

# Trendikäs PVC



# Sisältö

|        |                                                   |    |
|--------|---------------------------------------------------|----|
| 1.     | PVC:n taustaa.....                                | 4  |
| 2.     | Ken oot PVC? .....                                | 6  |
| 3.     | Materiaali, joka jakaa mielipiteitä .....         | 10 |
| 3.1.   | PVC:n hyvät ominaisuudet .....                    | 11 |
| 3.1.1. | Kestää, hylkii vettä ja pitää pöpöt kurissa ..... | 14 |
| 3.2.   | PVC:n haasteet.....                               | 15 |
| 4.     | Joka paikan höylä.....                            | 18 |
| 5.     | Jokaisella on mutkia matkassa .....               | 24 |
| 5.1.   | PVC:ssä käytetyt lisäaineet .....                 | 24 |
| 5.2.   | Ratkaisuja haasteisiin.....                       | 27 |
| 5.3.   | Ympäristö ja kestävä kehitys .....                | 28 |
| 6.     | Unelmana ruusuinen tulevaisuus .....              | 30 |
| 7.     | PVC-tietäjän viimeinen koetus.....                | 31 |



# 1. PVC:n taustaa

- Merkittävä muoviteollisuuden edustaja

**E**rilaisilla materiaaleilla on suuri ja tärkeä rooli modernissa yhteiskunnassa. Materiaalit ovat läsnä päivittäisessä elämässä, eikä niitä aina edes tiedosteta. Merkittäviä materiaaliryhmiä ovat biopohjaiset materiaalit, metallit ja muovit. Nämä materiaalit ovat luonnosta saatavia, luonnonpohjaisia tai synteettisiä. Materiaalit valitaan erilaisiin sovelluksiin niiden ominaisuuksien, loppukäyttökohteen ja kustannusten perusteella.

Muovi on suhteellisen uusi materiaali, jonka teollinen tuotanto alkoi vasta 1900-luvun alussa.<sup>1</sup> Muovit ovat mahdollistaneet sovelluksia esimerkiksi kulkuneuvoissa, rakennusalalla, kulutustuotteissa, terveys- ja hygienialalla ja urheilutuotteissa. Kulkuneuvoissa muovin keveys auttaa säästämään polttoainekuluja ja pakkauksissa muovit varmistavat ruokaturvallisuuden sekä vähentävät ruokajätettä. Biohyhteensopivat muovimateriaalit mahdollistavat lääketieteellisiä innovaatioita.<sup>2</sup>

Muovien kehitys on mennyt vuosien varrella isoin askelin eteenpäin. Työtä on tehty muun muassa muovien keventämisen ja käyttöä pidentämisen parissa. Suomessa

---

<sup>1</sup> Comission, E., 2013. *Green Paper On a European Strategy on Plastic Waste in the Environment*.  
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52013DC0123&from=FI>

<sup>2</sup> Comission, E., 2018. *A European Strategy for Plastics in a Circular Economy*.  
<http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/pdf/plastics-strategy.pdf>



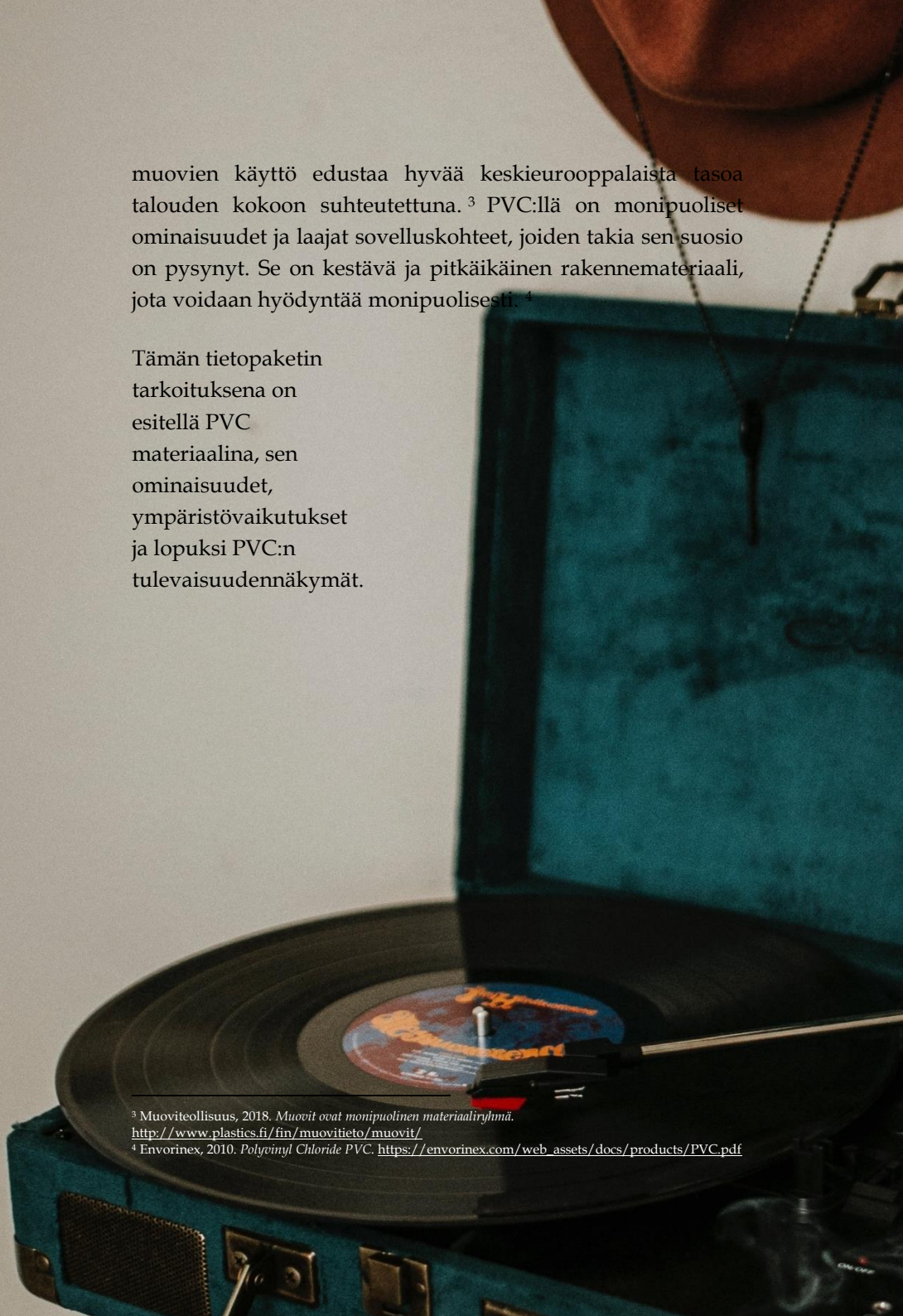
muovien käyttö edustaa hyvää keskieurooppalaista tasoa talouden kokoon suhteutettuna.<sup>3</sup> PVC:llä on monipuoliset ominaisuudet ja laajat sovelluskohteet, joiden takia sen suosio on pysynyt. Se on kestävä ja pitkäikäinen rakennemateriaali, jota voidaan hyödyntää monipuolisesti.<sup>4</sup>

Tämän tietopaketin tarkoituksena on esitellä PVC materiaalina, sen ominaisuudet, ympäristövaikutukset ja lopuksi PVC:n tulevaisuudennäkymät.

