

# Elinkaariarviointilaskelmat (matalan lämpötilan) kaukolämpöjärjestelmissä

*Lisää etunimi, sukunimi, ammattinimike, organisaatio, tapahtuman nimi jne.*



LowTEMP2.0

# LowTEMP –koulutuspaketti – YLEISKATSAUS

## Johdanto

Johdanto – Ilmastonsuojelupolitiikka ja sen tavoitteet

Johdanto – Energianjakelujärjestelmät ja matalan lämpötilan kaukolämpö

Energianjakelujärjestelmät Itämeren alueella

## Energiastrategiat ja pilottiprojektit

Energiastrategioiden kehittämisen metodologia

Pilottienergiastrategiat – Tavoitteet ja edellytykset

Pilottienergiastrategiat – esimerkkejä

Pilottitestaustoimet

CO<sub>2</sub>-päästölaskenta

Elinkaariarviointilaskenta

## Taloudelliset näkökohdat

LTDH-hankkeiden elinkaarikustannukset

Taloudellinen tehokkuus ja rahoitusvajheet

Sopimus- ja hinnoittelumallit

Liiketoimintamallit ja uudet rahoitusrakenteet

## Tekniset näkökohdat

Putkistojärjestelmät

Sähkön ja lämmön yhteistuotanto (CHP)

Ison mittakaavan aurinkoenergiajärjestelmät

Hukka- ja ylijäämälämpö

Ison mittakaavan lämpöpumput

Power-2-Heat ja Power-2-X -tekniikat

Lämpö-, aurinkoenergiajää ja faasimuutosmateriaalivarastot

Lämpöpumppujärjestelmät

Matalan lämpötilan järjestelmät ja lattialämmitys

Käyttöveden tuotanto

Ilmanvaihtojärjestelmät

## Hyvä käytäntö

Hyvä käytäntö I

Hyvä käytäntö II

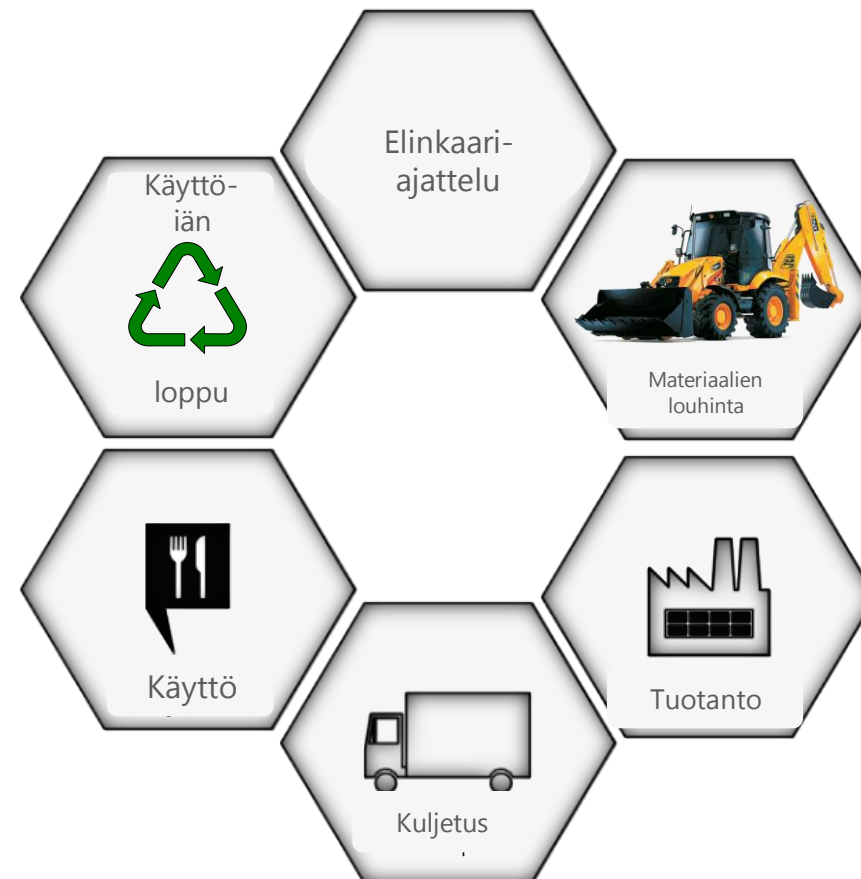
1. Elinkaariajattelu
2. Mikä on ja miksi tehdään elinkaariarviointeja?
3. Elinkaariarvioinnin metodologia ISO14040-44 –standardin mukaan
4. (LT)DH- eli (matalan lämpötilan) kaukolämpöjärjestelmät ja elinkaariarviointi
5. Tapaustutkimus (matalan lämpötilan) kaukolämpöverkosta hyödyntäen elinkaariarviointia



# 1. Elinkaariajattelu

## Järjestelmäajattelu

- Perinteinen teollisuusmalli (lineaarinen)
- Elinkaariajattelu (suljettu kehä)



Kuva 1: Tuotteen elinkaaren tavanomainen kaavio, lähde: Riian teknillinen yliopisto, Ympäristön ja energiajärjestelmien yksikkö

# Elinkaariajattelun edut

- Auttaa poliittisia päättäjiä tekemään parempia päätöksiä
- Taakanjako useille toimijoille
- Puhtaampien tuotantoprosessien tunnistaminen
- Ohjaa kuluttajia kestävämpään kehitykseen

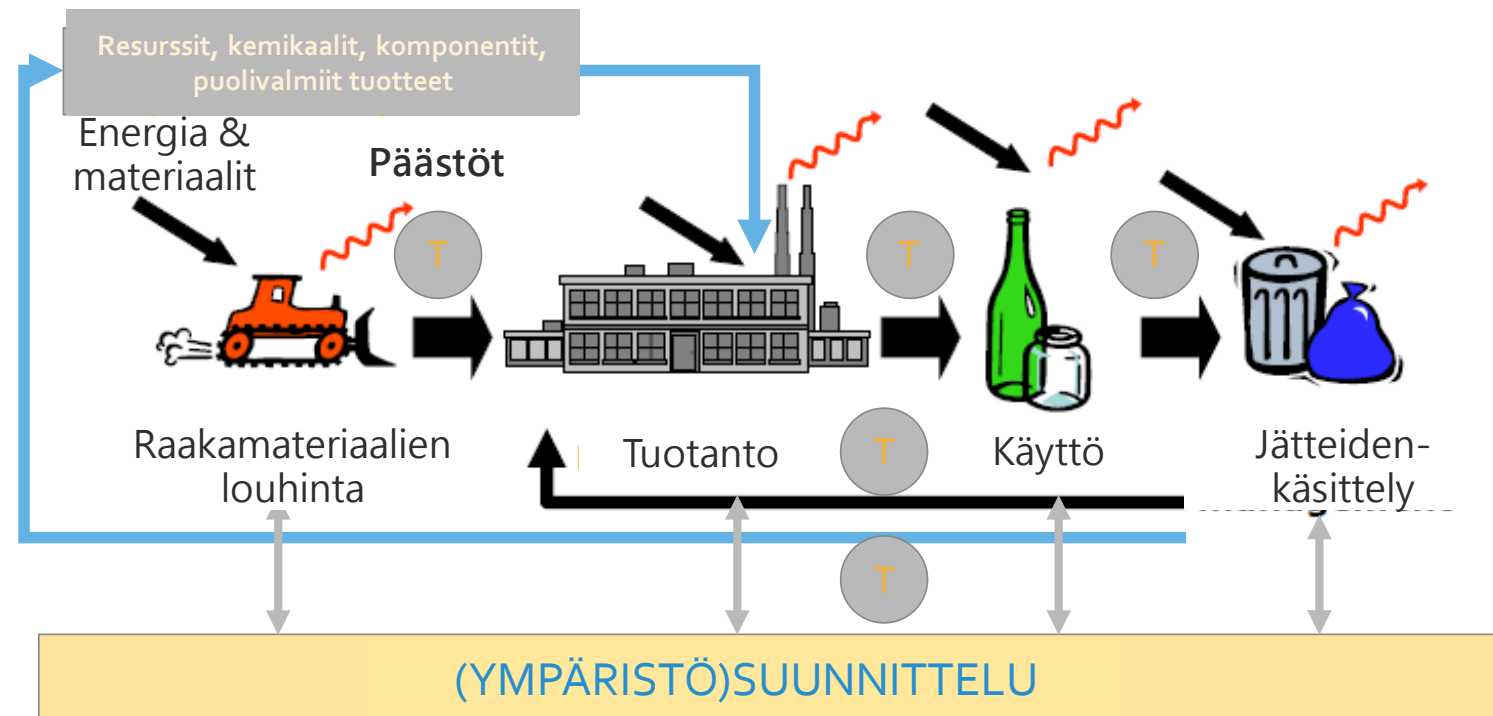


Kuva 1: Tuotteen elinkaaren yleiskaavio, lähde: Riian Teknillinen yliopisto, Energiajärjestelmien ja ympäristön instituutti

## 2. Mikä on ja miksi tehdään elinkaariarviointi?

# Elinkaariarviointi

- Tieteellinen lähestymistapa, joka perustuu mitattaviin ja ennustettaviin piirteisiin
- Keskittyy vaikutukseen: mikä on nettotulos ympäristön kannalta?
- Kattaa koko elinkaaren: “kehdosta hautaan”... tai “kehdosta kehtoon” - lähestymistapa

