Linee guida per l'analisi del ciclo di vita (LCA) per gli impianti geotermici

Isabelle Blanc, Melanie Douziech,
Paula Perez Lopez
Maria Laura Parisi, Lorenzo Tosti

5 Novembre 2020

GEOENVI Project
Tackling the environmental concerns for deploying geothermal energy in Europe

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No [818242 — GEOENVI]

GEOENVI

2 / *Gli impatti associate allo sfruttamento dell'energia geotermica*

Effetti acustici (inquinamento **acustico** durante la perforazione, la costruzione e la fase operativa)

Effetti termici (inquinamento termico, rilascio di vapore nell'aria, riscaldamento e raffreddamento del suolo dovuto all'estrazione o alla reiniezione di fluidi)

Effetti visivi /superficiali (uso del suolo, impatti sulla biodiversità)

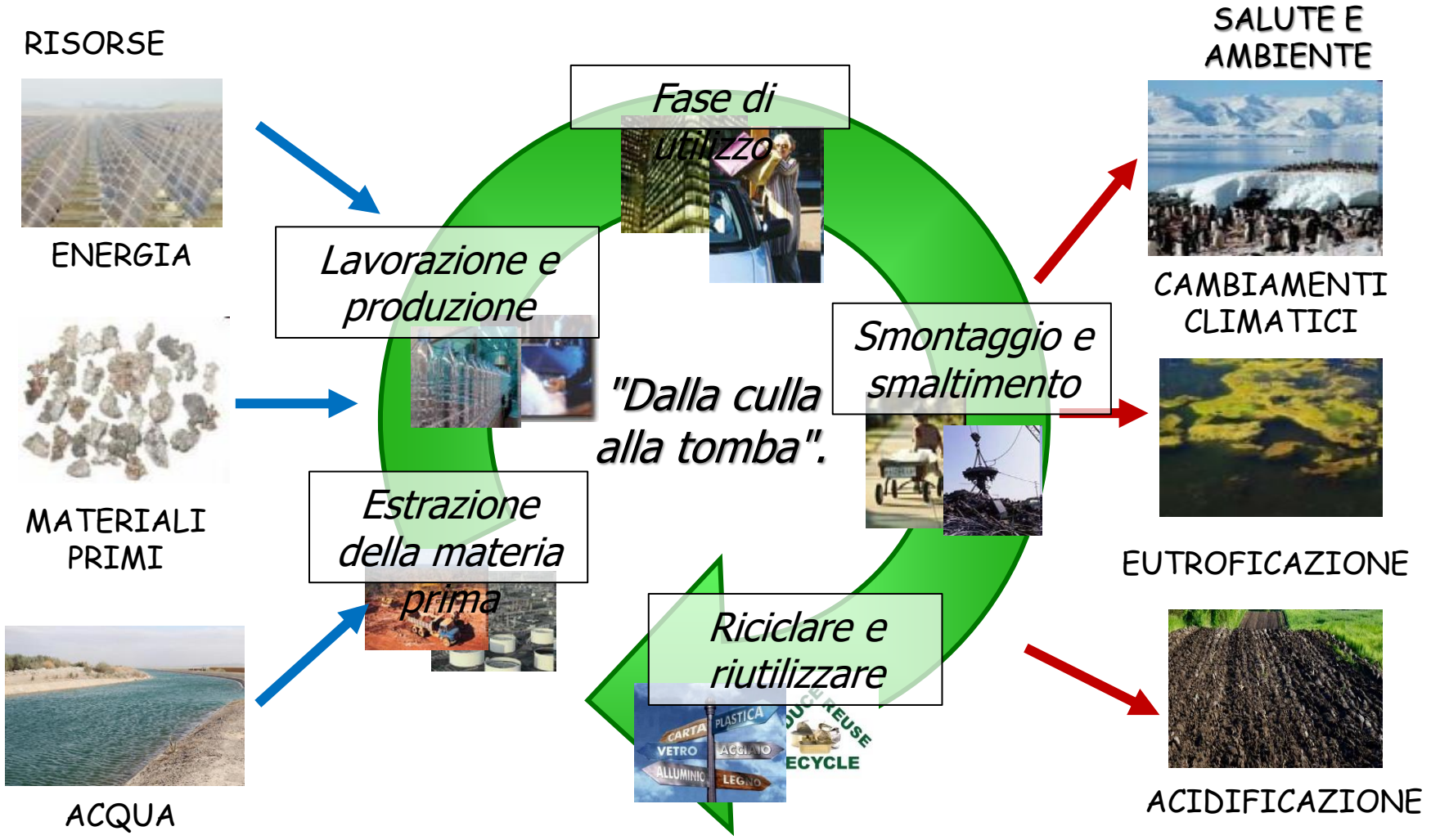
Effetti fisici (sismicità indotta e smottamenti, microsismicità, cedimento del suolo, rischio geologico, esaurimento delle risorse idriche sotterranee, radioattività naturale)

