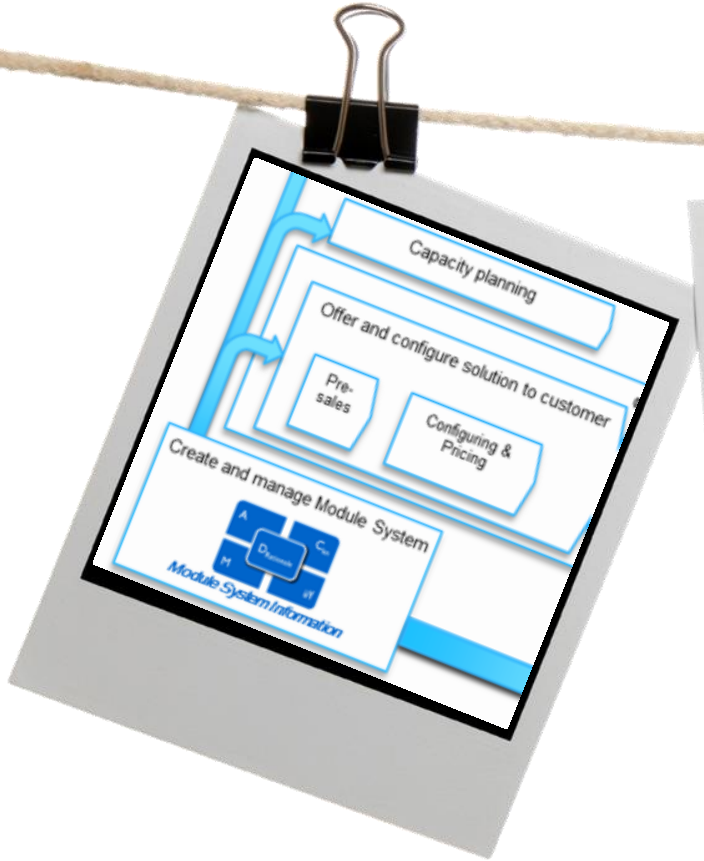
Tampereen yliopisto
Tampere University

Kiertotalouden uudet vaatimukset suunnittelulle



Pori

Kestävästi tulevaisuuteen

27.8.2019

Kiertotalouteen suunnittelussa on haasteita!

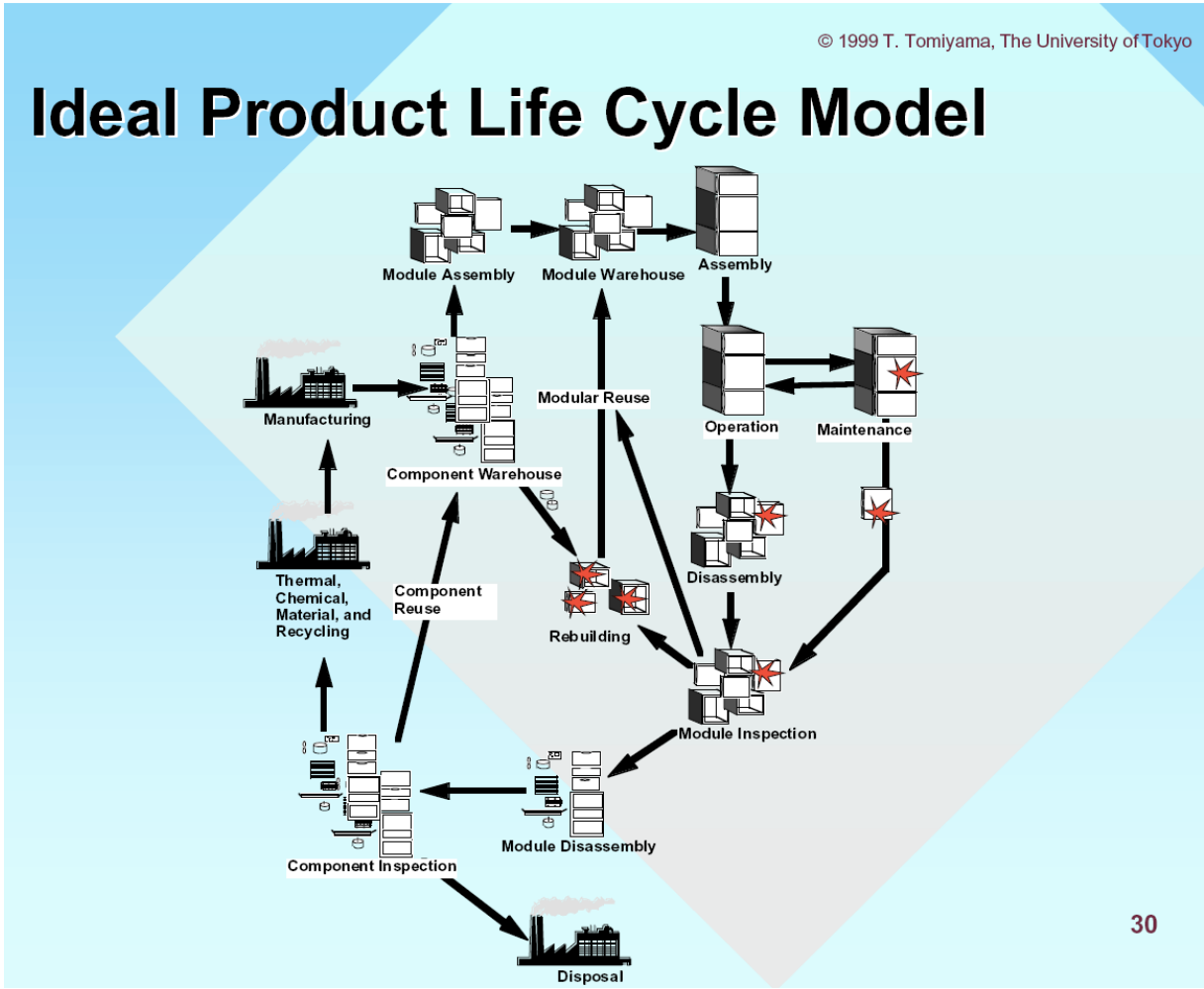
- Koneita, laitteita ja tavaroita massatuottavan teollisuuden liiketoiminnan painopiste on uusien laitteiden myynnissä
- Useita vuosikymmeniä suunnittelutyön tavoitteina ovat usein olleet
  - Tuotteen valmistuskustannusten laskeminen
  - Huollon tarpeen minimoiminen
  - Korjausten tekeminen vaihtamalla selkeitä kokonaisuuksia
  - Ostajien kiinnostuksen ylläpitäminen uutuuksia esittelemällä
  - Tarkoituksellinen vanhenevien ominaisuuksien sisällyttäminen tuotteisiin

..näin kehitetty tuote ei tue kiertotaloutta, kuin ehkä materiaalin kierrätyksen osalta.