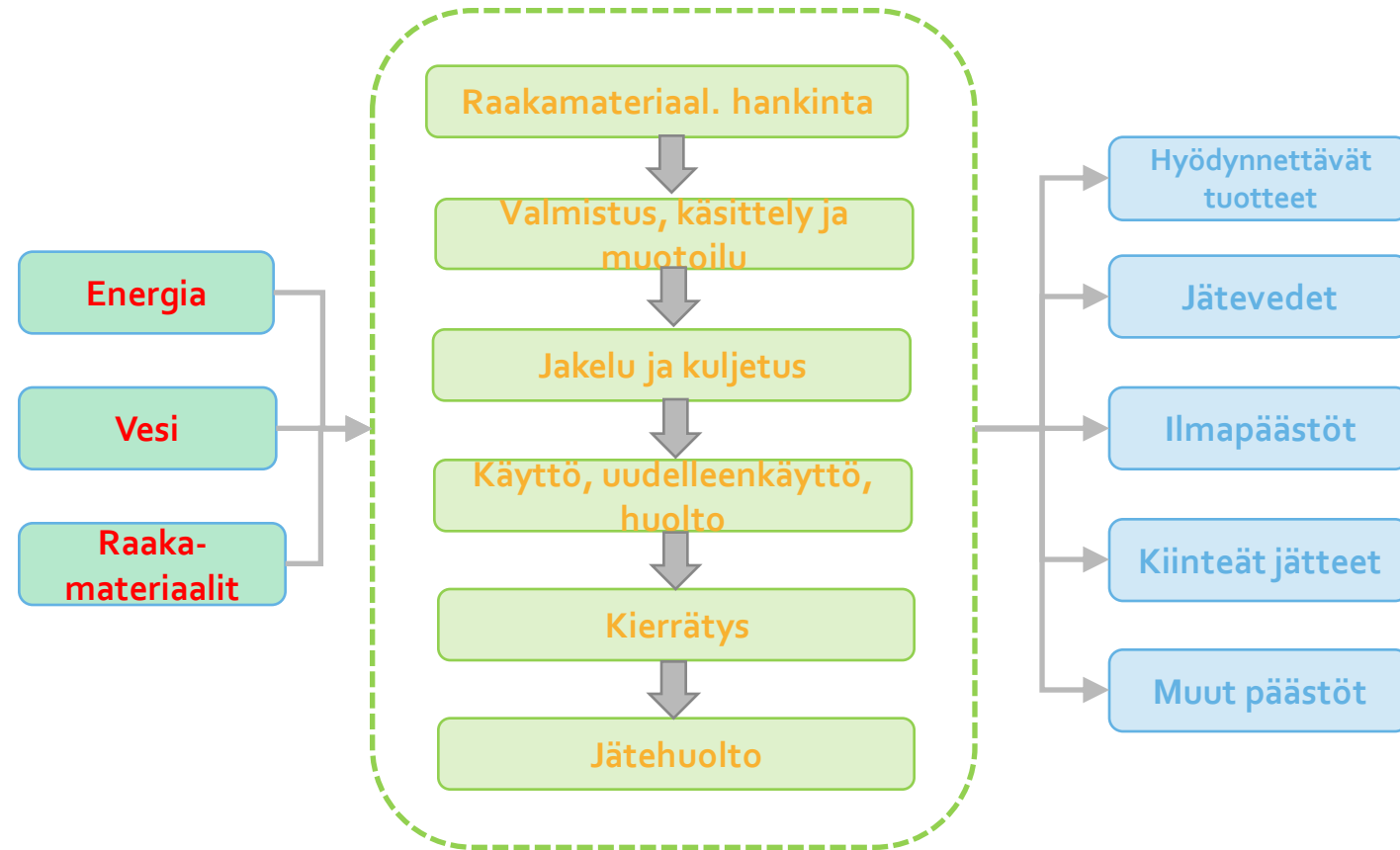


Kuva 2: kehdosta hautaan -lähestymistapa ympäristösuunnittelun kontekstissa, lähde: Riian Teknillinen yliopisto, Ympäristön ja energiajärjestelmien instituutti



# Elinkaariarviointi: Päämäärä

- Tuotejärjestelmään liittyvien materiaalien ja energian sisään- ja ulosvirtausten määrittelmä
- Vaikutusten kannalta kriittisten ympäristöpisteiden, eli "kuumien pisteiden" tarkempi tunnistaminen



Kuva 3: Tuotejärjestelmään liittyvien materiaalien ja energian sisään- ja ulosvirtaukset, uudelleenmuokattu lähteestä <https://www.slideshare.net/majidaliakbarian/lca-of-the-persian-carpet-by-majid-aliakbarian> [1]

# Miksi tehdä elinkaariarviointi?

- Vertaileva työkalu kestävän kehityksen ja ympäristövaikutusten arviointiin
- Kokonaisvaltainen lähestymistapa, jolla vältetään taakan siirtymistä
- Mahdollistaa taloudellisten kompromissien harkitsemisen
- Edistää tilannekohtaista päätöksentekoa
- Luokittelumenetelmät

# Elinkaariarvioinnin tunnuspiirteet

## Elinkaariarvioinnin järjestelmäraajat



- Kehdosta haetaan
- Resurssien käyttö & päästöt
- Keskiössä olevat prosessit ja taustaprosessit

## Elinkaariarvointimalleja



- itsenäinen vs vertaileva
- haitanjaollinen vs seurausvaikutuksellinen

Elinkaariarviointi on tapa jäsentää/organisoida elinkaaren oleelliset osat.

Se on työkalu suorituskyvyn seurantaan.

Se on malli monimutkaisesta todellisuudesta, joka heijastaa :

- ✓ Tuotteen elinkaarta,
- ✓ Sen vaikutuksia ja seurauksia meidän ja ekosysteemien terveyteen, resurssien saatavuuteen jne...

Jokainen malli on yksinkertaistus todellisuudesta.



LowTEMP2.0

# 3. Elinkaariarvioinnin metodologia ISO14040-44 –standardin mukaan



Lähde: kuva MS Powerpointin tietokannan kuvapankista [3].

## Elinkaariarvioinnin metodologia

### ISO standardit

#### ISO 14040

- Julkaistiin vuonna 1997
- Periaatteet ja viitekehys
- Tuotejärjestelmän määritelmä

#### ISO 14044

- Uudempi versio vuodelta 2006
- Vaatimukset ja ohjeistukset
- Elinkaariarvioinnin metodologian kuvaus

#### ISO 14047, 14048, 14049

- Vaikutusten arviointi
- Tietojen dokumentaation muoto
- Tavoitteen ja sovellusalan määrittely sekä inventaario-analyysi

# Elinkaariarvioinnin metodologia

## ISO 14044:2006

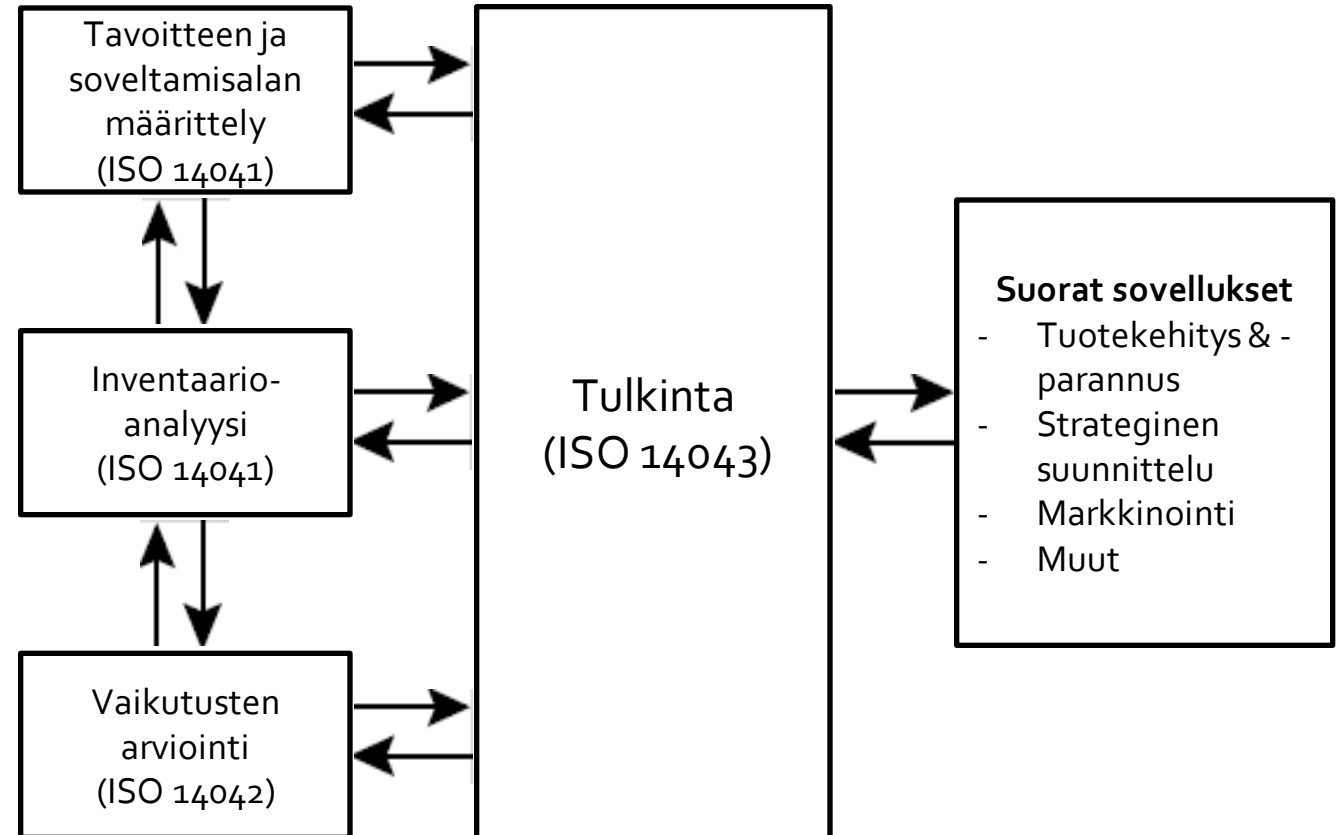
### Elinkaari- arvioinnin vaiheet

Tavoite ja soveltamisala

Inventaarioanalyysi

Vaikutuksen arvionti

Tulkinta



Kuva 4: ISO-Standardi 14044:2006 kaavio, Lähde: uudelleenmuokattu EN ISO 14044-2006 – standardista [4]

