# Muovit, polymeerit ja komposiitit –

# johdatus materiaaleihin ja teollisuuteen



# Yleistä

|  |  |
| --- | --- |
|  | |
| **Lisenssointi** | Materiaalit on lisenssoitu CC-BY-NC-SA -lisenssillä |
| **Vastuut materiaalin käytöstä** | Hankekumppanit, rahoittaja tai materiaalin tuottajat eivät ole vastuussa siitä, miten AOE-portaalissa julkaistuja oppimateriaaleja käytetään. |
| KURSSIN/OSION YLEISESITTELY | |
| **Kurssin/osion/Tiedoston nimi** | Muovit, Polymeerit ja komposiitit - johdatus materiaaleihin ja teollisuuteen |
| **Pääteema - alateema** | Tekniset kierrot – Materiaalitekniikka - Muovit |
| **Kieliversiot** | Suomi |
| **Tekijä(t)** | Toukoniitty Esa, Metropolia Ammattikorkeakoulu Oy  Marja-Leena Åkerman, Metropolia Ammattikorkeakoulu Oy |
| Kuvaus | Kokonaisuus toimii yleisesittelyn muoveihin ja teollisuuteen. Materiaali sisältää yleiskatsauksen alasta sekä runsaasti linkkimateriaali koottuna aihealueittain. Tämä materiaali on osa Opetus- ja kulttuuriministeriön rahoittamaa hanketta “Kiertotalousosaamista ammattikorkeakouluihin (2018 – 2020). Hankkeeseen osallistui 19 suomalaista ammattikorkeakoulua. |
| Kesto | 3 op = 80 h |
| Käyttökelpoisuus verkko-opetuksessa | Osittain |
| Aiempi osaaminen | Ei esitietovaatimuksia |
|  | HAKUKRITEEREITÄ |
| Avain/hakusanat | Kiertotalous; Teknologiset kierrot, Materiaalitekniikka, Muovi, Polymeeri, komposiitti, |
| Tieteenala(t) | Luonnontieteet/tekniikka/ |
| Koulutusaste | korkeakoulutus (ylempi/alempi), ammattikoulutus. |
| Pääasiallinen kohderyhmä | Opettaja, oppija |
| **Oppimateriaalin tyyppi** | Teksti, linkkilista, |
| Pääasiallinen käyttötarkoitus | Itsenäinen opiskelu, jatkotyöstettävä, materiaali, kurssimateriaali, opettajan materiaalit, osaamisen kehittäminen, oppimiskokonaisuuden osa |
|  | SAAVUTETTAVUUS |
| Saavutettavuusominaisuudet | Isokokoinen teksti |
| Saavutettavuuden esteet | Ei tiedossa |
|  | |
| Hyödynnetyt materiaalit |  |
| Organisaatio | Kiertotalousosaamista ammattikorkeakouluihin hanke: <https://kiertotalousamk.turkuamk.fi/> |
| **Päivitys** | Käyttäjän on huomioitava se, että materiaalia ei tulla automaattisesti päivittämään. |
|  |  |
| Vakuutan että | kaikki tekijät ovat hyväksyneet materiaalin julkaisun avoimella lisenssillä, muiden tekijöiden aineistot (esim. kuvat) voidaan julkaista avoimesti joko aineistojen oman avoimen lisenssin tai erikseen saadun luvan perusteella, materiaalissa näkyvien henkilöiden kuvien tai muiden henkilötietojen osalta lupa julkaisuun on saatu ko. henkilöiltä ja materiaali on parhaan tietomme mukaan alan hyvien tapojen mukainen |

Sisällys

Sisällys

[Muovit, polymeerit ja komposiitit – 1](#_Toc55151202)

[johdatus materiaaleihin ja teollisuuteen 1](#_Toc55151203)

[Yleistä 2](#_Toc55151204)

[1. Yleistä muoveista 7](#_Toc55151205)

[Lisätietoa 7](#_Toc55151206)

[Muovimerkinnät 8](#_Toc55151207)

[Lisätietoa muovimerkinnöistä: 8](#_Toc55151208)

[Historiaa 9](#_Toc55151209)

[Lisätietoa 9](#_Toc55151210)

[Nimeäminen 10](#_Toc55151211)

[Valtamuovien nimiä ja lyhenteitä 10](#_Toc55151212)

[Lisätietoa 10](#_Toc55151213)

[Sanasto 11](#_Toc55151214)

[2. Muovien luokittelu 12](#_Toc55151215)

[Muovien luokittelu - yleistä 12](#_Toc55151216)

[Lisätietoa 12](#_Toc55151217)

[Kestomuovi (*eng. Thermoplastic*) 13](#_Toc55151218)

[Lisätietoa 13](#_Toc55151219)

[Kertamuovi (*eng. Thermoset*) 14](#_Toc55151220)

[Lisätietoa 14](#_Toc55151221)

[Elastit 15](#_Toc55151222)

[Luonnonpolymeerit 16](#_Toc55151223)

[Lisätietoa 16](#_Toc55151224)

[Biopohjaiset muovit 17](#_Toc55151225)

[Lisätietoa 17](#_Toc55151226)

[Biohajoavat muovit 18](#_Toc55151227)

[Lisätietoa 18](#_Toc55151228)

[Homopolymeeri 19](#_Toc55151229)

[Seka- eli kopolymeeri 20](#_Toc55151230)

[Lisätietoa 21](#_Toc55151231)

[Jako käytön mukaan 22](#_Toc55151232)

[3. Polymeerien ominaisuuksia 23](#_Toc55151233)

[Molekyylin koon vaikutus 23](#_Toc55151234)

[Lisätietoa 23](#_Toc55151235)

[Sidokset, kiteisyys, amorfisuus 23](#_Toc55151236)

[Kiteisyys ja amorfisuus 23](#_Toc55151237)

[Lisätietoa 24](#_Toc55151238)

[Termiset ominaisuudet 24](#_Toc55151239)

[Lisätietoa 24](#_Toc55151240)

[Mekaaniset ominaisuudet 25](#_Toc55151241)

[Lisätietoa 25](#_Toc55151242)

[Kaasujen läpäisevyys 25](#_Toc55151243)

[Lisätietoa 25](#_Toc55151244)

[Sulavirtaominaisuudet 26](#_Toc55151245)

[Lisätietoa 26](#_Toc55151246)

[4. Polymeerien lisäaineet 27](#_Toc55151247)

[Stabilisaattorit 27](#_Toc55151248)

[Pehmite 27](#_Toc55151249)

[Liukuaineet 27](#_Toc55151250)

[Antistaattiset aineet 27](#_Toc55151251)

[Palonestoaineet 27](#_Toc55151252)

[Värit ja pigmentit 28](#_Toc55151253)

[Täyteaineet 28](#_Toc55151254)

[Lujitekuidut 28](#_Toc55151255)

[Lisätietoa 28](#_Toc55151256)

[5. Muoviteollisuus 30](#_Toc55151257)

[Muovituotanto 30](#_Toc55151258)

[Lisätietoa 30](#_Toc55151259)

[6. Polymeerien valmistus 31](#_Toc55151260)

[Polyolefiinit 31](#_Toc55151261)

[Lisätietoa 32](#_Toc55151262)

[Polyeteeni (*eng. polyethene, polyethylene*) 33](#_Toc55151263)

[Lisätietoa 33](#_Toc55151264)

[Polypropeeni 34](#_Toc55151265)

[Lisätietoa 34](#_Toc55151266)

[Polystyreeni (PS) 35](#_Toc55151267)

[Lisätietoa 35](#_Toc55151268)

[Polyvinyylikloridi (PVC) 36](#_Toc55151269)

[Lisätietoa 36](#_Toc55151270)

[Polyesterit 37](#_Toc55151271)

[Lisätietoa 37](#_Toc55151272)

[Polyamidit 38](#_Toc55151273)

[Lisätietoa 38](#_Toc55151274)

[Muita muoveja 39](#_Toc55151275)

[7. Muoveja työstetään tuotteiksi useilla menetelmillä: 40](#_Toc55151276)

[Lisätietoa 40](#_Toc55151277)

[8. Elintarvikemuovit 41](#_Toc55151278)

[9. Haasteet 42](#_Toc55151279)

[Merten roskaantuminen, muovit, mikromuovit ja haitalliset aineet 42](#_Toc55151280)

[Lisätietoa 42](#_Toc55151281)

[10. Tulevaisuus 43](#_Toc55151282)

[Lisätietoa 43](#_Toc55151283)

# 1. Yleistä muoveista

Muovit ovat polymeerejä. Polymeeri on molekyyli, jossa monomeerit ovat liittyneet toisiinsa muodostaen erittäin suuren molekyylin. Tyypillinen muovi ”molekyyli” koostuu 1000-100000 monomeeristä. Polymeerin rakenne makrotasolla voi olla esim. suoraketjuinen, haarottanut tai ristisilloittunut (verkostomainen). Polymeerejä on kiteisiä sekä amorfisia. Materiaalissa kuvataan yksityiskohtaisemmin muoveja ja niiden monia ominaisuuksia.

Polymeereja esiintyy runsaasti luonnossa esim. selluloosa ja proteiinit ovat polymeerejä. Selluloosa koostuu *D*-glukoosi monomeereistä, kun proteiinit rakentuvat aminohappo monomeereistä. Proteiini rakentuu useista erilaisista aminohapoista, kun selluloosa on koostunut vain glukoosi-monomeereistä.

Perinteisesti sana muovi arkikielessä viittaa synteettisiin polymeereihin, joita ovat esim. teollisesti valmistettu polyeteeni tai polystyreeni.