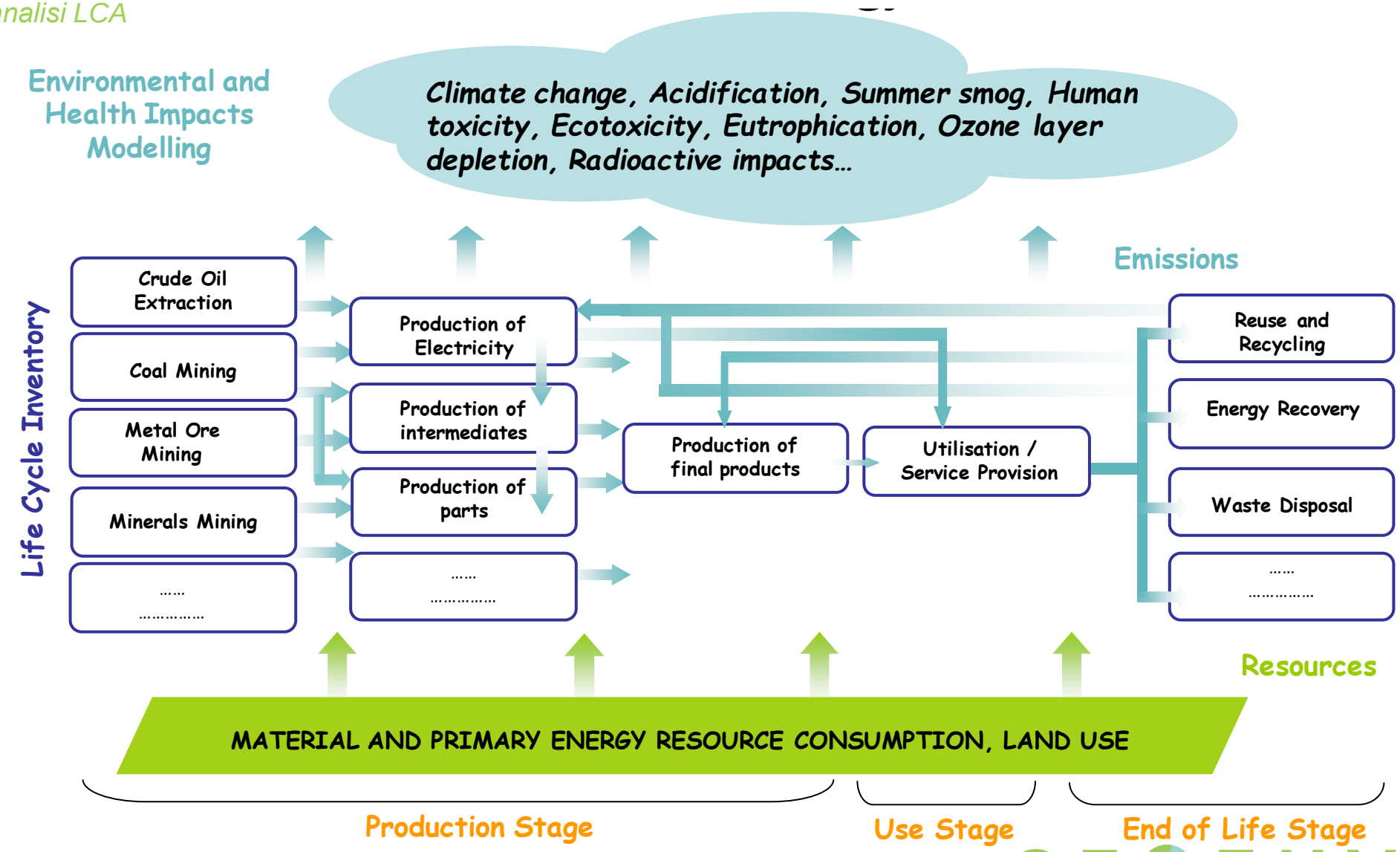
Effetti chimici (emissioni in atmosfera, gas non condensabili, reiniezione di fluidi, scarico di sostanze liquide e solide)

Al seguente link sono disponibili **maggiori dettagli sui rischi e gli impatti ambientali** relativi agli impianti geotermici: https://geoenvi.brgm.fr/