# Tavoite ja soveltamisala



LowTEMP2.0

## Tavoite:

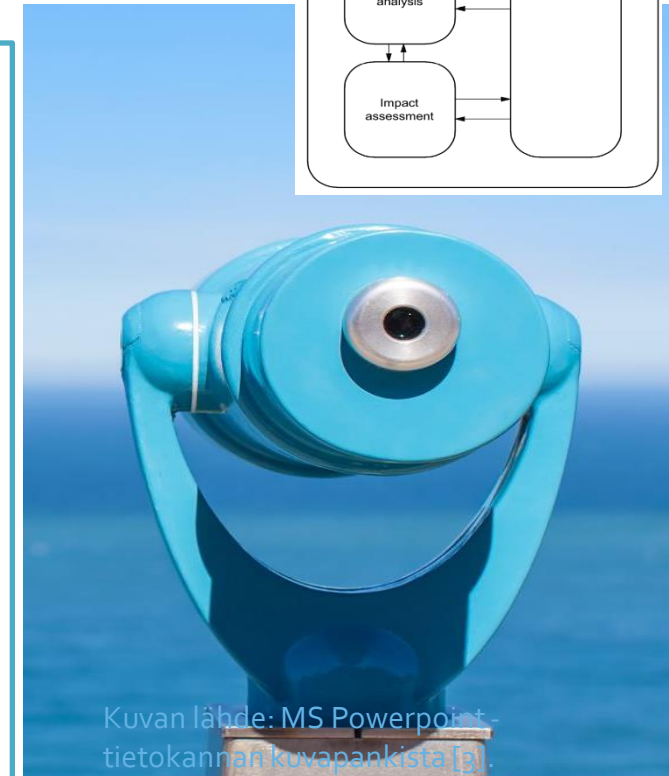
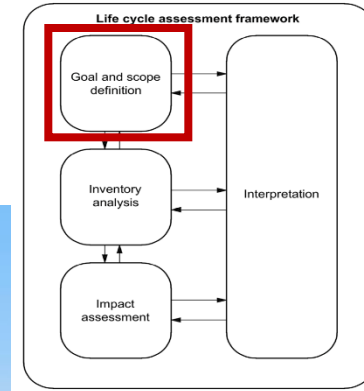
- Päämäärä/syyt, miksi arviointi tehdään
- Suunniteltu tuettava sovellus/päätös
- Suunniteltu yleisö
- Käytetäänkö tuloksia julkistettavissa vertailuväitteissä

## Laajuus:

- Tutkitun tuotteen, toimintayksikön (functional unit, FU), järjestelmärajojen, vaikutusten ja arviointikriteerien, tietovaatimusten sekä allokointimenettelyjen määritelmät.
- Kaukolämpöjärjestelmien osalta laajuuden puitteissa olisi arvioitava ympäristönsuojelun taso ennalta määritetyissä rajoissa, jotka sisältävät energialähteen, jakeluverkon ja lopullisen kysynnän.

## Toimintayksikkö (FU):

- Tarjoaa referenssin, johon panoksia ja tuotoksia voidaan verrata, jotta varmistetaan elinkaariarvioinnin tulosten vertailukelpoisuus yhteiseltä pohjalta
- Se on tuotejärjestelmän määrällinen suorituskyky

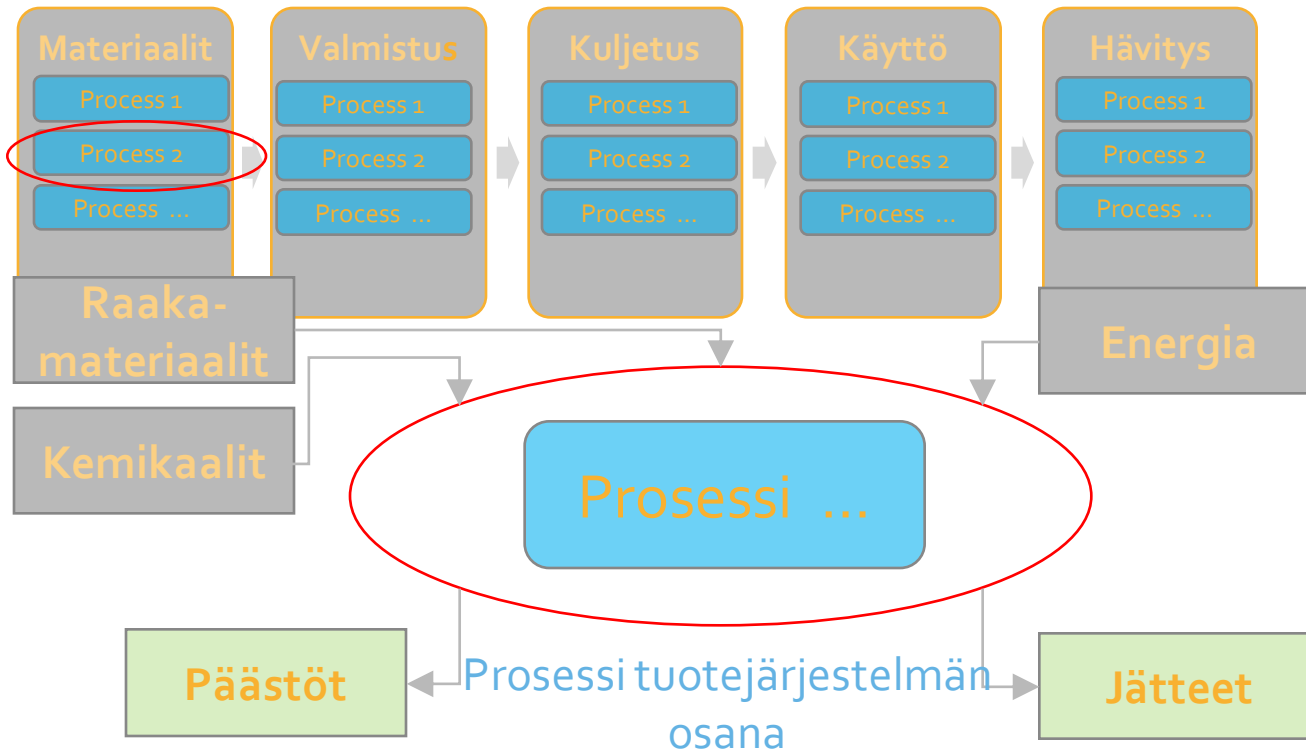


Kuvan lähde: MS Powerpoint-tietokannan kuvapankista [3].



LowTEMP2.0

# Elinkaari-inventaario (Life Cycle Inventory, LCI)



Kuvan lähde: MS Powerpoint-tietokannan kuvapankki [3].



1. Vuokaavion piirtäminen ja tiedonkeruu

2. Tuotejärjestelmän malli

3. Tulosten arviointi ja niistä raportointi

Energian, veden ja materiaalien käytön sekä ympäristöpäästöjen (esim. päästöt ilmaan, kiinteiden jätteiden hävittäminen, jätevesipäästöt) tunnistaminen ja kvantifioiminen.



# Elinkaaren vaikutusarviointi (Life-cycle impact assessment, LCIA)

Inventointitulosten vaikutusten mallintaminen suojelualueille useiden ympäristövaikutusreittien kautta

- Arvioi mahdollisten ympäristövaikutusten merkitystä elinkaari-inventaarion avulla
- Inventointitiedot ja päästölaskelmat jaotellaan erityisiin ympäristövaikutuskategorioihin
- Kunkin vaikutuskategorian ympäristövaikutus mitataan luokkaindikaattoreiden avulla

Ihmisten terveys  
Luonnonympäristö  
Luonnonvarat

# Elinkaaren vaikutusarviointi

## Pakolliset elementit

Vaikutuskategorioiden, kategoriaindikaattorien ja karakterisointimallin **valinta**



**Luokittelu:** elinkaari-inventaarion tulosten luokittelu



**Karakterisointi:** kategoriaindikaattorien tulosten laskenta



**Tulokset:** indikaattorit, elinkaaren vaikutusten arviointi



## Valinnaiset elementit

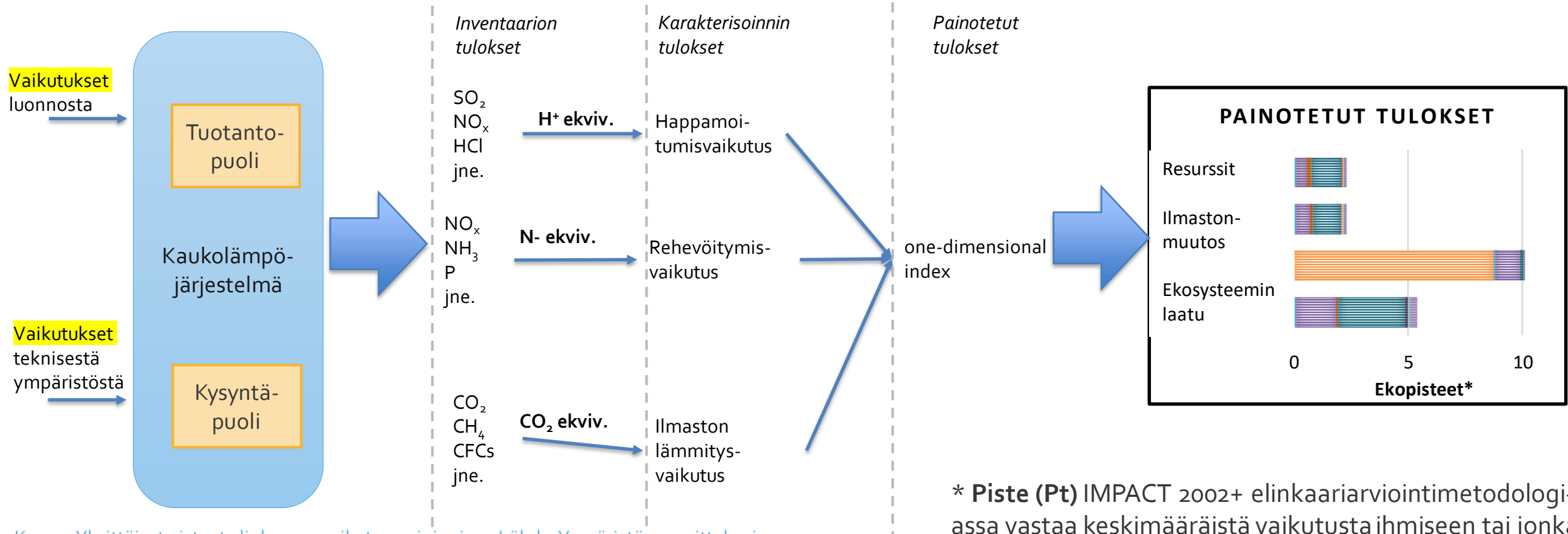
**Standardointi:** kategoriaindikaattorien laskenta viitetietoihin verraten  
**Ryhmittely**  
**Painotus**