Muoveja käytetään kaikkialla yhteiskunnassamme ja ne ovat mahdollistaneet monet nykyään itsestäänselvyytenä otetut tuotteet ja palvelut. Nykyinen elintapa ja kulutus ei olisi mahdollista ilman satojen polymeerin hyödyntämistä.

Suurten käyttövolyymien myötä viime vuosina on kiinnitetty lisääntyvää huomiota muovin uusiokäyttöön, kierrätykseen ja kiertotalousajatteluun. Maailman muovituotanto oli v. 2018 380 Mt ([Plastics Europe 2020](https://www.plasticseurope.org/application/files/1115/7236/4388/FINAL_web_version_Plastics_the_facts2019_14102019.pdf)) mikä vastaa vuodessa n. 50 kg/henkilö maapallon väestöön suhteutettuna.

Viimevuosina myös muovien ympäristö ja terveyshaitat ovat saanee lisääntyvää huomioita, mikä osaltaan tuo lisäpanostusta kierrätykseen ja kiertotalousajatteluun.

### Lisätietoa

Yleistietoa muoveista lyhyesti:

<https://muovia.fi/blog/yleistietoa_muoveista/>

<http://www.muoviyhdistys.fi/2016/07/15/osa-1-hyva-tietaa-muovista/>

Tiivis tietopaketti muoveista ja muoviteollisuudesta suomeksi ja Suomessa löytyy Muoviteollisuus ry sivuilta: <https://www.plastics.fi/fin/>

Videoita:

Opetus TV:n yleistajuinen esittely polymeereistä: <https://opetus.tv/kemia/ke4/polymeerit/>

Englanninkielinen alustus muovien historian ja maailmaan:

Plastics 101 National Geographic YouTube video (kesto 6:00) <https://youtu.be/ggh0Ptk3VGE>

Verkon muita tietolähteitä muovista englanniksi.

<https://www.plasticseurope.org/en/resources/publications>

<https://www.bpf.co.uk/Plastipedia/Default.aspx>

## Muovimerkinnät

Muovien materiaalimerkeistä on sovittu yleisesti ja kaupallisista tuotteista voi helposti löytää kuvan mukaisia merkintöjä. Muovit on jaettu seitsemään merkintäluokkaan:

01. Polyeteenitereftalaatti (PET)

02. Korkeatiheyksinen polyeteeni (PE-HD)

03. Vinyyli tai polyvinyylikloridi (PVC)

04. Matalatiheyksinen polyeteeni (PE-LD)

05. Polypropeeni (PP)

06. Polystyreeni (PS)

07. Muut muovit

Materiaalimerkki 07 kuuluu muille kuin kuudelle yleisimmälle muoville eli se kattaa valtava määrän muoveja.

### Lisätietoa muovimerkinnöistä:

<http://www.uusiomuovi.fi/fin/pakkaus_kiertaa/muovien_kierratys/muovien_materiaalimerkit/>

<https://www.plastics.fi/document.php/1/365/muovimerkit_luotu_suojaksi_esitteesta/1e7a44c0405a24f0644463627fa8c7ac>

## Historiaa

Ensimmäiset täysin synteettiset muovit keksittiin 1900-luvun alkupuolella. Näitä oli mm. bakeliitti. Ennen tätä oli keksitty mm. luonnon kautsun vulkanointi rikillä, jolloin saatiin renkaissa käytettyä kumia. Varsinainen teollinen muovin valmistus sai alkunsa 1930-luvulla, jolloin käynnistyi mm. polystyreenin (PS) ja polyvinyylikloridin (PVC) tuotanto. Siitä eteenpäin muoviteollisuus on nopealla tahdilla kasvanut volyymissä ja tuotteiden määrässä.

Lähde: J. Seppälä, Polymeeriteknologian perusteet, 6. painos, Hakapaino Oy, 2008 Helsinki.

Maailman muovituotanto oli v. 2018 380 Mt ([Plastics Europe 2020](https://www.plasticseurope.org/application/files/1115/7236/4388/FINAL_web_version_Plastics_the_facts2019_14102019.pdf)) mikä vastaa vuodessa n. 50 kg/henkilö maapallon väestöön suhteutettuna.

### Lisätietoa

Muovin historiaa - [aikajana](https://www.bpf.co.uk/plastipedia/plastics_history/Default.aspx)nalla

Muoviteollisuus ry - Muovien historiaa: <https://www.plastics.fi/fin/muovitieto/muoviteollisuus/historiaa/>

Muovien lyhyt historia YouTube video (kesto 5:37) <https://youtu.be/jQdBag_p6kE>

Plastics 101 National Geographic YouTube video (kesto 6:00) <https://youtu.be/ggh0Ptk3VGE>

## Nimeäminen

IUPAC on ohjeistanut polymeerien nimeämisestä. Yksinkertaisimmillaan nimi koostuu etuliitteeestä - poly mikä viittaa polymeeriin sekä monomeerista, josta polymeeri on rakentunut.

Esim. Eteeni monomeeri -> polyeteeni polymeeri

Tämä pätee lähinnä homopolymeereille. Polymeerien valtavasta määrästä ja monimuotoisuudesta johtuen rakenteiden nimeämin on todellisuudessa huomattavasti monimutkaisempaa.

IUPAC:n ohjeistaman systemaattisen nimen lisäksi polymeereillä on vakiintuneita nk. triviaalinimia ja kauppanimiä.

Nimeämisen periaatteita on käsitelty mm: teoksessa J. Seppälä, Polymeeriteknologian perusteet, 6. painos, Hakapaino Oy, 2008 Helsinki (s 32).

## Valtamuovien nimiä ja lyhenteitä

Polyeteenitereftalaatti (PET)

Korkeatiheyksinen polyeteeni (PE-HD)

Vinyyli tai polyvinyylikloridi (PVC)

Matalatiheyksinen polyeteeni (PE-LD)

Polypropeeni (PP)

Polystyreeni (PS)

### Lisätietoa

Nimistä ja lyhenteistä: <https://en.wikipedia.org/wiki/IUPAC_polymer_nomenclature>

Muovilyhenteitä:

<https://www.bpf.co.uk/plastipedia/abbreviations/Default.aspx>

<https://www.professionalplastics.com/ACRONYMS>

## Sanasto

Muoviteollisuuden useat termit ja yleisesti käytetyt lyhenteet voivat olla hankalasti hahmottuvia. Ohessa on linkkejä muovi-alan termeihin ja sanastoihin suomeksi ja englanniksi.

Kokoelma muovitermejä ja niiden määritelmiä:

<https://www.plastics.fi/fin/muovitieto/sanasto/>

<http://www.tsk.fi/tepa/fi/>

Englanninkielinen muovisankirja Plastics Vocabulary (ISO): [https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:472:ed-4:v1:en](https://www.iso.org/obp/ui/)

# 2. Muovien luokittelu

## Muovien luokittelu - yleistä

Muovit voidaan luokitella alkuperän, monomeerin, käyttötarkoituksen, rakenteen tai ominaisuuksien mukaan esim. kesto- ja kertamuoveihin tai vaikka valtamuoveihin, teknisiin muoveihin ja erikoismuoveihin.

Luokittelusta tarkemmin:

<https://www.plastics.fi/fin/muovitieto/muovit/muovien_luokitus/>

J. Seppälä, Polymeeriteknologian perusteet, 6. painos, Hakapaino Oy, 2008 Helsinki (s 22-31).

**Muovausominaisuuksien** perusteella polymeerit jaetaan kesto-, kertamuoveihin ja elastomeereihin (elastit).

Polymeerit voidaan luokitella **alkuperän** mukaan seuraavasti

* Luonnonpolymeerit
* Puolisynteettiset eli muunnellut luonnonpolymeerit
* Synteettiset polymeerit.

Luokittelu **koostumuksen** mukaan jakaa polymeerit:

* Orgaanisiin
* puoliorgaanisiin sekä
* epäorgaanisiin polymeereihin.

Polymeerit voidaan luokitella myös homo- ja kopolymeereihin.

* Homopolymeeri
* Kopolymeeri eli sekapolymeeri

Lisäksi löytyy komposiitteja sekä polymeeriseoksia, joilla on suuri kaupallinen merkitys.

### Lisätietoa

Luokittelusta tarkemmin:

<https://www.plastics.fi/fin/muovitieto/muovit/muovien_luokitus/>

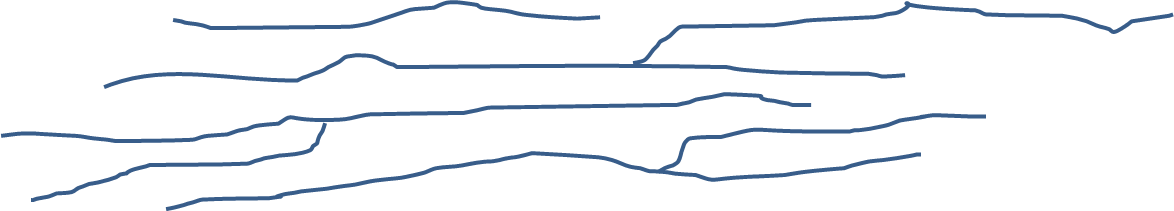
J. Seppälä, Polymeeriteknologian perusteet, 6. painos, Hakapaino Oy, 2008 Helsinki (s 22-31).