<sup>3</sup> Muoviteollisuus, 2018. *Muovit ovat monipuolinen materiaalityyppi.*

<http://www.plastics.fi/fin/muovitieto/muovit/>

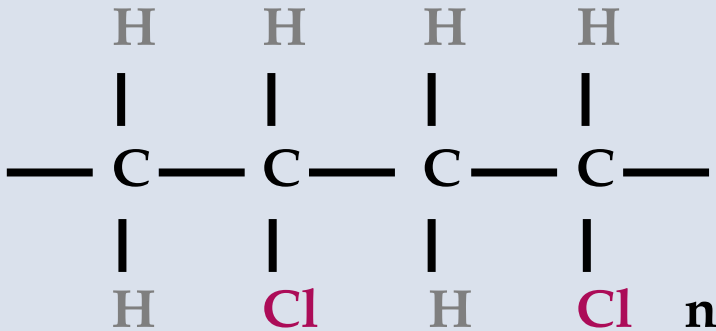
<sup>4</sup> Envorinex, 2010. *Polyvinyl Chloride PVC.* [https://envorinex.com/web\\_assets/docs/products/PVC.pdf](https://envorinex.com/web_assets/docs/products/PVC.pdf)



## 2. Ken oot PVC?

- Luotettava materiaali, jonka kysyntä vain kasvaa

**P**olyvinyylidikloridi eli PVC on synteettinen ja amorfinen kestopuovi, joka keksittiin jo 1800-luvulla, mutta kaupallinen valmistus alkoi vasta 1900-luvulla.<sup>5</sup> PVC:n pienimittakaavainen tuotanto alkoi 1930-luvun alussa ja se tuli suurelle yleisölle tutuksi äänilevyjen muodossa. Tällä hetkellä PVC on yksi maailman tärkeimmistä kaupallisista muoveista.<sup>6</sup>



PVC:n kemiallinen rakenne

---

<sup>5</sup> MuoviPlast, 2012. *Valtamuovit ja muita muoveja*. <http://polymerik.pp.fi/pdf/Osa3-Valtamuovit-ja-muita-muoveja.pdf>

<sup>6</sup> Muoviteollisuusliitto, 1999. *PVC puhuu puolestaan ja kestää*, Helsinki: Suomen Muoviteollisuusliitto.



PVC:n kaupallisen suosion ydin ovat sen ominaisuudet. PVC on ominaisuuksiltaan monimuotoinen, pitkäikäinen materiaali, jonka toiminnallisuus säilyy melkein muuttumattomana. PVC:tä hyödynnetään muun muassa rakennusteollisuudessa, autoteollisuudessa, lääketieteen välineissä, sähkö- ja elektroniikkateollisuudessa sekä pakkausteollisuudessa. Rakennusteollisuus on tällä hetkellä suurin PVC:n sovelluskohde.<sup>7</sup>

PVC:tä voidaan valmistaa monella vaihtoehtoisella menetelmällä, joihin kuuluvat emulsiopolymerointi, suspensiopolymerointi ja massapolymerointi. Emulsiopolymeroinnissa PVC:tä valmistetaan erissä, jatkuvatoimisena tai mikro-suspensiopolymeroinnilla. Emulsiopolymerointi perustuu veteen dispergoituneiden vinyylikloridi-monomerien polymerointiin emulgointiaineiden, esimerkiksi saippuan, muodostamissa miselleissä. Polymerointi tapahtuu vesiliukoisen redox-initiaattorin johdolla. <sup>7</sup> Tuloksena saadaan hienoa PVC-suspensiota, jossa partikkelikoot ovat 0,1 – 3 µm.<sup>8</sup>

Suspensiopolymeroinnissa vinyylikloridi-monomeri dispergoidaan ensin veteen mekaanisesti sekoittamalla, suojakolloideja ja suspensioagentteja käyttämällä. Dispergoinnin aikana nestemäinen vinyylikloridi ei liukene veteen, vaan hajoaa hienoiksi pisaroiksi, joissa itse polymerointi tapahtuu initiaattorin johdolla. Suspension laatua,

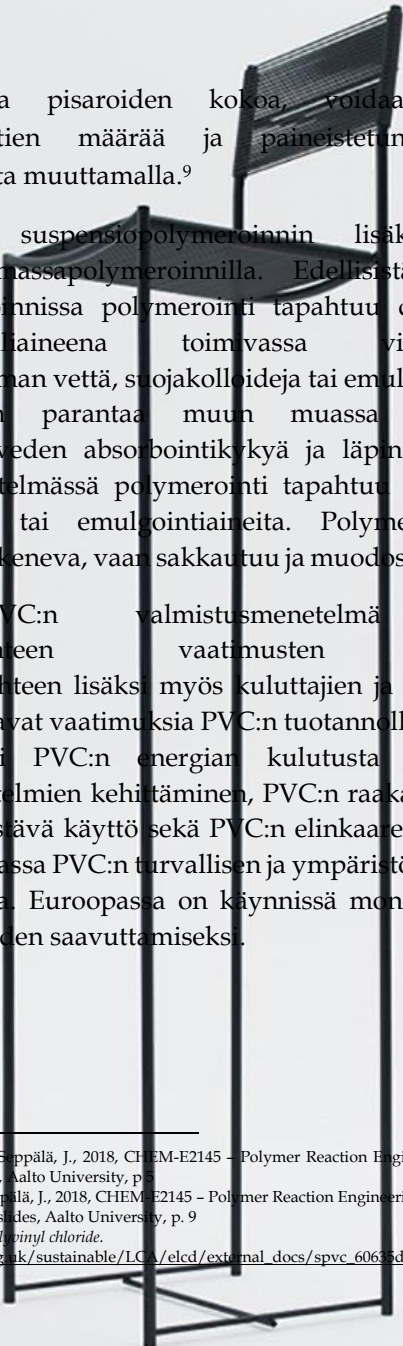
---

<sup>7</sup> Emulsiopolymerointi: Seppälä, J., 2018, CHEM-E2145 - Polymer Reaction Engineering, Emulsion polymerization, lecture slides, Aalto University, pp. 3, 9.

<sup>8</sup> PlasticsEurope, 2008. *Polyvinylchloride Emulsion polymerisation*.

[http://www.pvc.org/upload/documents/Polyvinylchloride\\_PVC\\_Emulsion\\_polymerisation\\_-\\_January\\_2008.pdf](http://www.pvc.org/upload/documents/Polyvinylchloride_PVC_Emulsion_polymerisation_-_January_2008.pdf)





a pisaroiden kokoa, voidaan pienemmän määrän ja paineistetun ilman avulla muuttamalla.<sup>9</sup>

Emulsiopolymeeroinnin lisäksi suspensio- ja massapolymeeroinnilla. Edellisissä menetelmissä polymeerointi tapahtuu emulsioliikenteessä. Emulsioliikenteessä toimivassa emulsioliikenteessä, suojakalvoja tai emulsioliikenteen parantaa muun muassa veden absorbointikykyä ja lämpötila. Emulsioliikenteessä polymeerointi tapahtuu emulsioliikenteessä tai emulgointiainetta. Polymeerointi tapahtuu, vaan sakkautuu ja muodostuu.

PVC:n valmistusmenetelmä on perinteinen vaatimusten mukainen. Lisäksi myös kuluttajien ja ympäristön vaatimuksia PVC:n tuotannossa on otettu huomioon. PVC:n energian kulutusta on pyritty vähentämään kehittämällä PVC:n raakain materiaalia sekä PVC:n elinkaarta. PVC:n turvallisen ja ympäristöystävällisen käytön Euroopassa on käynnissä monia tutkimuksia saavuttamiseksi.

---

Seppälä, J., 2018, CHEM-E2145 – Polymer Reaction Engineering, Aalto University, p. 9.

Seppälä, J., 2018, CHEM-E2145 – Polymer Reaction Engineering, Aalto University, p. 9.