LCI:n tulokset	Ilmastonmuutos	Happamoituminen	Hiukkaspäästöt
1000 g CO <sub>2</sub>	x 1 = 1000		
10 g SO <sub>2</sub>		x 1.31 = 13.1	x 0.061 = 0.61
5 g N <sub>2</sub> O	x 298 = 1490	x 0.74 = 3.7	x 0.0072 = 0.036
4 g PM <sub>2.5</sub>			x 1 = 4
<b>Karakterisoidut tulokset</b>	<b>2.49 kg CO<sub>2</sub>-eq.</b>	<b>0.0168 mol H<sup>+</sup>-eq.</b>	<b>0.0046 kg PM<sub>2.5</sub>-eq.</b>
<b>Standardoidut tulokset</b>	<b>0.000366 HIöä*vuosi</b>	<b>0.00034 HIöä*vuosi</b>	<b>0.00169 HIöä*vuosi</b>
<b>Painottava tekijä</b>	x 23	x 4.2	x 6.6
<b>Painotetut tulokset</b>			<b>0.021 pt</b>

Kuva 6: Elinkaaren vaikutusarvioinnin normalisoidut tulokset, Lähde: Ympäristösuunnittelun ja elinkaariarvioinnin kurssi Riian Teknillisessä yliopistossa, Energijärjestelmien ja ympäristön instituutissa: "Advanced modelling in SimaPro- course material, Pre-consultants, May 2013" [5].

Kuva 5: Elinkaaren vaikutusarviointi ISO-Standardien 14044:2006 mallin mukaisesti, Lähde: uudelleenmuokattu EN ISO 14044-2006:sta [4].

# Elinkaaren vaikutusarviointi



Kuva 7: Yksittäiset pisteet elinkaaren vaikutusarvioinnissa, Lähde: Ympäristösuunnittelun ja elinkaariarvioinnin kurssi Riian Teknisessä yliopistossa, Energiajärjestelmien ja ympäristön instituutissa Uudelleenmuokattu teoksesta Henrikke Baumann, Anne-Marie Tillman. The Hitch Hiker's Guide to LCA: an orientation in life cycle assessment methodology and application, 2004 [6]

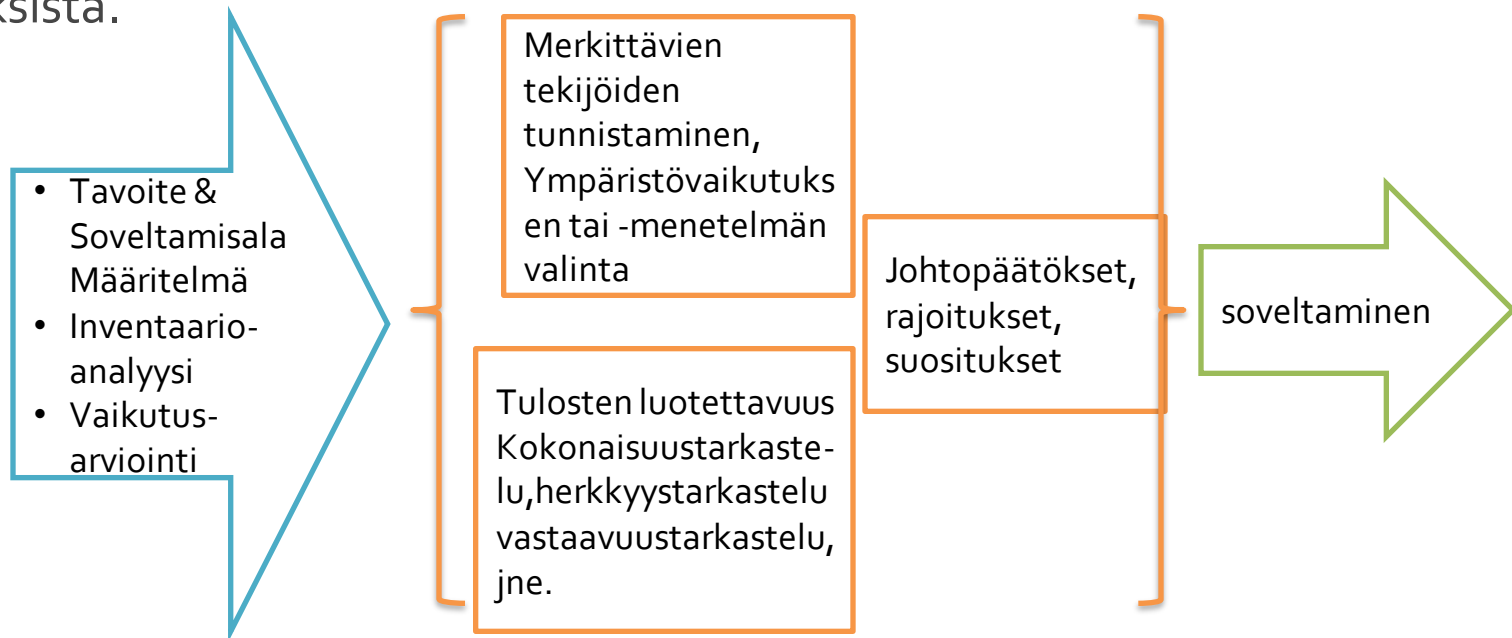
\* **Piste (Pt) IMPACT 2002+** elinkaariarviointimetodologiassa vastaa keskimääräistä vaikutusta ihmiseen tai jonka ihminen on aiheuttanut tietyssä kategoriassa yhden vuoden aikana Euroopassa.

# Elinkaaritulkinta (Life Cycle Interpretation, LCI)

Tulkinnassa tarkastellaan useita osa-alueita: ympäristövaikutusten kannalta merkittävien tekijöiden tunnistamista tulosten perusteella, kokonaisuus- ja herkkyystarkastelujen arviointia sekä keskustelua johtopäätöksistä, rajoituksista ja suosituksista.




Kuvan lähde: MS Powerpoint-tietokannan kuvapankki [3].





# 4. (Matalan lämpötilan) kaukolämpö ja elinkaariarviointi

# Elinkaariarvioinnin hyödyt kaukolämpöjärjestelmien kannalta

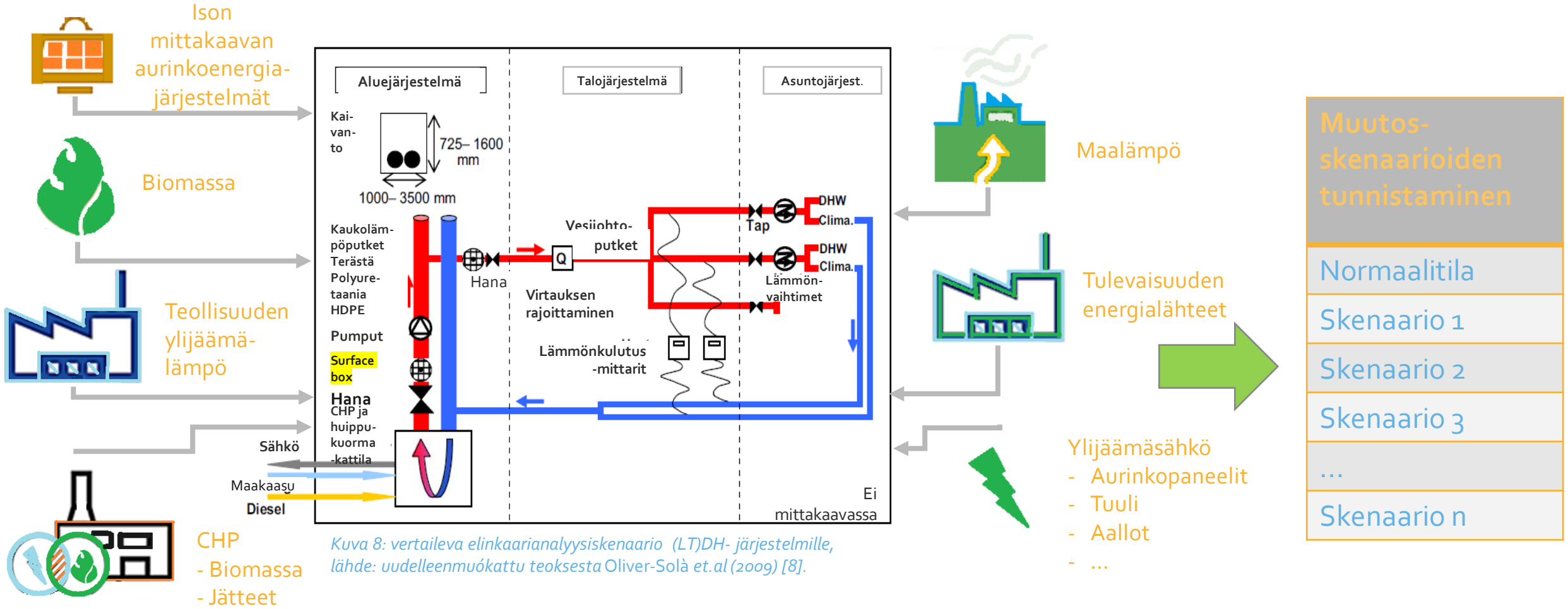
- **Määritä päivitetty tietoluettelo kaikista kaukolämmön alajärjestelmistä** käytettäväksi lisävertailuarvoina
  - Selvitä, **mitkä kaukolämpöjärjestelmän alajärjestelmät ja osat vaikuttavat** infrastruktuurin yleiseen **ympäristönsuojelun tasoon**
  - **Tarjoo ekologiseen suunnitteluun perustuvia vaihtoehtoja**, jotka voidaan toteuttaa **kuntien energiastrategioissa**, mukaan lukien kestävän energiankäytön ja ilmaston toimintasuunnitelmassa (SECAP)
  - Vertailu **tavanomaisiin kaukolämpöskenaarioihin** (esim. maakaasua käyttävään jakeluverkkoon)
- 
- Elinkaariarviointien tulokset voivat kiinnostaa:
    - energiasuunnittelu- ja energiayhtiöitä
    - Insinöörejä
    - Kaukolämpöverkko-operaattoreita
    - Viranomaisia ja
    - Päätöksentekijöitä
    - Tutkijoita/elinkaariarvioitsijoita