## Kestomuovi (*eng. Thermoplastic*)

Suurimolekyylinen polymeeri, jota voi paineen ja lämmön avulla kierrättää ja muovata toistuvasti polymeerirakenteen muuttumatta. Aine muodostuu pitkistä haarautuneista tai haarautumattomista polymeeriketjuista. Lämmitettäessä ketjujen väliset vuorovaikutukset heikkenevät. Muovi pehmenee muuttuen lopulta viskoosiseksi nesteeksi, jota voidaan muotoilla tuotteiksi. Kestomuoveja voidaan sulattaa, jähmettää ja muotoilla useita kertoja erilaisilla valmistustekniikoilla kuten esim. ruiskuvalu, suulakepuristus, lämpömuovaus, rotaatiovalu. Uudelleen muokkaus lämmittämällä mahdollistaa kestomuovien mekaanisen kierrätyksen ja uusiotuotteiden valmistuksen.

Esimerkkejä kestomuoveista:

* Polyeteeni (PE)
* Polypropeeni (PP)
* Polyvinyylikloridi (PVC)
* Polystyreeni (PS)



Kuva. Kestomuovin rakenne. Ei silloittumista polymeeriketjujen välillä.

Lähde: <https://muovia.fi/blog/yleistietoa_muoveista/>

### Lisätietoa

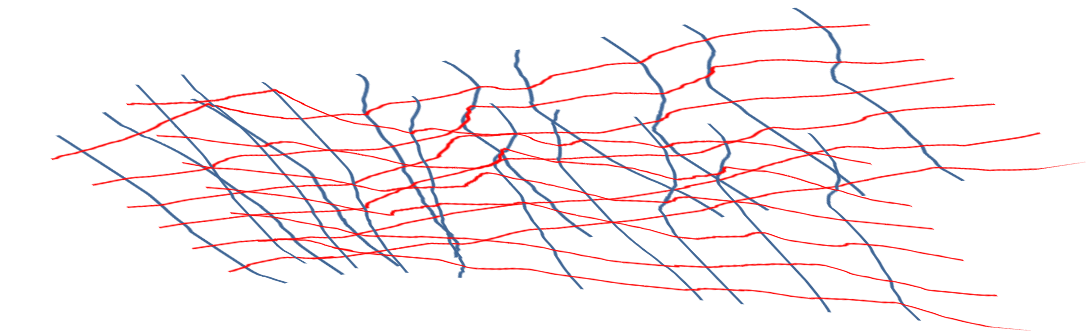
<https://fi.wikipedia.org/wiki/Kestomuovi>

<https://en.wikipedia.org/wiki/Thermoplastic>

## Kertamuovi (*eng. Thermoset*)

Kerran muovattava muovi, jota ei ilman kemiallisen rakenteen hajoamista voida muovata uudestaan. Kertamuovituote on yksi ainoa kolmiulotteinen jättiläismolekyyli. Esimerkkejä kertamuoveista ovat bakeliitti (PF), polyuretaani (PUR) ja tyydyttymätön polyesteri (UP). Lämmittämällä kertamuovia ei saada ketjujen välisiä kemiallisia sidoksia katkaistua rikkomatta koko polymeeriä. Kertamuovin kierrätys ei onnistu mekaanisen kierrätyksen keinoin. Tulevaisuudessa kertamuovia voidaan mahdollisesti kierrättää kemiallisen kierrätyksen keinoin.

Esimerkkejä kertamuovista: bakeliitti (PF) ja polyuretaani (PUR).



Kuva. Kertamuovin silloittanut, verkkomainen rakenne, jota ei saa helposti purkautumaan.

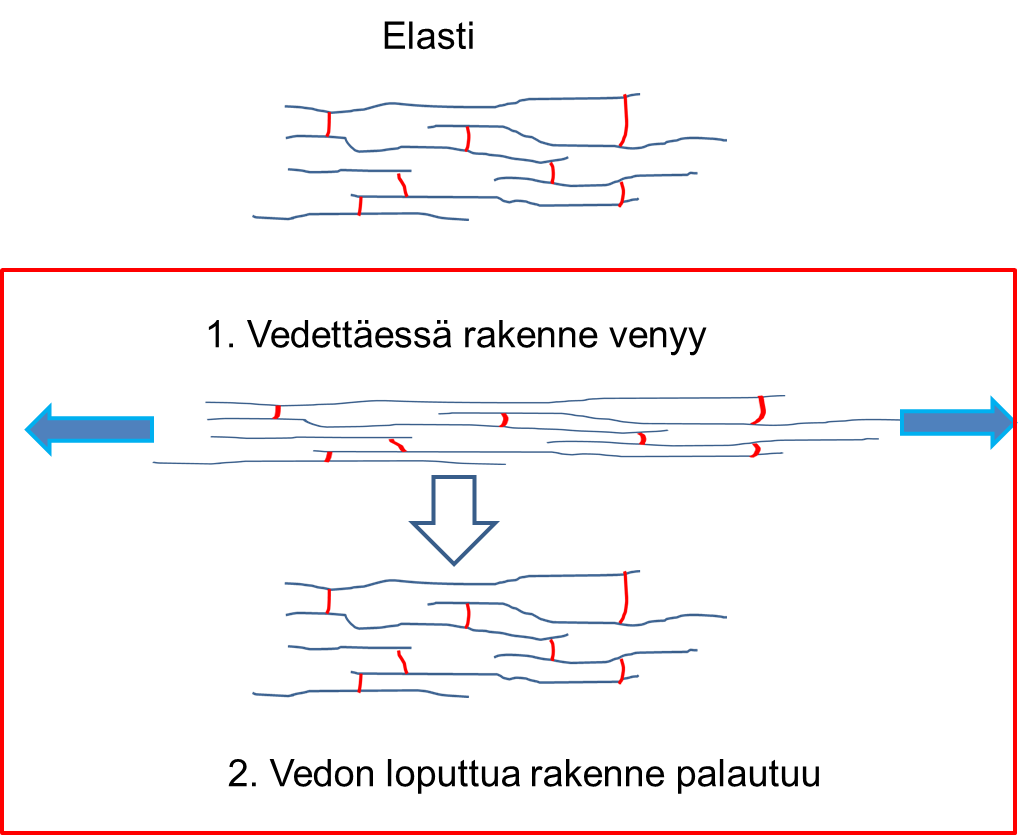
Kertamuovi on silloittunut kemiallisilla sidoksilla verkkomaiseksi rakenteeksi eikä sitä voi kovettumisen/silloittumisen jälkeen käyttää uudelleen tai muovata.

### Lisätietoa

<https://en.wikipedia.org/wiki/Thermosetting_polymer>

## Elastit

Elastit on ryhmä joustavia, kumimaisia materiaali, joiden ominaisuudet sijoittuvat kerta ja kestomuovien välimaastoon. Polymeeriketjut ovat silloittaneen toisiinsa kemiallisesti, mutta vähemmän kuin kertamuoveissa. Sitoutuminen voi tapahtua myös sekundäääristen sidosten avulla. Tämä mahdollistaa materiaalin venymisen sitä jännitettäessä. Jännityksen loppuessa materiaali palautuu takaisin alkuperäiseen muotoon (Ks. kuva).



Kuva. Elastin rakenne ja käyttäytyminen vedossa.

Määritelmiä [muovisanastosta](https://www.plastics.fi/fin/muovitieto/sanasto/?ltr=5):

* **Elasti**Synteettisestä elastomeeristä tai luonnonkumilateksista valmistettu materiaali, joka venyy huomattavasti ja palautuu lähes alkuperäiseen muotoon venytyksen jälkeen. **Elasteja ovat kumit ja termoelastit**.
* **Kumi**Synteettinen tai luonnonpolymeeri. Elastinen ja vulkanoitu.
* **Termoelasti**Elasti, jonka kimmoisuus perustuu aineensisäisiin fysikaalisin voimiin, jotka voidaan purkaa lämmittämällä tai sulattamalla.

## Luonnonpolymeerit

Luonnossa esiintyy monia polymeerejä. Biomassa, kuten kasvit ja puut, ovat rakentuneet lignoselluloosasta, jonka koostuu polymeereistä. Näitä ovat ligniini, selluloosa ja hemiselluloosa. Selluloosa rakentuu *D*-glukoosi monomeereistä ja on siten lineaarinen homopolymeeri. Hemiselluloosa rakentuu useista sokeri monomeereistä eli se on sekapolymeeri. Lisäksi hemiselluloosa on rakenteeltaan haaroittunut. Ligniini poikkeaa edellä mainituista ja koostuu sokerien sijaan eri tyyppisistä aromaattisista monomeereistä, jotka muodostavat verkkomaisen polymeerirakenteen.

Muita esimerkkejä luonnon polymeereistä ovat tärkkelys, proteiinit, villa ja kautsu eli raakakumi. Proteiinit koostuvat aminohappomonomeereista kun kautsu rakentuu isopreeni-monomeereistä.

Osiossa ei käsitellä tarkemmin luonnon polymeerejä, vaan materiaalissa keskitytään teollisesti valmistettuihin synteettisiin polymeereihin.

### Lisätietoa

Kautsu: <https://fi.wikipedia.org/wiki/Kautsu>

Lignoselluloosa: <https://www.neste.fi/vastuulliset-ratkaisut/tuotteet/raaka-aineet/tulevaisuuden-raaka-aineet/lignoselluloosa>

Selluloosa: <https://fi.wikipedia.org/wiki/Selluloosa>

Ligniini: <https://en.wikipedia.org/wiki/Lignin>

Hemiselluloosa: https://en.wikipedia.org/wiki/Hemicellulose

Proteiinit: <https://en.wikipedia.org/wiki/Protein>

Kautsu: <https://fi.wikipedia.org/wiki/Kautsu>

Laajempi kuvaus luonnon polymeereistä:

Comprehensive Natural Products Chemistry, Eds. Sir Derek Barton, Koji Nakanishi and Otto Meth-Cohn, 1999. Elsevier.