Spvc/sustainable/LCA/elcd/external\_docs/spvc\_60633d.pdf

suspensiopolymeroinnin lisäksi massapolymeroinnilla. Edellisistä menetelmistä eroavuuksista johtuen massapolymeroinnissa polymerointi tapahtuu homogeenisena toimivassa väliainemassassa, jota ei tarvitse lisätä. Tämä mahdollistaa veden, suojakolloideja tai emulsifiikantia sisältävien parantajien muun muassa veden absorbointikykyä ja lämpötila- ja pH-alueiden laajentamista. Emulsiopolymeroinnissa polymerointi tapahtuu emulsiotilassa, jossa on emulgointiainetta. Polymeerisaatavuus on yleensä korkeampi emulsiopolymeroinnissa, vaan sakkautuu ja muodostuu kumpikin PVC:n valmistusmenetelmä. Emulsiopolymeroinnin vaatimusten lisäksi myös kuluttajien ja ympäristön vaatimuksia PVC:n tuotannossa on otettava huomioon. PVC:n energian kulutusta ja ympäristövaikutuksia vähentämiseksi on kehitetty uusia menetelmiä, joiden kehittäminen, PVC:n raakain materiaalien löytäminen, PVC:n raakain materiaalien käyttö sekä PVC:n elinkaaren ja ympäristön vaikutusten vähentäminen ovat tärkeitä asioita. Euroopassa on käynnissä monia tutkimuksia, joiden tarkoituksena on vähentää PVC:n valmistuksen saavuttamiseksi.

PVC:n valmistusmenetelmä on kehitetty vastaamaan vaatimusten muutosten lisäksi myös kuluttajien ja ympäristön vaatimuksia PVC:n tuotannossa. PVC:n energian kulutusta on pyritty vähentämään kehittämällä PVC:n raakainfrapuna käyttöä sekä PVC:n elinkaarta. Suomessa PVC:n turvallisen ja ympäristöystävällisen käytön Euroopassa on käynnissä monivaiheinen saavuttamiseksi.

Pappalà, J., 2018, CHEM-E2145 – Polymer Reaction Engineering, Aalto University, p. 9  
 Pappalà, J., 2018, CHEM-E2145 – Polymer Reaction Engineering, Aalto University, p. 9  
 vinyl chloride.  
 /aik/sustainable/LCA/elcd/external\_docs/spvc\_60636d

### 3. Materiaali, joka jakaa mielipiteitä

- PVC:ssä on potentiaalia olla vieläkin parempi materiaali

PVC:n monipuoliset ominaisuudet ja loppukäyttökohteet ovat tehneet siitä suositun materiaalin aina 1940-luvulta lähtien, jolloin sitä alettiin valmistaa kaupallisesti<sup>12</sup>. PVC:n osuus kaikesta muovituotannosta on noin 17 %<sup>13</sup>. Läntisen Euroopan kulutus kaikesta PVC:n tuotannosta on noin 10 %<sup>14</sup>.



ECVM, Missoni Home, Cordula chair ©

---

<sup>12</sup> MuoviPlast, 2012. *Valtamuovit ja muita muoveja*. <http://polymerik.pp.fi/pdf/Osa3-Valtamuovit-ja-muita-muoveja.pdf>

<sup>13</sup> Borealis, 2017. Packaging Solutions for the Circular Economy. Geert Van Ballaer Global Anteo™Launch, Linz 25th Oct 2017.

<sup>14</sup> Schellerer, K.M., Kufner, T., Attenberger, P., Riedmiller, F., Bahls, M. and Mieden, O., Polyvinyl Chloride (PVC), Trend Report, Kunststoffe International. Carl Hanser Verlag, Munich, 2017, 10.

Suurista tuotanto- ja kulutusmääristä huolimatta PVC on saanut huonon maineen verrattuna muihin muoveihin. Tämän on aiheuttanut muun muassa pelko PVC:n lisäaineista sekä rajalliset kierrätysmahdollisuudet. Monet PVC:n ongelmista on kuitenkin saatu eliminoidua järjestelmällisen tutkimuksen ansiosta, joka jatkuu edelleen.<sup>15</sup>

Yksi tärkeimmistä tämän hetken projekteista on Vinyl 2010 Voluntary Commitment, jossa Euroopan PVC-teollisuus on sitoutunut kestäväan kehitykseen. Tärkeinä osa-alueina tähän kuuluvat esimerkiksi kestävä lisäaineiden ja energian käyttö ja hallittu materiaalikierto.<sup>16</sup>

## 3.1. PVC:n hyvät ominaisuudet

PVC soveltuu moniin käyttötarkoituksiin sen fysikaalisten ja mekaanisten ominaisuuksiensa ansiosta. Yksi PVC:n merkittävimmistä ominaisuuksista on materiaalin **1)** keveys. PVC on ensimmäisiä polymeerejä, joita on käytetty ruokapakkauksissa korvaamaan esimerkiksi raskaampaa lasia, mikä vähentää kuljetuksesta aiheutuvia päästöjä<sup>17</sup>.

Toinen PVC:n hyvä ominaisuus on sen **2)** kestävyys. PVC on sitkeä ja kestävä materiaali, jonka käyttöikä sovelluksissa on

---

<sup>15</sup> MuoviPlast, 2012. Valtamuovit ja muita muoveja. <http://polymerik.pp.fi/pdf/Osa3-Valtamuovit-ja-muita-muoveja.pdf>

<sup>16</sup> VinylPlus, 2015. PVC recycling technologies.

<https://vinylplus.eu/uploads/Modules/Documents/2015-04-20-pvc-recycling-brochure---english.pdf>

<sup>17</sup> PVC, 2018. <http://www.pvc.org/en/p/packaging>

hyvin pitkä. Esimerkiksi maanalaisten PVC-putkien on erilaisissa tutkimuksissa todettu olleen uuden veroisia vielä 30 ja jopa 60 vuoden käytössä olon jälkeen.<sup>18</sup>

PVC:llä on lisäksi hyvät **3)** läpäisyominaisuudet. Materiaali ei läpäise valoa, eikä se juurikaan reagoi valon kanssa. Valon lisäksi PVC ei myöskään päästä läpi kemikaaleja tai mikro-organismeja.<sup>19</sup>

PVC:tä käytetään paljon sairaaloissa erilaisiin pusseihin ja letkuihin juuri läpäisyominaisuuksiensa ansiosta. PVC on lisäksi hyvä **4)** sähköneristäjä, mitä voidaan hyödyntää esimerkiksi kaapeleiden rakenteissa<sup>20</sup>.

---

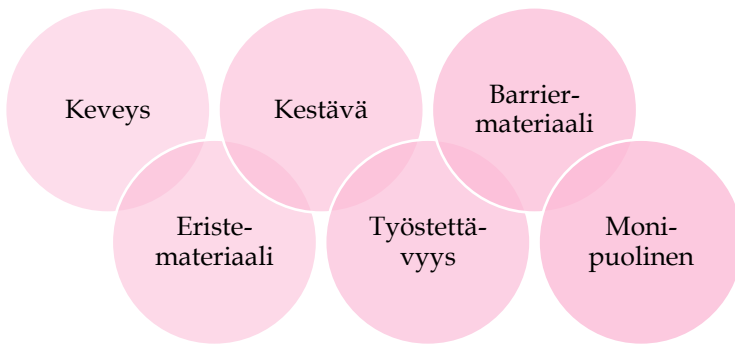
<sup>18</sup> PVC, 2018, <http://www.pvc.org/en/>

<sup>19</sup> MuoviPlast, 2012, *Valtamuovii ja muita muoveja*, <http://polymerik.pp.fi/pdf/Osa3-Valtamuovit-ja-muita-muoveja.pdf> ja PVC, 2018, <http://www.pvc.org/en/>

<sup>20</sup> PVC, 2018, <http://www.pvc.org/en/> ja Schellerer, K.M., Kufner, T., Attenberger, P., Riedmiller, F., Bahls, M. and Mieden, C., Polyvinyl Chloride (PVC), Trend Report, Kunststoffe International. Carl Hanser Verlag, Munich, 2017, 10.