- Sinänsä hyvillä tavoitteille on negatiivinen puolensa
  - Tuotteen valmistuskustannusten laskeminen lyhentää yleensä tuotteen käyttöikää, eikä mahdollista elinkaaren aikaisten kokonaiskustannusten optimointia
  - Huollon tarpeen minimoiminen johtaa usein ratkaisuihin, joilla on suunniteltu käyttöikä, jonka jälkeen niitä on vaikeaa tai mahdotonta korjata
  - Korjausten tekeminen vaihtamalla selkeitä kokonaisuuksia johtaa esimerkiksi tuhansien eurojen kokonaisuuden vaihtotarpeeseen 4 senttiä maksavan jousen katketessa
  - Ostajien kiinnostuksen ylläpitäminen uutuuksia esittelemällä ja tarkoituksellinen vanhenevien ominaisuuksien sisällyttäminen tuotteisiin lyhentävät tuotteen kelpoisuusaikaa

Kestokulutushyödykkeissä on tutkimus osittanut jo vuosia sitten kiertotalouden potentiaalin

Esimerkiksi Tokion yliopistossa 90-luvun loppuvuosina tehty tutkimus osoitti, että pakastimen osien kierrättäminen moduuleina ja komponentteina vähentää ympäristörasitusta ja lisää liiketoimintatulosta verrattuna materiaalien kierrätykseen.



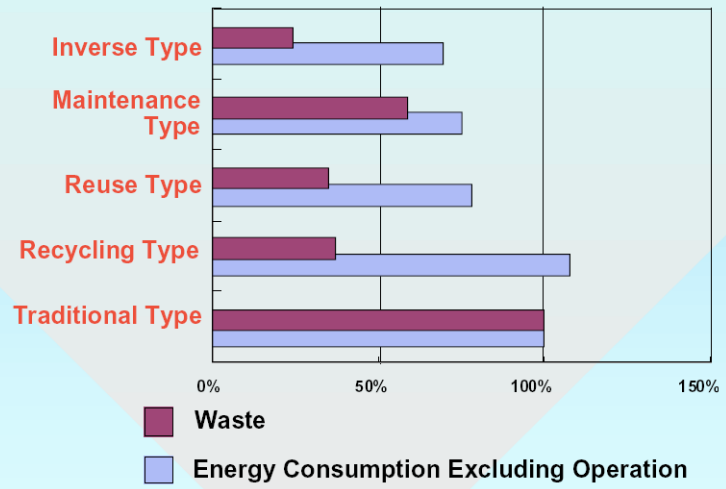
Optimized Results (Environmental Impacts)

Collection Rate : 90%

Recycle Rate : 40%

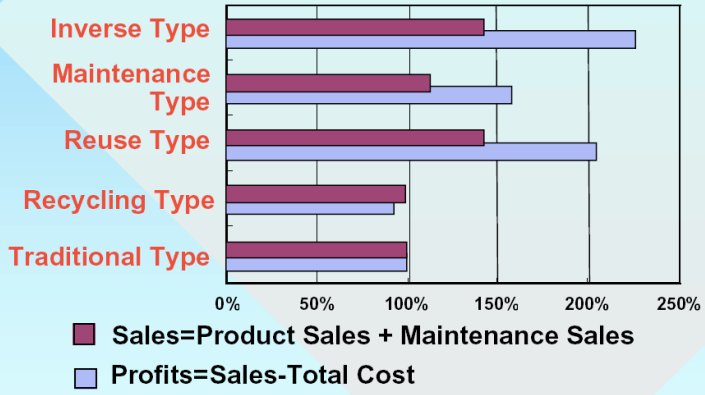
Life Time of Product : 6year

Maintenance Preference: 0.66



40

Optimized Results (Economic Factors)



41

Mutta uusi liiketoimintamalli ei yleistynyt…

- Kiertotalous vaatii toimiakseen infrastruktuurin, joka vaatii paikallista läsnäoloa myös kansainvälisiltä toimittajilta
- Kiertotaloudesta ovat kiinnostuneita sellaiset asiakkaat, jotka ymmärtävät ostamansa hyödykkeen elinkaarenaikaisen kustannuksen ja joilla se on tärkeää
- Lyhyellä aikavälillä nopeassa liiketoiminnassa halvan kertakäyttötuotteen valmistaminen oli useimmille yrityksille paljon turvallisempi ratkaisu ja markkinavoittaja.

Tilanne muuttuu, jos

- Erilaisten tuotteiden kokonaisvaltaiseen ympäristökuormittavuuteen kytketään merkittäviä taloudellisia maksuja..
- ..tai tapahtuu muita vastaavia muutoksia, jotka tekevät halvan mutta lyhytikäisen tuotteen ostamisesta nykytilannetta vähemmän houkuttelevaa.

- KUN tämä muutos tapahtuu, ollaan suunnittelumaailmassa valmiina:

Esimerkki kiertotalouden suunnittelun ohjeistuksesta

- Tämä on Delftin yliopistosta Hollannista.

PLATE conference - Nottingham Trent University, 17/19 June 2015
van den Berg M.R. and Bakker C.A.
A product design framework for a circular economy

A product design framework for a circular economy

van den Berg M.R. and Bakker C.A.
Faculty of Industrial Design Engineering, Delft University of Technology, Delft, Netherlands

Keywords: circular economy; circular product design; design guidelines; product life extension.