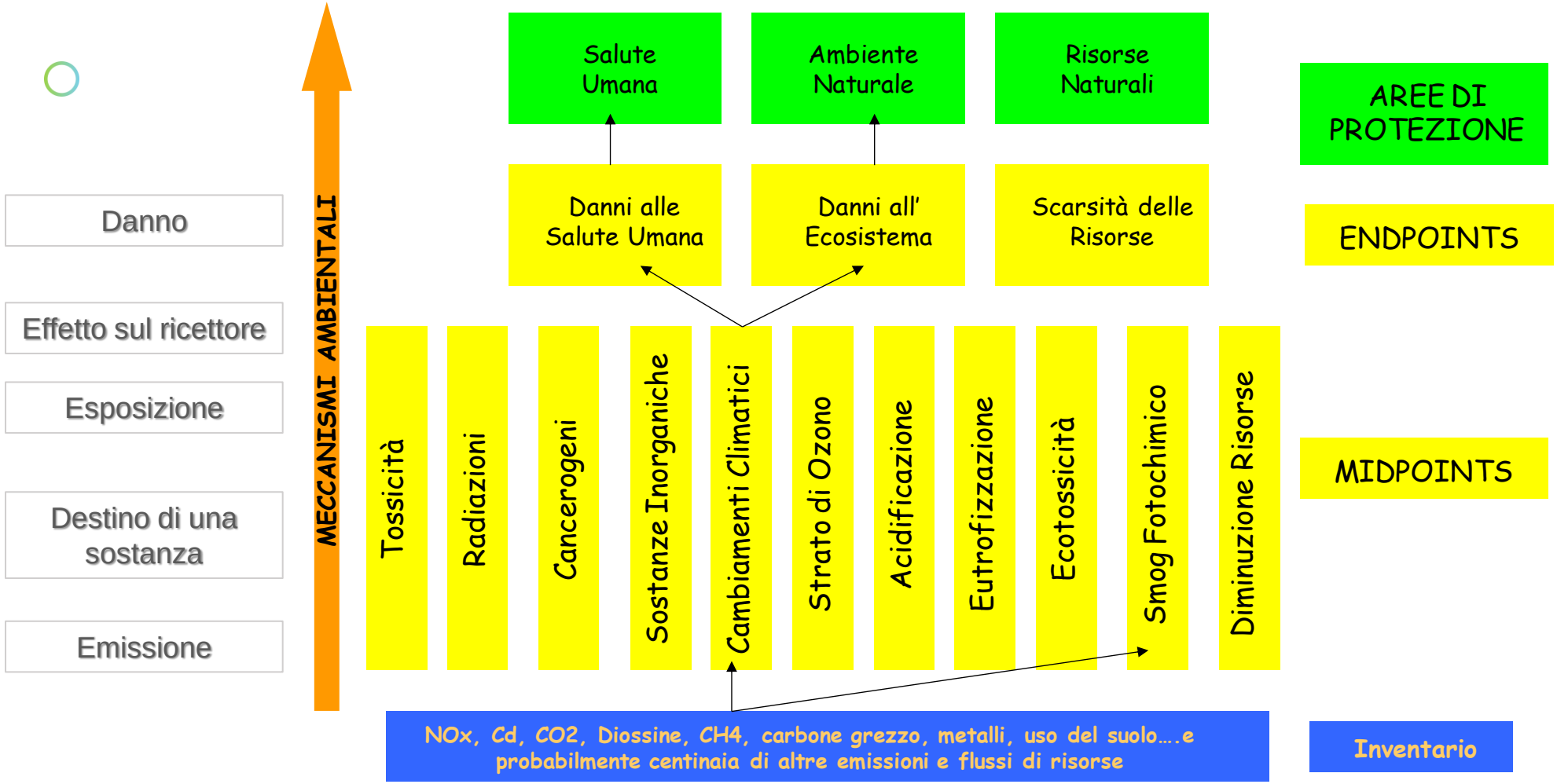
GEOENVI

Approccio LCA



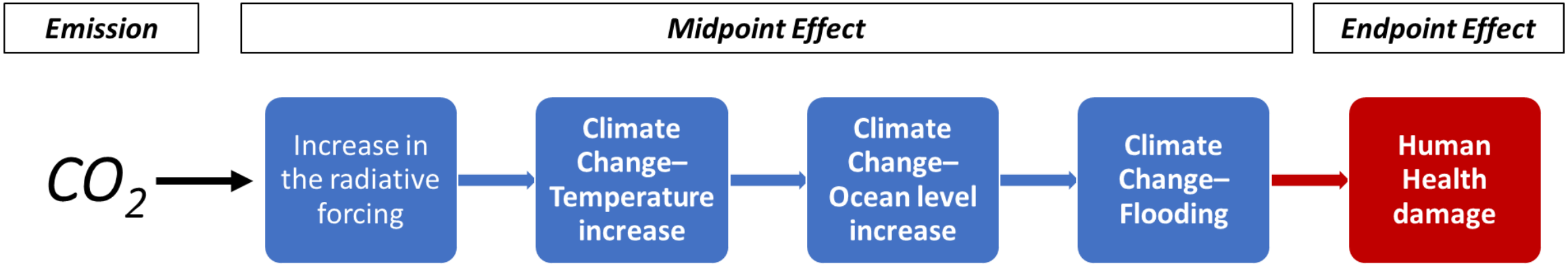

Environmental and Health Impacts Modelling
Climate change, Acidification, Summer smog, Human toxicity, Ecotoxicity, Eutrophication, Ozone layer depletion, Radioactive impacts…
Emissions
Life Cycle Inventory
Crude Oil Extraction
Coal Mining
Metal Ore Mining
Minerals Mining
……
……
Production of Electricity
Production of intermediates
Production of parts
……
……
Production of final products
Utilisation / Service Provision
Reuse and Recycling
Energy Recovery
Waste Disposal
……
……
Resources
MATERIAL AND PRIMARY ENERGY RESOURCE CONSUMPTION, LAND USE
Production Stage
Use Stage
End of Life Stage

GEOENVI


