatoimisena menetelmänä putkien ja profiilien mittoja voi muuttaa. Menetelmään liittyy paljon teknisiä mittauksia.

## C. Tarkastele laajemmin ekstruusiomenetelmää

1. Kuinka suulakepuristus liittyy ainetta lisäävään valmistukseen?

Suulakepuristus on valmistusmenetelmä, jossa kelalta syötetään materiaali, (tavallisesti termoplastisen polymeerin) lämmitetyn suuttimen läpi jatkuvana virtana ja kerrostettuna 3D-objektin rakentamiseksi.

2. Missä suulakepuristamista käytetään ruokateollisuudessa?

Ekstruusio on yksi yleisimmin käytettyjen elintarvikkeiden valmistusprosesseista. Ekstruusio antaa muodon sadoille elintarvikkeille, kuten perinteiset välipalat, aamiaismurot, lemmikkieläinten ruoka, ainesosat, purukumi, makeiset, pasta, kuvioitu kasviproteiini, valmiiksi valmistettu keksitakki, vauvanruoka, sulatejuusto, leipä ja paljon muuta.

3. Koekstruusiolla on mahdollisuus räätälöidä pakkauskalvon ominaisuudet. Miten?

Koekstruusiolla liitetään päällekkäin kerroksia, joilla on erilaisia ominaisuuksia. Etsi video, tee haku koekstruusioprosessista.

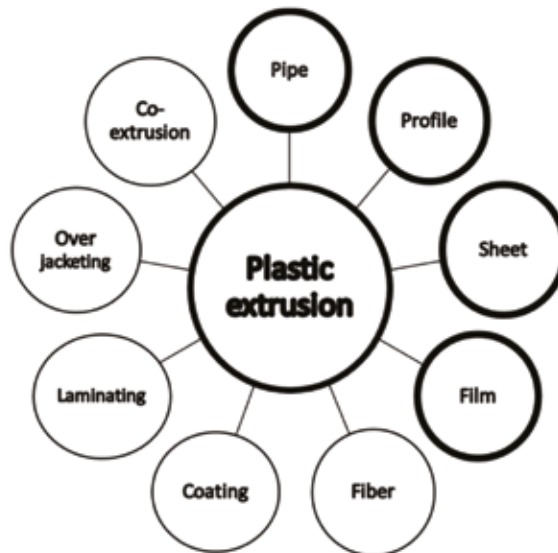
# Kappale 3: Dokumentteihin tutustuminen

**Aiheeseen tutustumisen jälkeen on tarkoitus hakea eri lähteistä lisää tietoa (Internet, artikkelit, kirjat jne.) Vastaa kysymyksiin ja syvennetään kumiin liittyvää osaamista.**

## 1. Ekstruusion perusteita

Ekstruusioprosessi sisältää ruuvipuristimen ja suulakkeen, jonka jälkeen jatko-osat ja apulaitteet eroavat toisistaan paljon tuotetun tuotteen perusteella. Tyypillisiä suulakepuristettuja tuotteita ovat kalvot, levyt, putket ja profilit. Suuri sovelluskohde on erilaisten pintojen päällystäminen muovikerroksella, esim. pakkauspahvi polyeteenikerroksella kosteussulun saamiseksi.

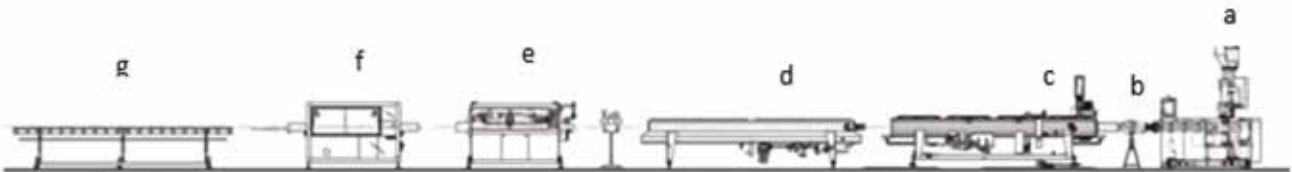
Huomaa, että prosessi on jatkuva.



### ON HUOMATTAVA EKSTRUUSIOLINJOJEN MONIULOTTEISUUS.

**Prosessi alkaa ekstruuderikoneella. Valmistettava tuote määrittää tarvittavat suuttimet ja laitteistot.**

Kuvassa on esimerkki putki- ja profilituotannon ekstruusiolinjasta. Pituus voi vaihdella metristä useisiin kymmeneen metriin. Huomioi, että prosessi on jatkuva.



Lähde: [https://www.battenfeld-cincinnati.com/fileadmin/user\\_upload/Documents/Applications/Application\\_Pipe\\_EN.pdf](https://www.battenfeld-cincinnati.com/fileadmin/user_upload/Documents/Applications/Application_Pipe_EN.pdf)

Ekstruusiolinjaa tarkastellaan pituussuunnassa. Linjan pääosat ovat suulakepuristuskone -ekstruuder (a), jossa on suulake (b). Sitten edelleen on (c) kalibrointiyksikkö, josta syöttö jäähtylaitteeseen (d), kun tuote on jäykkä, se vedetään kuljetusyksiköllä (e). Leikkausjärjestelmä (f) määrittää linjan nopeutta ja viimeisenä tässä kuvassa on rullarata / kallistuva rata (g) jota seuraisi varastointilaitteet.

