



PACKALL

PackAlliance:
European alliance for innovation training
& collaboration towards future packaging

Korkeakoulut ja yritykset yhdessä.

Koulutuksen moduulit:

- Uudet materiaalit ja biomateriaalit
- **Ekologinen suunnittelu ja uudet valmistusprosessit**
 - Jätteen hallinta ja kierrätys
- Kansalaisten ja kuluttajien osallistaminen



Yhteisrahoitettu
Euroopan unionin
Erasmus+ -ohjelmasta

Hanke on rahoitettu Euroopan komission tuella.

Tästä julkaisusta [tiedotteesta] vastaa ainoastaan sen laatija, eikä komissio ole vastuussa siihen sisältyvien tietojen mahdollisesta käytöstä.



Elinkaariarviointi (Life cycle assessment, LCA))

Mikä on elinkaariarviointi (LCA)?

Mitä varten se tehdään?

Miksi sen tekeminen on tärkeää?

Kuinka se tehdään?

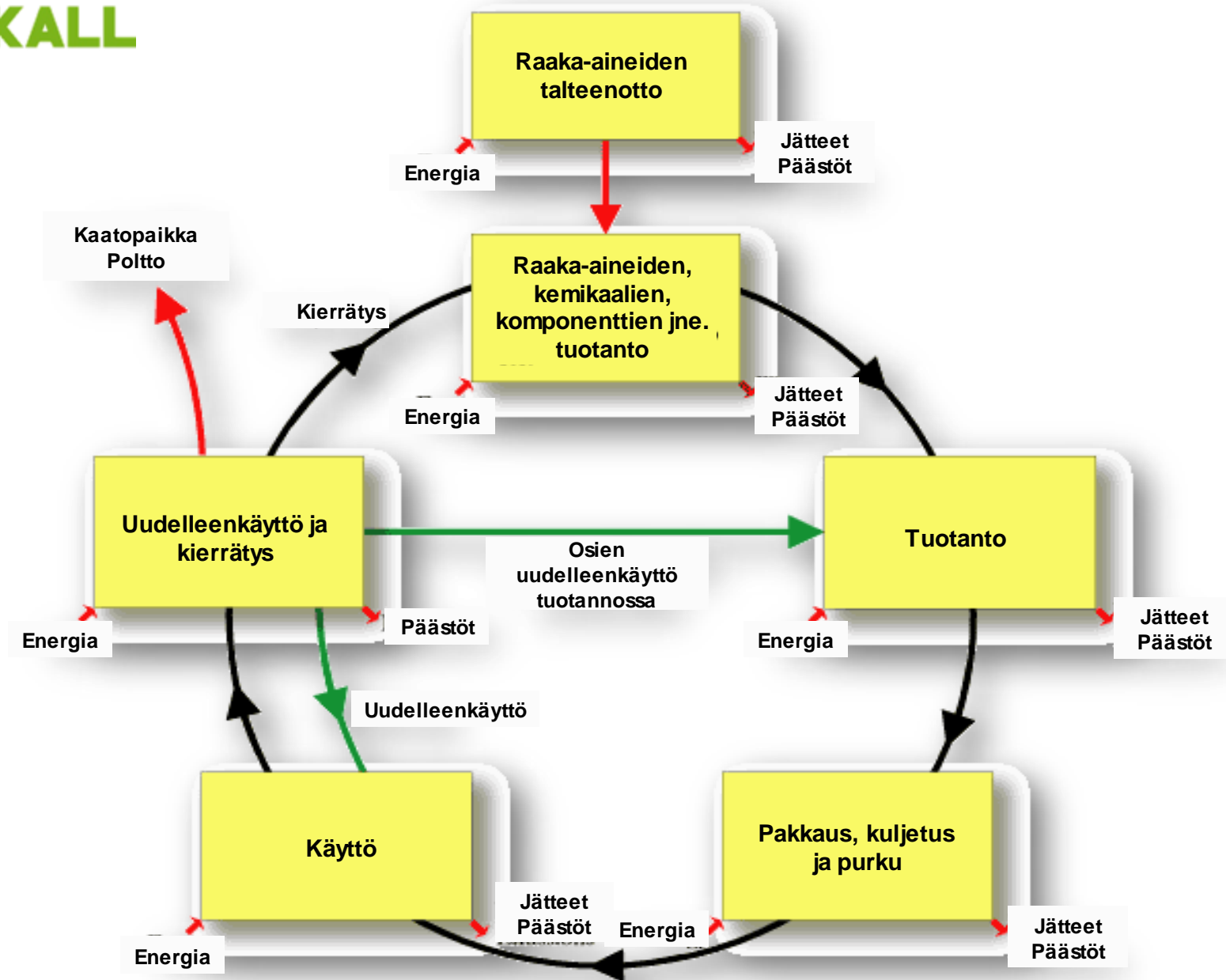


1. Mikä on LCA?

SETAC:n mukaan (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) se on laskentamenetelmä, jonka avulla voidaan arvioida tuotteen, prosessin tai toiminnan ympäristövaikutuksia tunnistamalla ja kvantifioimalla materiaalien ja energian kulutus sekä ympäristöön joutuvat päästöt, jotta voidaan tunnistaa ja arvioida mahdollisuuksia vähentää vaikutuksia.

Analyysi kattaa tuotteen koko elinkaaren ("kehdestä hautaan"): raaka-aineiden uuttamisesta ja jalostuksesta tuotteen tuotantoon, kuljetukseen ja jakeluun, sen käyttöön, uudelleenkäyttöön ja huoltoon, kierrätykseen ja tuotteen lopulliseen sijoittamiseen käytön jälkeen.





EN ISO 14000 -standardit, joita kutsutaan yleisesti ISO 14000 -standardiksi, tarjoavat mille tahansa organisaatiolle työkalut, jotka ovat tarpeen ympäristömuuttujien hallinnan parantamiseksi kaikentyypisissä toimissa, tuotteissa ja palveluissa.