Danno
Effetto sul ricettore
Esposizione
Destino di una sostanza
Emissione
MECCANISMI AMBIENTALI
Salute Umana
Ambiente Naturale
Risorse Naturali
AREE DI PROTEZIONE
Danni alle Salute Umana
Danni all' Ecosistema
Scarsità delle Risorse
ENDPOINTS
Tossicità
Radiazioni
Cancerogeni
Sostanze Inorganiche
Cambiamenti Climatici
Strato di Ozono
Acidificazione
Eutrofizzazione
Ecotossicità
Smog Fotochimico
Diminuzione Risorse
MIDPOINTS
NOx, Cd, CO2, Diossine, CH4, carbone grezzo, metalli, uso del suolo….e probabilmente centinaia di altre emissioni e flussi di risorse
Inventario

GEOENVI

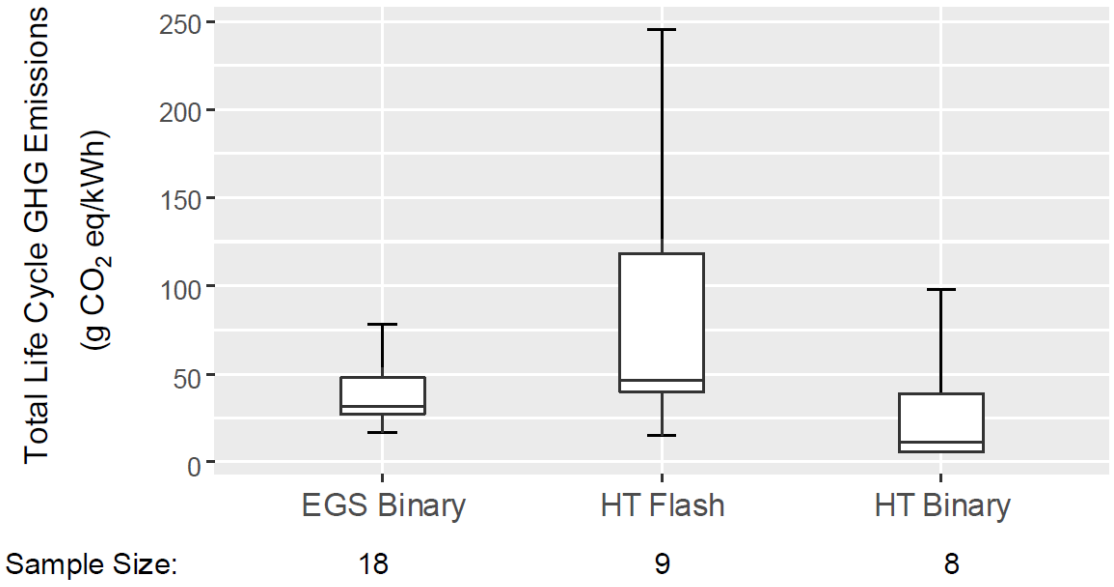
CATENA CAUSA-EFFETTO DEL MECCANISMO AMBIENTALE PER IL RILASCIO DI CO2 IN ATMOSFERA

