

MATINE tutkimusseminaari 2016

Rivakka: Kierrätysmateriaalivirtojen käyttöön liittyvien riskien arvioinnin hyödyntäminen maanpuolustuksessa ja poikkeusolosuhteissa (tammikuu-marraskuu 2016, 50 000€)

Itä-Suomen yliopisto, Ympäristö- ja biotieteiden laitos:
tutkimuspäällikkö Mauno Rönkkö ja tutkija Samuel Hartikainen

yhteistyössä:
Huoltovarmuuskeskus

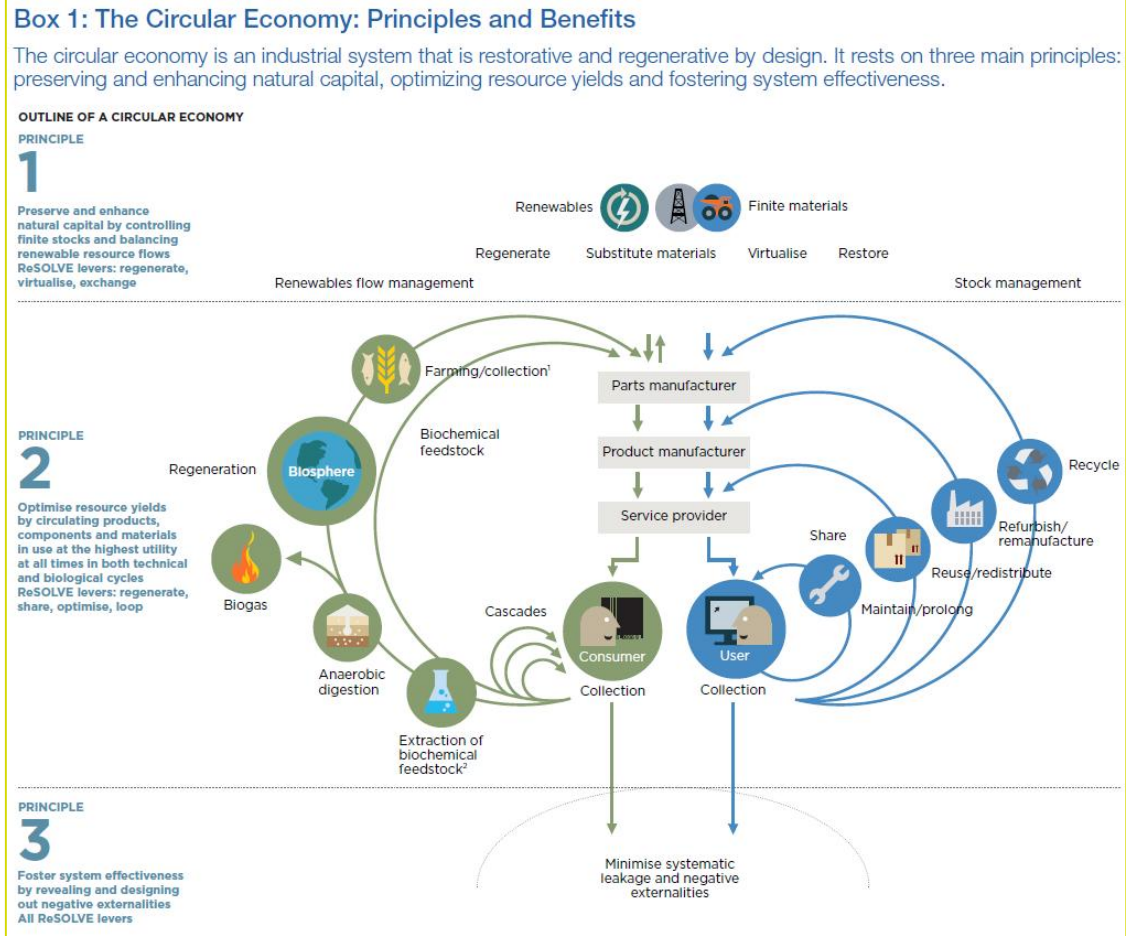


ITÄ-SUOMEN YLIOPISTO

Sisältö

1. Kiertotaloudesta
2. Tutkimuskysymykset
3. Tutkimusmenetelmä
4. Tulokset
 - Poikkeamista
 - Vikapuuanalyysistä
 - Vaikuttavuusanalyysistä
 - Päätelmät
5. Hyödyntäminen ja pohdinta

1. Kiertotaloudesta



Ellen McArthur Foundation. The new plastics economy: Rethinking the future of plastics. 2016.