Abstract: The paper provides a circular economy framework from a product design perspective with tools to aid product designers in applying circular product design in practice. Design research for circular economy has so far mainly been limited to referring to existing fields of research such as design for disassembly, remanufacturing and recycling. The implications of combining these fields in the context of circular economy from a product design perspective however have remained largely unexplored. Furthermore, available aids for product designers are limited. A critical review of current 'circular economy' terminology led to the (re)definition the five most design-relevant topics: future proof design, and design for disassembly, maintenance, remake and recycling. With this an adapted circular economy model was proposed, Next, several tools were developed to aid a designer with the application of circular product design. The tools were tested and validated with Philips designers and engineers. A Philips case study was used in the development and application of the tools.

Viisi avainasiaa

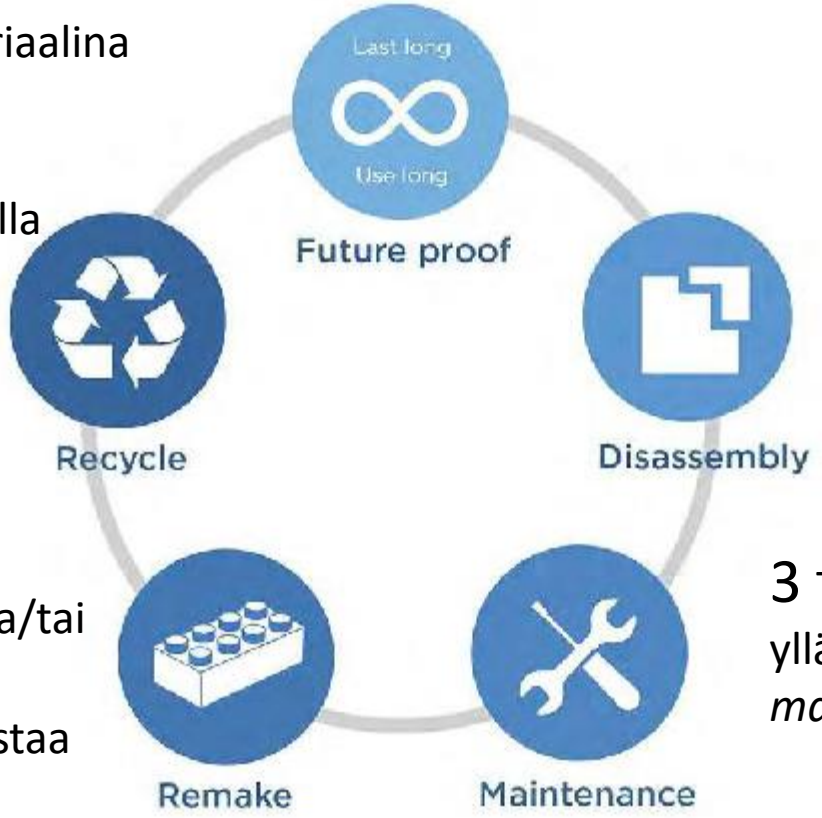
1 Tuotteen pitkä käyttökelpoisuusaika tulee varmistaa eri keinoin.

2 Kokoonpantavuuden lisäksi tulee kiinnittää huomiota tuotteen purettavuuteen.

3 Tuotteen elinkaarenaikainen ylläpito tulee suunnitella ja *mahdollistaa*!

4 Tuotteen uudistaminen ja/tai tuotteen moduulien uusiokäyttö tulee mahdollistaa

5 Uudelleenkäyttö materiaalina tulee kyseeseen vasta viimeisenä vaihtoehtona, kun kierrätys korkeammalla jalostusasteella ei ole mielekästä.



Circular Economy

Design systems and products to recover resources and value

Futureproof
Last long, use long

Last long	Performance
	Reliability
	Durability
Use long	Roadmap fit
	Upgradability
	Adapatability
	Timeless design
	Anticipate legislation (e.g. toxicity, recyclability, disassembly time)

Disassembly
allow to service, remake and recycle

Connections	Quick and easy disconnect
	Limit use and diversity of fasteners
	Limit use and diversity tools
Product architecture	Simplify product architecture
	Allow ease of acces to components
	Clarity of disassembly sequence

only non-destructive

Maintenance
Reuse of products

Maintenance	Ease of cleaning
	Ease of repair / upgrade
	Allow onsite repair and upgrade
Lifetime prognostics	Online monitoring for quality, testing, maintenance and billing