Valmistuksen kannalta, PVC:llä on myös monia hyviä ominaisuuksia. PVC:tä on helppoa ja vaivatonta 5) prosessoida käyttämällä automatisoituja laitteita. Toisaalta, muovintyöstön kannalta PVC on 6) yhteensopiva monien lisäaineiden kanssa, mikä tekee PVC:stä monipuolisen polymeerin useiden lopputuotteiden osalta. Esimerkiksi monista eri muokkausvaihtoehdoista, palonestoaineen lisääminen polymeerimatriisiin tekee PVC-materiaalista paloturvallisen.<sup>21</sup>



## PVC:n ominaisuudet

Materiaalin valinnassa pyritään huomioimaan mahdollisimman laajasti kaikkia mainittuja ominaisuuksia. Näin PVC on perustellusti erittäin kilpailukykyinen muiden materiaalien joukossa.

---

<sup>21</sup> PVC, 2018. <http://www.pvc.org/en/>

### 3.1.1. Kestää, hylkii vettä ja pitää pöpöt kurissa

PVC on uniikki ja mielekäs materiaali, jonka tärkeimmät ja kiinnostavimmat pinnan ominaisuudet on listattu alla. Nämä pinnan ominaisuudet tekevät PVC:stä hyvän rakennusmateriaalin sekä erinomaisen materiaalivehtoehdon sairaaloihin sen hygieenisyyden ansiosta.

- Kestävä
- Vastustuskykyinen
- Vettä hylkivä
- Helppo puhdistaa ja ylläpitää

PVC on myös läsnä jokapäiväisessä elämässämme. PVC-pinnoitteita on usein keittiöiden ja kylpyhuoneiden tasoilla ja huonekaluissa. Monet vaatteet, erityisesti ulkovaatteista sadetakit, on usein tehty PVC:stä juuri vedenpitävyyden takia. PVC on osoittanut myös sopivansa materiaaliksi työvaatteisiin, joita käytetään vaativimmissa olosuhteissa. Myöskään urheilua harrastaessa ei voi olla törmäämättä PVC:hen, sillä esimerkiksi urheilukengät, pallot ja urheilupaikkojen lattiamateriaalit ovat usein PVC:tä sen erinomaisen kestävyys takia. Kestävyys on tärkeää myös lasten leluissa ja matkalaukuissa.<sup>22</sup>

---

<sup>22</sup> PVC, 2018. <http://www.pvc.org/en/>

## 3.2. PVC:n haasteet

PVC:n käyttöön yhdistetään yleisessä keskustelussa usein huoli myrkyllisistä lisäaineista, rajallisista kierrätysmahdollisuuksista sekä karsinogeenisista monomeerijäämistä. Nämä huolet kuitenkin perustuvat yleensä puutteelliseen, virheelliseen tai vanhaan tietoon.<sup>23</sup>

Yleisimmät PVC:n kanssa käytetyt lisäaineet ovat erilaisia stabilaattoreita, prosessin apuaineita, voiteluaineita ja pehmittimiä. Sekä stabilaattoriseoksilla että voiteluaineilla voidaan vaikuttaa prosessiin ja sen optimointiin sekä lopputuotteen esimerkiksi termisiin ja mekaanisiin ominaisuuksiin.

Lisäaineiden monista hyödyllisistä vaikutuksista huolimatta osa vanhoista ja perinteisesti käytetyistä lisäaineista on todettu ihmiselle ja ympäristölle myrkyllisiksi. Tämä on ongelmallinen asia erityisesti PVC:n kierrätyksen ja uusiokäytön kannalta. Näihin lisäaineisiin kuuluvat kadmium- ja lyijystabilisaattorit sekä lyhytketjuiset ftalaattipehmittimet.<sup>24</sup>

---

<sup>23</sup> PVC, 2018. <http://www.pvc.org/en/>

<sup>24</sup> Commission, 2000. GREEN PAPER Environmental issues of PVC. <http://ec.europa.eu/environment/waste/pvc/pdf/en.pdf> ja PVC, 2018. <http://www.pvc.org/en/>

PVC-toimiala on kuitenkin reagoinut tähän ongelmaan. Vinyl 2010 Voluntary Commitment- hankkeen osana olevan LeadFree-hankkeen sekä lainsäädännön ansiosta lyijypohjaiset stabilisaattorit oli korvattu EU:ssa vuoteen 2015 mennessä. Lisäksi kadmiumin ja lyhytketjuisten ftlaattien käyttö on nykyisin kielletty ja ympäristöystävällisiä lisäaineita ja niiden käyttöä kehitetään jatkuvasti.<sup>25</sup>

Yleinen harhaluulo on, että PVC:tä ei voi turvallisesti kierrättää tai uusiokäyttää. Todellisuudessa PVC soveltuu erinomaisesti uusiokäyttöön. Pelkästään VinylPlus-järjestön alaisuudessa kierrätettiin 569 000 tonnia PVC-jätettä vuonna 2016. Suurin osa tästä oli rakennusalan sovelluksista, esimerkiksi profiileista ja lattiarakenteista <sup>26</sup> . Lisäksi PVC:n kierrättäjien yhteisö Recovinyl tekee työtä kaikkien elinkaaren varrella toimivien kanssa, jotta kierrätetyn PVC:n tarve ja määrä jatkuvasti kasvavat <sup>27</sup> . VinylPlus:n tavoitteena on, että vuoteen 2020 mennessä PVC:tä kierrätetään 800 000 tonnia vuodessa<sup>28</sup>.

Suurimmat haasteet PVC-jätteen kierrätyksessä liittyvät suomalaiseen tapaan hävittää yhdyskuntajätteet polttamalla. PVC:tä polttamalla voi syntyä dioksiinia ja suolahappoa, joiden jälkikäsittely on haasteellista <sup>29</sup> . Lisäksi suuret PVC-jakeet aiheuttavat ongelmia polttolaitteistojen käyttöölle. Kuitenkin

---

<sup>25</sup> VinylPlus Progress Report, 2017. <https://vinylplus.eu/uploads/Modules/Bannersreport/vinylplus-progress-report-2017.pdf>

<sup>26</sup> VinylPlus Progress Report, 2017. <https://vinylplus.eu/uploads/Modules/Bannersreport/vinylplus-progress-report-2017.pdf>

<sup>27</sup> Recovinyl, 2013. Our mission. <http://www.recovinyl.com/our-mission>

<sup>28</sup> VinylPlus, 2015. PVC recycling technologies.

<https://vinylplus.eu/uploads/Modules/Documents/2015-04-20-pvc-recycling-brochure---english.pdf>

<sup>29</sup> MuoviPlast, 2012. Valtamuovit ja muita muoveja. <http://polymerik.pp.fi/pdf/Osa3-Valtamuovit-ja-muita-muoveja.pdf>

ympäri Eurooppaa on käytössä yli 100 homogeenisen eli kovan PVC:n kierrätyslaitosta.<sup>30</sup>

Vanhoin lisäaineiden liukenemista ovat tutkineet esimerkiksi FABES ja Arche Consulting vuonna 2016<sup>31</sup>. Näiden tutkimusten mukaan PVC:n uusiokäyttöä eivät estä vanhat lisäaineet, sillä niiden liukeneminen on hyvin vähäistä eikä ylitä haitallisia rajoja. Monia kierrätyksen tehostamista edistäviä tutkimusprojekteja on myös aloitettu, esimerkiksi ikkunaprofiileihin ja sairaalatuotteisiin liittyen<sup>32</sup>. PVC-jätteen parempaa saatavuutta on alettu tehostamaan muuttamalla lainsäädäntöä sekä kehittämällä uusia lopputuotteita kierrätetylle PVC:lle. Esimerkiksi 100 %:sti kierrätetystä PVC:stä ja marmorijauhasta valmistettuja Novafloor-lattialautoja tullaan käyttämään uudella Pariisin metroasemalla.<sup>33</sup>