2. Tutkimuskysymykset

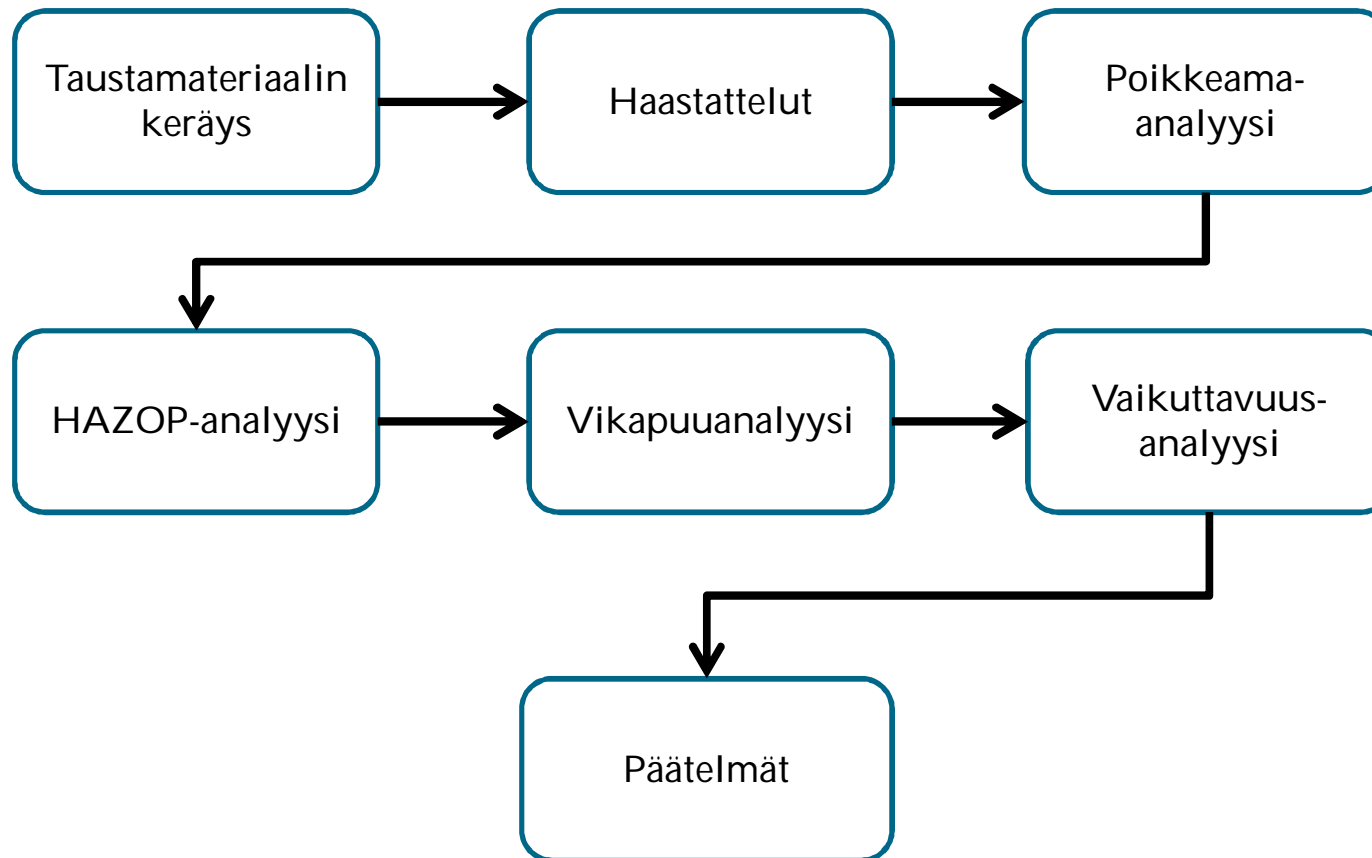
Voidaanko jyrkkää muutosta normaaliolosuhteista poikkeusolosuhteisiin loiventaa säätämällä regulaatiota?