## Biopohjaiset muovit

Biopohjaiset muovit on valmistettu osittain tai kokonaan uusiutuvista raaka-aineista.

Biopohjainen muovi voi olla koostumukseltaan ja rakenteeltaan identtinen kuin fossiilisesta raaka-aineestakin valmistettu. Esim. **Bio**etanolista valmistettu **bio**eteeni polymeroidaan teollisessa prosessissa **bio**polyeteeniksi. Näin saadulla biopohjasella polyeteenillä ja fossiilisesta raaka-aineesta valmistetulla polyeteenillä ei ole eroa keskenään. Muita saatavilla olevia biopohjaisia muoveja ovat esim. polyetyleenitereftalaatti (PET) sekä polylaktidi (PLA).

Biopohjaisten muovien valmistus vähentää tarvetta käyttää fossiilisia, öljypohjaisia, raaka-aineita muovien valmistuksessa. Tällä tavoitellaan positiivisia ilmastovaikutuksia hiilidioksidi päästöjen vähenemällä sekä myös imagovaikutuksia kuluttajien keskuudessa. Biopohjaisten muovien valmistuskustannukset ovat usein korkeammat verrattuna vastaavaan fossiiliseen raaka-aineeseen pohjautuvaan muoviin.

HUOM: Biopohjaisuus ja biohajoavuus eivät riipu toisistaan. Erityisesti usein käytetyissä termeissä ”biomuovi” ja ”biopolymeeri” on epäselvää viitataanko biopohjaiseen ja/tai biohajoavaan muoviin.

### Lisätietoa

<https://www.pakkaus.com/biopohjainen-ja-biohajoava-muovi-eivat-tarkoita-samaa/>

<https://www.plastics.fi/fin/muovitieto/muovit_ja_ymparisto/biomuovit/>

<https://www.plastics.fi/document.php/1/156/european_bioplastics_-_facts_and_figures/b4313531b6f32c56e3b4a4d3d5fdd15c>

<https://www.plastics.fi/document.php/1/155/european_bioplastics_-_driving_the_evolution_of_plastics/04345e7cc4b348ac89dfbcf315f356b5>

## Biohajoavat muovit

Biohajoavat muovit ovat polymeerejä, joita luonnon mikro-organismit hajottavat ennalta määritetyissä olosuhteissa vedeksi, hiilidioksidiksi (tai metaaniksi) sekä biomassaksi. Kaikki materiaalit hajoavat luonnossa, mutta toisilla se kestää hetken, kun taas esim. synteettisillä muoveilla siihen voi kulua satoja vuosia. Useimmat synteettiset muovit ovat erittäin pitkäikäisiä luonnossa eli niiden hajoamisprosessit kestävät jopa tuhansia vuosia, joten näitä ei pidetä biohajoavina muoveina.

Eurooppalainen standardi EN 13432 ”Vaatimukset pakkauksille, jotka ovat hyödynnettävissä kompostoinnin ja biohajoamisen avulla. Testausmenettely ja arviointiperusteet pakkauksen hyväksynnälle” määrittelee mitä ominaisuuksia materiaalilta vaaditaan, jotta sitä voidaan pitää ”kompostoitavana”, ts. että se voidaan kierrättää orgaanisesti (kompostoimalla ja anaerobisesti mädättämällä).

Esimerkkejä biohajoavista muoveista ovat mm. polykaprolaktoni (PLC), polyvinyyliahkoholi (PVOH), polylaktidi (PLA) ja polyhydroksialkanoaatit (PHA) sekä tärkkelys ja selluloosa johdannaiset materiaalit.

Oksohajoavat muovit eivät ole biohajoavia, vaan muoveihin on lisätty kemikaaleja, jotka pilkkovat polymeerirakennetta mm. valon ja hapen myötävaikutuksella.

Hajoavista muoveista löytyy kootusti paljon tietoa mm.:

<https://www.essentialchemicalindustry.org/polymers/degradable-plastics.html>

HUOM: Biopohjaisuus ja biohajoavuus eivät riipu toisistaan. Erityisesti usein käytetyissä termeissä ”biomuovi” ja ”biopolymeeri” on epäselvää viitataanko biopohjaiseen ja/tai biohajoavaan muoviin.

### Lisätietoa

<https://biobagworld.com/fi/ymparisto/biohajoava-ja-kompostoitava/>

<https://www.pakkaus.com/biopohjainen-ja-biohajoava-muovi-eivat-tarkoita-samaa/>

<https://www.plastics.fi/fin/muovitieto/muovit_ja_ymparisto/biomuovit/>

<https://www.plastics.fi/document.php/1/156/european_bioplastics_-_facts_and_figures/b4313531b6f32c56e3b4a4d3d5fdd15c>

<https://www.plastics.fi/document.php/1/155/european_bioplastics_-_driving_the_evolution_of_plastics/04345e7cc4b348ac89dfbcf315f356b5>

## Homopolymeeri

Homopolymeeri muodostuu yhdestä monomeeristä (A).

* Rakenne voi olla lineaarinen (-A-A-A-A-A-A-),
* Haaroittunut:
* Silloittunut:



Kuva. Homopolymeerin erilaisia rakenteita.

## Seka- eli kopolymeeri

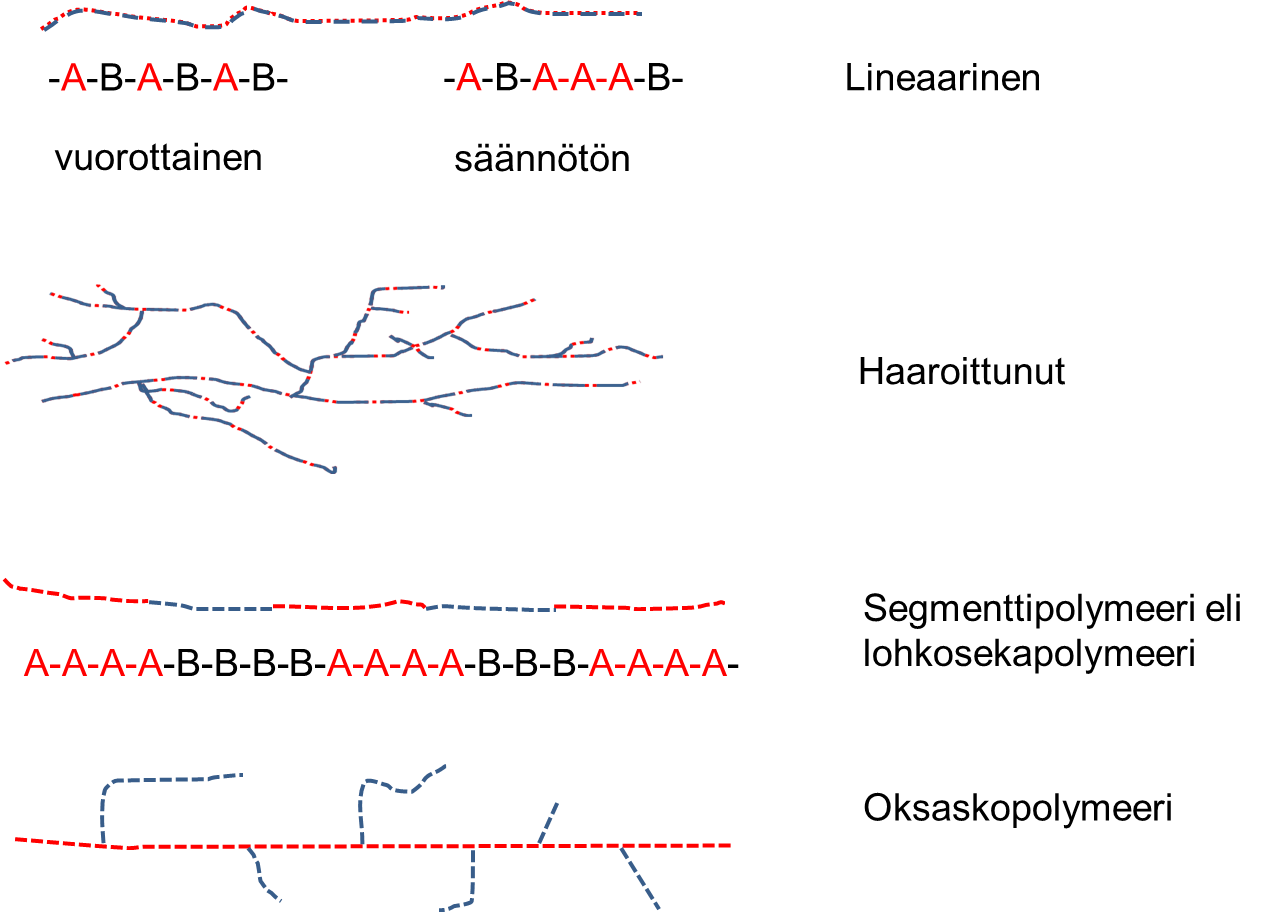
Jos polymeeri muodistuu kahdesta tai useammasta monomeeristä käytetään nimitystä seka- eli kopolymeeri.

Rakenneyksiköt voivat liittyä toisiinsa vuorotelle (*eng. alternating copolymer*) tai säännöttömästi (*eng. random copolymer*).

Rakenne voi olla:

* Lineaarinen
* Haaroittunut
* Segmenttipolymeeri eli blokkikopolymeeri (*eng. Block copolymer*)
* Oksaskopolymeeri (*eng. Craft copolymer*)

Rakenteita on havainnolistettu kuvassa



Kuva. Seka- eli kopolymeerin rakenteita.