Remake
Reuse of parts

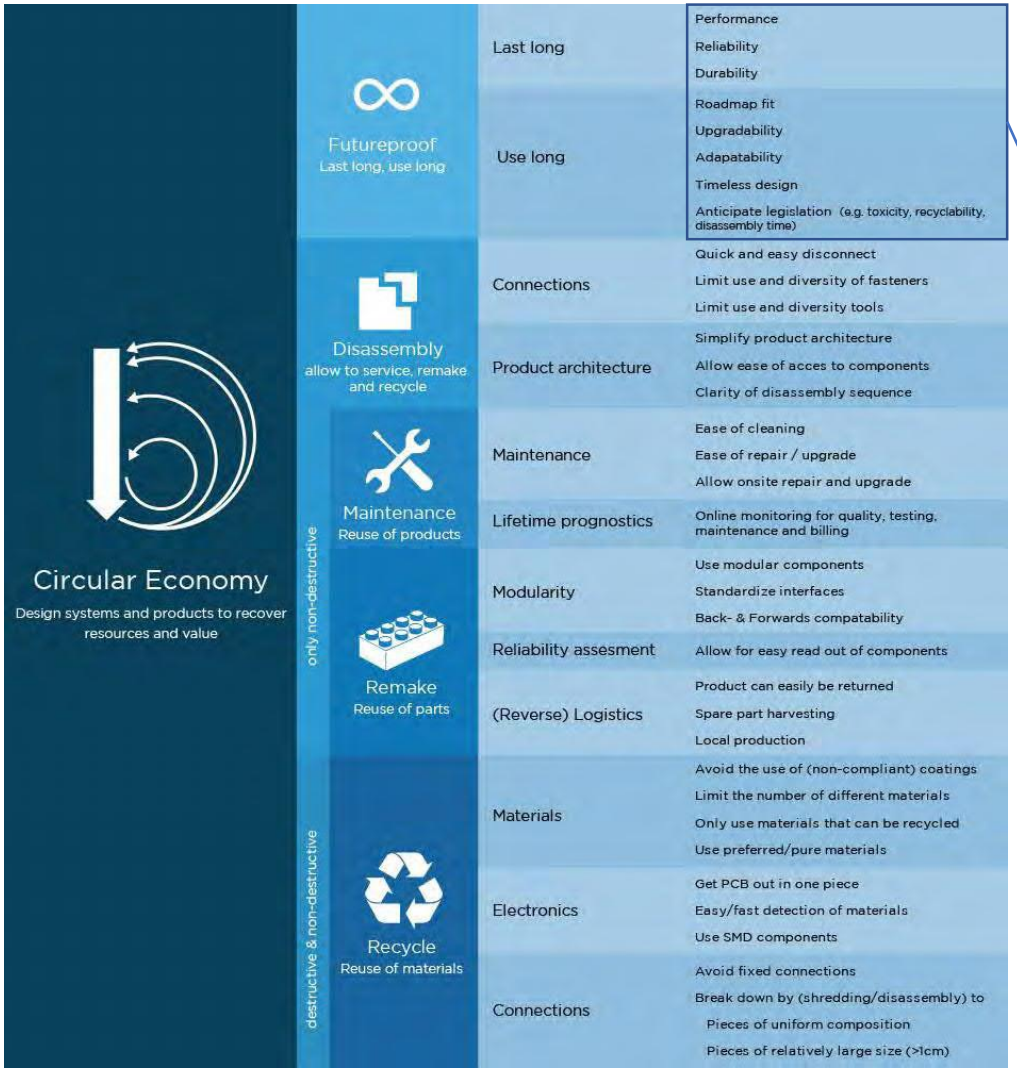
Modularity	Use modular components
	Standardize interfaces
	Back- & Forwards compatability
Reliability assesment	Allow for easy read out of components
(Reverse) Logistics	Product can easily be returned
	Spare part harvesting
	Local production

destructive & non-destructive

Recycle
Reuse of materials

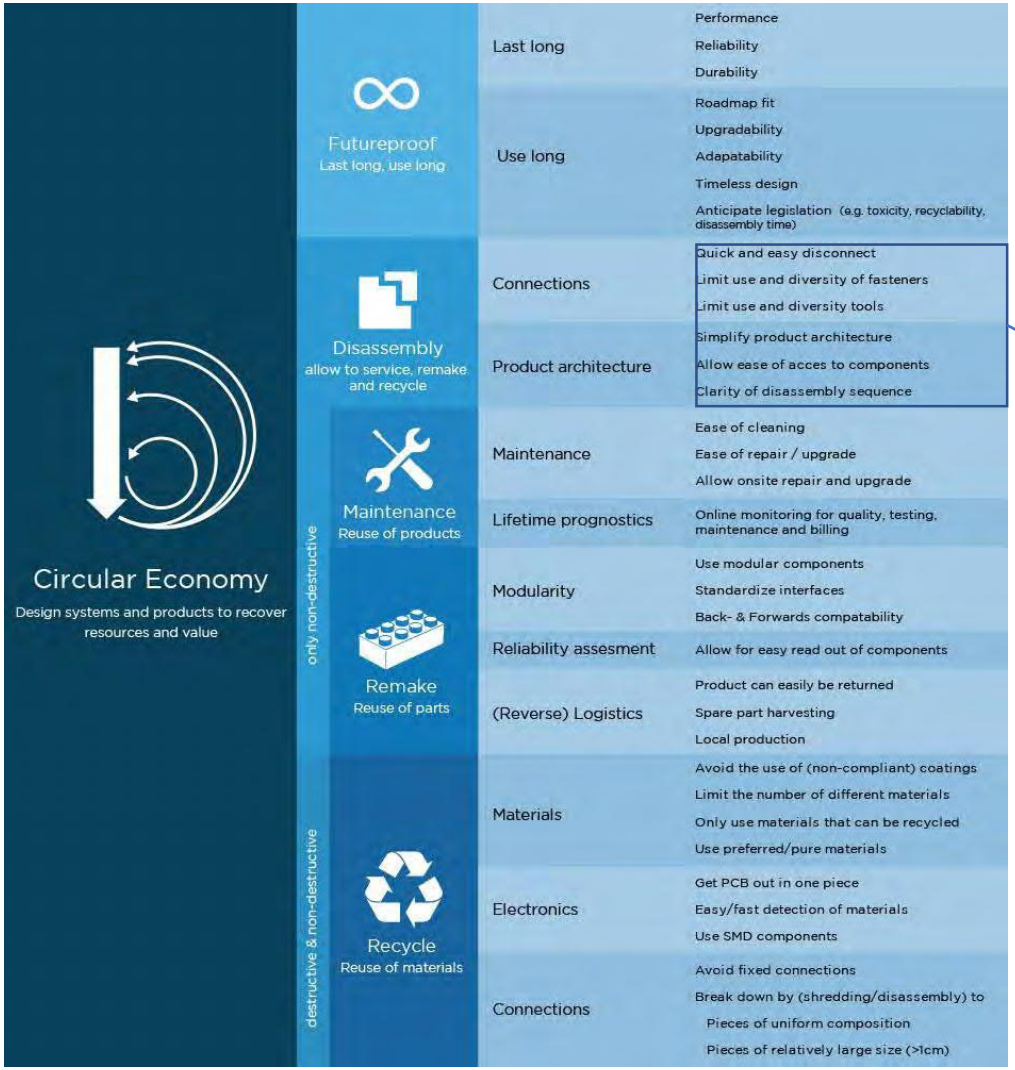
Materials	Avoid the use of (non-compliant) coatings
	Limit the number of different materials
	Only use materials that can be recycled
	Use preferred/pure materials
Electronics	Get PCB out in one piece
	Easy/fast detection of materials
	Use SMD components
Connections	Avoid fixed connections
	Break down by (shredding/disassembly) to
	Pieces of uniform composition
	Pieces of relatively large size (>1cm)