1. Voidaanko parantaa huoltovarmuuden ja puolustuskyvyn stabiilisuutta?
2. Mitä mahdollisuuksia ja riskejä säädännön ohjeistaminen tuo?
3. Kuinka paljon säädäntöä voidaan ohjeistaa?

3. Tutkimusmenetelmä (1/3)

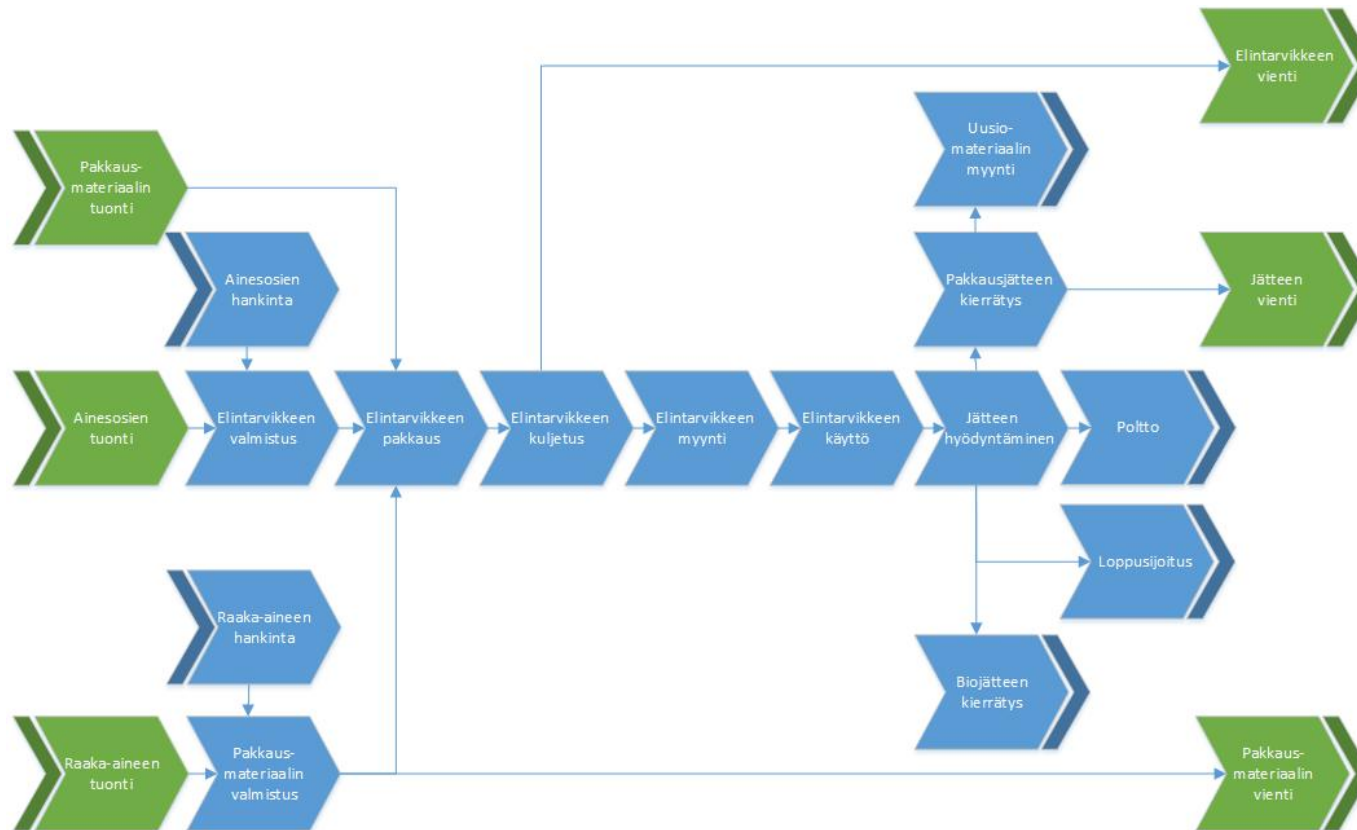
- Viitekehys: kiertotalouden mukanaan tuomia muutoksia ei ole huomioitu nykytoiminnassa
- Poikkeamat tulevat esiin eri toimijoiden haastattelussa
 - paljastaa yhteiskunnan herkkyyden ulkoisille häiriöille
 - tuo esille kiertotalouden kriisinsietokyvyn erityispiirteitä
- Hypoteesi: vaikuttavuusanalyysi paljastaa, mitkä toiminnot ovat kriittisiä
 - tulisi kiinnittää huomiota yhteiskunnassa
 - edellytyksiä kierrätyspohjaisen infrastruktuurin toimivuudelle