ISO 14040 Environmental Management - Life Cycle Assessment - Principles and Framework -standardissa LCA määritellään seuraavasti: "Tuovien ja lähtevien virtojen kokoaminen ja arviointi koko elinkaaren ajan sekä tuotejärjestelmän mahdolliset ympäristövaikutukset."

ISO 14044 korvasi aiemmat versiot ISO 14041 -standardista ISO 14043 -standardiin. Se kehitettiin elinkaaren valmisteluun, hallintaan ja kriittiseen tarkasteluun. Se sisältää kaiken, mikä sisältyi aiempiin määräyksiin, ja lisäksi siinä sanotaan, että "LCA tutkii tuotteen ympäristönäkökohtia sen eri elinkaaren vaiheissa kehdosta hautaan": raaka-aineen louhinnasta, mukaan lukien kuljetus, tuotteen loppusijoitukseen.



LCA-tutkimuksen tärkeimmät vaiheet

1. Analyysin tavoitteiden ja rajojen määrittely;
2. elinkaari-inventaarion kokoaminen (mitä tulee ja mitä poistuu);
3. Arvio mahdollisista ympäristövaikutuksista, jotka liittyvät siihen, mitä tulee ja mitä lähtee;
4. Tulosten tulkinta ja erityisesti inventaarioiden analysointi ja vaikutusten arviointi suhteessa tutkimuksen tavoitteisiin.



Tärkeimmät rajoitukset

1. Ei sovi kaikkiin tapauksiin.

Esimerkiksi kustannusnäkökohtia ei yleensä oteta huomioon

2. Siihen sisältyy rakenteellisia rajoituksia.

Se ei voi osoittaa paikallisia vaikutuksia, ja sillä on paikallaanpysyvä lähestymistapa.

3. On subjektiivinen.

4. On ajallisesti rajoitettu.

5. Siihen vaikuttaa tietojen saatavuus.



Esimerkiksi...

Ovatko lasi- vai muovipakkaukset parempia juomien pakkaamiseen?

Molempien vaihtoehtojen osalta on tutkittava kaikki elinkaaren vaiheet.

Lasipullojen osalta vaiheet ovat lasimineraalien uuttaminen biosfääristä, pullon tuotanto, sisällön pullotus, kuljetus ja loppusijoitus.

Muovipullojen osalta vaiheet koostuvat raakaöljyn tuotannosta, jalostuksesta, polymeerien tuotannosta, pullon valmistuksesta, sisällön pullottamisesta, kuljetuksesta ja loppusijoituksesta.