## 2. Ekstruusiolinjan perusrakenne

### 2.1 Ekstruusiolaite

NIMEÄ KONEEN OSAT	
a.	Sylinteri
b.	Moottori ja vaihdelaatikko
c.	Suutin
d.	Tukirunko

### Lämmitys ja lämmönsäätö

Miten ekstruuderin sylinteri lämpiää koko sen pituudelta?

Kitka materiaalin siirtosylinterin ja ruuvin välissä aiheuttaa kitkaa, joka voi tuottaa 70 % tarvittavasta lämmöstä. Lämmityksen säätö tapahtuu sähkövastuksilla tai induktiolla (pantalämpöelementit jakavat lämpöä ekstruuderin koko pituudelle). Karkeana sääntönä voidaan pitää, että prosessin lämpötila tulee asettaa 30 °C korkeammaksi kuin polymeerin sulalämpötila  $T_m$  varmistamaan optimaalinen materiaalin virtaus.

Millaisia teknisiä ratkaisuja ekstruusiomenetelmässä on käytössä jäähdytykseen?

Jäähdytys voidaan varmistaa sylinterin ulkopuolisella paineilma- tai nestekierrolla.

Miksi on erityisen tärkeää huolehtia syöttöalueen jäähdytyksestä?

Mikä on tehokkain tekninen ratkaisu?

Syöttövyöhykkeessä on vesikierto, joka estää sulamattoman raaka-aineen ylikuumentumisen.

### 2.2 Ruuvi

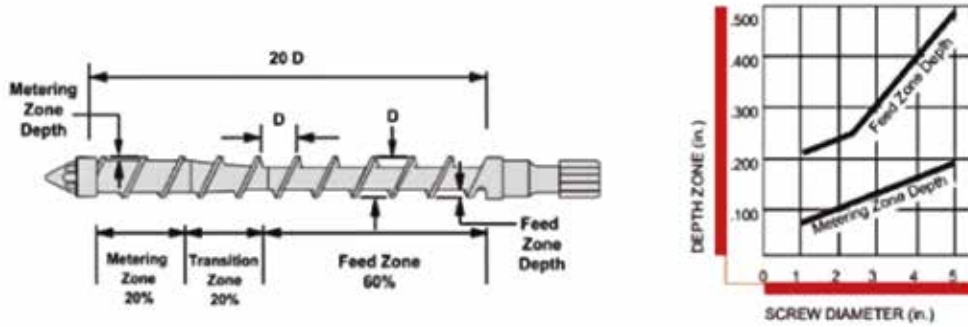
Ruuvi on ekstruusion tärkeä osa. Oheisissa kuvissa on esitetty eri toimintoja. Kuvaille eri vyöhykkeiden toimintaa.

- 1) Syöttövyöhyke
- 2) Siirto, sulatusvyöhyke (tai painevyöhyke)
- 3) Mittaus, sekoitusvyöhyke (tai homogointivyöhyke)

Syöttövyöhyke: materiaali kulkee ruuville, vyöhykkeen on pysyttävä kylmimpänä kohtana ruuvia.

Sulatusvyöhyke: tai painevyöhyke, materiaalia työstetään sulaksi

Sekoitusvyöhyke: tai homogointivyöhyke, jossa sula valmistetaan suulakkeelle.



$$\text{PURISTUSSUHDE} = \frac{\text{FEED DEPTH ZONE}}{\text{METERING ZONE DEPTH}}$$

Ruuvien tyyppi määrittää ekstruusio laitetta. Kuvaile lyhyesti kuvien kolmea yleisesti käytössä olevaa ruuvityyppiä.



Yksi ruuvi



Kaksoisruuvi rinnakkain



Kartiomainen kaksoisruuvi

Keskustele olennaisimmista parametreista, joita ruuvien toimintaan liittyy eri ruuvikokonaisuuksissa:

- ruuvien halkaisija ( $D$ )
- ruuvien pituus ( $L$ ) joka esitetään halkaisijan yhteydessä
- virtausnopeus tunnissa ( $Q$ )
- ruuvien pyörimisnopeus
- moottorityyppi (sähkö tai hydraulinen)

$L/D$  suhde, pituuden suhde halkaisijaan, on olennainen parametri.

Esimerkiksi  $L/D$ :

- pitkälle ruuville 20 – 35:1
- adiabaattiselle, sulatus kitkalämmöllä, 10 – 15:1

## 2.3 Ekstruusiomuovit

Mitä parametreja tarvitaan kestopuoville ekstruusioprosessissa?

Alla olevassa taulukossa on lueteltu tyypillisiä suulakepuristuksen parametreja joillekin polymeerityypeille.

Materiaali	Paine MPa	Lämpötila °C				
		Syöttö	Siirto	Mittaus	Suulake	Suutin
PVC (kova)	100-200	155	165	175-185	180	185
PA	150-250	275	225	225-235	225	225
PVC (pehmeä)	50-120	175	165	150-160	160	160
PP	150-200	185	200	220-230	230	240
POM	50-100	170	190	205	200	200
PUR	150-300	270	260	250-260	270	280

Prosessin aikana raaka-aineen olomuoto muuttuu (kiinteä, nestemäinen, kiinteä). Se tarkoittaa, että materiaalin viskositeetti ja tilavuus muuttuvat. Etsi taulukossa annettujen polymeerilaatujen sulamislämpötilat ( $T_m$ ) Voivatko erot olla  $T_m$ :n ja prosessilämpötilojen välillä järjestelmällisiä?