3. Tutkimusmenetelmä (2/3)



2. Tutkimusmenetelmä (3/3)

Haastatteluja ohjattiin yhteiskuntaa läpileikkaavalla (elintarvike) tuotantoprosessikaaviolla:



4. Tulokset: poikkeamista

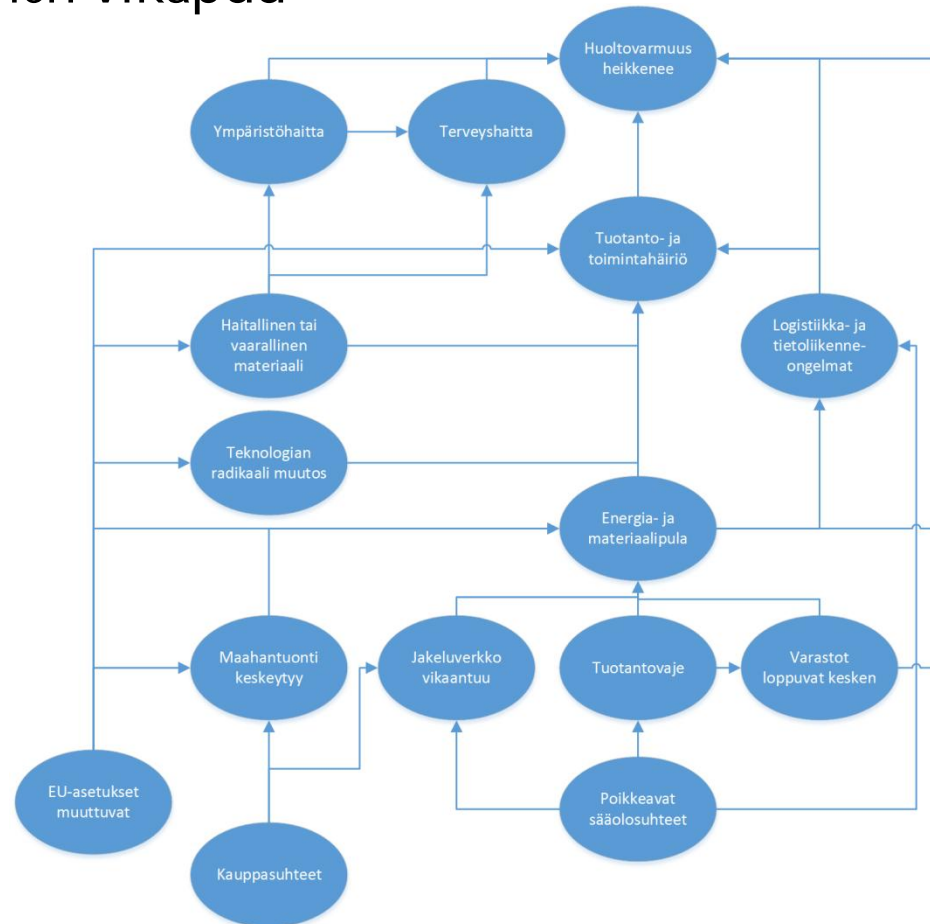
- Haastateltavina oli viranomaisia, tutkijoita ja työntekijöitä Turvallisuus- ja kemikaalivirastosta, Huoltovarmuuskeskukselta, Suomen Ympäristökeskuksesta, Pirkanmaan ELY-keskuksesta, Itä-Suomen yliopiston Ympäristöoikeuden oppiaineesta, Jätekuukolta, Valiolta ja Ekokemiltä
- Haastatteluista kirjoitettiin muistiot (rajoitettu jakelu), joita haastateltavat vielä tarkensivat jälkikäteen
- Muistiot muodostivat 32 sivun korpuksen
- Tunnistettiin yli 70 poikkeamaa