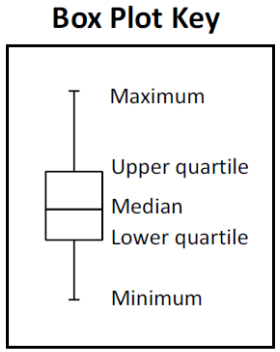


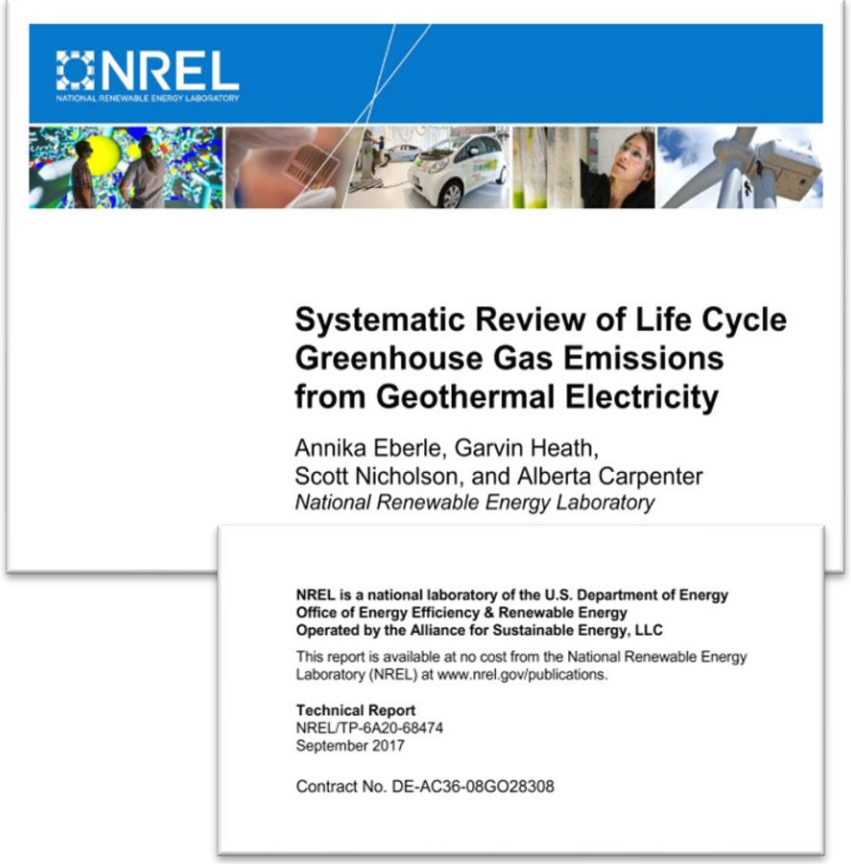
Ogni emissione ha un'interazione con l'ambiente che può essere correlata a diverse scale geografiche:

- globale (effetto serra, assottigliamento dello strato di ozono)
- regionale (acidificazione, eutrofizzazione)
- locale (formazione di smog fotochimico, uso del suolo)