## 2.4 Suutin

**Muovisula siirtyy sihtipakassa suodatuksen jälkeen suuttimelle.**

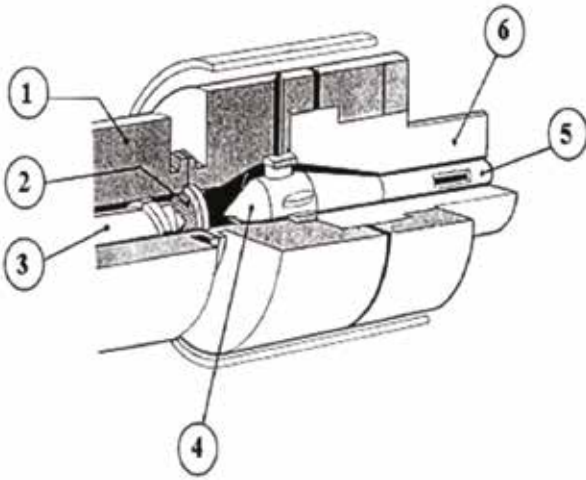
**Siinä saadaan epäpuhtauksia ja sulamatonta materiaalia pois ja tasoitetuksi materiaalisulaa.**

Suutin antaa ekstruusiosta tuotteelle muodon. Tuotetta voidaan kutsua ekstrudaatiksi.

Tarkastele tuotteiden erilaisia muotoja:

1. putket ja profiilit
2. levyt ja kalvot

## Putkiekstruusiossa käytettävä suutin



1-Sylinteri

2-Reikälevy

3-Ruuvi

4-Torpedo

5-Tuurna

6-Suutin

Huomioi: tuurna nimitetään myös "land" (N°5), "rinnakkaiskanava" on työkalun osa, jossa materiaalin virtaus ei enää muutu.

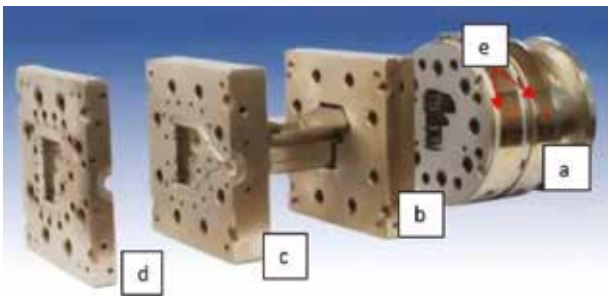
Ekstrudaatin tyypit voidaan jakaa neljään muotoryhmään: ontot pyöreät tai suorakaiteet, muut ontot, umpimuodot ja sekalaiset muodot

Millaisissa tuotteissa kuvan profiileja voidaan nähdä?



putkissa, tiivisteprofileina, kammiprofiili

## Profiliekstruusion suulake



a Sovituspala

b Sisäänmeno/syöte

c Siirtymisosa

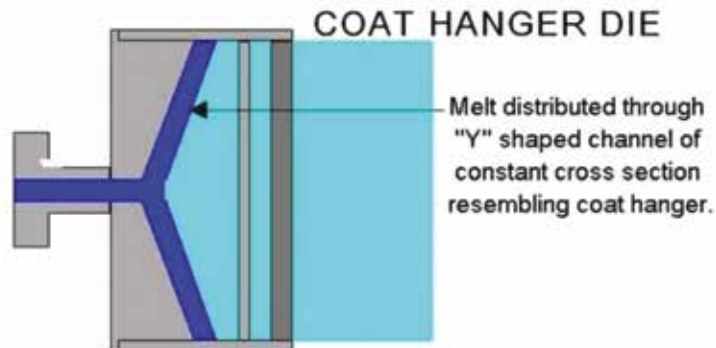
d Suuntaaminen

e Lämmityslevy

f Lämpövyö

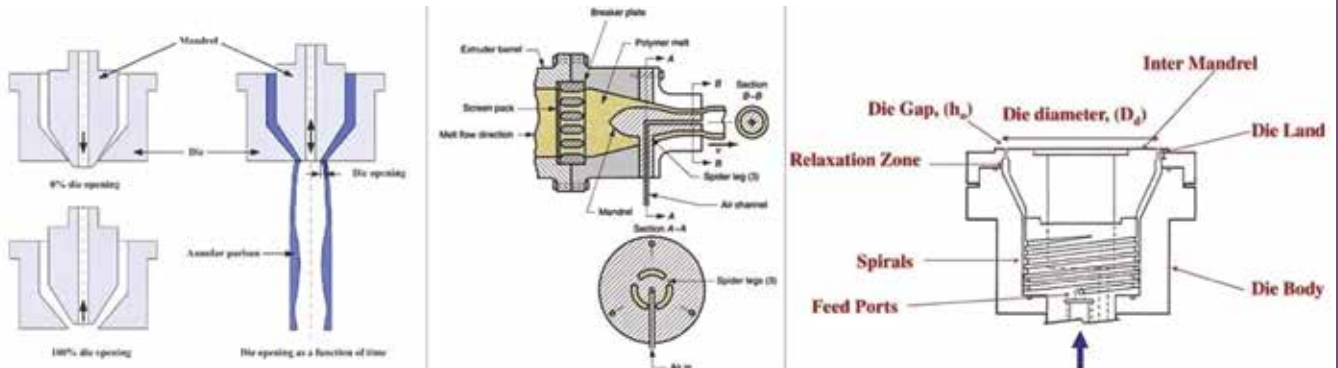
### Levyekstruusion suulake

Muoto vaihtelee muovisulan virtauksen mukaan. Vaateripustin, kalan häntä jne. muodot ja ilmaharjat/-huulet voivat tasoittaa sulaa.