### Lisätietoa

<https://en.wikipedia.org/wiki/Copolymer>

## Jako käytön mukaan

Muovit voidaan jakaa myös valtamuoveihin, teknisiin muoveihin ja erikoismuoveihin.

Tarkempi erittely ja esimerkkejä jaottelusta löytyy:

<https://www.plastics.fi/fin/muovitieto/muovit/muovien_luokitus/>

# 3. Polymeerien ominaisuuksia

## Molekyylin koon vaikutus

Polymeerien ominaisuudet riippuvat pitkälti polymeerirakenteen suuresta koosta.

 Suureita, jotka kuvaavat polymeerin kokoa ovat:

* Moolimassa
* Suhteellinen moolimassa
* Molekyylipaino
* Polymeroitumisaste (*eng. degree of polymerisation*)

### Lisätietoa

J. Seppälä, Polymeeriteknologian perusteet, 6. painos, Hakapaino Oy, 2008 Helsinki.

## Sidokset, kiteisyys, amorfisuus

Polymeerimolekyyleissä esiintyy samat sidokset ja molekyylien väliset vuorovaikutukset kuin kemiallisissa yhdisteissä. Tavallisimmin muoveissa voidaan havaita:

Kemialliset sidokset: kovalenttinen- ja ionisidos

Intermolekulaariset voimat eli van der Waalsin voimant sekä vetysidokset

### Kiteisyys ja amorfisuus

Kiteisyys määrittää silloittumattoman polymeerin fysikaalisia ominaisuuksia. Polymeeri voi olla kiteinen (osakiteinen) tai amorfinen (ei kiteisyyttä). Amorfisessa rakenteessa ei esiinny kiteisyyttä.

* Kristalliititi
* Misellikiteisyys
* Lamellikiteisyys
* Sferuliitit
* Amorfinen polymeeri ja lasiutumislämpötila (*eng. Glass transition temperature*)

Taulukko. Amorfinen vs. osakiteinen muovi.

|  |  |
| --- | --- |
| Molekyylit eivät ole järjestäytyneet | Molekyylit järjestäytyneet kiteiksi |
| Ei selvää sulamispistettä | Määritettävässä oleva sp. |
| Suuri viskositeetti | Helppojuoksuisempi |
| Usein sisäisiä jännitteitä | Vähemmän jännityksiä |
| Kestää huonommin kemikaaleja | Hyvä kemikaalin kestävyys |
| Voi olla kirkas/läpinäkyvä | Samea/läpinäkymätön |

### Lisätietoa

J. Seppälä, Polymeeriteknologian perusteet, 6. painos, Hakapaino Oy, 2008 Helsinki.

## Termiset ominaisuudet

Muoveilla on useita lämpötilasta riippuvia termisiä ominaisuuksia, joita pystytään määrittämään. Näitä ominaisuuksia käytetään mm. arvioitaessa polymeerin sopivuutta käyttötarkoitukseet tai -kohteeseen.

* sulamislämpötila
* lasiutumislämpötila
* hajoamislämpötila
* pehmenemislämpötila
* haurastumislämpötila

### Lisätietoa

J. Seppälä, Polymeeriteknologian perusteet, 6. painos, Hakapaino Oy, 2008 Helsinki.

<http://www.tut.fi/vmv/2005/vmv_4_4_2.php>

## Mekaaniset ominaisuudet

Kuten muitakin materiaaleja muoveja voidaan testata useilla materiaalintestaus menetelmillä. Muovien mekaaniset ominaisuudet ovat tärkeitä arvioitaessa polymeerin sopivuutta käyttötarkoitukseet tai -kohteeseen

* Vetolujuus
* Viruminen
* Puristuslujuus
* Taivutuslujuus
* Iskulujuus
* Kovuus
* Dynaamis-mekaaniset ominaisuudet
* Jännityssäröily

### Lisätietoa

J. Seppälä, Polymeeriteknologian perusteet, 6. painos, Hakapaino Oy, 2008 Helsinki.

<http://www.tut.fi/vmv/2005/vmv_4_4_2.php>

## Kaasujen läpäisevyys

Kaasujen läpäisevyys tai läpäisemättömyys on tärkeä käyttöominaisuus mm. elintarvikepakkauksissa, putkissa, säiliöissä, renkaissa ja eristeaineissa.

### Lisätietoa

J. Seppälä, Polymeeriteknologian perusteet, 6. painos, Hakapaino Oy, 2008 Helsinki.

## Sulavirtaominaisuudet

Sulavirtaominaisuuksilla on merkitystä muovia työstettäessä. Näitä ovat mm:

* sulamassavirta
* viskositeettiluku
* K-arvo

### Lisätietoa

J. Seppälä, Polymeeriteknologian perusteet, 6. painos, Hakapaino Oy, 2008 Helsinki.

# 4. Polymeerien lisäaineet

Lisäaineilla muokataan ja parannetaan muovien ominaisuuksia, työstettävyyttä ja käyttöikää. Lisäaineita on mm: stabilisaattorit, pehmittimet, antistaattiset aineet, palonestoaineet, värit ja pigmentit, täyteaineet, lujitekuidut. Useimmat muovit koostuvat varsinaisesi polymeeristä (esim. polyeteenistä) sekä siihen lisätyistä lisäaineista.

Muovin lisäaineet voivat vaikeuttaa muovin uusiokäyttöä. Täyteaineet muuttavat muovin tiheyttä ja useat väriaineet rajoittavat uusiomuovin käytettävyyttä. Toisaalta antioksidantit voivat suojata muovia kierrät prosessissa. Lähde:

<http://www.uusiomuovi.fi/fin/yritykselle/kierratyskelpoinen_muovipakkaus/>

### Stabilisaattorit

Estävät polymeerin hajoamista mm. tuotteen valmistuksen yhteydessä (korkea lämpötila) tai ympäristövaikutusten johdosta (UV-säteily, happi, otsoni).

PehmiteSekoitetaan muoviin, jolloin muovin pehmenemislämpötilaa alenee. Pehmitteet ovat usein nesteitä kuten ftalaatteja.

Lähde: <https://www.plastics.fi/fin/muovitieto/sanasto/?ltr=16>

### Liukuaineet

Parantavat muovimassa käsiteltävyyttä tuotetta valmistettaessa ja estävä mm. tarttumista pinnoille.

### Antistaattiset aineet

Estävät staattisen sähkön muodostumista ja pölyn kerääntymistä muovipinnalla.

### Palonestoaineet

Useat muovit ovat palavia. Palonestoaineilla vähennetään syttymisherkkyyttä sekä hidastaa palon etenemistä.

### Värit ja pigmentit

Värejä ja pigmenttejä käytetään muovin värjäämiseen.

Käytössä on orgaanisia väriaineita jotka jakautuvat tasasisesti polymeeriin sekä orgaanisia- ja epäorgaanisiapigmenttejä.

### Täyteaineet

Täyteaineet ovat jauhemaisia aineita, joita sekoitetaan muovimassaa parantamaan ominaisuuksia ja alentamaan tuotteen hintaa. Täyteaine voi mm:

• Parantaa lämmön ja kemikaalien kestävyyttä

• Parantaa mekaanisia ominaisuuksia

• Vähentää palavuutta

• Vähentää UV-säteilyn vaikutusta

Yleisiä epäorgaanisia täyteaineita ovat mm. talkki, kaoliini, kalsiumkarbonaatti, alumiini- ja magnesiumhydroksidi, titaanidioksidi, hiili, grafiitti. Puu- ja sahajauho, selluloosa, paperi ja ligniini ovat tavallisia orgaanisia täyteaineita.

### Lujitekuidut

Polymeerejä vahvistamaan voidaan käyttää monia kuituja mm:

• Lasikuitu

• Hiilikuitu

• Metallikuituja

• Muita synteettisiä ja luonnonkuituja.

Tällöin puhutaan komposiittimateriaaleista.

### Lisätietoa

https://bpf.co.uk/plastipedia/additives/Default.aspx#Intro

[Opinnäytetyö lisäaineista](https://jyx.jyu.fi/bitstream/handle/123456789/54031/URN:NBN:fi:jyu-201705182412.pdf?sequence=1): https://jyx.jyu.fi/bitstream/handle/123456789/54031/URN:NBN:fi:jyu-201705182412.pdf?sequence=1

J. Seppälä, Polymeeriteknologian perusteet, 6. painos, Hakapaino Oy, 2008 Helsinki.

# 5. Muoviteollisuus

Petrokemian teollisuus on osa muoviteollisuus. Perinteisesti polymeerin valmistus eli polymerointi on keskittynyt petrokemia teollisuuslaitoksiin, jotka logistisista hyödyistä johtuen ovat usein öljynjalostamoiden läheisyydessä. Polymeroinnissa monomeereistä valmistetaan polymeeriä, joka myydään granulaattina (pieninä rakeina) eteenpäin muoviteollisuuden toimijoille jotka valmistavat näistä tuotteita.

50 suurinta kemianteollisuuden yritystä maailmassa:

<https://cen.acs.org/content/dam/cen/98/29/WEB/globaltop50-2019.pdf>

Montako muovintuottajaa mahtuu jättien joukkoon?