4. Tulokset: vikapuuanalyysistä (1/2)

- Poikkeamista muodostettiin HAZOP-talukko
- HAZOP-taulukon avulla poikkeamat järjestettiin osittaiseen syy-seuraussuhteeseen
- Poikkeamien keskinäisen järjestyksen avulla muodostettiin toisistaan riippumattomat vikapuut:
 1. Yleiset poikkeamat
 2. Tuotepoikkeamat
 3. Elintarvikepoikkeamat
 4. Jätehuollon poikkeamat
 5. Kiertotalouden poikkeamat

4. Tulokset: vikapuuanalyysistä (2/2)

Esimerkki: yleinen vikapuu

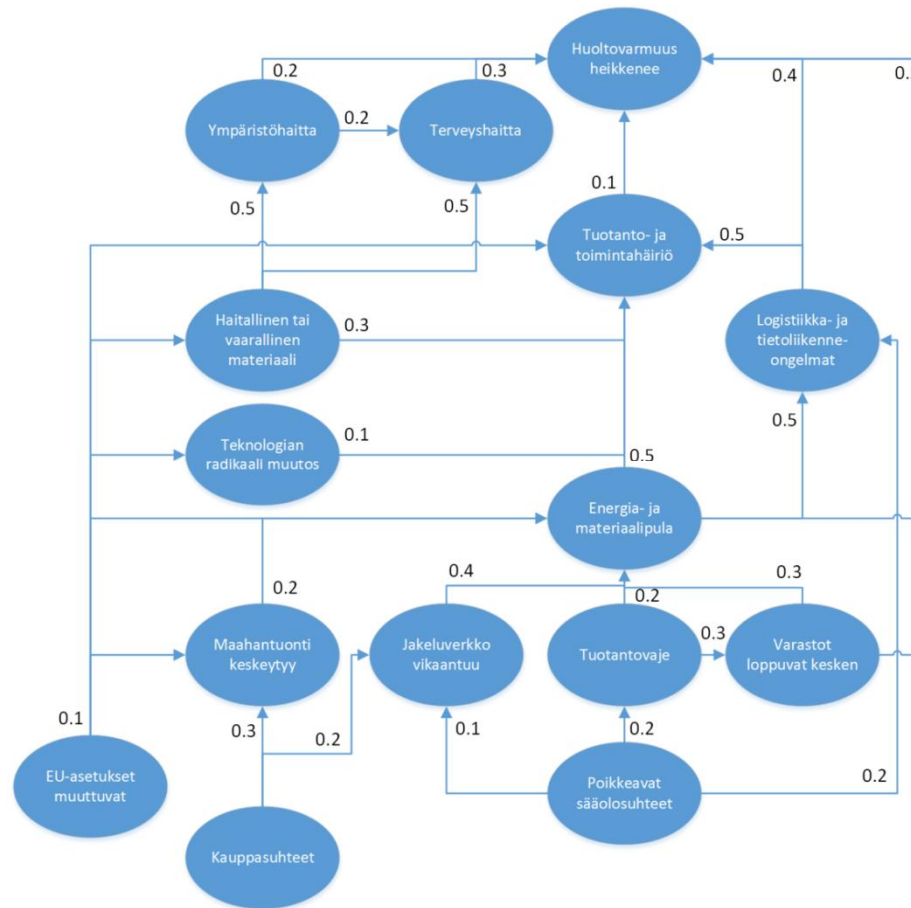


4. Tulokset: vaikuttavuusanalyysistä (1/3)

- Vikapuut muunnettiin painotetuksi verkoiksi
- Jokaiselle nuolelle painokerroin väliltä 0.1 – 0.5
- Laskettiin jokaisen poikkeaman vaikuttavuus huoltovarmuuteen, ympäristöhaittaan ja terveyshaittaan
- Toteutettiin herkkyysanalyysi
 - Poikkeutettiin Monte Carlo –menetelmällä painokertoimia ja analysoitiin poikkeutuksen vaikuttavuus tulokseen

4. Tulokset: vaikuttavuusanalyysistä (2/3)

Esimerkki: painotettu yleinen vikapuu



4. Tulokset: vaikuttavuusanalyysistä (3/3)

Tuloksena saatiin laskettua kaikista vikapuista poikkeamat, joilla on suurin vaikutus huoltovarmuuteen, terveyshaittaan ja ympäristöhaittaan.