Tällöin on otettava huomioon kaikki apumateriaaleihin ja palveluihin liittyvät prosessiketjut.

Esimerkiksi polymeerien valmistukseen tarvitaan katalyytti. Tämä tekijä on sen vuoksi sisällytettävä elinkaareen, ja sen vaikutukset on laskettava vaikutusten jakamista koskevien sääntöjen avulla.

Prosessisarjan tuottamat ympäristövirrat on inventoitava; ne ovat esimerkiksi päästöjä ilmaan, veteen tai maaperään, biosfääriresursseihin, maankäyttöön tai energiantuotantoon.

Nämä virrat on käsiteltävä molempien ratkaisujen (lasin ja muovin) osalta aina niihin liittyvien vaikutusten perusteella. Niitä vertaamalla on mahdollista päästä oikeudenmukaiseen arviointiin, jossa otetaan huomioon kaikki tuotteen elinkaaren ympäristönäkökohdat.



1. **Analyysin tavoitteiden ja rajojen määrittely;**
2. Elinkaari-inventaarion kokoaminen (mitä tulee ja mitä poistuu)
3. Tuleviin ja lähteviin osatekijöihin liittyvien mahdollisten ympäristövaikutusten arviointi;
4. Tulosten tulkinta ja erityisesti inventaarioiden analysointi ja vaikutusten arviointi suhteessa tutkimuksen tavoitteisiin

On määriteltävä

- tutkimuksen tarkoitus
- toiminnallinen yksikkö
- järjestelmän rajat
- tietojen laatuvaatimukset.



Tutkimuksen tavoite

Mikä on tavoitteeni?

Mitä haluan saavuttaa?

Mikä on odotettu sovellus?

Kenelle tekemäni tutkimuksen tulokset tulisi välittää?

Toiminnallinen yksikkö

Tuote, palvelu tai toiminto, jolle analyysi ja vertailu mahdollisiin vaihtoehtoihin asetetaan

kg tuotetta, t käsiteltyä jätettä, kWh toimitettua energiaa....

referenssi, johon lähtevät ja saapuvat virrat voidaan yhdistää

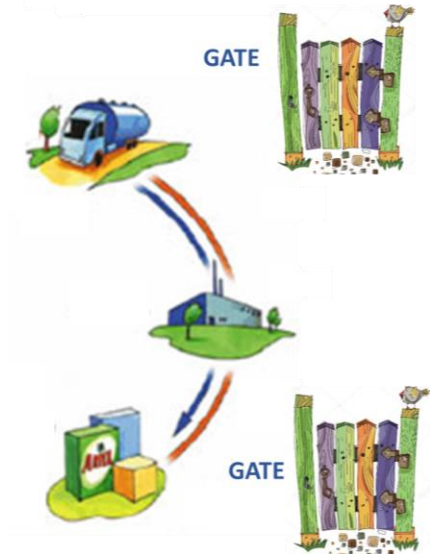
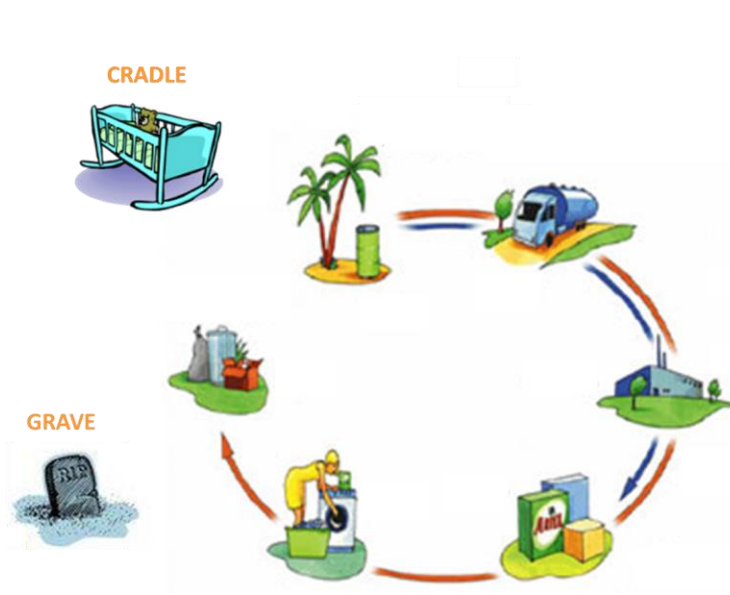


Järjestelmän rajat

On tarpeen tunnistaa prosessin perusvaiheiden järjestys, jotta prosessin sisällä olisi vain energiaa ja raaka-aineita ja ulkopuolella ainoastaan jäte.