### Puhallusekstruusion suulake

Tässä prosessissa käytetään kolmea päätyyppiä: rengasmainen, hämähäkki ja spiraali. Rengasmaiset suuttimet ovat yksinkertaisimpia ja niitä käytetään polymeerisulaan, joka kanavoituu suuttimen koko poikkileikkauksen ympärille ennen poistumista suuttimesta, mikä voi johtaa epätasaiseen virtaukseen. Hämähäkkisuutin koostuu keskellä olevasta karasta, joka on kiinnitetty ulkomuotorengaaseen "jalkojen" kautta. Vaikka virtaus on symmetrisempi kuin rengasmaisten suuttimien kohdalla, syntyy liittymäsaumoja, jotka heikentävät kalvoa. Spiraalisuuttimet poistavat liittymäsaumojen ja epäsymmetrisen virtauksen ongelman, mutta ovat ylivoimaisesti monimutkaisimpia ja kalliimpia.



Onko olemassa rajoitteita ekstrudaattien muotoon?

## 2.5 Yhteenveto

Ekstruusilaitteella työskenneltäessä on tunnettava myös menetelmän periaatteita.

**Opiskelijan tulisi pystyä kuvaamaan ainakin yhden tuotteen ekstruusiomenetelmä. Pitäisi osata käytännössä, mitkä ovat tuotteen laatuun vaikuttavat kriittisimmät kohdat**



### 3. Putki ja profiilekstruusio

Ota uudelleen esiin tämän kappaleen alussa oleva ekstruusiolinjan kuva.

Koko suulakepuristusprosessi on usein paljon muutakin kuin vain suulakepuristin. Suulakepuristuslinjalla putkien ja profiilien valmistamiseen on jatkeet jäähdytykseen ja kalibrointiin sekä tuotteen leikkamiseen ja varastointiin.

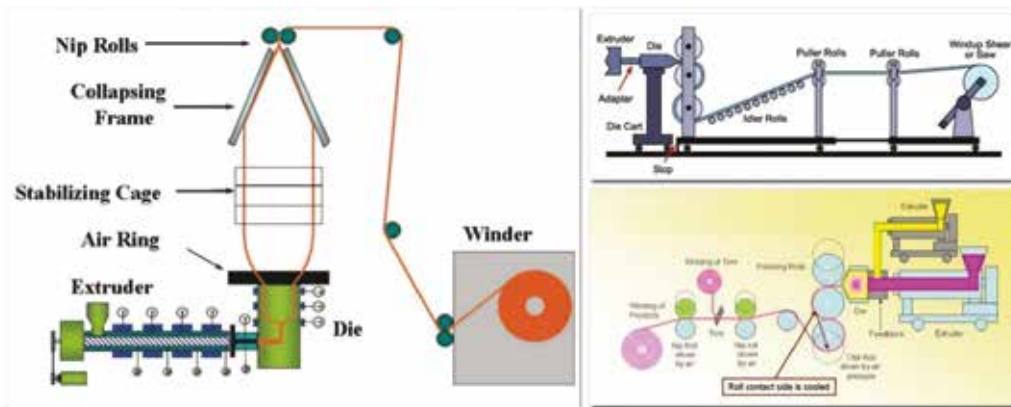
Muotti antaa tuotteelle muodon (esim. profiilin muodon), mutta muovi on sulassa vaiheessa, kun se tulee muotista. Se alkaa jäähtyä heti muotin jälkeen, mutta tarvitaan hallittua jäähdytystä (ilma, vesi). Ulos tulleen tuotteen, ekstrudaatin mitat voivat muuttua niin kauan kuin se on riittävän pehmeää. Jäähdytyksen jälkeen tai samanaikaisesti suulakepuristuksessa tarkistetaan mitat. Valmis tuote voidaan tarvittaessa leikata määrämittaan paloiksi tai rullata varastoitavaksi.

Katso internetin videoita putki- ja profiilekstruusioista saadaksesi kokonaiskuvan niiden toiminnasta. Selitä lähdemateriaalia apuna käyttäen seuraavia asioita.

1. Miten valmistettava tuote vaikuttaa menetelmän valintaan
2. Millä perusteella suutin valitaan
3. Vielä pehmeän tuotteen käsittely
4. Jäähdytystekniikoita
5. Kalibrointitapoja
6. Mahdollisia leikkuumenetelmiä
7. Valmiin tuotteen varastointitapoja

### 4. Kalvo- ja levyekstruusio

Koko suulakepuristusprosessilla kalvo- ja levytuotannossa on omat jatkovaiheet ekstruuderin jälkeen. Kalvoprosessi on esitetty vasemmalla ja levylinjasta on esimerkkejä kahdella oikean puoleisella kuvalla.



Lähde: SPE EXTRUSION DIVISION - [www.extrusionwiki.com](http://www.extrusionwiki.com)

#### Kalvo

Kalvo ekstruusiossa sula materiaali tulee suulakkeelta ohutseinäisenä putkena. Ekstrudaatti ohjataan nippiteloille, jotka vetävät kalvoa säädettävällä nopeudella. Kalvon sisään puhallettu ilma muotoilee ja jäähdyttää kalvon. Tyypillinen muovikalvon paksuus alle 1000 µm (1 mm).