1970-luvun alussa PVC-polymeerin karsinogeenisen vinyylidikloridi-monomeerin epäiltiin olevan turvallisuusriski, sillä sen vapautumista ruokapakkausmateriaaleista ruokaan pelättiin. Tämän seurauksena Euroopassa säädettiin PVC:lle omat lait. Huoli monomeerijäämistä on osoitettu kuitenkin turhaksi. Nykyisillä valmistusmenetelmillä tuotetaan PVC:tä, jossa monomeerijäämien pitoisuus on olematon, alle 1 ppm.<sup>34</sup>

---

<sup>30</sup> VinylPlus Progress Report, 2017. <https://vinylplus.eu/uploads/Modules/Bannersreport/vinylplus-progress-report-2017.pdf>

<sup>31</sup> VinylPlus Progress Report, 2017. <https://vinylplus.eu/uploads/Modules/Bannersreport/vinylplus-progress-report-2017.pdf>

<sup>32</sup> EPPA, European PVC Window Profile and Related Building Products Association. <http://eppa-profiles.eu/>

<sup>33</sup> VinylPlus Progress Report, 2017. <https://vinylplus.eu/uploads/Modules/Bannersreport/vinylplus-progress-report-2017.pdf>

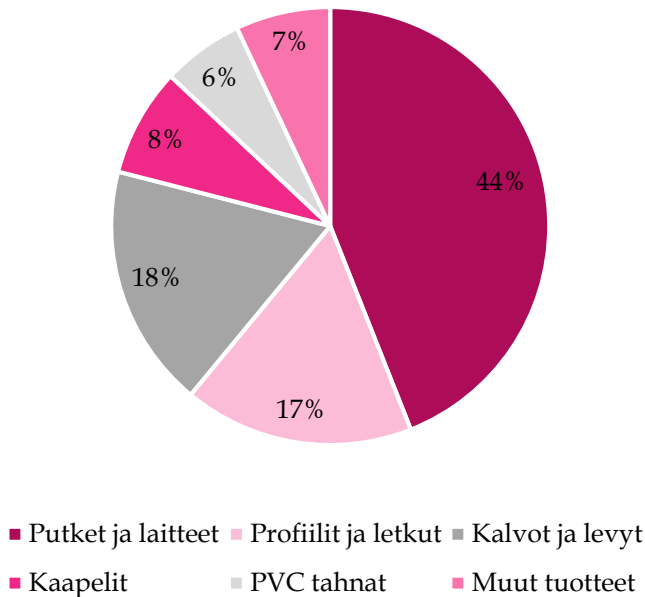
<sup>34</sup> PVC, 2018. <http://www.pvc.org/en/>



## 4. Joka paikan höylä

- Vaikea haastettava monissa sovelluksissa!

PVC:n monipuoliset ominaisuudet ovat mahdollistaneet sille laajan sovelluskirjon. Monissa sovelluksissa, esimerkiksi rakennusteollisuuden ja lääketieteen sovelluksissa, PVC on ylivoimainen verrattuna muihin materiaaleihin. PVC:n käyttö jakautuu seuraavalla tavalla.<sup>35</sup> Alla olevasta piirakkadiagrammista nähdään PVC:n yleisimmät sovellukset.



<sup>35</sup> Schellerer, K.M., Kufner, T., Attenberger, P., Riedmiller, F., Bahls, M. and Mieden, O., Polyvinyl Chloride (PVC), Trend Report, Kunststoffe International. Carl Hanser Verlag, Munich, 2017, 10.

# Rakennusteollisuus

PVC:n määriin vaikuttaa eniten rakennusteollisuus. PVC:stä valmistetut putket kestävät maan liikkeitä, jopa maanjäristyksiä, sekä korkeita paineita. Niillä on myös paremmat hydrauliset ominaisuudet verrattuna muihin putkimateriaaleihin. Toisaalta, PVC:stä valmistetut pinnat ovat pitkäkestoisia, vettä hylkiviä ja sopivia kodin jokaiseen huoneeseen. Lisäksi ne eristävät lämpöä ja ääntä. Näistä syistä PVC:stä valmistetaan lattia-, katto-, terassi- ja ikkunarakenteita.<sup>36</sup>

<sup>36</sup> VinylPlus Progress Report, 2017. <https://vinylplus.eu/uploads/Modules/Bannersreport/vinylplus-progress-report-2017.pdf> ja PVC, 2018. <http://www.pvc.org/en/>

# Lääketiede

Lääketieteellisissä sovelluksissa on ensiarvoisen tärkeää, että käytetyt materiaalit ovat hygieenisia ja turvallisia. Vettä hylkivää, kemikaaleille, valolle ja mikrobeille inerttiä sekä helposti strelisoitavaa PVC:tä hyödynnetään lääketieteellisissä sovelluksissa enemmän kuin mitään muuta muovia. Sovelluksia on lukuisia, joista esimerkkinä voidaan mainita kalvot lääkeaineiden läpipainopakkauksissa, liuos- ja veripussit, happinaamarit, dialyysiputket ja kertakäyttöhanskat. PVC pinnat ja päällysteet on myös helppo puhdistaa, mikä mahdollistaa niiden käytön sairaaloiden lattiamateriaalina sekä potilassänkyjen patjansuojuksina. Tämä puolestaan estää bakteerien ja infektioiden leviämisen.<sup>37</sup>

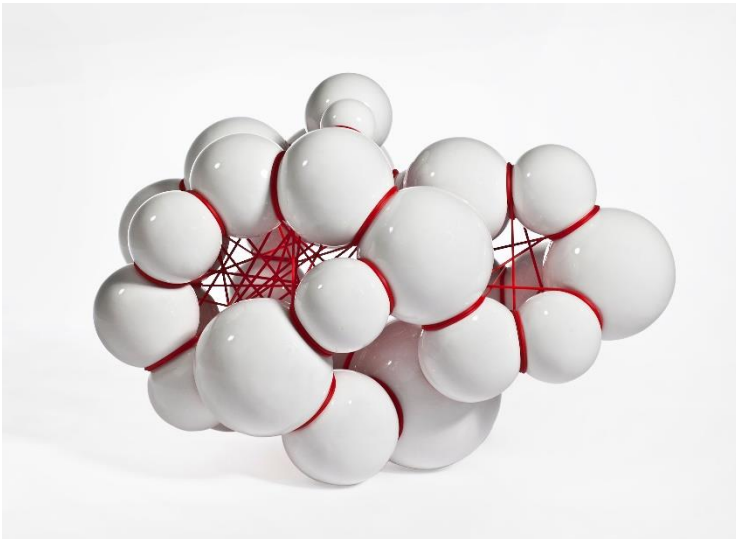


ECVM, PVC ©

<sup>37</sup> PVC, 2018. <http://www.pvc.org/en/> ja VinylPlus Progress Report, 2017. <https://vinylplus.eu/uploads/Modules/Bannersreport/vinylplus-progress-report-2017.pdf>

# Elintarviketeollisuus

Samoin kuin lääketieteessä, myös elintarviketeollisuudessa hygienia ja turvallisuus ovat hyvin tärkeitä. PVC:tä käytetäänkin muun muassa kalvoina elintarvikkeiden pakkaamiseen. Muovipakkauksien käytöllä saadaan ruoka pysymään tuoreena tuottajalta kuluttajalle, mikä vähentää niin ruoan hävikkiä, energian ja luonnonvarojen kulutusta, kustannuksia kuin päästöjäkin. Lisäksi PVC:n läpinäkyvyys, keveys, joustavuus ja edullisuus tekevät siitä loistavan materiaalin juuri elintarvikkeiden pakkaamiseen.<sup>38</sup>