Poikkeama	Yleinen	Tuote	Elintarvike	Jätehuolto	Kiertotalous	Huoltovarmuus	Terveyshaitta	Ympäristöhaitta
energia- ja materiaalipula	X					X		
varastojen loppuminen	X					X		
saatavuuden heikentyminen			X			X	X	
tuotanto- ja toimintahäiriöt			X			X	X	X
tuotantovaje	X					X		
logistiikka- ja tietoliikenneongelmat	X					X		
pakkauksen ja jakelun muuttuminen					X	X		
haitallinen tai vaarallinen materiaali käytössä	X						X	X
tuotteen sisältämät allergeenit, toksiinit ja haitta-aineet		X				X	X	X
materiaalin kontaminoituminen		X		X		X	X	X
vaarallisen aineen sekoittuminen jätteeseen				X		X	X	
tuote on teknisesti tai rakenteellisesti puutteellinen		X				X	X	X
jätehuollon riippuvuus muista maista					X	X		
jätteen vienti keskeytyy				X				X
jätteiden käsittelyn hidastuu tai keskeytyy				X		X	X	X
materiaalin hallitsematon kertyminen					X	X	X	X
teurasraatojen hävityspaikan käytön estyminen			X			X	X	X
kierrätyksen hajautus jäsenvaltioihin					X	X		
kierrätysmateriaalien ostajien puute					X			X
kierrätysprosessien hallitsemattomuus					X		X	X
hävitettävän (väärän) materiaalin kierrätys					X		X	X

4. Tulokset: vaikuttavuusanalyysistä (3/3)

Tuloksena saatiin laskettua kaikista vikapuista poikkeamat, joilla on suurin vaikutus huoltovarmuuteen, terveyshaittaan ja ympäristöhaittaan.

Poikkeama	Yleinen	Tuote	Elintarvike	Jätehuolto	Kiertotalous	Huoltovarmuus	Terveyshaitta	Ympäristöhaitta
energia- ja materiaalipula	X					X		
varastojen loppuminen	X					X		
saatavuuden heikentyminen			X			X	X	
tuotanto- ja toimintahäiriöt			X			X	X	X
tuotantovaihtelut	X					X		
logistiikka- ja tietoliikenneongelmat	X					X		
ostokauden ja jakelun muuttuminen					X	X		
haitallinen tai vaarallinen materiaali käytössä	X						X	X
tuotteen sisältäminen terveys- tai ympäristöhaitta-aineita		X				X	X	X
materiaalin kontaminoituminen		X		X		X	X	X
vaarallisen aineen sekoittuminen tuotteeseen				X		X	X	
tuote on teknisesti tai rakenteellisesti puutteellinen		X				X	X	X
jätehuollon riippuvuus muista maista					X	X		
jätteen vieni keskeytyy				X				X
jätteiden käsittelyn hidastuu tai keskeytyy				X		X	X	X
materiaalin hallitsematon kiertyminen					X	X	X	X
teurasraatojen hävitysapaikan käytön estyminen			X			X	X	X
kierrätyksen rajoittaminen					X	X		
kierrätysmateriaalien ostajien puute					X			X
kierrätysprosessien hallitsemattomuus					X		X	X
hävitetävän (väärän) materiaalin kierrätys					X		X	X

4. Tulokset: päätelmät (1/3)

Voidaanko parantaa huoltovarmuuden ja puolustuskyvyn stabiilisuutta?