# Uusinta elinkaariarviointitutkimusta kaukolämpöön liittyen

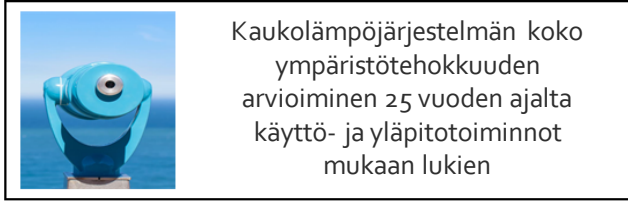
Kirjailija, julkaisuvuosi	Menetelmä	Tutkimusaihe	Ohjelmisto
Oliver-Sola, 2009	LCA ISO 14044	Kaukolämpöinfrastruktuuri 100 m pituisella kadunpätkällä 10 korttelin alueella, jossa on kussakin 24 asuntoa	Gabi 4
Nitkiewicz, 2014	LCA ISO 14044	Matalalämpölaite sähkölämpöpumpulla, absorptiolämpöpumpulla ja kaasukattilalla	SimaPro 7.3.2
Parajuli, 2014	LCA	Kaukolämmön tuotanto olkikäyttöisessä sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitoksessa	SimaPro 7.3.3
Ivner, 2015	LCA ISO 14044	Teollisuuden ylijäämälämmön käyttö kaukolämpöjärjestelmässä	SimaPro ohjelmisto ja ENPAC työkalu
Sandvall, 2017	TIMES	Pienen kaupungin, keskikokoinen ja suuri kaukolämpöjärjestelmä, jolla on erityispiirteitä kaukolämmön syöttötekniikoiden ja polttoaineen käytön	TIMES_UH model
Bartolozzi, 2017	LCA ISO 14040 ja 14044	Lämmitys ja jäähdytys 1000 asukkaan asuinalueella (vastaa 250 asuntoa) Toscanassa, Italiassa	SimaPro 8.02
Havukainen, 2018	LCA ISO 14040 ja 14044	Pienimuotoinen metsäbiomassalla toimiva CHP-laitos, joka sijaitsee Saimaanharjulla, Taipalsaarella	GaBi 6.0
Pericault, 2018	LCA ja LCC	Viiden vaihtoehdoisen vesihuolto-, puhtaanapito ja lämmitysratkaisun järjestelmäprosessit Gallivareissa, Ruotsissa	Open LCA

# Kuinka kaukolämpöjärjestelmän elinkaariarviointi kootaan



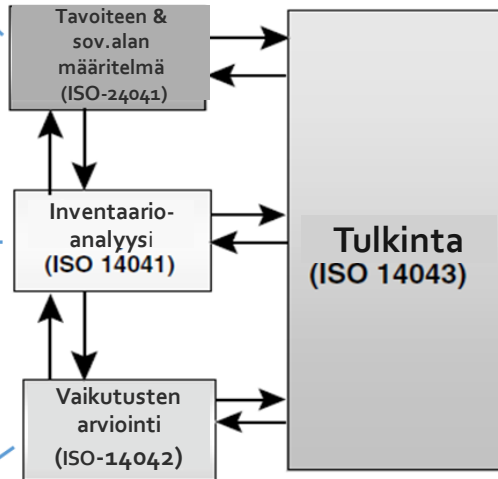
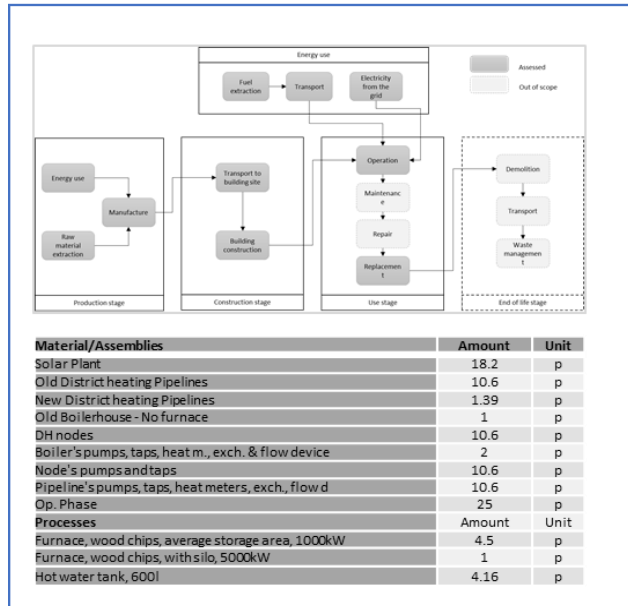


# Kuinka suunnitella elinkaariarviointi (LCA) DH -järjestelmälle



Kaukolämpöjärjestelmän koko ympäristötehokkuuden arviointi 25 vuoden ajalta käyttö- ja ylläpitotoiminnot mukaan lukien

Kuvan lähde: MS Powerpoint-tietokannan kuvapankki [3].



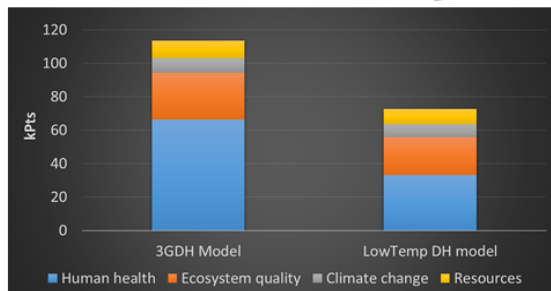
Kuvan lähde: MS Powerpoint-tietokannan kuvapankki [3].

Ympäristösuunnittelu-ratkaisu

Toteutettava SECAP\* kaukolämpö-strategia

**SECAP = kestävän energiankäytön ja ilmaston toimitasuunnitelma**

Lähde: ISO-Standardin 14044:2006 kaavio, Lähde: uudelleenmuokattu standardista EN ISO 14044-2006 [4].



Lähde: LowTEMP -hanke, <http://www.lowtemp.eu/wp-content/uploads/2020/12/LCA-report-pilot-measure-Belava.pdf> [8].

# 5. Tapaustutkimus (matalan lämpötilan)kaukolämpöjärjestelmästä elinkaariarviointia hyödyntäen

Esimerkit:

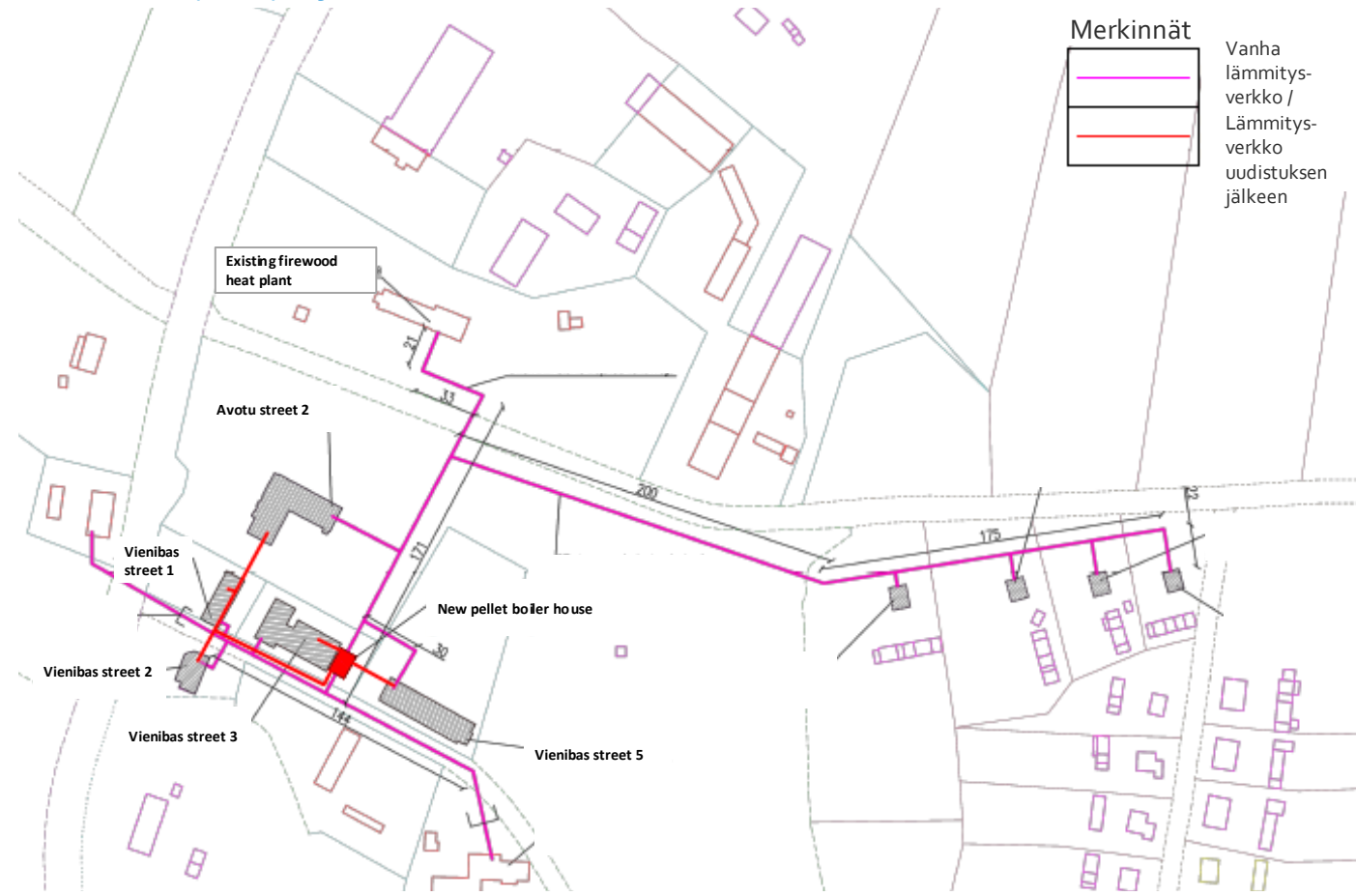
- Beļavan pitäjä Gulbenen kunnassa
- Pilottienergiastrategia (Galgauskan pitäjä Gulbenessa)