1 Tuotteen pitkä käyttökelpoisuusaika



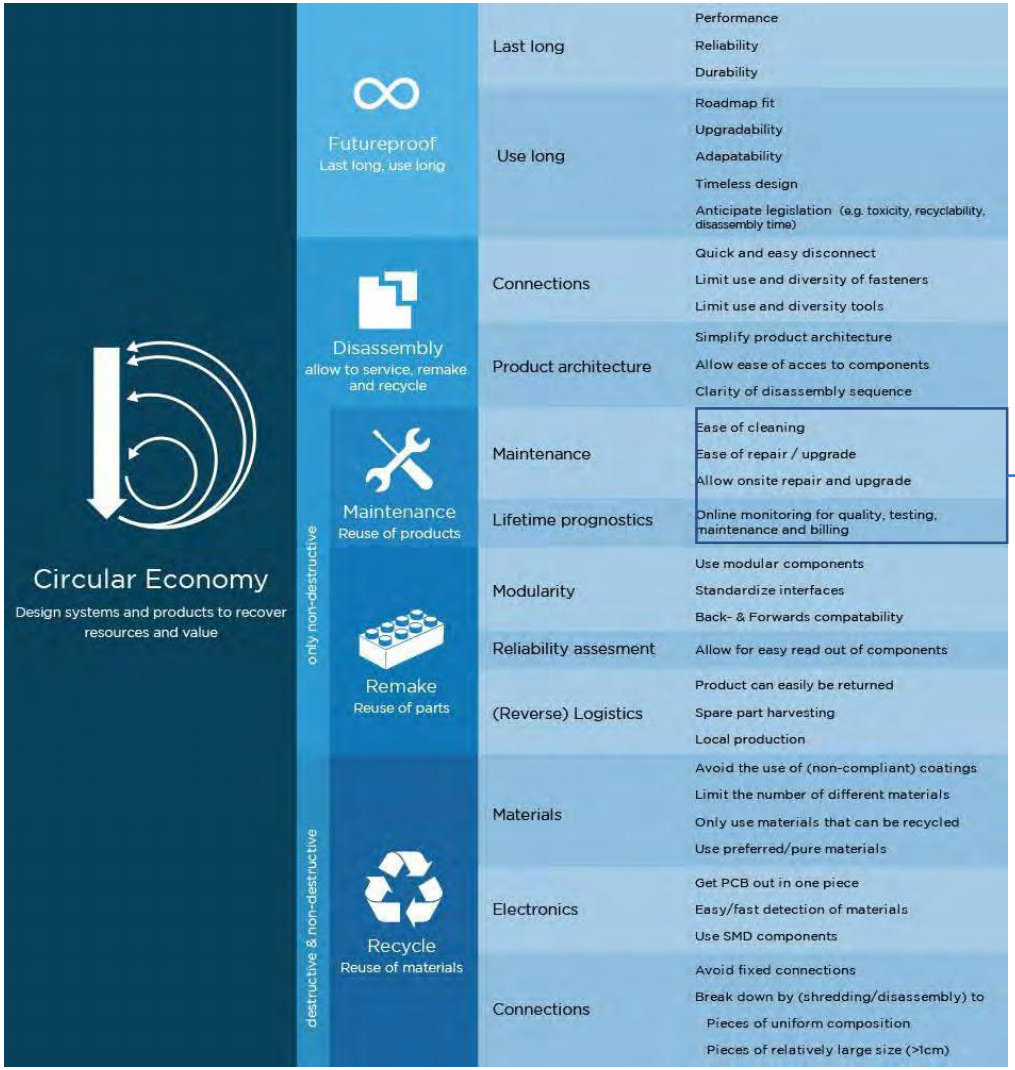
- Suorituskyky
- Luotettavuus
- Kestävyys
- Sopivuus tulevaan ympäristöön
- Päivitettävyys
- Sovitettavuus
- Ajaton muotoilu
- Lainsäädännön kehityksen huomiointi

2 Purettavuus



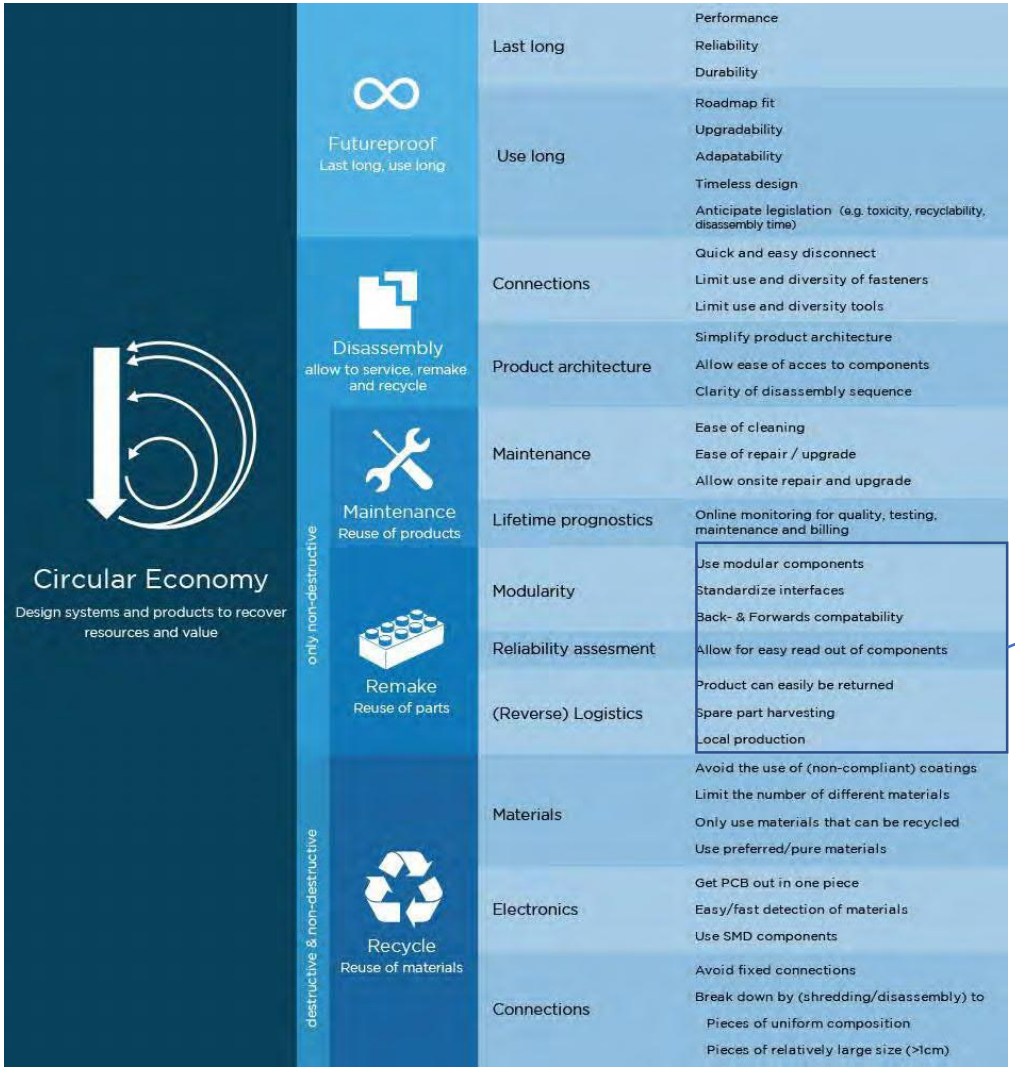
- Nopeasti ja helposti irrotettavat liitokset
- Rajallinen määrä erilaisia kiinnitystapoja
- Rajallinen määrä purkamisessa tarvittavia työkaluja
- Selkeä tuotteen rakenne (arkkitehtuuri)
- Helppo luokse päästävyys osille
- Selkeä purkamisjärjestys