ECVM, Ole Akhoej, Pieces in the Tied Up ©

---

<sup>38</sup> PVC, 2018. <http://www.pvc.org/en/>



# Autoteollisuus

PVC:tä käytetään autoteollisuudessa pääosin johdinsarjoissa, esimerkiksi kaapeleiden eristeenä ja läpivientisuojausissa sekä auton sisäosissa, esimerkiksi kojelaudassa ja käsinojissa. Lisäksi myös auton ulkopuolisissa osissa, esimerkiksi ikkunaprofiileissa, on PVC:tä. PVC:n käyttö autoissa kannattaa lukea eri syistä. PVC:stä valmistettu kojelauta on pehmeä ja voi pelastaa henkiä onnettomuustilanteessa. Lisäksi PVC:n äänenvaimennuskyky tekee autoilusta miellyttävämpää. Muoviosat tekevät autosta kevyemmän, mikä vähentää polttoaineen kulutusta ja edelleen hiilijalanjälkeä. Auton elinkaaren lopussa PVC-osat voidaan kierrättää ja käyttää materiaalina muissa sovelluksissa, mikä edelleen lisää sen ympäristöystävällisyyttä.<sup>39</sup>

<sup>39</sup> PVC, 2018. <http://www.pvc.org/en/> ja Schellerer, K.M., Kufner, T., Attenberger, P., Riedmiller, F., Bahls, M. and Mieden, O., Polyvinyl Chloride (PVC), Trend Report, Kunststoffe International. Carl Hanser Verlag, Munich, 2017, 10.



# Arkkitehtuuri ja design

PVC:n hyödyntäminen arkkitehtuurissa ja design-tuotteissa on suosittua muun muassa sen muovattavuuden, värjättävyyden ja monipuolisten mekaanisten ominaisuuksien vuoksi. Suunnittelija Rosita Missioni käytti PVC:stä punottua lankaa materiaalina trendikkäissä tuoleissa varmistamaan mekaanista tukea sekä mukavuutta. Philippe Starck puolestaan suunnitteli ulkojalkalampun, jonka lampunvarjostimen ulkopuoli on tehty PVC:stä. Lisäksi arkkitehti Sauerbruch Hutton käytti Berliinissä sijaitsevassa Brandhorst-museossa PVC-kalvoja luomaan erilaisia valaistuksia, jotka sopivat teosten aikakauteen. PVC:n monipuolisuus pintarakenteiden ja printtien suhteen on mahdollistanut sen käytön myös huonekalujen verhoilussa ja tapeteissa.<sup>40 41</sup>

<sup>40</sup> VinylPlus Progress Report, 2017. <https://vinylplus.eu/uploads/Modules/Bannersreport/vinylplus-progress-report-2017.pdf> ja Schellerer, K.M., Kufner, T., Attenberger, P., Riedmiller, F., Bahls, M. and Mieden, O., Polyvinyl Chloride (PVC), Trend Report, Kunststoffe International. Carl Hanser Verlag, Munich, 2017, 10.

<sup>41</sup> Wonderful Vinyl 27, 2017. <http://wonderfulvinyl.pvc.org/en/>

## 5. Jokaisella on mutkia matkassa

- PVC:n parissa riittää mielenkiintoista puuhaa!

PVC:n käyttö on herättänyt paljon keskusteluja, jotka liittyvät useasti PVC:n lisäaineisiin, ympäristövaikutuksiin ja kierrättämiseen. Jo pitkän ajan, PVC on ollut tiukassa tarkastelussa pääasiassa sen klooripitoisuuden ja tiettyjen lisäaineiden takia<sup>42</sup>.

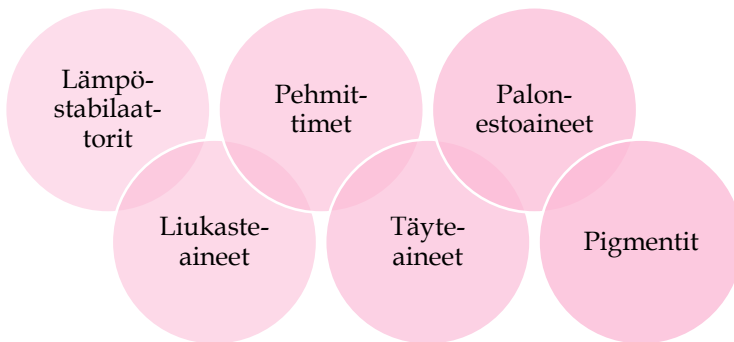
### 5.1. PVC:ssä käytetyt lisäaineet

PVC:n valmistuksessa, lisäaineet ovat tarpeellisia, jotta PVC-muovin modifioiminen ja ominaisuuksien parantaminen olisivat mahdollisia. Työstämisen kannalta, lämpöstabilisaattorit, liukasteaineet, pigmentit ja täyteaineet ovat välttämättömiä. Lisäaineiden muita tärkeitä rooleja ovat muun muassa ekologisten ja taloudellisten hyötyjen tasapainottaminen, muovin tärkeiden ominaisuuksien parantaminen ja prosessoinnin tehokkuuden varmistaminen huonontamatta muovin fyysisiä ominaisuuksia. Sellaiset lisäaineet kuten

---

<sup>42</sup> Patrick, S., 2004. *PVC compounds and Processing*, ChemTec Publishing.

flatalaatti-pohjaiset pehmittimet, halogenoidut palonestoaineet ja lyijypohjaiset lämpöstabilisaattorit ovat olleet pääosin huolenaiheita PVC:n valmistuksen yhteydessä.<sup>43</sup> Alla olevassa kuvassa on kootusti mahdollisia lisäaineita, joita voitaisiin käyttää PVC:n valmistuksessa.



### PVC:n valmistuksessa käytettävät lisäaineet

PVC tarvitsee lämpöstabilisaattoria prosessoinnissa, joka tapahtuu yleensä korkeissa lämpötiloissa. Lämpöstabilisaattorin käyttö estää muovin hajoamisen prosessoinnin aikana, reagoi PVC:stä vapautuvan vetykloridin kanssa, korvaa labiilin klooriatomin ja parantaa lämpöstabilisuutta. Stabilisaattorin lisäyksen jälkeen, osa lisäystä määrästä kuluu jo prosessoinnin

---

<sup>43</sup> Muralisrinivasan, N. S., 2011. Additives and Compounding. In: *Update on Troubleshooting the PVC Extrusion Process*. s.l.:Smithers Rapra Technology, pp. 23-48.

aikana. Stabilsuuden parantaminen pienellä metallimäärällä on yksi tärkeimmistä tutkimusalueista.<sup>44</sup>

Pehmitinaeineina käytetään ftalaatti-pohjaisia yhdisteitä, jotka aiheuttavat huolta säännöllisin väliajoin<sup>45</sup> Pehmitintä käytetään taipuisuuden ja pehmeiden lisäämiseksi. Käyttö riippuu pitkälti PVC:n laadusta, pehmittimen laadusta ja konsentraatiosta, sekoitusvaiheesta ja prosessointitavasta. Ftalaatti-pohjaisia pehmittimiä käytetään lääketieteellisissä sovelluksissa, sillä nämä pehmittimet ovat yhteensopivia PVC:n kanssa.<sup>46</sup>

Klooripitoisuus PVC:ssä madaltaa syttyvyyslämpötilaa. Funktionaalista täyteainetta voidaan käyttää palonestoaineena. Antimonitrioksididia on käytetty laajasti yhdessä fosfaatti-esteri-pehmittimen kanssa palonesto-ominaisuuksien saavuttamiseksi. Tällä hetkellä sinkkisulfidia ja muita vaihtoehtoisia aineita on käytetty korvaamaan antimonia.<sup>47</sup>

Liukasteaineet ovat käytännössä välttämättömiä PVC:n prosessoinnissa. Niillä voidaan vaikuttaa esimerkiksi prosessointi-ikkunaan, eli määrättyihin rajoihin, joiden puitteissa PVC:tä voidaan prosessoida. Lisäksi niillä voidaan vaikuttaa mekaanisiin ominaisuuksiin, vääntövoimiin, paineisiin, sulamislämpötilaan, sulan massan tasaisuuteen ja kiiltoon.<sup>48</sup>

---

<sup>44</sup> Muralisrinivasan, N. S., 2011. Additives and Compounding. In: *Update on Troubleshooting the PVC Extrusion Process*. s.l.:Smithers Rapra Technology, pp. 23-48.