On tiedettävä tavoite...

Erilaisia lähestymistapoja: ”kehdosta hautaan (”cradle-to-grave”), ”kehdosta portille” (”cradle-to-gate”), ”portilta portille” (”gate-to-gate”)



Datan laatu

Meidän on selvitettävä ja päätettävä

- **ajan kulku** eli tietojen ikä (esim. viimeiset viisi vuotta)
- **tietojen keräämisen kesto** (esim. yksi vuosi)
- **maantieteellinen kattavuus** eli alue, jolla tietoja kerätään (esim. paikallinen, alueellinen, kansallinen, mannermainen tai maailmanlaajuinen)
- **tekninen kattavuus** eli mitä tekniikkaa datan keräämisessä on sovellettava.
- **tietojen lähde:**
 - ✓ Jos tieto kerätään mittaamalla, käytettävät laitteet on eriteltävä.
 - ✓ Jos lasketaan, millä algoritmeilla?
 - ✓ Jos arvioidaan, millä tilastollisilla menetelmillä?



1. Analyysin tavoitteiden ja rajojen määrittely;
2. **Elinkaari-inventaarion kokoaminen (mitä tulee ja mitä poistuu)**
3. Tuleviin ja lähteviin osatekijöihin liittyvien mahdollisten ympäristövaikutusten arviointi;
4. Tulosten tulkinta ja erityisesti inventaarioiden analysointi ja vaikutusten arviointi suhteessa tutkimuksen tavoitteisiin.

Inventaarion laatimisen vaiheet:

- ✓ tietojen keräämisen valmistelu
- ✓ tietojen kerääminen
- ✓ tietojen validointi
- ✓ tietojen tallennus prosessiyksikköä kohti
- ✓ tietojen yhdistäminen
- ✓ järjestelmän rajojen tarkastelu.



Inventaarion laatimisen vaiheet:

- ✓ **tietojen keruun valmistelu**
- ✓ tietojen kerääminen
- ✓ tietojen validointi
- ✓ tietojen tallennus prosessiyksikköä kohti
- ✓ tietojen yhdistäminen
- ✓ järjestelmän rajojen tarkastelu.

Tiedot voivat olla peräisin eri lähteistä, joten

- luo vuokaavio, jossa on kaikki perusyksiköt;
- kuvaile yksityiskohtaisesti jokainen perusyksikkö ja kuhunkin prosessiin liittyvät tietoluokat;
- tee luettelo tietojen mittayksiköistä;
- kuvaile kunkin luokan tiedonkeruutekniikat.

TULOTIEDOT

viittaavat tiettyihin tietoihin, jotka on hankittava järjestelmän mallintamiseksi; ne ovat tietyn tuotteen spesifisiä tietoja

TAUSTATIEDOT

annetaan geneeristen materiaalien tuotantoon, energiantuotantoon, liikenteeseen ja jätehuoltoon; ne saadaan tietokannoista ja kirjallisuudesta.

Inventaarion laatimisen vaiheet:

- ✓ tietojen keruun valmistelu
- ✓ **tiedonkeruu**
- ✓ tietojen validointi
- ✓ tietojen tallennus prosessiyksikköä kohti
- ✓ tietojen yhdistäminen
- ✓ järjestelmän rajojen tarkastelu.

Tiedot on kerättävä jokaisesta sisäisestä prosessiyksiköstä järjestelmän rajoissa; siksi jokaiselle prosessiyksikölle on määritettävä alku ja loppu.

Muista kuitenkin, että tietolähteet voivat olla erilaisia:

- ✓ ensisijaiset (primäärit) tietolähteet: tiedot saadaan tuotantopaikalta
- ✓ toissijaiset (sekundäärit) tietolähteet: otettu kirjallisuudesta (tässä tapauksessa lähde on merkittävä)
- ✓ tertiääriset tietolähteet: saatu käyttämällä arvioita tai teknisiä kertoimia.