3 Ylläpidettävyys



- Helppo puhdistettavuus
- Korjausten ja päivittämisten helppous
- Paikan päällä tapahtuvien korjausten ja päivitysten mahdollistaminen
- Online kunnonvalvonta ja ylläpito

4 Uudistaminen ja moduulien uusiokäyttö



- Modulaarinen rakenne
- Standardit – erityisesti liitynnöissä
- Yhteensopivuus tuoteversiossa eteenpäin ja taaksepäin
- Mahdollista purku komponentiksi
- Tuotteiden ja niiden osien palautuslogistiikan järjestäminen
- Mahdollista purkuosien markkinat
- Salli paikallinen tuotanto

5 Materiaalien kierrätys

- Vältä materiaalikierrätystä haittaavia pinnoitteita
- Rajoita erilaisten materiaalien määrää
- Käytä vain kierrätettäviä / kierrätyksessä arvonsa säilyttäviä materiaaleja
- Elektroniikassa keskitä komponentit yhdelle piirilevylle
- Tee materiaalit tunnistettaviksi
- Käytä pinta-asennettuja komponentteja
- Vältä kiinteitä liitoksia
- Käytä samanlaista rakennetapaa
- Vältä erittäin pieniä erillisiä osia

Tarkampi taso: Käytetäänkö näitä nyt yleisesti?

Category	Sub-category	Goal	Means	Source
∞ **Futureproof** last long and use long	Long lasting	Performance		
		Reliability	Design out moving parts	(Mulder, et al. 2014)
			Design for under stressed use	(Mulder, et al. 2014)
			Provide redundancy	(Mulder, et al. 2014)
			Over dimension critical components	(Mulder, et al. 2014)
		Durability	Wear resistance	(Sundin, 2004)
			Use assembly methods that allow disassembly without damage to (reusable) components.	(Ijomah, et al., 2010)
			Do not use coated, painted or plated components	(Mulder, et al. 2014)
			Prevent discolouring	
			Ensure that fasteners' material are similar or compatible to that of base material thus limiting opportunity of damage to parts during disassembly,	(Ijomah, et al., 2010)

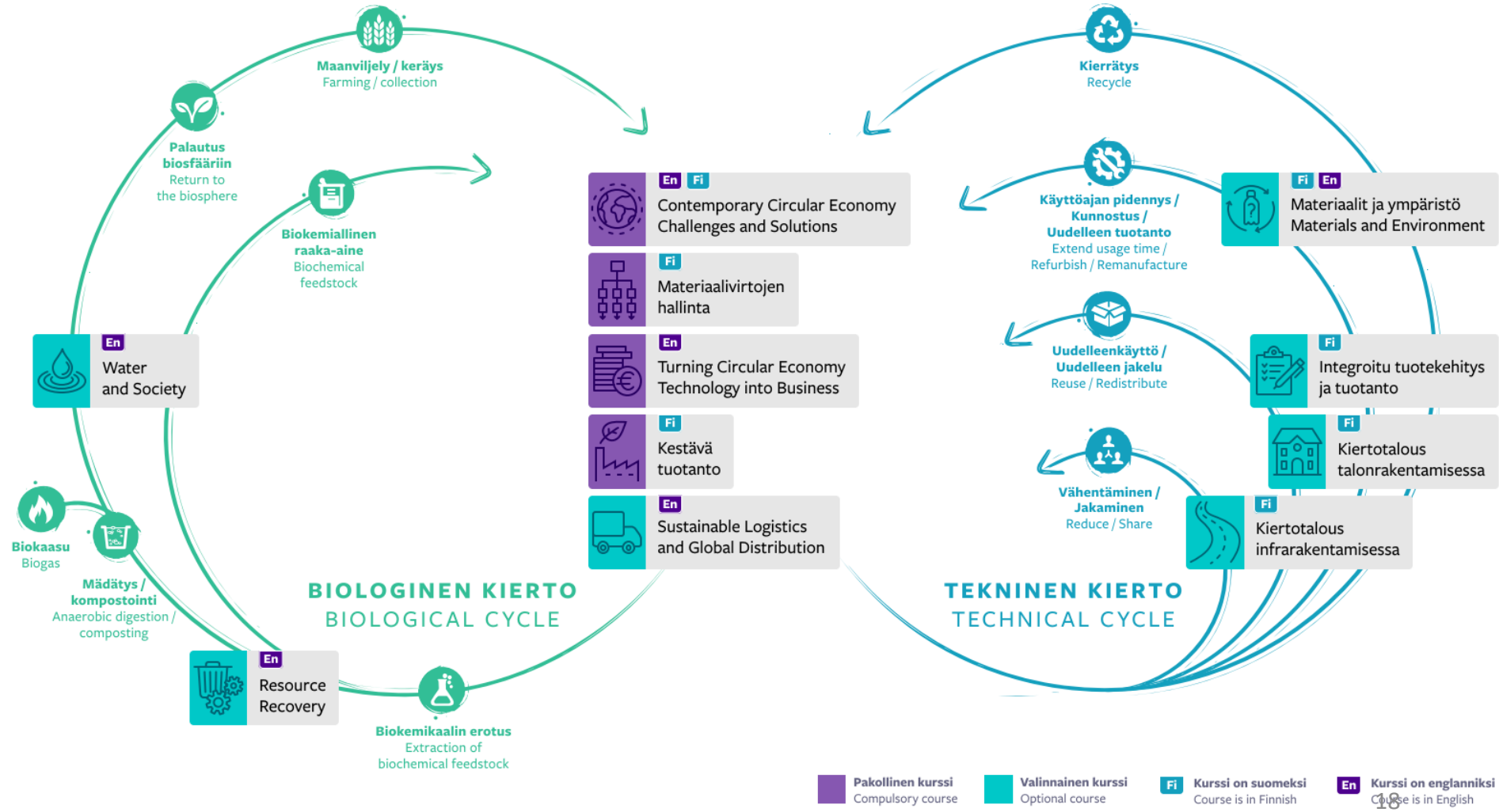
Nämä eivät ole ”halpistuotteen” ominaisuuksia