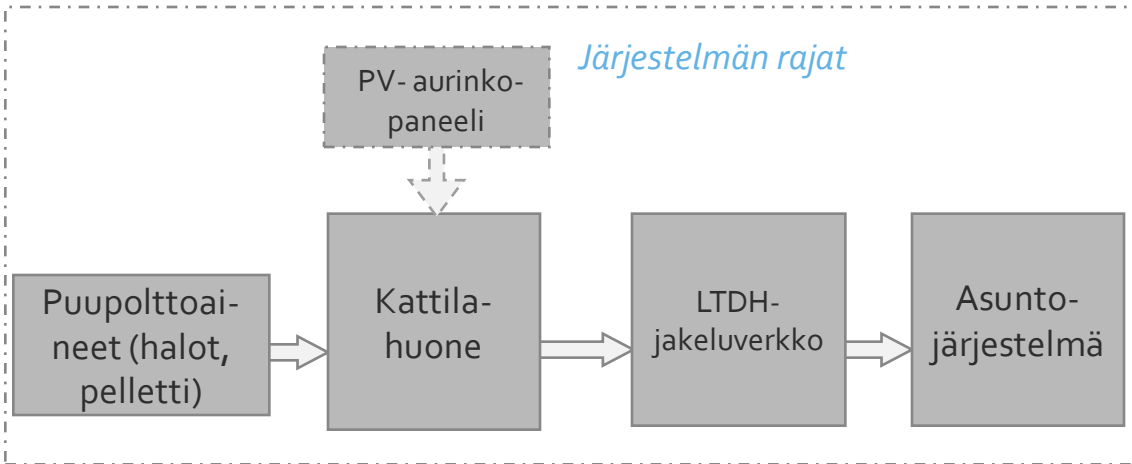
# GoA 4.2 – Elinkaariarviointisuunnitelma Gulbenen kunnan Beļavan pitäjälle

Kuva 9: Beļavan pitäjän LTDH-verkko, Lähde: M. Feofilovs et al., 2019 [9].

## GULBENEN PILOTTITOIMI

- Entisen 3. sukupolven tyyppisen kaukolämpöverkon täydellinen muuntaminen uudeksi matalan lämpötilan kaukolämpöjärjestelmäksi
- **Vanha järjestelmä:** puulämmitteisellä kattilalla toimiva kattilahuone ja kunnostamaton jakeluverkko
- **Uusi järjestelmä:** matalan lämpötilan kaukolämpöjärjestelmä (LTDH) 0,2 MW uudella pellettikattilalla, uudella jakeluverkolla ja etätiedonvalvontajärjestelmällä





Kuva 10: Elinkaariarvioinnin järjestelmärajat Belavan pitäjän LTDH-verkolle.

Skenaario	Ominaisuudet
1	Uusi kaukolämpöjärjestelmä 90/60
2	Uusi matalan lämpötilan kaukolämpöjärjestelmä 60/35 sekä aurinkopaneelit
3	Uusi matalan lämpötilan kaukolämpöjärjestelmä 60/35
4	Vanha kaukolämpöjärjestelmä 90/60

## TOIMINTAYKSIKKÖ

*Lämpöenergian tuotanto lämmitettävälle alueelle kaukolämpöjärjestelmän tietyn oletetun käyttöiän aikana*

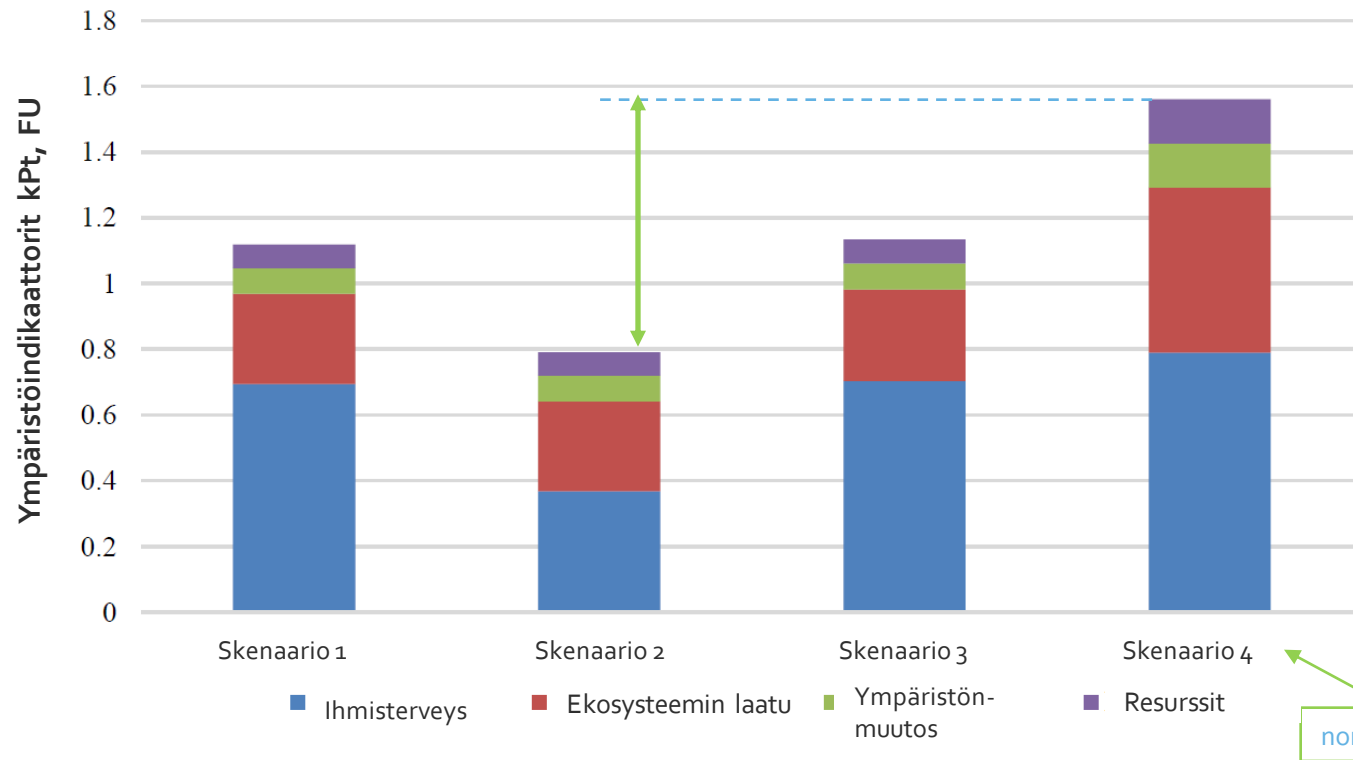


# Elinkaari-inventaario

Part of DH	Materials / Assemblies / Processes	Amount	Unit		
New boiler house	Steel, low-alloyed	113.3	kg		
	Steel, chromium steel 18/8	390.1	kg		
	Concrete, sole plate and foundation	4.2	m3		
	Sand	14	kg		
New DH pipeline network	Chromium steel pipe	10639.4	kg		
	Polyurethane, rigid foam	816.8	kg		
	Polyethylene, low density, granulate	2038.7	kg		
	Concrete block	2901	kg		
	Sand	323.5	kg		
	Cast iron	283	kg		
	Copper	15	kg		
	Pitch	10	kg		
	Alkyd paint, white, without solvent, in 60 % solution state	7.2	kg		
	Gravel, crusher	DH nodes	Steel, low-alloyed	256.8	kg
	Mastic asphalt	Stone wool	1.2	kg	
	Cable, three-core	Cast iron	132	kg	
	Concrete, sole	Copper	9	kg	
	Metal working, Extrusion, plastic	Brass	61.6	kg	
Metal working, Metal working,	Stone wool	1805.1	kg		
Metal working, Extrusion,	Alkyd paint, white, without water, in 60 % solution state	4.8	kg		
Welding, arc, s	Cable, ribbon cable, 20-pin, with plugs	15	kg		
Excavation, hydraulic	Metal working, average for steel product manufacturing	256.8	kg		
	Metal working, average for metal product manufacturing	132	kg		

Lähde: M. Feofilovs et al., 2019 [9].