- Kiertotalous tukee huoltovarmuutta; luo uusio- ja toisiokäytön infrastruktuurin, jota voidaan suoraan hyödyntää häiriötilanteissa
- Säädännön ohjeistamisella voidaan tehostaa kiertotaloutta
- Säädännön ohjeistamisella voidaan ohjata laajempia materiaalivirtoja hyötykäyttöön

MUTTA:

- Tuotanto- ja toimintahäiriöiden merkitys korostuu
- Dominohäiriöt tulevat mahdollisiksi; jätehuollon keskeytyminen voi pysäyttää tuotantoprosessit, mikä voi edelleen pysäyttää alkutuotannon
- Laajamittainen häiriötila on mahdollista ilman säädännön ohjeistusta
- Esimerkki: sallitaan väliaikainen kierrätettävän materiaalin varastointi tai vaihtoehtoinen käsittelyprosessi (mm. energiapoltto)

4. Tulokset: päätelmät (2/3)

Mitä mahdollisuuksia ja riskejä säädännön ohjeistaminen tuo?

- Hallitaan haitta-aineiden, toksiinien ja allergeenien kertymistä sekä jätehuollon toimivuutta
- Sallitaan laajamittaisempi käyttö
- Helpotetaan energiahuoltoa muuntamalla kertyneitä (jäte)jakeita energiaksi tai polttoaineeksi

MUTTA:

- Valvonnan puute voi johtaa tuotteiden teknisiin ja rakenteellisiin puutteisiin
- Haitta-aineiden kertyminen on mahdollista ilman kontrollointia
- Käyttö poiketen alkuperäisestä käyttötarkoituksesta sisältää teknisiä ja rakenteellisia riskejä sekä allergeeni- ja haitta-aineriskejä
- Vaarallisten aineiden mukanaolo edellyttää valvontaa

4. Tulokset: päätelmät (3/3)

Kuinka paljon säädäntöä voidaan ohjeistaa?

- (Ympäristölain)säädännön ohjeistaminen on osa nykyaikaista oikeusjärjestelmää ja siihen muutenkin liittyy ns. Soft Law –käsite ja joustavat normit
- Sädännön ohjeistaminen tulee kysymykseen häiriötilanteissa
- Jättemateriaalien, teollisuuden sivuvirtojen ja kierrätykseen toimijoilla on hyvät valmiudet ottaa säädännön ohjeistus käyttöön
- Erityisesti jätehuoltoon liittyvää toimintaa joudutaan ohjeistamaan häiriötilanteissa, millä on myös vaikutusta tuotantoprosesseihin!
- Sädännön ohjeistuksella on varmistettava toksiinien, allergeenien ja haitta-aineiden konsentroitus hallinta
- Huomioitava palautuminen häiriötilanteesta normaaliolosuhteisiin
- Sädännön ohjeistamisella on vaikutusta harmaaseen talouteen

5. Hyödyntäminen ja pohdinta (1/5)

- Nykyinen (jäte)lainsäädäntö ei ole tehty kiertotalouteen
- Nykyisen jätelain ajantasaisuutta olisi hyvä katselmoida.
- Tutkimus toi esiin uusia näkökulmia huoltovarmuuteen
 - kiertotalous muuttaa jätehuoltoa
 - nykyisen jätehuollon varautumis- ja jatkuvuussuunnitelmien ajantasaisuutta olisi hyvä katselmoida
 - kriittisten prosessien toimivuutta on tarkasteltava myös jätehuollon häiriötilan näkökulmasta
- Jätehuollon häiriötila voi johtaa allergeenien, toksiinien ja haitta-aineiden korostumiseen, koska materiaalien käyttökohde voi muuttua elinkaaren aikana (esimerkiksi ulkokäytöstä sisäkäyttöön)
- Suurinta osaa tuotteista ei ole suunniteltu kierrätettäväksi ja niiden käyttäytymistä kierrätysprosesseissa on vaikeaa arvioida

5. Hyödyntäminen ja pohdinta (2/5)

- Muovien lisäaineita, kuten esimerkiksi pehmittimiä, stabilisattoreita, antioksidantteja ja palonestoaineita, on käytetty muovituotteiden valmistuksessa jo vuosikymmeniä.
- Joidenkin lisäaineiden käyttöä on rajoitettu tai kielletty kokonaan, koska niiden on todettu olevan haitallisia ihmisen terveydelle tai ympäristölle.
- Näiden aineiden haitallisuus on ilmennyt lisääntymistoksisuutena ja karsinogeenisuutena ihmiselle ja muille eliöille tai myrkyllisyytenä vesieliöille.
- Vaikka joidenkin lisäaineiden valmistus ja käyttö on lopetettu kokonaan, niitä on edelleenkin monissa vielä käytössä olevissa tuotteissa suurinakin pitoisuuksina.