Yhteenveto

- Kiertotaloudelle edullisen tuotteen ominaisuudet tunnetaan
- Tällaisia tuotteita osataan suunnitella
- Kynnys lähteä tähän on yksittäiselle yritykselle korkea

Tampereen yliopisto
Tampere University

Tampereen Yliopistolla uskomme muutokseen ja koulutamme osaamista siihen



Liite: Kiertotalouden kehysmallin osat avattuna

Category	Sub-category	Goal	Means	Source
Futureproof last long and use long	Long lasting	Performance		
		Reliability	Design out moving parts	(Mulder, et al. 2014)
			Design for under stressed use	(Mulder, et al. 2014)
			Provide redundancy	(Mulder, et al. 2014)
			Over dimension critical components	(Mulder, et al. 2014)
		Durability	Wear resistance	(Sundin, 2004)
			Use assembly methods that allow disassembly without damage to (reusable) components.	(Ijomah, et al., 2010)
			Do not use coated, painted or plated components	(Mulder, et al. 2014)
			Prevent discolouring	
			Ensure that fasteners' material are similar or compatible to that of base material thus limiting opportunity of damage to parts during disassembly.	(Ijomah, et al., 2010)
			Aging and corrosive material combinations need to be avoided, since disassembling them cleanly and efficiently (due to their tendency to corrode, spread corrosion, and break off inside the product) often is difficult.	(Mital, et al., 2008)

Category	Sub-category	Goal	Means	Source
Futureproof last long and use long	Long in use	Roadmap fit	Ensure a long -term roadmap is available	
		Upgradability	Use materials and assembly methods that do not prevent upgrade and rebuilding of the product.	(Ijomah, et al., 2010)
			Structure to facilitate ease of upgrade of product.	
		Adaptability	Ensure a long -term roadmap is available	(Ijomah, et al., 2010)
			Prevent product obsolescence (user needs)	van den Berg
		Timeless design	Emotional durable design (user desire)	
		Anticipate legislation	(e.g. toxicity, recyclability, disassembly time)	

Disassembly non-destructive	Connections	Quick and easy disconnect	Use easy to disassemble connections				
			Apply loose fits for internal components	(Peeters, et al., 2012)			
			Avoid welding and adhesive between sub-assemblies	(Ijomah, et al., 2010)			
			Use joining methods that allow disassembly at least to the point that internal components and subsystems requiring it can be accessed for testing before and after refurbishment,	(Ijomah, et al,, 2010)			
		Limit use and diversity of fasteners	Minimize the number of fasteners used in an assembly	(Mital, et al., 2008)	(Peeters, et al,, 2012)	(Ijomah, et al., 2010)	(Balkenende, et al,, 2011)
			Minimize the types of fasteners used in an assembly and standardize the fasteners used	(Peeters, et al., 2012)	(Ijomah, et al,, 2010)	(Balkenende, et al., 2011)	
			Fasteners need to be easy to remove or destroy.	(Mital, et al., 2008)			
			Allow easy access and identification of the fasteners	(Mital, et al., 2008)	(Sundin, 2004)	(Ijomah, et al., 2010)	(Balkenende, et al., 2011)
			Consider the use of fasteners incorporating an active disassembly or embedded disassembly functionality.	(Balkenende, et al,, 2011)			
		Limit use and diversity of tools	Limit the number of tools needed and tool changes	(Balkenende, et al., 2011)			
			Make it possible to use simple tools for disassembly	(Balkenende, et al., 2011)			

Disassembly non-destructive	Product architecture	Simplify product architecture	Minimize the complexity of the product structure	(Desai & Mital, 2003)	(Ijomah, et al., 2010)		
			Select a product structure which allows a sequence independent disassembly	(Balkenende, et al., 2011)			
			Minimize the number of components used in an assembly	(Mital, et al., 2008)	(Desai & Mital, 2003)	(Ijomah, et al., 2010)	(Balkenende, et al., 2011)
			Optimizing the spatial alignment between various components to facilitate disassembly without jeopardizing assemblability,	(Desai & Mital, 2003)			
			At least one surface needs to be left available for grasping,	(Mital, et al., 2008)	(Sundin, 2004)		
			Simplify and standardize component fits	(Ijomah, et al., 2010)			