## Muovituotanto

Perinteinen muovin arvoketju alkaa petrokemian teollisuudesta polymeerin valmistuksella monomeereistä, joka on pääsääntöisesti peräisin fossiilisista lähteistä. Seuraavaksi polymeereistä, eri menetelmillä työstämällä, valmistetaan monia tuotteita, jotka päätyvä kulutukseen. Kuluttaja toimittaa pakkaukset muovin kerätykseen, josta ne jatkavat kulkuaan kierrätysprosessin kautta jälleen uusiotuotteiksi. Se osa muovista, jota ei voida uusiokäyttää päätyy energiantuotannon polttoaineeksi.

Muoviteollisuuden yritykset valmistavat erilaisia muovituotteita, levyjä, profiileja, kalvoja, putkia, rakennusmuoveja ja pakkausmuoveja. Osa valmistaa myös erilaisia muovien lisä- ja apuaineita.

Muoviteollisuus lukuina: <https://www.plasticseurope.org/download_file/view/3183/179>

Seuraavissa osioissa käsitellään petrokemianteollisuuden prosesseja, joilla valmistetaan muoveja.

### Lisätietoa

Muoviteollisuus Euroopassa: <https://www.plasticseurope.org/>

Muoviteollisuus Suomessa: <https://www.plastics.fi/fin/muovitieto/muoviteollisuus/muoviteollisuus_lukuina/>

# 6. Polymeerien valmistus

Polymeeriteollisuus valmistaa monista monomeereistä satoja polymeerejä muoviteollisuuden käyttöön, joka työstävät näitä tuotteiksi.

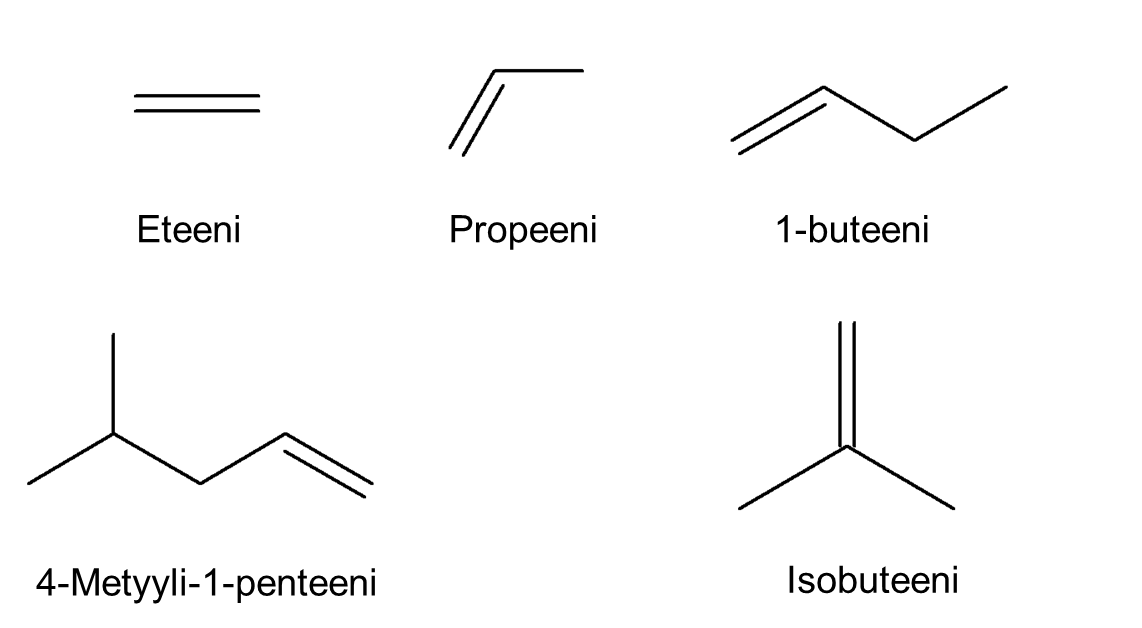
Yksityiskohtainen yleiskatsaus kaupallisista polymeereistä englanniksi:

<https://www.essentialchemicalindustry.org/polymers/polymers-an-overview.html>

Yleisimpiä kaupallisia polymeerejä ovat: PE, PP, Polyesterit, PS ja PVC. Näistä tarkemmin seuraavissa osioissa.

## Polyolefiinit

Polyolefiinit ovat tärkeä muoviteollisuuden raaka-aine, joka kattaa valmistetusta muovista yli puolet. Olefiinit ovat -C=C- kaksoissidoksen sisältäviä molekyylejä. Muoviteollisuus hyödyntää olefiineja muovien valmistukseen. Käytetyimpiä olefiineja polymeroinneissa ovat: eteeni, propeeni, 1-buteeni, isobuteeni, 4-metyylipenteeni.



Kuva. Käytetyimmät olefiinimonomeerit.

Kuvan monomeereistä tehdään mm. HDPE, LDPE, LLDPE, PP, poly(1-buteeni) ja poly(4-metyyli-1-penteeni) polyolefiineja.

Olefiinien polymeroituminen tapahtuu nk. additiopolymerointi-mekanismilla. Käytännössä kaksoissidos on varsin inaktiivinen ja polymeroinnissa käytettään katalyyttejä ja esim. perioksidipohjaisia initaattoreita vauhdittamaan halutun tuotteen muodostumista. Aditiopolymeroinnissa aktiiviseen kohtaan polymeeriketjun päässä liittyyn monomeerejä ja ketju pitenee, kunnes aktiivinen kohta ketjusta poistuu päättymis- tai terminaatioreaktion seurauksena.

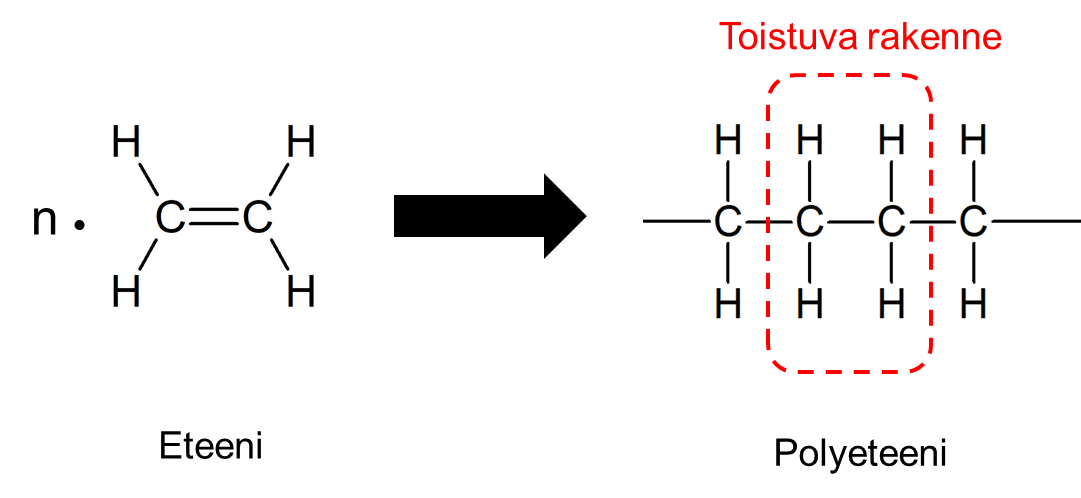
Additiopolymerointia voidaan teollisuudessa suorittaa monenlaisilla reaktori- ja prosessikokoonpanoilla. Yleisimmin polymerointi tehdään massa-, liuos- saostus-, emulsio-, suspensio- tai kaasufaasipolymerointeina.

### Lisätietoa

J. Seppälä, Polymeeriteknologian perusteet, 6. painos, Hakapaino Oy, 2008 Helsinki.

## Polyeteeni (*eng. polyethene, polyethylene*)

Polyeteeni valmistetaan eteenistä:



Polyeteeni ja useat sen laadut mm. pakkauksissa käytetyt HP-PE ja LD-PE ovat helposti hyödynnyttävissä kierrätyksen kautta uusiomuovituotteiden valmistukseen.

Kattava englanninkielinen tietopaketti polyeteenin valmistuksesta löytyy:

<https://www.essentialchemicalindustry.org/polymers/polyethene.html>

### Lisätietoa

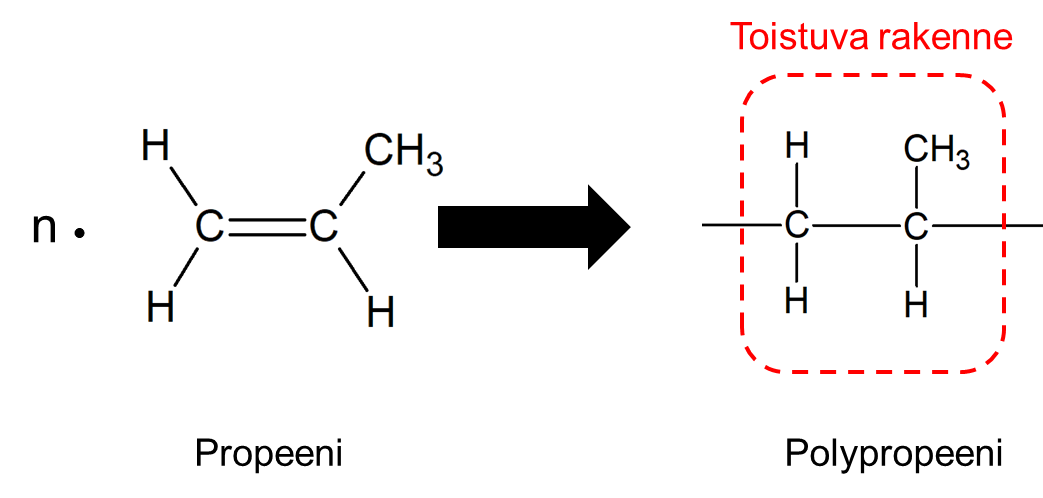
<https://www.essentialchemicalindustry.org/polymers/polyethene.html>

J. Seppälä, Polymeeriteknologian perusteet, 6. painos, Hakapaino Oy, 2008 Helsinki.

Youtube video (kesto 4:07): <https://youtu.be/U6d_F1jcKzI>

## Polypropeeni

Polypropeeni valmistetaan propeenistä:



Polypropeeni on helposti hyödynnyttävissä kierrätyksen kautta uusiomuovituotteiden valmistukseen.