Katso videoita tai etsi tietoa kalvoekstruusioista yrityksistä.

Hakusanoja: puhalluskalvoekstruusio / blow film extrusion, film extrusion



## Levy

Levy on tuote, jossa leveys on huomattavasti paksuutta/vahvuutta suurempi. Suuttimelta tuleva ekstrudaatti ohjataan jäähdytys- ja nippiteloille. Levyn leveys määrittyy suuttimen leveyden mukaan ja paksuus suuttimen pään koon ja vetotelojen nopeuden mukaan.

Katso videoita tai etsi tietoa levyekstruusiosta yrityksistä.

Hakusanoja: levyekstruusio / sheet extrusion, plastic sheet extrusion

Katso internetin videoita kalvo- ja levyekstruusiosta saadaksesi kokonaiskuvan niiden toiminnasta. Selitä lähdemateriaalia apuna käyttäen seuraavia asioita:

1. Miten valmistettava tuote vaikuttaa menetelmän valintaan
2. Millä perusteella suutin valitaan
3. Jäähdytystekniikoita
4. Nopeuden säätö nippitelojen avulla
5. Kalibrointitapoja
6. Mahdollisia leikkuumenetelmiä
7. Valmiin tuotteen varastointitapoja

# Kappale 4: Käytännön tehtäviä

(käytössä olevan laitteiston mukaan)

## Tuotantolaitteistolla työskentely

**Materiaali:** muoviekstruusiolinja, lisälaitteet, sihtipakkaus, muoviraaka-aine, ohjeet asettamiseen ja säätöön

**Tavoite:** osaamisen rakentaminen, laitteiden valmistelu, prosessinkäynnistysvalmius, koneen käynnistys,

## Käytännön harjoituksia 1

Ekstruusiolaitteiston käynnistykseen valmistelu ja lopputuotteen tavoitearvot

### 1. Tehtäviä

Työturvallisuus- ja ensiapuohjeet tulee osata ennen aloitusta.

Tehtävät ohjaavat ekstruusiolinjan käyttöön.

#### a. Ekstruusiolaite ja tuotantotilaus

Opi tunnistamaan suulakepuristuskone ja tutustu tilaukseen ja tietolomakkeisiin.

#### b. Tarkista lämpövastukset

Varmista, että lämpövastukset ovat oikeat ja sijoitettu paikoilleen. Tarkista, että lämmitysosien liitäntä on kiinnitetty.

#### c. Ekstruusion lämmitysparametrit

Käytä teknisten tuotetietojen ohjeita.

#### d. Ennen aloitusta

Lämmitys päälle.

Suuttimen mekaanisten osien kiinnityksien tarkastus, kun lämpötila on saavutettu.

#### e. Tarkastus muut tuotantohyödykkeet

Vesi- ja ilmaliitännät, aktivoi tarvittaessa vakuumpumppu

Tarkista koko tuotantolinja.

#### f. Muovimateriaalin tarkastus

Varmista, että tuotantotilaus on oikein.

Varmista materiaalin riittävyys.

#### g. Lämpötilojen tarkastus

Mittaa erillisellä käsimittauslaitteella ekstruuderikoneen eri osien lämpötilat (suutin, suuttimen pää, sylinteri)

### **h. Ekstruusiolaitteen käynnistys**

Käynnistä laite hitaalla nopeudella ilman polymeeriä, hopperi tyhjänä.

Lisää hitaasti asteittain polymeeriä hopperiin, jotta moottoria ei kuormiteta äkkinäisesti eikä tukita ruuvia.

### **i. Tuotteen muotoilu**

Säädä tuurna/suutin niin, että ekstrudaatti asettuu suoraan (putkiekstruusio) ja yhdistä jäähdytys- tai tyhjiöjärjestelmä.

Kun prosessi on asettunut, nosta ekstruusiokoneen nopeus oikeaan ajoarvoon, tarkista profiilin mitat, aseta muut tarvittavat ajoarvot.

## **2. Raportointi**

### **a. Havainnot – Mittaukset**

Tarkista kappale: mitat ja tekniset ominaisuudet.

Vertaa paksuus- ja juoksumetrimittoja tuotteen tavoitearvoihin.

Tarkista muut mahdolliset asiat.

### **b. Kommentointi parametrien optimointia, tee kirjallinen yhteenveto**

Kommentoi ratkaisujasi tuotantoasetuksista hyvän lopputuotteen saamisesta.

## **3. Oletetut tulokset**

### **a. Hukkamateriaali aloituksesta ja lopetuksesta**

Tee lyhyt analyysi. Kuinka paljon materiaalia meni jätteeksi?

Onko aloitus- ja lopetustoimia mahdollista tehostaa?

### **b. Tallenna optimoidut asetusarvot lomakkeelle**

Merkitse mahdolliset poikkeamat annetuista arvoista prosessin asetustietoihin.

### **c. Kirjallinen raportti päivän tapahtumista ja toteutuneista asioista**

Valmistele päiväraportti. Mitkä prosessin asetuksista ovat kriittisiä? Miten havaitisit ne?