Inventaarion laatimisen vaiheet:

- ✓ tietojen keruun valmistelu
- ✓ tiedonkeruu
- ✓ **tietojen validointi**
- ✓ tietojen tallennus prosessiyksikköä kohti
- ✓ tietojen yhdistäminen
- ✓ järjestelmän rajojen tarkastelu.

Tiedot on validoitava massa- ja energiataseiden avulla.



Inventaarion laatimisen vaiheet:

- ✓ tietojen keruun valmistelu
- ✓ tiedonkeruu
- ✓ tietojen validointi
- ✓ **tietojen tallennus prosessiyksikköä kohti**
- ✓ tietojen yhdistäminen
- ✓ järjestelmän rajojen tarkastelu.

Tiedot on ohjattava perusfunktionaaliseen yksikköön (FU, functional unit)...

kg → kg/FU



Inventaarion laatimisen vaiheet:

- ✓ tietojen keruun valmistelu
- ✓ tiedonkeruu
- ✓ tietojen validointi
- ✓ tietojen tallennus prosessiyksikköä kohti
- ✓ **tietojen yhdistäminen**
- ✓ järjestelmän rajojen tarkastelu.

Yksittäiset perusprosessiyksiköt ovat toisiinsa yhteydessä, mikä mahdollistaa yksittäisten yksiköiden vertailun ja koko prosessin arvioinnin. Aggregointi on eri perusyksiköiden tietojen ryhmittelyä, ja se voidaan tehdä vain, jos tiedot liittyvät vastaaviin aineisiin tai vastaaviin ympäristövaikutuksiin.



Inventaarion laatimisen vaiheet:

- ✓ tietojen keruun valmistelu
- ✓ tiedonkeruu
- ✓ tietojen validointi
- ✓ tietojen tallennus prosessiyksikköä kohti
- ✓ tietojen yhdistäminen
- ✓ **järjestelmän rajojen tarkastelu.**

- Sulje pois merkityksettömät virrat tai yksiköt.
- Sulje pois virrat, joilla ei ole merkitystä tutkimuksen kannalta.
- Sisällytä uudet prosessiyksiköt (tarvittaessa).








1. Analyysin tavoitteiden ja rajojen määrittely;
2. Elinkaari-inventaarion kokoaminen (mitä tulee ja mitä poistuu)
3. **Tuleviin ja lähteviin osatekijöihin liittyvien mahdollisten ympäristövaikutusten arviointi;**
4. Tulosten tulkinta ja erityisesti inventaarioiden analysointi ja vaikutusten arviointi suhteessa tutkimuksen tavoitteisiin

Tarvitaan

- ✓ ohjelmisto
- ✓ tarkoituksenmukaiset tietokannat
- ✓ menetelmä.



SimaPro

soveltuu yksityiskohtaisiin tutkimuksiin 
datan epävarmuus on mahdollista ottaa huomioon 
eniten käytetty ohjelmisto, ja siksi sillä on vankka arkkitehtuuri 
kallis 
vaatii pc:n korkean suorituskyvyn 

GaBi

mahdollisuus ottaa käyttöön käyttäjän ohjelmoimat epälineaariset suhteet 
ei kovin joustava tulkintavaiheessa 
jotkut työkalut on ladattava erikseen, ja ohjelmistopäivityksiä on usein 

OpenLCA

avoin lähdekoodi 
vähemmän tehokas kuin muut ohjelmistot 

Ohjelmisto



- ✓ Ovat aiemmin mainittuja "taustatietoja".
- ✓ Tietokannat (joista täydellisin on Ecoinvent) sisältävät tietoja tuhansista tuotteista.
- ✓ Ne toteutetaan ohjelmistoissa.
- ✓ Jokainen tietokanta voidaan toteuttaa eri ohjelmistossa.