7 / Review di studi LCA: rappresentatività tecnologica





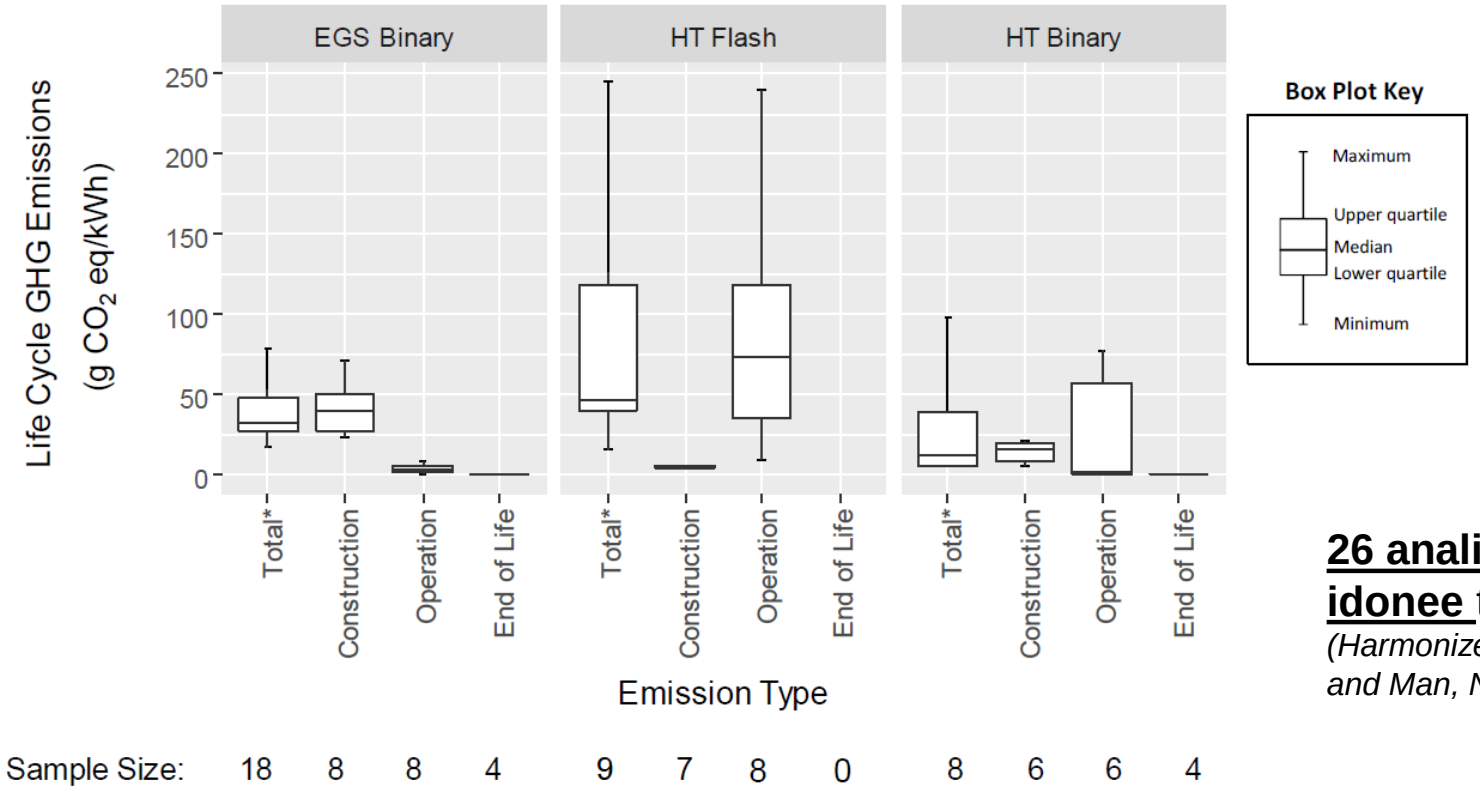


Type of geothermal systems	GHG in gCO_2eq/kWh Mediane estimate
Enhanced Geothermal Systems (EGS) Binary	32
Hydrothermal (HT) Flash	47
Hydrothermal (HT) Binary	11

<u>26 analisi LCA idonee</u>
tra 180 studi
(Harmonized method, Heath and Man, NREL, 2012)

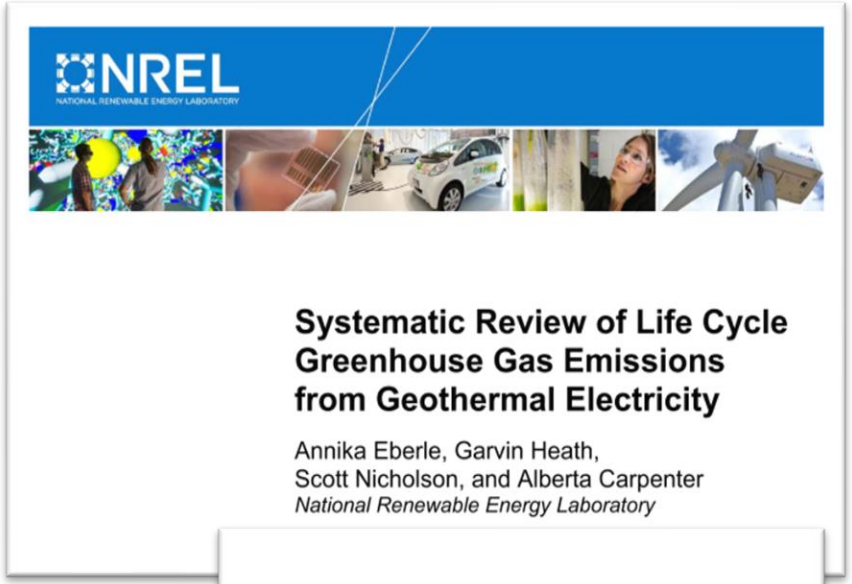
GEOENVI

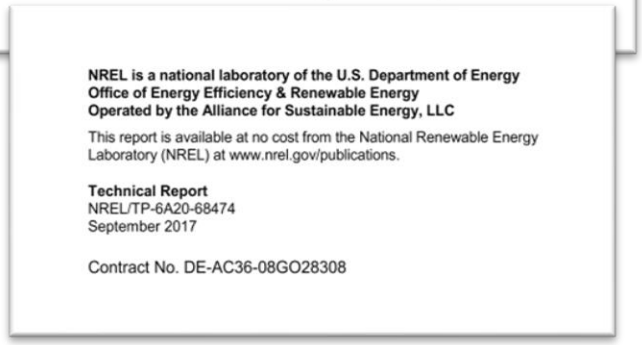
Review di studi LCA: rappresentatività tecnologica