Disassembly non-destructive		Ease of access to components	Arrange components for ease of disassembly	(Ijomah, et al., 2010)	(Balkenende, et al., 2011)	
			Consider making the plane of access to components the same for all components	(Mital, et al., 2008)	(Sundin, 2004)	(Balkenende, et al., 2011)
			Avoid the need to turn the product in the disassembly process	(Mital, et al., 2008)	(Sundin, 2004)	(Balkenende, et al., 2011)
			Metal inserts in plastic parts should be avoided, since this increases material variety and part complexity and necessitates multiple directions and complex movements in disassembly. Applicable if meant for over moulding	(Mital, et al., 2008)		
			Use assembly methods that would allow disassembly at least to the point that internal components and subsystems requiring work can be accessed.	(Ijomah, et al., 2010)		
		Clarity of disassembly sequence	Identify components assembly sequence.	(Ijomah, et al., 2010)	(Sundin, 2004)	
			Identify components requiring similar assembly tools and techniques.	(Ijomah, et al., 2010)	(Sundin, 2004)	
			Reduce complexity of reassembly	(Ijomah, et al., 2010)		

	Maintenance	Ease of cleaning	Ensure product surfaces are smooth and wear resistant.	(Ijomah, et al., 2010)		
			Ensure that all parts to be cleaned are easily accessed.	(Ijomah, et al., 2010)	(Peeters, et al., 2012)	(Sundin, 2004)
			Use material that would survive cleaning process e.g. ensure that material melting point is higher than clean process temperature.	(Ijomah, et al., 2010)		
			Limit the number of material types per part.	(Ijomah, et al., 2010)		
			Identify components requiring similar cleaning procedures and cleaning agents.	(Ijomah, et al., 2010)	(Sundin, 2004)	
		Ease of repair	Allow for easy and quick access to parts prone to failure	(Peeters, et al., 2012)	(Ijomah, et al., 2010)	(Sundin, 2004)
			Avoid assembling components with a different life duration	(Balkenende, et al., 2011)		
		Allow onsite repair and upgrade	Allow on-site maintenance			
	Lifetime prognostics	(Online) monitoring for quality, testing, maintenance and billing				

Maintenanc e

Reuse of products

non-destructive	 **Remake** Reuse of components	Modularity	Use modular components	Use modular structure so that obsolescence occurs with components rather than with entire product.	(Ijomah, et al., 2010)	(Mital, et al., 2008)	(Ijomah, et al., 2010)
				Do not combine components that have different physical life.	(Hata, et al., 2001)		
				Do not combine components that have different intervals for maintenance and upgrade.	(Hata, et al., 2001)		
				Group components in sub-assemblies according to reuse, reconditioning or remanufacturing potential	(Balkenende, et al., 2011)		
				Concentrate compatible material groups in separate subassemblies of a product	(Mital, et al., 2008)	(Balkenende, et al., 2011)	(Hata, et al., 2001)
				Allow customization by grouping components in liberally	(Balkenende, et al., 2011)		
				Combinable subassemblies	(Balkenende, et al., 2011)		
			Use standard interfaces	Standardize parts	(Ijomah, et al., 2010)		
				Standardize interfaces	Maarten		
			Back- & forwards compatibility		Nestor Palma		

			Standardize test procedures	(Ijomah, et al., 2010)	
			Structure for ease in determining component condition	(Ijomah, et al., 2010)	(Sundin, 2004)
		Reliability assessment	Allow for easy testing of components	Structure so testing is sequential, mirroring reassembly order	(Ijomah, et al., 2010)
	 **Remake Reuse of components**			Minimize the disassembly level required to effectively test components	(Ijomah, et al., 2010)
				Clearly identify component load	(Ijomah, et al., (Sundin,
		(Reverse) logistics	Product can easily be returned	Ensure products can be stacked	
				Ensure products can safely be transported	
				Minimize product volume	
			Allow for spare part harvesting		
			Local production		

non-destructive & destructive	**Recycling** Reuse of material	Materials	Avoid the use of (non-compliant) coatings	Any secondary coating processes, such as painting, are to be avoided, since they inhibit access to and removal of components	(Balkenende, et al., 2011)	(Mital, et al., 2008)	(Hultgren, 2012)
			Limit the number of different materials	Minimize the number of material types used in an assembly	(Balkenende, et al., 2011)	(Ijomah, et al., 2010)	(Hultgren, 2012)
			Only use recyclable materials		(Balkenende, et al., 2011)	(Hultgren, 2012)	
			Use preferred/pure materials	Increase the use of common materials	(Balkenende, et al., 2011)	(Desai & Mital, 2003)	
			Allow material separability	Consider the material compatibilities to eliminate the need of separation for recycling	(Balkenende, et al., 2011)		
				Allow easy material identification	(Balkenende, et al., 2011)	(Mital, et al., 2008)	(Sundin, 2004)
				Add non-contamination markings for the ease of sorting and recycling	(Balkenende, et al., 2011)	(Mital, et al., 2008)	
				Any harmful materials, if functionally important, should be grouped together into subassemblies for fast disposal.	(Balkenende, et al., 2011)	(Mital, et al., 2008)	

				Do not use fasteners that are not compatible with the connecting components. Fasteners are recycled together with the host component; therefore choose plastic fasteners for plastic and metal fasteners for metal to avoid polluting other material streams or end up in the waste fraction	(Hultgren, 2012)
	 **Recycling** Reuse of material	Electronics	Get PCB out in one piece		(Balkenende, et al., 2011)
			Easy/fast detection of materials		(Balkenende, et al., 2011)
			Use SMD components		(Balkenende, et al., 2011)

	 Recycling Reuse of material	Connections	Avoid fixed connections	Prefer snap-fits for plastic components (particularly housing), to allow easy liberation of materials	(Balkenende, et al., 2011)	(Hultgren, 2012)
				Use a detachable power cord instead of a permanently fixed one	(Hultgren, 2012)	
			Break down by (shredding/disassembly) to	If connections are applied that enclose materials permanently, apply gaps and or break-lines to the enclosing material to enable liberation during shredding	(Balkenende, et al., 2011)	(Hultgren, 2012)
			Pieces of uniform composition		(Balkenende, et al., 2011)	
			Pieces of relatively large size (>1cm)		(Balkenende, et al., 2011)	