<sup>45</sup> Patrick, S., 2004. *PVC compounds and Processing*, ChemTec Publishing.

<sup>46</sup> Muralisrinivasan, N. S., 2011. Additives and Compounding. In: *Update on Troubleshooting the PVC Extrusion Process*. s.l.:Smithers Rapra Technology, pp. 23-48.

<sup>47</sup> Patrick, S., 2004. *PVC compounds and Processing*, ChemTec Publishing.

<sup>48</sup> Schiller, M., 2015. *PVC additives Performance, Chemistry, developments, and Sustainability*. Munich: Carl Hanser Verlag.

PVC:hen voidaan lisätä myös täyteaineita ja muovin jäykkyys on riippuvainen täyteaineen koosta ja muodosta. Lisäaineina PVC:n kanssa voidaan käyttää talkkia ja kalsiumkarbonaattia, joista kalsiumkarbonaatti on yleisin. Täyteaineella voidaan lisätä iskulujuutta kustannustehokkaasti. Lisäksi niitä käytetään lisäämään optisia ominaisuuksia.<sup>49</sup>

## 5.2. Ratkaisuja haasteisiin

Monet lainsäädännöt kieltävät kierrätetyn PVC:n käytön, jos se sisältää huolta aiheuttavia lisäaineita. Aikaisemmin stabilaattorina käytetty lyijy on täysin korvattu muilla aineilla. Orgaanisten yhdisteiden vapautumista ympäristöön tutkitaan, jotta saastuttaminen saataisiin nollaan. PVC:n valmistusprosessin energiatehokkuutta on onnistuttu parantamaan käyttämällä LED valoja tehtailla. Lisäksi uusiutuvien raaka-aineiden käyttö PVC:n ja sen lisäaineiden tuotannossa tutkitaan.<sup>50</sup>

Keskustelu on tärkeää, jotta tietoisuus PVC:n tuotannon kestävyystä ja sen kehityksestä saadaan kasvamaan. Erilaisten sidosryhmien, instituutioiden ja organisaatioiden on käytävä keskustelua innovaatioista, saavutuksista ja siitä miten edetään kohti matala-hiilistä tulevaisuutta. Vain siten PVC:n arvostus voi kasvaa myös niiden ihmisten keskuudessa, jotka toimivat PVC teollisuuden ulkopuolella.

---

<sup>49</sup> Muralisrinivasan, N. S., 2011. Additives and Compounding. In: *Update on Troubleshooting the PVC Extrusion Process*, s.l.:Smithers Rapra Technology, pp. 23-48. Patrick, S., 2004. *PVC compounds and Processing*, ChemTec Publishing.

<sup>50</sup> VinylPlus Progress Report, 2017. <https://vinylplus.eu/uploads/Modules/Bannersreport/vinylplus-progress-report-2017.pdf>



## 5.3. Ympäristö ja kestävä kehitys

Tutkimusta ja kehitystä on käynnissä sekä PVC:n kierrätysteknologioissa että kierrätysmateriaalien käytössä. Materiaalin valinnan kriteereinä toimivat sen fyysiset ja mekaaniset ominaisuudet sekä soveltuvuus tarkoitettuun loppukäyttökohteeseen. Materiaalin ympäristövaikutuksia voi tarkastella monesta eri näkökulmasta. Kahden muun valtamuovin, polyeteenin ja polypropeenin, energiankäyttövertailun tulokset näkyvät seuraavassa taulukossa.

PE:n, PP:n ja PVC:n energiankäytön vertailu<sup>51</sup>

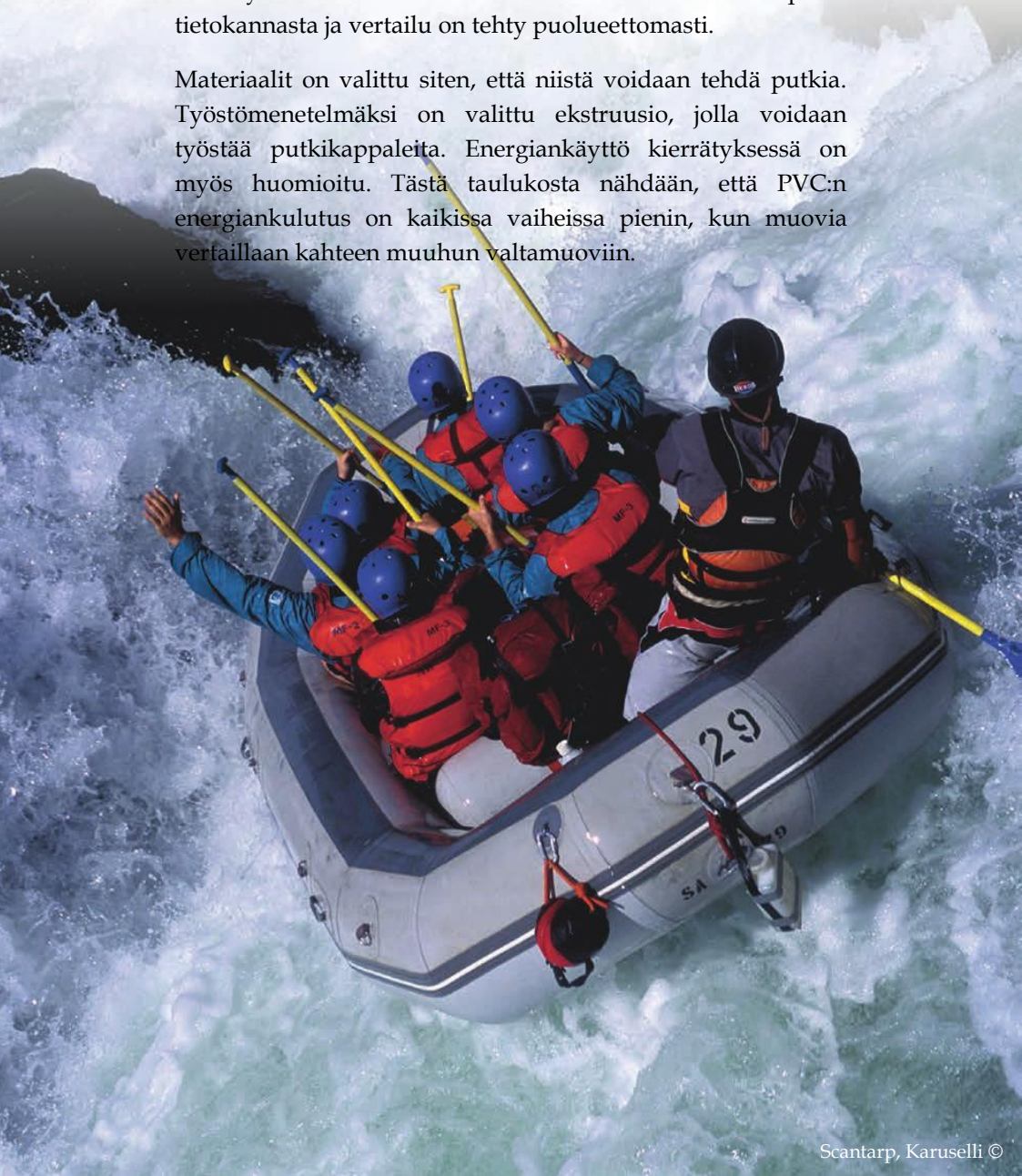
|                                                   | PE    | PP    | PVC   |
|---------------------------------------------------|-------|-------|-------|
| <b>Energiankäyttö, primäärituotanto (MJ/kg)</b>   | 78,70 | 69,25 | 60,25 |
| <b>Energiankäyttö, työstö, ekstruusio (MJ/kg)</b> | 6,21  | 6,25  | 5,95  |
| <b>Energiankäyttö, kierrätys (MJ/kg)</b>          | 26,75 | 23,50 | 20,45 |

---

<sup>51</sup> CES Edupack 2017

Taulukkoon on koottu yhteen PE:n, PP:n ja PVC:n energiankäyttö primäärituotannossa, työstön aikana ja kierrätyksessä. Nämä luvut ovat suoraan CES Edupack-tietokannasta ja vertailu on tehty puolueettomasti.