Sample Size: 18 8 8 4 9 7 8 0 8 6 6 4

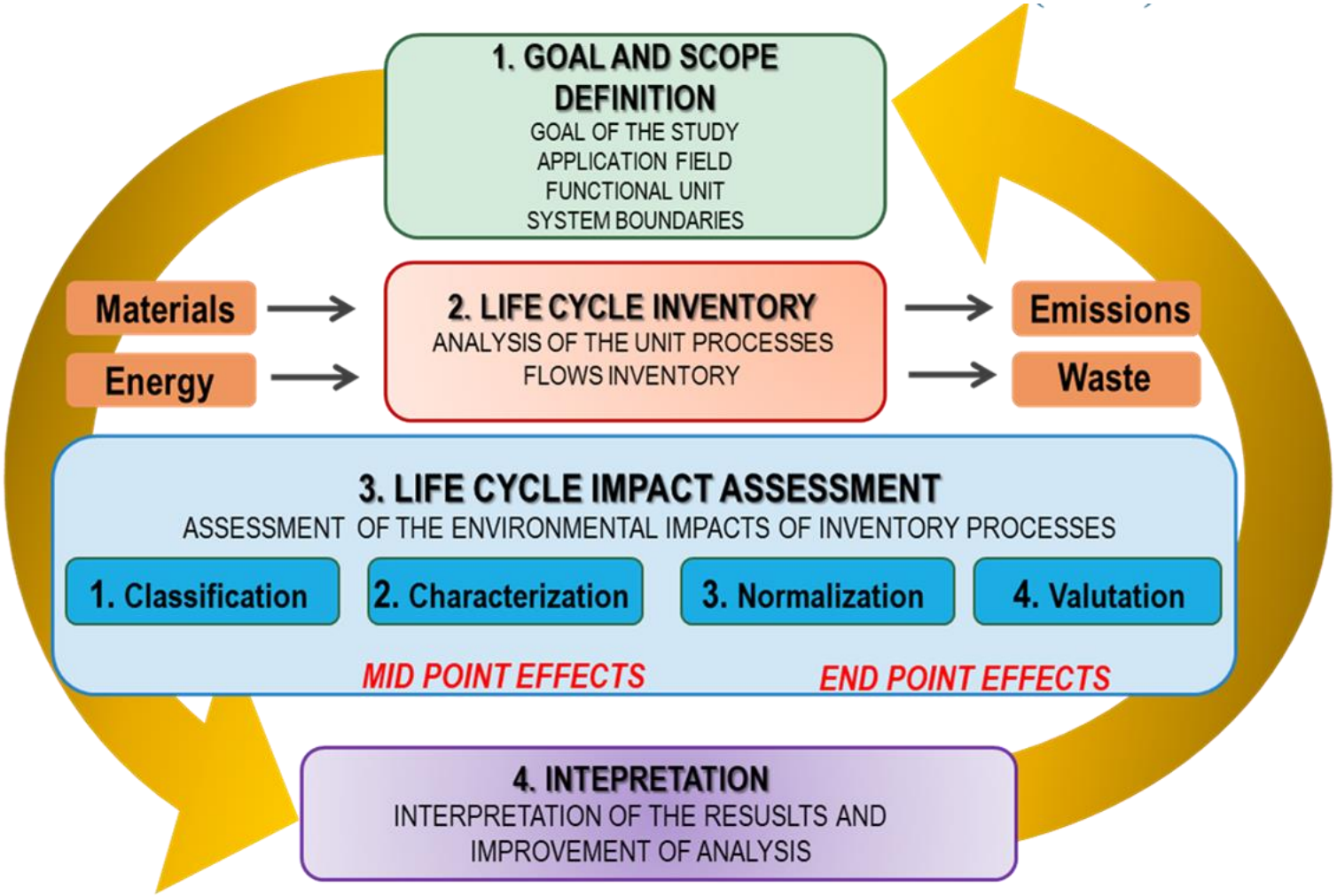
Figure 2. Greenhouse gas (GHG) emissions disaggregated by phase of the life cycle (i.e., total, construction, operation, and end of life) for three geothermal electricity generation technologies: enhanced geothermal systems (EGS) binary, hydrothermal (HT) flash, and HT binary.





26 analisi LCA idonee tra 180 studi
(Harmonized method, Heath and Man, NREL, 2012)

GEOENVI



Norme ISO 14040/44

Definizione dell'obiettivo

- Applicazione prevista
- Metodi, ipotesi, limitazioni
- Motivazione e contesto decisionale

Definizione del campo di applicazione

- Unità funzionale e flusso di riferimento
- Modellazione dell'inventario del ciclo di vita - MULTIFUNZIONALITÀ
- Limiti del sistema e criteri di separazione
- Approcci: dalla culla alla tomba, dalla culla al cancello, dal cancello al cancello, ...

Inventario del ciclo di vita

Raccolta di dati sui flussi elementari che attraversano i confini del sistema e interagiscono con l'ambiente (risorse prelevate dalla natura ed emissioni nell'aria, nell'acqua e nel suolo)

Analisi dell'impatto del ciclo di vita

Traduzione dei flussi elementari del LCI in categorie di impatto rilevanti per il settore geotermico. Scelta appropriata del metodo LCIA che tenga conto di le emissioni non convenzionali: H2S, Hg ecc.; che tipo di impatto: locale o globale; dove nella catena causa-effetto? Indicatori di punteggio medio vs punteggio finale

GEOENVI

(*) Lavoro concepito e sviluppato da: **ARMINES** e **CSGI** con il contributo di **Electricité Strasbourg** e **VITO** nell'ambito del Progetto GEOENVI

Linee guida LCA per gli impianti geotermici (*)

Motivazioni

- Offrire una guida per la **coerenza**, **l'affidabilità** e la **qualità della valutazione LCA**
- Aumentare la **credibilità** dei risultati degli studi LCA sui sistemi geotermici.
- Le linee guida coprono gli **aspetti più delicati** di ogni fase di una LCA applicata ai sistemi geotermici.