## Käytännön harjoituksia 2

Kuinka puhallusekstruusio valmistellaan onnistuneesti käynnistykseen ja saadaan hyväksytyt lopputuotteen tavoitearvot?

### 1. Tehtäviä

Työturvallisuus- ja ensiapuohjeet tulee osata ennen aloitusta.

Tehtävät ohjaavat ekstruusiolinjan käyttöön.

#### a. Ekstruusiolaitte ja tuotantotilaus

Opi tunnistamaan suulakepuristuskone ja tutustu tilaukseen ja tietolomakkeisiin.

#### b. Tarkista lämpövastukset

Varmista, että lämpövastukset ovat oikeat ja sijoitettu paikoilleen. Tarkista, että lämmitysosien liitäntä on kiinnitetty.

#### c. Ekstruusion lämmitysparametrit

Käytä teknisten tuotetietojen ohjeita.

#### d. Ennen aloitusta

Lämmitys päälle.

Suuttimen mekaanisten osien kiinnityksien tarkastus, kun lämpötila on saavutettu.

#### e. Tarkastus muut tuotantohyödykkeet

Vesi- ja ilmaliitännät, aktivoi tarvittaessa vakuumpumppu

Tarkista koko tuotantolinja.

#### f. Muovimateriaalin tarkastus

Varmista, että tuotantotilaus on oikein.

Varmista materiaalin riittävyys.

#### g. Lämpötilojen tarkastus

Mittaa erillisellä käsimittauslaitteella ekstruuderikoneen eri osien lämpötilat (suutin, suuttimen pää, sylinteri)

#### h. Ekstruusiolaitteen käynnistys

Käynnistä laite hitaalla nopeudella ilman polymeeriä, hopperi tyhjänä.

Lisää hitaasti asteittain polymeeriä hopperiin, jotta moottoria ei kuormiteta äkkinäisesti eikä tukita ruuvia.

#### i. Tuotteen muotoilu

Tarkista huulet, ilmakavana ja ohjaustelojen pinnat ja yhdistä jäähdytys- tai tyhjiöjärjestelmä.

Kun prosessi on asettunut, nosta ekstruusioikoneen nopeus oikeaan ajoarvoon, tarkista profiilin mitat, aseta muut tarvittavat ajoarvot.

## 2. Raportointi

### a. Havainnot – Mittaukset

Tarkista kappale: mitat ja tekniset ominaisuudet.

Vertaa paksuus- ja juoksumetrimittoja tuotteen tavoitearvoihin.

Tarkista muut mahdolliset asiat.

### b. Kommentoi parametrien optimointia, tee kirjallinen yhteenveto

Komentoi ratkaisujasi tuotantoasetuksista hyvän lopputuotteen saamisesta.

## 3. Oletetut tulokset

### a. Hukkamateriaali aloituksesta ja lopetuksesta

Tee lyhyt analyysi. Kuinka paljon materiaalia meni jätteeksi?

Onko aloitus- ja lopetustoimia mahdollista tehostaa?

### b. Tallenna optimoidut asetusarvot lomakkeelle

Merkitse mahdolliset poikkeamat annetuista arvoista prosessin asetustietoihin.

### c. Kirjallinen raportti päivän tapahtumista ja toteutuneista asioista

Valmistele päiväraportti. Mitkä prosessin asetuksista ovat kriittisiä? Miten havaitsit ne?

## Käytännön harjoituksia 3

Työturvallisuus- ja ensiapuohjeet tulee osata ennen aloitusta.

Tehtävät ohjaavat ekstruusiolinjan käyttöön.

Levyekstruusiolinjan valmistelu onnistuneelle käynnistykselle ja teknisten tavoitteiden mukaiseen lopputuotteeseen?

### 1. Tehtäviä

Työturvallisuus- ja ensiapuohjeet tulee osata ennen aloitusta.

Tehtävät ohjaavat ekstruusiolinjan käyttöön.

#### a. Ekstruusiolaite ja tuotantotilaus

Opi tunnistamaan suulakepuristuskone ja tutustu tilaukseen ja tietolomakkeisiin.

#### b. Tarkista lämpövastukset

Varmista, että lämpövastukset ovat oikeat ja sijoitettu paikoilleen. Tarkista, että lämmitysosien liitäntä on kiinnitetty.

#### c. Ekstruusion lämmitysparametrit

Käytä teknisten tuotetietojen ohjeita.

#### d. Ennen aloitusta

Lämmitys päälle.

Suuttimen mekaanisten osien kiinnityksien tarkastus, kun lämpötila on saavutettu.

#### e. Tarkastus muut tuotantohyödykkeet

Vesi- ja ilmaliitännät, aktivoi tarvittaessa vakuumpumppu

Tarkista suulakepuristuslinjan eri osien tehokas toiminta ja niiden kohdistukset.

#### f. Muovimateriaalin tarkastus

Varmista, että tuotantotilaus on oikein.

Varmista materiaalin riittävyys.

#### g. Lämpötilojen tarkastus

Mittaa erillisellä käsimittauslaitteella ekstruuderikoneen eri osien lämpötilat (suutin, suuttimen pää, sylinteri)

#### h. Ekstruusiolaitteen käynnistys

Käynnistä laite hitaalla nopeudella ilman polymeeriä, hopperi tyhjänä.

Lisää hitaasti asteittain polymeeriä hopperiin, jotta moottoria ei kuormiteta äkkinäisesti eikä tukita ruuvia.