Tietokannat



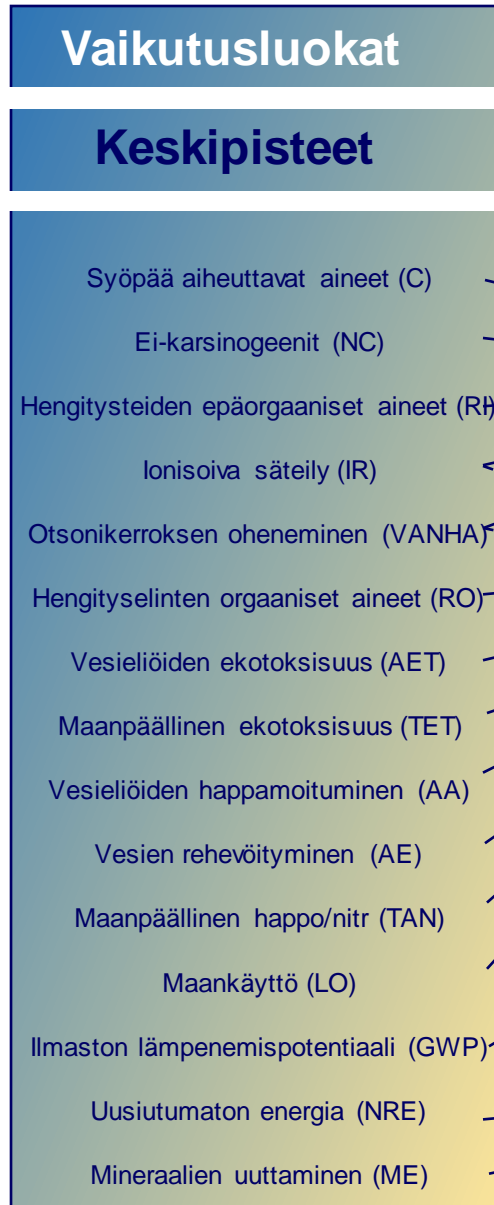
- ✓ Keskipisteen lähestymistapa: yksittäiset vahinkoluokat
- ✓ Päätepistelähestymistapa: koostetut tiedot
- ✓ Integroitu lähestymistapa