# Ympäristövahinkojen arviointi



- Ympäristövahingot: vähennys noin 50 %
- Suurin vaikutus: käyttövaihe
- Vaikutus rakennus- ja kunnossapitovaiheessa on marginaalinen
- Merkittävä vähennys:
  - lämpenemisvaikutuksessa (62 %)
  - ekosysteemin kannalta (54%)

Kuva 11: neljän skenaarion ympäristöpisteet, Lähde: M. Feofilovs et al., 2019 [9].

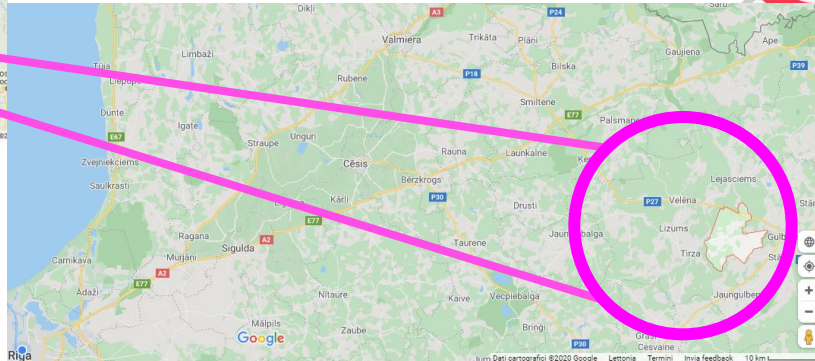
# Galgauskan pitäjä

## Pilot Testing Measures

Click on the pins to learn more about the activities in the different municipalities.



Kuva 12a: Belavan (Gulbenen kunnan) pilottitestaustoimi, <http://www.lowtemp.eu/map/>, [10]



Kuva 12b: Belavan (Gulbenen kunnan) pilottitestaustoimi, Lähde: <https://www.google.lv/maps> [11]



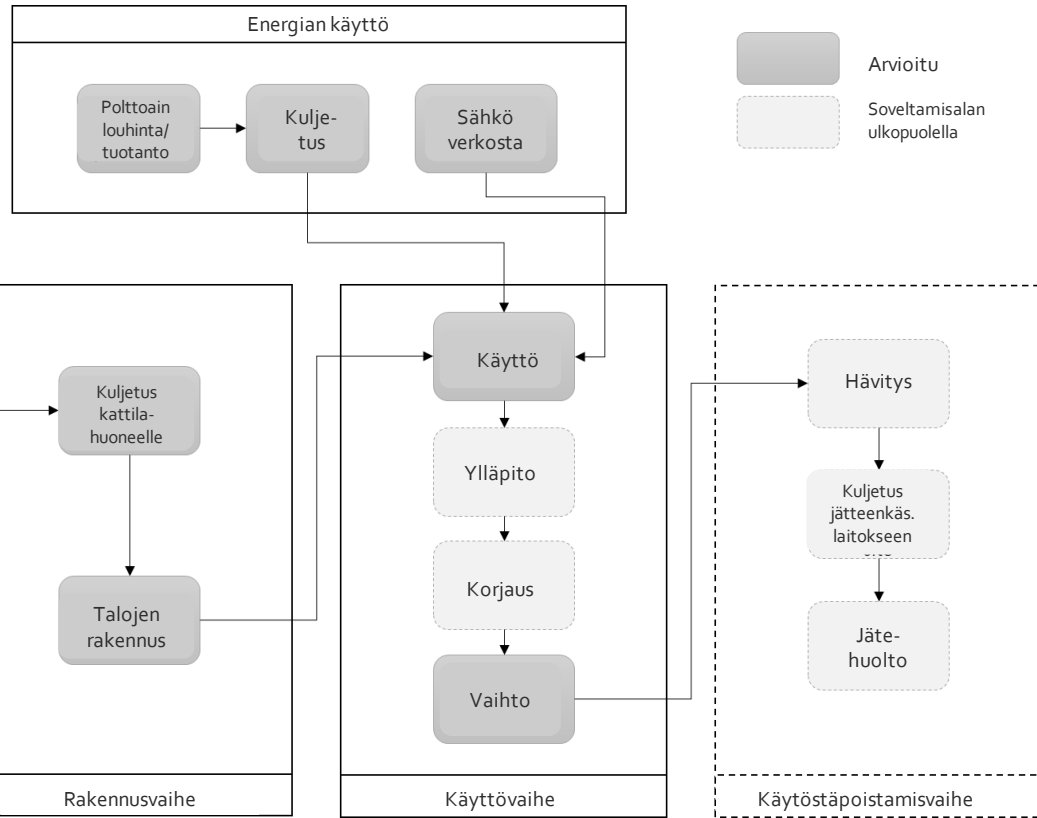
## Tavoite & laajuus

- ⑩ Arvioida Galgauskan kunnan nykyisen kaukolämpöjärjestelmän ympäristövaikutukset
- ⑩ Arvioida mahdollisen LTDH -järjestelmän ympäristövaikutukset.
- ⑩ Toimintayksikkö: kaukolämpöjärjestelmän rakentaminen, käyttö ja ylläpito oletetun aikahorisontin aikana vaaditun lämmöntarpeen täyttämiseksi.
- ⑩ Tulosten analysointi IMPACT 2002+ -menetelmän avulla keskipiste- ja päätepisteluokissa.

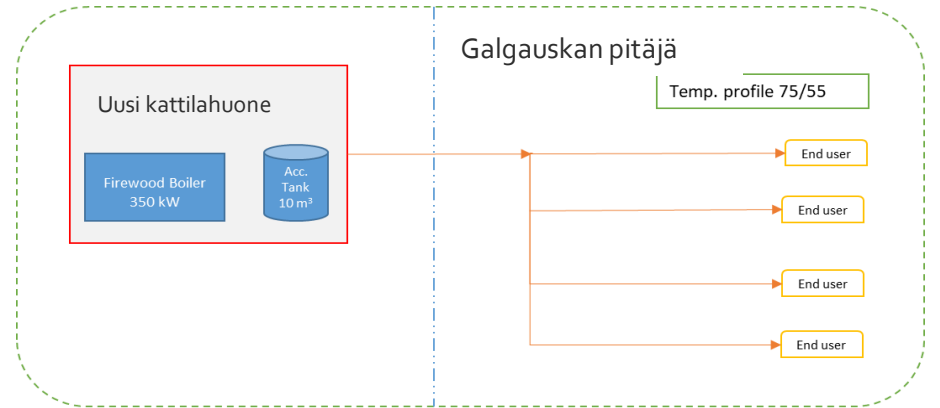
Gulbenen kunnassa ja sen pitäjissä on tällä hetkellä käytössä 3. sukupolven kaukolämpöjärjestelmä. Mutta matalalämpöisen kaukolämpöverkon kehittämisen avulla pyritään energiatehokkaampaan suorituskäyttöön.

# Gulbenen kaupunki – Järjestelmän rajat

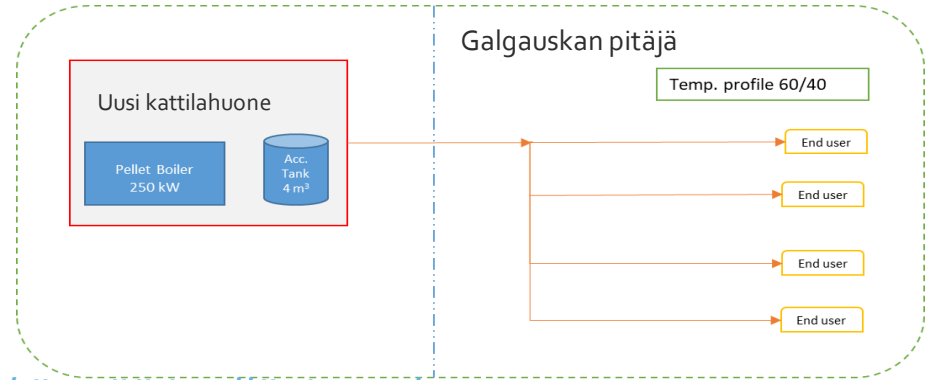
Lähde: LowTEMP -hanke, <http://www.lowtemp.eu/wp-content/uploads/2020/12/LC-A-report-pilot-measure-Belava.pdf> [8].



## Skenaario 1



## Skenaario 2



**TOIMINTAYKSIKKÖ:** toimintayksikkö tarkoittaa kaukolämpöjärjestelmän käyttöä ja ylläpitoa oletetun aikahorisontin aikana Gulbenen kunnan ja eri pitäjien lämmöntarpeen täyttämiseksi.





# Gulbenen kunta – Elinkaari-inventaario

## UUSI KATTILAHUONE

Material/Assemblies in SimaPro	Amount	Unit
Steel, low-alloyed {GLO}  market for   APOS, U	113,3	kg
Steel, chromium steel 18/8 {GLO}  market for   APOS, U		
Concrete, sole plate and foundation {CH}  market for   APOS, U		
Sand {GLO}  market for   APOS, U		
Polyurethane, rigid foam {GLO}  market for   APOS, U		
Cast iron {GLO}  market for   APOS, U		
Brass {CH}  market for brass   APOS, U		
Stone wool {GLO}  market for stone wool   APOS, U		

Lähde: LowTEMP project, <http://www.lowtemp.eu/wp-content/uploads/2020/12/LCA-report-pilot-measure-Belava.pdf> [8].