Kattava englanninkielinen tietopaketti polypropeenin valmistuksesta löytyy:

<https://www.essentialchemicalindustry.org/polymers/polypropene.html>

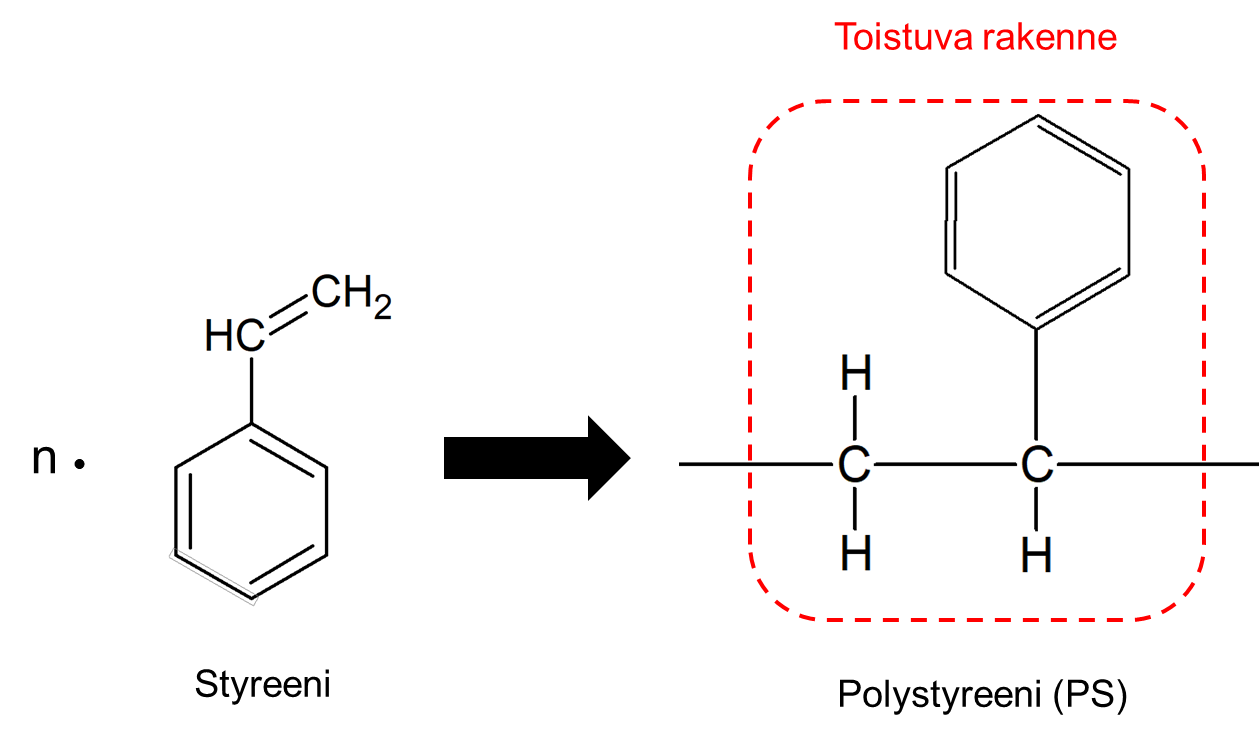
### Lisätietoa

<https://www.essentialchemicalindustry.org/polymers/polypropene.html>

J. Seppälä, Polymeeriteknologian perusteet, 6. painos, Hakapaino Oy, 2008 Helsinki.

## Polystyreeni (PS)

Polystyreeni valmistetaan styreenistä:



Kattava englanninkielinen tietopaketti polystyreenin valmistuksesta löytyy:

<https://www.essentialchemicalindustry.org/polymers/polyphenylethene.html>

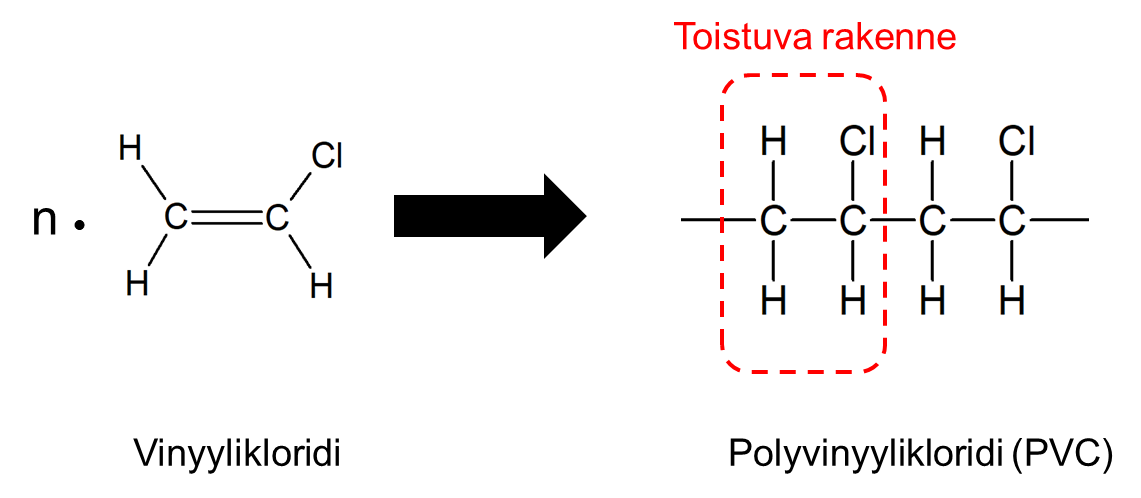
### Lisätietoa

<https://www.essentialchemicalindustry.org/polymers/polyphenylethene.html>

J. Seppälä, Polymeeriteknologian perusteet, 6. painos, Hakapaino Oy, 2008 Helsinki

## Polyvinyylikloridi (PVC)

Polyvinyylikloridi valmistetaan vinyylikloridista:



PVC on paljon käytetty muovi edelleen mm. rakennusmateriaalina viemäriputkissa. Sen käyttöä pyritään korvaamaan muilla, kloorivapailla muoveilla, koska energiakäytössa PVC:n palamisessa muodostuu mm. ympäristömyrkkyjä.

Kattava englanninkielinen tietopaketti polyvinyylikloridin valmistuksesta löytyy:

<https://www.essentialchemicalindustry.org/polymers/polychloroethene.html>

### Lisätietoa

<https://www.essentialchemicalindustry.org/polymers/polychloroethene.html>

<https://fi.wikipedia.org/wiki/Polyvinyylikloridi>

J. Seppälä, Polymeeriteknologian perusteet, 6. painos, Hakapaino Oy, 2008 Helsinki

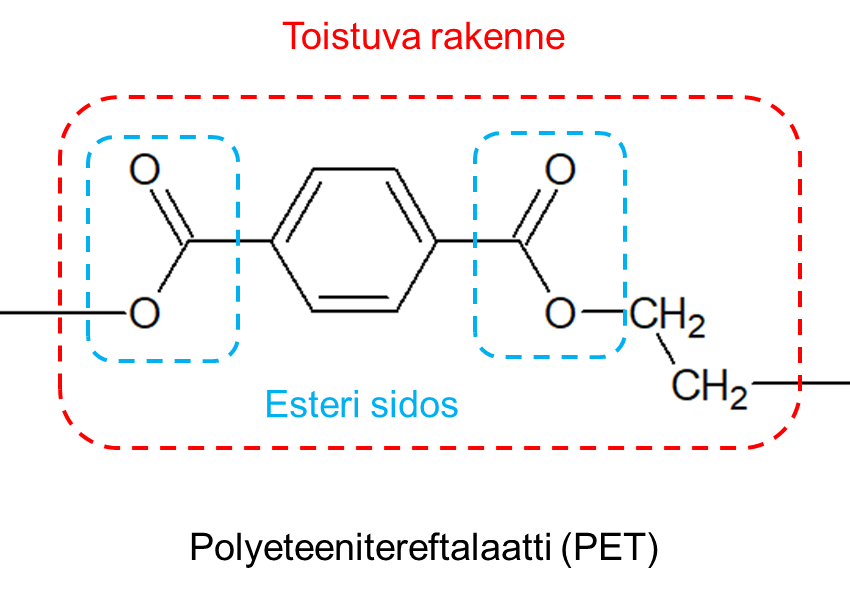
# Polyesterit

Kondensaatiopolymerointi edellyttää difunktionaalisia monomeerejä joissa tyypillisest ketjun molemmissa päissä on sama funktionaalien ryhmä.

Polyestereitä muodostuu dikarboksyylihappon ja diolin välisissä esteröintireaktioissa.

Tunnetuin polyesterin on polyeteenitereftalaatti eli PET-muovi. Sitä voidaan valmistaa usealla tavalla.

Polyeteenitereftalaatin rakenne sekä esterisidos:



Polyesterit ovat erittäin palon käytettyjä polymeerejä. Näistä voidaan valmistaa kuituja, kalvoja ja pakkauksia kuten juomapulloja. Polyesterin kierrätys on pitkälle kehittynyttä ja sitä voidaan helposti uusiokäyttää.