5. Hyödyntäminen ja pohdinta (3/5)

- Muovituotteet voivat olla käytössä kymmeniä vuosia esimerkiksi rakennusmateriaaleina, kalusteina tai kodinkoneina. Tämän takia käytöstä jo poistettuja lisäaineita voi esiintyä jätemateriaaleissa vielä pitkään.
- Tällaista jätettä ei saa kierrättää vaan se on tuhottava tai käsiteltävä kemiallisesti palautumattomaan haitattomaan muotoon.
- Tästä huolimatta näitä lisäaineita on löydetty Euroopan markkinoilla olevista kierrätysmuovia sisältäneistä tuotteista (Puype ym. 2015, Samsonek ja Puype 2013; Chen ym. 2009).
- Puype, F., Samsonek, J., Knoop, J., Egelkraut-Holtus, M., Ortlieb, M. (2015). Evidence of waste electrical and electronic equipment (WEEE) relevant substances in polymeric food-contact articles sold on the European market. *Food Additives & Contaminants, Part A*: 4; 32(3): 410–426.
- Samsonek, J., and Puype, F. (2013). Occurrence of brominated flame retardants in black thermo cups and selected kitchen utensils purchased on the European market. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess*, 30 (11); 1976-86.
- Chen, S.-J., Ma, Y.-J., Wang, J., Chen, D., Luo, X.J., Mai, B.X. (2009). Brominated flame retardants in children's toys: concentration, composition, and children's exposure and risk assessment. *Environ. Sci. Technol.*, 43 (11); 4200–4206



5. Hyödyntäminen ja pohdinta (4/5)

- Vähän tutkittuja, mutta kierrätysmateriaalien käytön kannalta tärkeitä ovat esimerkiksi kierrätysmuoveissa esiintyvät orgaaniset yhdisteet, joita
 - absorboituu käytön aikana esimerkiksi pakkausmateriaaleihin niiden sisältämistä kemikaaleista,
 - syntyy mikrobitoiminnan seurauksena jätteissä tai
 - muodostuu kierrätysprosessien aikana materiaalien, lisäaineiden tai kontaminoivien yhdisteiden hajotessa
- Nämä orgaaniset yhdisteet voivat olla haitallisia tai muuten kierrätysmuovien laatua heikentäviä.
- Kemiallisia yhdisteitä voi myös kertyä kierrätysraaka-aineisiin toistuvien kierrätyskertojen yhteydessä (Mylläri ym. 2016).
- Mylläri, V., Hartikainen, S., Poliakova, V., Anderson, R., Jönkkäri, I., Pasanen, P., Andersson, M., Vuorinen, J. (2016). Detergent impurity effect on recycled HDPE: Properties after repetitive processing. *Journal of Applied Polymer Science*, 133 (31); 1-7.



5. Hyödyntäminen ja pohdinta (5/5)

- Kierrätysmateriaalien terveys- ja ympäristöriskien todentamiseen ja kontaminaatioiden poistamiseen tarvitaan
 - aine- ja materiaalivirta-analyysejä,
 - mikrobiologisia ja kemiallisia laboratorioanalyysejä,
 - solutoksisuustestejä,
 - indikaattoriyhdisteiden jatkuvaa monitorointia ja
 - riskinarviointia.
- Itä-Suomen yliopistossa käynnissä olevassa MUOVITOX-hankkeessa kehitetään kierrätysmateriaaleille, erityisesti kierrätysmuoveille soveltuvia solutoksisuustestejä, joiden avulla voidaan tutkia kemiallisten yhdisteiden yhteisvaikutuksia solutasolla (Samuel Hartikaisen käynnissä oleva tutkimus).
- Tällaisia testausmenetelmiä ei ole ollut aiemmin tarjolla kiinteille materiaaleille, koska ne vaativat myös korkeatasoista analyttisen kemian menetelmäosaamista.

Mauno Rönkkö
mauno.ronkko@uef.fi
puh. +358 40 355 2202

Samuel Hartikainen
samuel.hartikainen@uef.fi
puh. +358 40 355 3808



ITÄ-SUOMEN YLIOPISTO