#### i. Tuotteen muotoilu

Tarkista huulet, ilmakavana ja ohjaustelojen pinnat ja yhdistä jäähdytys- tai tyhjiöjärjestelmä.

Kun prosessi on asettunut, nosta ekstruusiokoneen nopeus oikeaan ajoarvoon, tarkista profiilin mitat, aseta muut tarvittavat ajoarvot.

## 2. Raportointi

### a. Havainnot – Mittaukset

Tarkista kappale: mitat ja tekniset ominaisuudet.

Vertaa paksuus- ja juoksumetrimittoja tuotteen tavoitearvoihin.

Tarkista muut mahdolliset asiat.

### b. Kommentoi parametrien optimointia, tee kirjallinen yhteenveto

Komentoi ratkaisujasi tuotantoasetuksista hyvän lopputuotteen saamisesta.

## 3. Oletetut tulokset

### a. Hukkamateriaali aloituksesta ja lopetuksesta

Tee lyhyt analyysi. Kuinka paljon materiaalia meni jätteeksi?

Onko aloitus- ja lopetustoimia mahdollista tehostaa?

### b. Tallenna optimoidut asetusravot lomakkeelle

Merkitse mahdolliset poikkeamat annetuista arvoista prosessin asetustietoihin.

### c. Kirjallinen raportti päivän tapahtumista ja toteutuneista asioista

Valmistele päiväraportti. Mitkä prosessin asetuksista ovat kriittisiä? Miten havaitsit ne?

# Kappale 5: Työstömenetelmiä

Yhdistä paikallisiin valmistusmenetelmiin liittyen hyvät käytänteet

Alla on esimerkkitaulukkona tarkistuslista ekstruuderin valmisteluun.

Tällainen luettelo auttaa käyttäjää aloittamaan ekstruusioprosessin, pitämään järjestyksen kaikessa toiminnassa. Kaikki poikkeukset on dokumentoitava.

Toiminta	ei hyväksytty	hyväksytty	huomioon
<b>Ekstruusiokone</b>			
Tarkista muovimateriaali			
Varmista materiaalin siirto syöttösuppiloon			
Tarkista sylinterin ja suuttimet lämpötilat			
Tarkista vaihteistoöljyn pinta			
Kaksoisruuvien käyttö, käynnistä tyhjiöpumppu poistamaan kaasu ja ilma			
<b>Suutin</b>			
Tarkista asennuskulma (estää kestumuovien vuodon)			
Anturien asennus			
Tarkista liitännät			
Tarkista lämpövastusten kiinnitys			
Siirrä ylimääräiset johdot ja anturit pois			
<b>Kalibrointi</b>			
Tarkista tyhjiön liitos (estää vuodot)			
Tarkista vesiliitos			
Tarkista säätöjärjestelmän kytkentä			
Tarkista tyhjiö (indikaattori)			
Varastoi jäljellä olevat putki-imurit ja säätöjärjestelmät			
<b>Vetoyksikkö</b>			
Tarkista, että yksikkö on tyhjä			
Tarkista hätäpysäytys			
Tarkista, että turvaportti on kiinni			





## Ekstruusioprosessin olennaiset asetukset

\*Tämä asetusarvo on koneen käyttäjän/asettajan ensimmäisenä tarkastettava kohta

$$\text{Juoksumetrimassa (kg/m)} = \text{sulaindeksi (kg/h)} \div \text{nopeus (m/h)}$$

tai

$$\text{juoksumetrimassa (g/m)} = \text{sulaindeksi (kg/h)} \times 1000 \div \text{nopeus (m/h)} \times 60$$

Juokumetrimassa = profiilin pituuden massa

Sulaindeksi = sulan materiaalin määrä suuttimelta

Nopeus= profiilin nopeus

## Levyekstruusioprosessin yleistietoa

Kaikissa muovivaluprosesseissa tulisi olla prosessin asettamisohjeet. Ne auttavat käyttäjiä aloittamaan prosessin tuotespesifikaatioiden mukaisesti.

TUOTETUNNUS		PÄIVÄYS			
KÄYTTÄJÄ		OHJELMANUMERO			
EXTRUDEERINUMERO					
Lämpötilaprofiili *		Extruuderin suutin			
Sylinteri 1 (°C)	+/-	Ulostulo (kg/h)			
Sylinteri 2 (°C)	+/-	Materiaali			
Sylinteri 3 (°C)	+/-	VOLYMETRINEN VÄRIN ANNOSTELIJA			
Sylinteri 4 (°C)	+/-	Värin tunnus		Muuttuja	
Puristus (SUUTIN 1) (°C)	+/-	GRAVIMETRINEN SEKOITTAJA			
AUX (SUUTIN 2) (°C)	+/-	Värin tunnus		Muuttuja	
AUX (SUUTIN 3) (°C)	+/-	Lisäaineen tunnus		Muuttuja	
Ruuvien asetusarvot					
Ruuvien nopeus (RPM) *	+/-				
Moottorin kuormitus (A / %)					
Sulan paine (bar)					
Sulan lämpötila (°C)					
Renkaan ilma (bar/l/min)					

Taulukossa esitetään puhalluskalvoekstruusion yleiset prosessiparametrit ja tuotespesifikaatiot. Tietoja voidaan lisätä tai poistaa riippuen käytössä olevan prosessin monimutkaisuudesta.