## Uudet kaukolämpöputkistot

Material/Assemblies in SimaPro	Amount	Unit
Steel, low-alloyed {GLO}  market for   APOS, U	10639,4	kg
Polyurethane, rigid foam {RoW}  market for polyurethane, rigid foam   APOS, U	816,8	kg
Polyethylene, low density, granulate {GLO}  market for   APOS, U	2038,7	kg
Concrete block {GLO}  market for   APOS, U	2901	kg

## KÄYTTÖVAIHE – Galgauskan 1 skenaario

Material/Assemblies in SimaPro	Amount	Unit
Roundwood, from sustainable forest management, under bark {GLO}  market for   APOS, U	950	m3
<b>Processes</b>		
Heat, district or industrial, other than natural gas {RoW}  heat production, hardwood chips from forest, at furnace 300kW	926	MWh
Electricity, medium voltage {LV}  market for   APOS, U	13,9	MWh

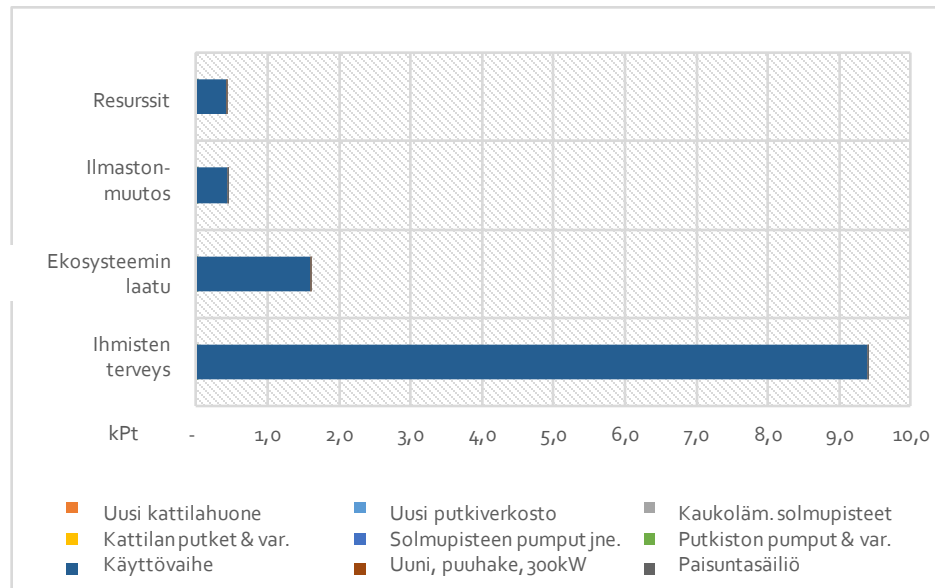
## KÄYTTÖVAIHE – Galgauskan vihrein skenaario

Material/Assemblies in SimaPro	Amount	Unit
Wood pellet, measured as dry mass {RER}  market for wood pellet   APOS, U	188	ton
<b>Processes</b>		
Heat, district or industrial, other than natural gas {RoW}  heat production, softwood chips from forest, at furnace 300kW	728	MWh
Electricity, medium voltage {LV}  market for   APOS, U	10,9	MWh

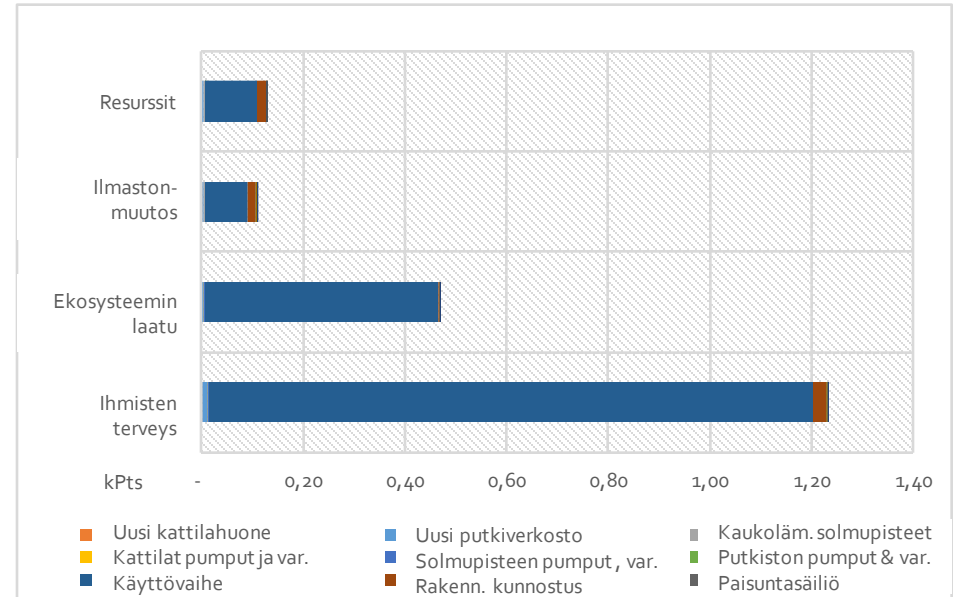
# Gulbenen kunta – Elinkaaren vaikutusarviointi

## Elinkaaren vaikutuksen arviointi

### Skenaario 1

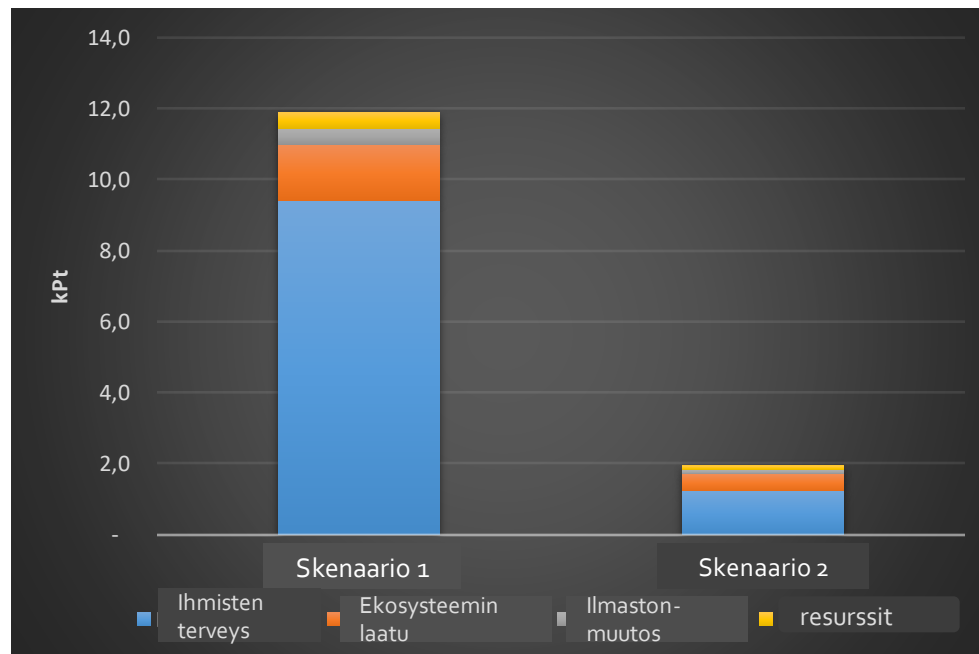


### Skenaario 2



# Gulbenen kaupunki – Elinkaaren vaikutusarviointi

## Elinkaaritulkinta



- Kun siirrytään 3. sukupolven kaukolämpöjärjestelmästä LTDH-järjestelmään saavutetaan huomattava ympäristövaikutusten vähennys kaikissa päätepesteluokissa
- Ympäristökuormitus laskee kaikissa vaikutusluokissa hankkeen elinkaaren ajan
- Suurin osa ympäristöhyödyistä saadaan ihmisten terveyden alueella, jossa saatiin yhteensä 86 % vähennys

Lähde: LowTEMP -hanke, <http://www.lowtemp.eu/wp-content/uploads/2020/12/LCA-report-pilot-measure-Belava.pdf> [8].

- [1] Lin C, Shei S. Heavy metal effects on fermentative hydrogen production using natural mixed microflora. Int J Hydrog Energy 2008;33:587–93. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijhydene.2007.09.030>.
- [2] <https://www.slideshare.net/majidaliakbarian/lca-of-the-persian-carpet-by-majid-aliakbarian>.
- [3] MS Powerpoint database image's stock.
- [4] ISO, "ISO 14044:2006," Environ. Manag. - Life cycle assesement - Requir. Guidel. ISO 14044, Int. Organ. Stand., 2006.
- [5] Ecodesign and LCA course, Riga Technical University, Institute of Energy Systems and Environment from "Advanced modelling in SimaPro- course material, Pre-consultants, May 2013".
- [6] Henrikke Baumann, Anne-Marie Tillman. The Hitch Hiker's Guide to LCA : an orientation in life cycle assessment methodology and application, Professional Publishing House, 2004, 453 pages.

- [7] Oliver-Solà, J., Gabarrell, X., Rieradevall, J., 2009a. Environmental impacts of the infrastructure for district heating in urban neighbourhoods. *Energy Policy*, 37, pp.4711–4719
- [8] LCA study of the Pilot Energy Strategy for low temperature district heating system implementation in Gulbene municipality [Online]. Available at <http://www.lowtemp.eu/wp-content/uploads/2020/12/LCA-report-pilot-measure-Belava.pdf>
- [9] M. Feofilovs et al., Life Cycle Assessment of Different Low-Temperature District Heating Development Scenarios: A Case Study of Municipality in Latvia. *Environmental and Climate Technologies*, 2019, vol. 23, no. 2, pp. 272–290
- [10] Pilot Testing Measures [Online]. Available at <http://www.lowtemp.eu/map/>
- [11] Google maps, Available at <https://www.google.lv/maps>

**Riga Technical University**  
Faculty of Electrical and Environmental Engineering  
Institute of Energy Systems and Environment

**Francesco Romagnoli, Dr.sc.ing., Prof.**  
**Fabian Diaz, M.sc., PhD student**

Azenes iela 12/1-609  
1048 Riga  
Latvia

E-mail: [francesco.romagnoli@rtu.lv](mailto:francesco.romagnoli@rtu.lv)  
Tel: +371 67089943  
[www.rtu.lv](http://www.rtu.lv)

[www.lowtemp.eu](http://www.lowtemp.eu)