Menetelmät

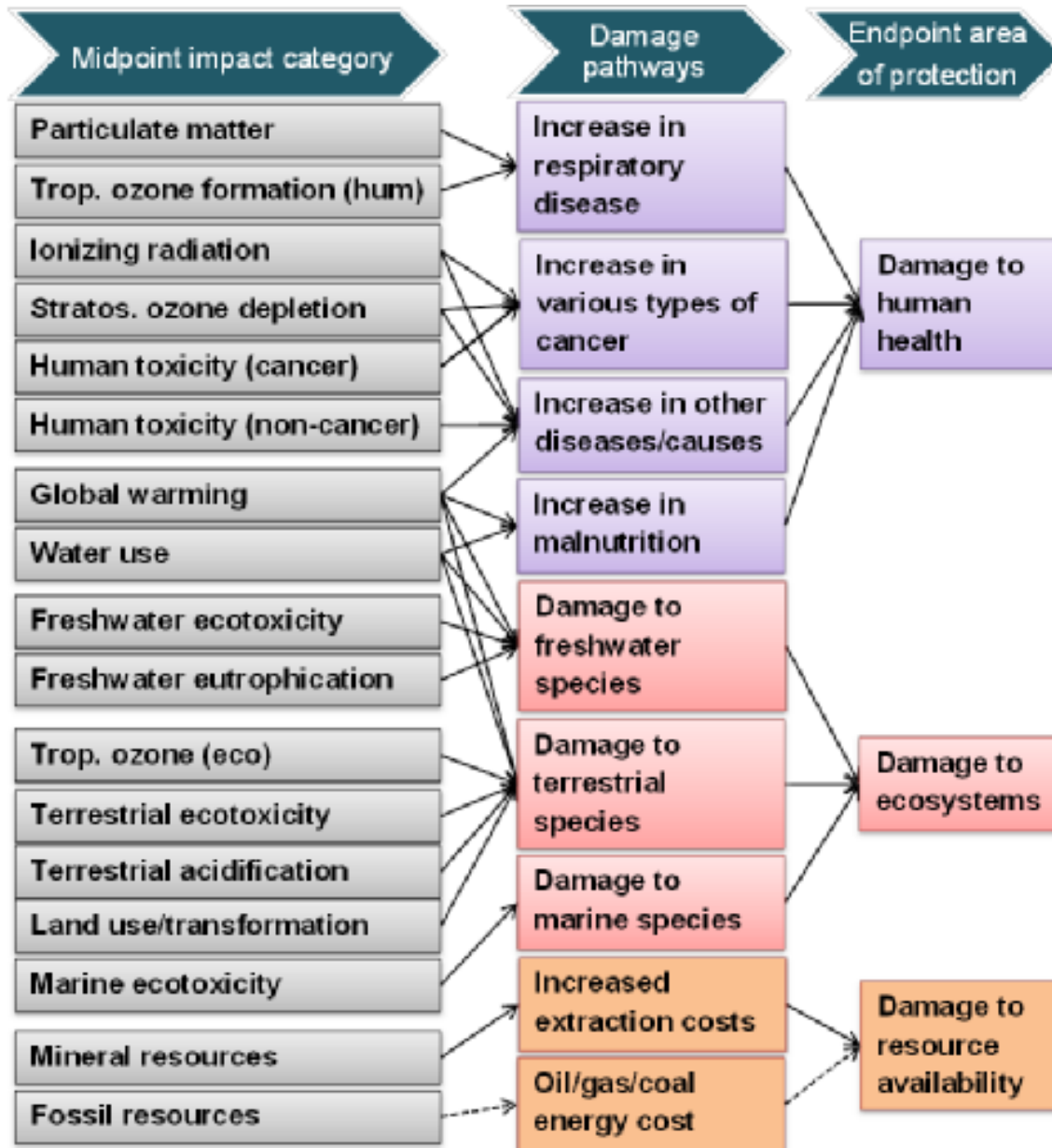


**Impact 2002+
Vaikutus**

**LCI-
tulokset**



Resepti



1. Analyysin tavoitteiden ja rajojen määrittely;
2. Elinkaari-inventaarion kokoaminen (mitä tulee ja mitä poistuu)
3. Tuleviin ja lähteviin osatekijöihin liittyvien mahdollisten ympäristövaikutusten arviointi;
4. **Tulosten tulkinta ja erityisesti inventaarioiden analysointi ja vaikutusten arviointi suhteessa tutkimuksen tavoitteisiin.**

- Suurimpien vaikutusten tunnistaminen
- Elinkaaren kriittisten kohtien tunnistaminen
- Tietojen epävarmuuden analyysi
- Herkkyysanalyysi
- Johtopäätökset ja suositukset





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI SALERNO



synthos

pyroll

proplast
PLASTICS INNOVATION POLE

Esitetyt mielipiteet ovat kirjoittajien omia, eivätkä ne välttämättä edusta Euroopan komission kantaa. Euroopan komissio tai sen puolesta toimivat henkilöt eivät ole vastuussa siitä, miten tämän julkaisun sisältämiä tietoja käytetään.



PACKALL

PackAlliance:
European alliance for innovation training
& collaboration towards future packaging



Korkeakoulut ja yritykset yhdessä.



CAMPUS OF INTERNATIONAL EXCELLENCE
OF THE EBRO VALLEY



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI SALERNO



El poder de la colaboración



PLASTICS INNOVATION POLE

Tekijänoikeus: CC BY-NC-SA 4.0: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Tämä lisenssi sallii muiden levittää ja muokata teosta ja luoda sen pohjalta uusia teoksia, mutta ei kaupalliseen käyttöön.

Kuitenkin vain seuraavilla ehdoilla:

Nimeä — Sinun on asianmukaisesti mainittava alkuperäinen tekijä, annettava linkki lisenssiin ja ilmoitettava, onko muutoksia tehty. Voit tehdä sen millä tahansa kohtuullisella tavalla, mutta et millään tavalla, joka viittaa siihen, että lisenssinantaja tukee sinua tai käyttöäsi.

EiKaupallinen — Et saa käyttää materiaalia kaupallisiin tarkoituksiin.

Jaasamoin — Jos muunnat tai luot materiaalin pohjalta uutta materiaalia, sinun on jaettava tuotoksesi samalla lisenssillä kuin alkuperäinen.

Ei lisärajoituksia — Et saa soveltaa laillisia ehtoja tai teknisiä toimenpiteitä, jotka laillisesti estävät muita tekemästä mitään, mitä lisenssi sallii.



Yhteisrahoitettu
Euroopan unionin
Erasmus+ -ohjelmasta

Hanke on rahoitettu Euroopan komission tuella.

Tästä julkaisusta [tiedotteesta] vastaa ainoastaan sen laatija, eikä komissio ole vastuussa siihen sisältyvien tietojen mahdollisesta käytöstä.