Materiaalit on valittu siten, että niistä voidaan tehdä putkia. Työstömenetelmäksi on valittu ekstruusio, jolla voidaan työstää putkikappaleita. Energiankäyttö kierrätyksessä on myös huomioitu. Tästä taulukosta nähdään, että PVC:n energiankulutus on kaikissa vaiheissa pienin, kun muovia vertaillaan kahteen muuhun valtamuoviin.



## 6. Unelmana ruusuinen tulevaisuus

- Suunta on oikea – sen ovat mahdollistaneet intohimoiset ihmiset!

PVC on ollut vuosikymmenten ajan tärkeässä roolissa, kun puhutaan materiaalin käytöstä erilaisissa sovelluksissa. Tätä monipuolista materiaalia käytetään laajasti ja hyvin vaihtelevasti niin pakkausmateriaalina kuin terveydenhuollon sovelluksissa. PVC:n hyvät ja mielekkäät ominaisuudet ovat saaneet aikaan sen, että sille ei aina löydy vaihtoehtoista materiaalia.

PVC:n valmistuksessa tärkeä kehityssuunta liittyy lisääntyvään vaihtoehtoisten lisäaineiden käyttöön. Näitä korvaavuuksia on käytetty etenkin leluissa ja ruokien kanssa kosketuksissa olevissa sovelluksissa. Lisäksi haihtuviin yhdisteisiin on kiinnitetty huomiota etenkin lattioiden, seinien päällystysten ja keinoalan osalta. Raaka-aineiden huolellinen valinta on olennaista laadun ylläpitämiseksi.

Tämän tietopaketin tarkoituksena on ollut selvittää, millainen PVC on materiaalina, mitkä ovat sen tärkeimmät sovelluskohteet ja mikä on PVC-materiaalin merkitys yhteiskunnassa. Kuten monet muutkin materiaalit, PVC:n olemassaoloa ei aina huomata. Kuitenkin, PVC on huomaamattaan melkein pä kaikkialla käytössä. PVC:n parissa tehdään paljon kehitystyötä, joka omalta osin kertoo myös materiaalin tärkeästä asemasta.

## 7. PVC-tietäjän viimeinen koetus

Mitkäs olivatkaan PVC:n tärkeitä sovelluskohteita?

- a) Auton osat
- b) Terassirakenteet
- c) Veripussit

PVC:llä on monia erinomaisia valttikortteja! Muistatko vielä joitain?

- a) Se kestää, kestää ja kestää... Voi säilyä muuttumattomana vuosia!
- b) Suojaa valolta esimerkiksi ruoka- ja sairaala-alan sovelluksissa
- c) Ei syty palamaan

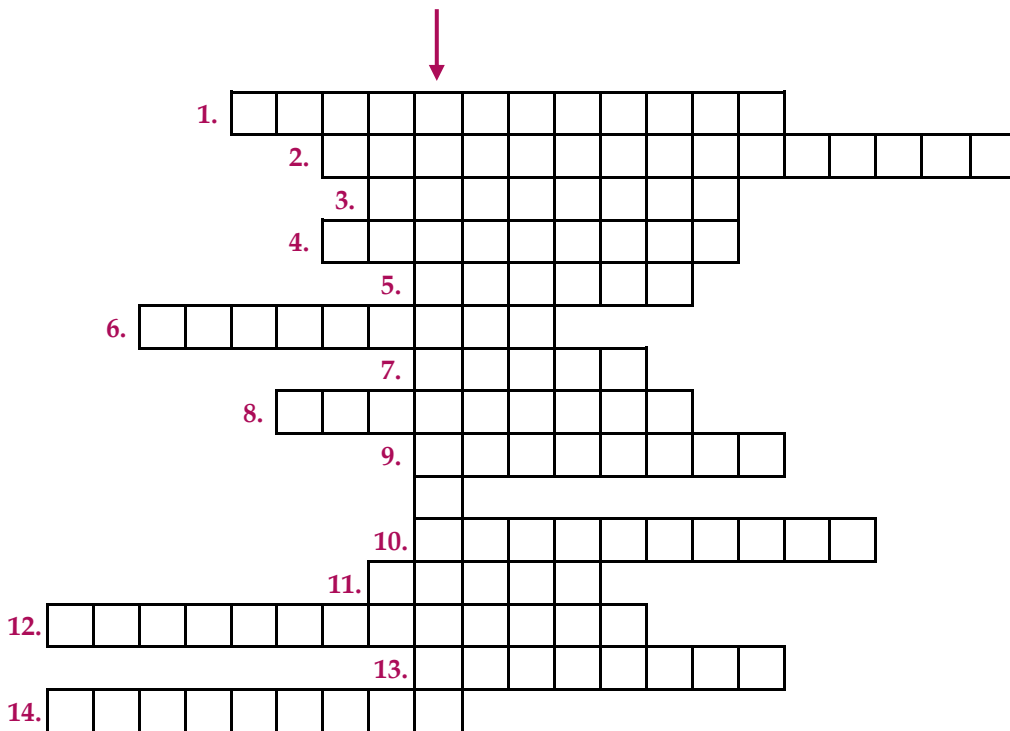
Mihin sinun mielestäsi olisi tärkeintä keskittyä PVC:n kehitystyössä?

- a) Uuden, innovatiivisen lisäaineen kehittäminen
- b) Kierrätyksen maksimointi
- c) Ympäristön suojelu
- d) Asenteisiin vaikuttaminen

Saintex, Hiutale heijastin ©

# Ristikko

1. Kasvit ne kasvaa, potrana talouteen katoaa, kompostista eläkepäivinänsä virkeinä vahtaa, takaisin maahan ne ravinteet matkaa.
2. Nykypäivän hyvinvointi on pitkälti tämän ansiota.
3. Kovakin pehmenee, etenkin PVC.
4. Pienet osat pitävät maailmaa koossa, myös polymeerissä
5. Ah, nuo kaarevat muodot, muhkeat tuolit, ammattilaisen ehdottomasti uusin luomus.
6. Jos ominaisuuksia haluaisit parantaa, mitä laittaisit?
7. Pumpuli, höyhen, niiden adjektiivi monikäyttöinen.
8. Hiilidioksidi, kasvihuonekaasut, ihmisen toimet.. hyhhyh, niistä ei tämä tykkää.
9. Ideasta syntyy toteutus, toteutuksesta..
10. Lattioiden, kattojen ja kodin pintojen erottamaton kaveri, kunhan vain oikein valitset.
11. Täällä se neste virtaa.
12. Ihana kaveri, kun et halua haistella savua.
13. Näillä ne ihmiset itseänsä koristaa, kehoansa kaunistaa.
14. Mitä niistä pienistä osista saikaan?



1.Kiertotalous 2.Terveystieteiden tutkimuskeskus 3.Pohjois-Suomen aluehallintokeskus 4.Monimittainen 5.Design 6.Terveystieteiden tutkimuskeskus 7.Käytännön tutkimus 8.Ympäristö 9.Suomen Keskustiedustelu 10.Materiaali 11.Pohjois-Suomen aluehallintokeskus 12.Pohjois-Suomen aluehallintokeskus 13.Vaatteet 14.Polymeri



**PVC –  
Monien sovellusten  
ykkösmateriaali!**