Kattava englanninkielinen tietopaketti polyestereistä löytyy:

<https://www.essentialchemicalindustry.org/polymers/polyesters.html>

### Lisätietoa

<https://www.essentialchemicalindustry.org/polymers/polyesters.html>

J. Seppälä, Polymeeriteknologian perusteet, 6. painos, Hakapaino Oy, 2008 Helsinki

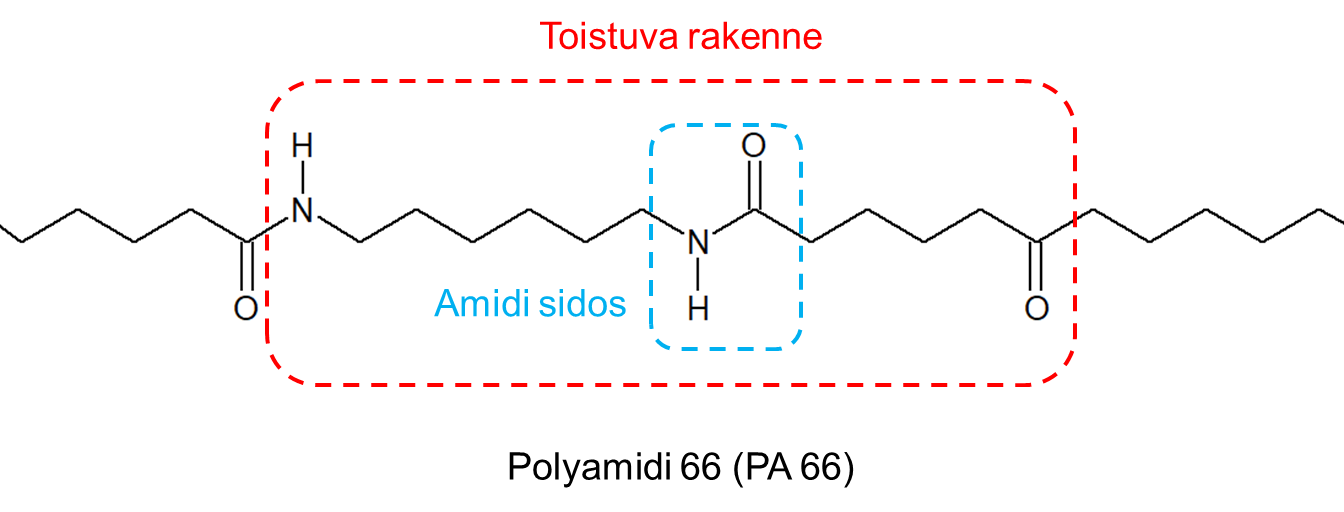
# Polyamidit

Kondensaatiopolymerointi edellyttää difunktionaalisia monomeerejä joissa tyypillisest ketjun molemmissa päissä on sama funktionaalien ryhmä.

Polyamideita muodostuu diamiinin ja diolin välisissä reaktioissa. Esim. Nylon kauppanimellä myytäviä polyamideja on saatavilla useita riippuen käytetystä diamiinista ja diolista.(esim. nylon 6, nylon 66, nylon 12).

Toisin kuin additiopolymeroinneissa ym. reaktioissa amidi-sidoksen muodostuessa rakenteesta lohkeaa pois vettä

Polyamidi 66:n rakenne sekä amidi-sidos:



Kattava englanninkielinen tietopaketti polyamideista löytyy:

<https://www.essentialchemicalindustry.org/polymers/polyamides.html>

### Lisätietoa

<https://www.essentialchemicalindustry.org/polymers/polyamides.html>

J. Seppälä, Polymeeriteknologian perusteet, 6. painos, Hakapaino Oy, 2008 Helsinki

## Muita muoveja

Muovilaatuja on satoja eikä niitä kaikkia pystytä kattamaan tässä suppeassa materiaalissa. Ohessa on linkkejä muutamiin muihin muovilaatuihin. Nämä linkit löytyvät kootusti myös sivulta: <https://www.essentialchemicalindustry.org/polymers.html>

Polykarbonaatit: [Polycarbonates](https://www.essentialchemicalindustry.org/polymers/polycarbonates.html)

Akryylipolymeerit: [Poly(methyl 2-methylpropenoate)](https://www.essentialchemicalindustry.org/polymers/polymethyl.html) (Polymethyl methacrylate)

Polyakryylinitriili: [Poly(propenonitrile)](https://www.essentialchemicalindustry.org/polymers/polypropenonitrile.html) (Polyacrylonitrile)

Teflon: [Poly(tetrafluoroethene)](https://www.essentialchemicalindustry.org/polymers/polytetrafluoroethene.html) (Polytetrafluoroethylene)

Silikonit: <https://www.essentialchemicalindustry.org/polymers/silicones.html>

Polyuretaanit: <https://www.essentialchemicalindustry.org/polymers/polyurethane.html>

# 7. Muoveja työstetään tuotteiksi useilla menetelmillä:

Yleisimpiä muovin työstömenetelmiä ovat:

* Estruusio
* Kalanterointi
* Puhalluskalvoekstruusio
* Puhallusmuovaus
* Rotaatiovalu
* Ruiskuvalu
* Tyhjiömuovaus/Lämpömuovaus

### Lisätietoa

<https://www.plastics.fi/fin/muovitieto/muovit/tuotantomenetelmat/>

# 8. Elintarvikemuovit

Elintarvikekäytössä olevilta muoveille edellytettäne useita mm. barrier ominaisuuksia. Alalla on myös määräyksiä esim. materiaalin alkuperän suhteen mikä vaikeuttaa kierrätysmuovin käyttöä elintarvikepakkauksissa. Alla useita linkkejä elintarvikemuoveista sekä -pakkauksista.

Yleisesittely aiheeseen: <https://www.plastics.fi/fin/muovitieto/muovit/elintarvikemuovit/>

Paljon tietoa pakkausmuoveista: <http://www.pakkaus.com/>

Esittely muovien pakkausominaisuuksista: <https://www.plastics.fi/document.php/1/212/muovipakkaus_-_luotu_suojaksi/18f092b004f2781ca714b528cc96b950>

Määritelmiä: <https://www.pakkaus.com/tietoa-pakkauksista/pakkausalan-termit/>

Ajatuksia pakkausmateriaalien tulevaisuudesta:

<https://kehittyvaelintarvike.fi/artikkelit/mielipiteet/puheenvuoro/mista-tulevaisuuden-elintarvikepakkaukset-tehdaan/>

# 9. Haasteet

### Merten roskaantuminen, muovit, mikromuovit ja haitalliset aineet

Viime vuosina on tultu enenevässä määrin tietoisiksi valtamuovien aiheuttamista haitoista, joita ovat mm. ympäristön ja merien roskaantuminen sekä mikromuovien kulkeutumisesta ja rikastumisesta ekosysteemissä (P. Fjäder, 2016). Toisaalta on oltu huolissaan fossiilisesta raaka-aineesta valmistettujen muovien ilmastovaikutuksista. Vastauksena tähän haasteeseen on kehitetty polymerointi prosesseja ja muoveja, joita voidaan valmistaa käyttämällä raaka-aineena öljyn sijaan uusiutuvaa biomassaa (European Bioplastics 2020). Yhtenä vastauksena roskaantumiseen on myös kehitetty biohajoavia muoveja, jotka sopivissa olosuhteissa kompostoituvat ja häviävät takaisin hiilen kiertokulkuun.

### Lisätietoa

Suomen ympäristökeskuksen raportteja 37/2016; Merten roskaantuminen, muovit, mikromuovit ja haitalliset aineet; Fjäder, Päivi, 2016 <http://hdl.handle.net/10138/167421>

Meriroskat: <https://www.syke.fi/fi-FI/SYKEn_meriroskahankkeet> (Suomen ympäristökeskus)

Mikromuovit: <https://issuu.com/suomenymparistokeskus/docs/syke_policybrief_4s_mikromuovi_fi_w/4>

[Mikromuovit](https://echa.europa.eu/fi/hot-topics/microplastics) (Euroopan kemikaalivirasto)

YouTube video: Muovipullon elinkaari (TED talks) <https://youtu.be/_6xlNyWPpB8>

# 10. Tulevaisuus

Muovien tulevaisuutta on vaikea ennustaa. On ilmeistä, että muovit ovat saavuttaneet keskeisen aseman yhteiskunnassamme eikä tilanne tule radikaalisti muuttumaan lähivuosina. Muovituotteita käytettään ja valmistetaan vielä paljon eikä niitä ole helppo korvata vaihtoehtoisilla ratkaisuilla.

Pakkausten kierrätettävyyteen ja uusiokäyttöön tullaan kiinnittämään tulevaisuudessa enemmän huomioita. Kierrätys prosesseja tullaan kehittämään ja esim. kemiallisen kierrätyksen menetelmiin kohdistuu suuria osutuksia alalla. Kiertotalous ajattelun odotetaan lisääntyvän ja samalla muovin arvoketju saa enemmän kiertotalouden piirteitä.

Alla olevista linkeistä löytyy muovitiekartta, EU:n muovistrategia sekä tietoa kiertotaloudesta. Näiden pohjalta voi hahmotella muovien tulevaisuutta.

### Lisätietoa

<https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/MEMO_18_6>

Muovitiekartta: <https://muovitiekartta.fi/>

[EU:n muovistrategia](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:52018DC0028&from=EN) (Euroopan komissio)

Muovien kiertotaloudesta:

<https://www.plastics.fi/fin/muovitieto/muovit_ja_ymparisto/kestava_kehitys/>