Parametreja on kaksi pääryhmää. Ensimmäiset ovat parametreja, joiden arvoja voidaan muuttaa, esimerkiksi lämpötilat. Toinen parametriryhmä on tarkoitettu vain viitteeksi, esimerkiksi muovin sulamislämpötila. Ilmoitettua arvoa voidaan kuitenkin muuttaa ensimmäisellä parametriryhmällä.

\* merkityt parametrit ovat kriittisiä prosessille. Hyvin usein näillä parametreilla on toleransseja. Toleransseja saadaan haetuksia prosessikehityskokeiden aikana.

## **Kalvo-/levyekstruusiolinjan käynnistys**

### **Ekstruusiolinjan esivalmistelu**

1. Tarkista lämpövyöhykkeet ja vastukset (jos muotissa on useita vyöhykkeitä, vastusten sekaantuminen on mahdollista, prosessiin voi kohdistua riski ylikuumentumisesta ja muovipolymeerin hajoamisesta)
2. Aseta lämpötila 100°-130° ja anna koneen lämmetä (muotisarjoissa lämpötila-alueet voivat vaatia enemmän aikaa lämmetä)
3. Tarkista materiaalin syöttöjärjestelmä
4. Tarkista syötön jäähdytys
5. Tarkista suuttimen huulen pinta (jos koneeseen on asennettu uusi suutin, pultit on kiristettävä lämmityksen jälkeen)
6. Tarkista koko linjan suuntaus
7. Tarkista telan pinnat
8. Tarkista nippitelojen väli
9. Tarkista, että ilmarengas on puristusaineistettu
10. Tarkista ilmakehän membraanikalvo

### **Kun valmistelutoimet on suoritettu kone voidaan käynnistää**

1. Aseta prosessilämpötilat materiaalinkäsittelyohjeen / prosessiasetussivun mukaan (jos sellaisia ei ole, tarkista materiaalitiedot)
2. Kun lämpötilat ovat asetusarvossa, odota 30 minuuttia (ulkoinen lämmitys lämmittää vain sylinterin ja suulakepakkauksen ulkopinnan, ja suuremmille koneille ja suuttimille tarvitaan lisäaikaa)
3. Käynnistä ekstruuderit
4. Aloita kalvon ilmapuhallus
5. Käynnistä kelausrullat
6. Nosta linjan nopeutta, kunnes se saavuttaa tavoitevaatimukset.

Tuotannon aikana tuotetta tulee tarkastaa. Toimintakuvaus:



# Kappale 6: Muistilista

## Ankkuroi edellisissä kohdissa hankittu tieto

### Tarkista ekstruusiotuotannon ympäristö, turvallisuuskävely

- vesiyhteet
- tyhjiöpumppu
- kalibrointi
- vetoyksikkö (tee koeajoa ja testaa hätäpysäytys)
- varastointi



### Linjan rakenne

- materiaalin kuivaus
- materiaalin syöttö
- muovin sulattaminen
- homogenoituminen
- lisäaineet
- suutin
- jäähdytys
- materiaalin käsittelyt

### Prosessin parametrit

- ruuvityyppi
- sulavirtaus
- lämpövastukset
- ohjeiden noudattaminen
- kestonmuovi valittu oikein valmistettavaan tuotteeseen
- sulalämpötila
- nopeus m/min
- valvontamenettelyt



### Prosessin päättäminen, lopetustoimet

- tuotteen varastointi
- jätteen käsittely
- alueen siisteys
- raportointi



# Kappale 7: Harjoituksia

(voidaan myös käyttää arvioinnissa)

Tavoitteena on kehittää taitoja ja ammatillista osaamista

## 1. Materiaalivalinta

### Harjoitus 1

Saat materiaalinäytteitä, sekä useita teknisiä tuotetietoesitteitä. Määrittele materiaalien ekstruusioprosessiin käytettävät lämpötilat.

### Harjoitus 2

Miten ja miksi sulaindeksi määrittää polymeerin ekstrudoitavuuden?

## 2. Ekstruusiomenetelmän käyttö

### Harjoitus 3

Käytä ekstruusiomenetelmää paikallisten ohjeiden mukaan.

### Harjoitus 4

Miten kalvon tai profiilin paksuuteen voidaan vaikuttaa ekstruusioprosessissa?

Mitä kalvon tai profiilin ekstruusioparametria ensimmäisenä muutetaan, jos tuotteen mitat eivät ole oikeat?

Millä tavoilla kalvo-/levytuotteiden leveyttä voidaan säätää?

## 3. Ekstruusioprosessin valvonta

### Harjoitus 5

Kuvaile kaikkein olennaisimpia laatutekijöitä sekä kalvo-/levy ekstruusiossa, että putki-/profiilieksruusioprosessissa.

# LÄHDEMATERIAALI

Précis des matières plastiques – J.P. Tritignon - J. Verdu – A. Dobraczynski – M. Piperaud – Ed. AFNOR NATHAN

Extrusion des polymères - Pierre G. Lafleur - Bruno Vergnes – Ed. HERMES LAVOISIER

Technologie de l'extrusion - appareillages, procedes, defauts d'extrusion – Sophie Nigen – Ed. DUNOD

Kurri V., Malén T., Sandell R., Virtanen M., Muovitekniikan perusteet 2008

Pipe, profile, sheet and film; Company web – sites

<https://blogit.lab.fi/labfocus/kaksiruuviekstruuderilla-tyostetaan-uusiomuovia/>



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