Beneficiari

- **Analisti LCA** ed **esperti nel settore geotermico**.
- La sfida è stata produrre linee guida **concise,** in accordo con gli standard LCA ISO (14040 e 14044), che fossero pronte all'uso per **qualsiasi tipo di impianto geotermico.**

Obiettivi

- Fornire una guida su come costruire gli **inventari dei dati del ciclo di vita (LCI)** dei sistemi geotermici.
- Fornire una guida per la selezione degli **indicatori e delle categorie di impatto ambientale (Impact Assessment Method)**
- Fornire indicazioni su **come e cosa documentare** nel report di analisi LCA applicate all'energia geotermica (elettricità, calore o sistemi combinati).

Ambito di applicazione

- I risultati degi studi LCA svolti in accordo con queste linee guida potrebbero contribuire a una valutazione della sostenibilità dei progetti geotermici e non pretendono di essere esaustivi ed esclusivi nell'esame di tutte le potenziali questioni ambientali.
- L'analsi LCA può essere accompagnata da altri strumenti di valutazione ambientale, che prendono in considerazione questioni che dipendono dal sito dell'impianto o la cui valutazione implica questioni di accettabilità sociale.

Linee guida LCA per gli impianti geotermici

Documento di 30 pagine disponibile su
https://www.geoenvi.eu/publications/lca-guidelines-for-geothermal-installations/

Indice

- Introduzione
- Motivazione e obiettivo
- Linee guida metodologiche
- Aspetti specifici della produzione di energia geotermica
- Definizione dell'obiettivo e dell'ambito di applicazione
- Inventario dei dati del ciclo di vita (LCI)
- Metodo di Valutazione degli Impatti (LCIA)
- Reporting e comunicazione
- Riferimenti

3 Appendici tecniche:

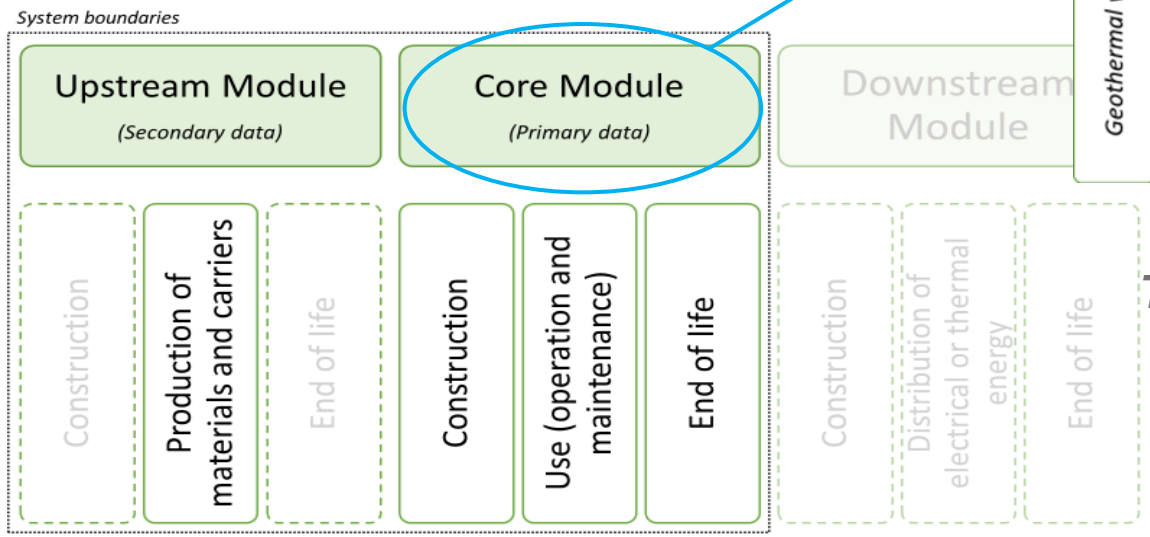
- Breve guida all'utilizzo dell' Exergia come schema di allocazione per l'analisi LCA di impianti geotermici
- Dati e valori medi di riferimento a supporto della modellizzazione del LCI (sulla base dei casi studio GEOENVI)
- Primary Energy Saving (PES)
- Nella prossima versione delle line guida, Energie rinnovabili a confronto: Il calore e l'energia geotermica vs il fotovoltaico e l'eolico - Un caso studio che utilizza l'exergia e il PES

GEOENVI

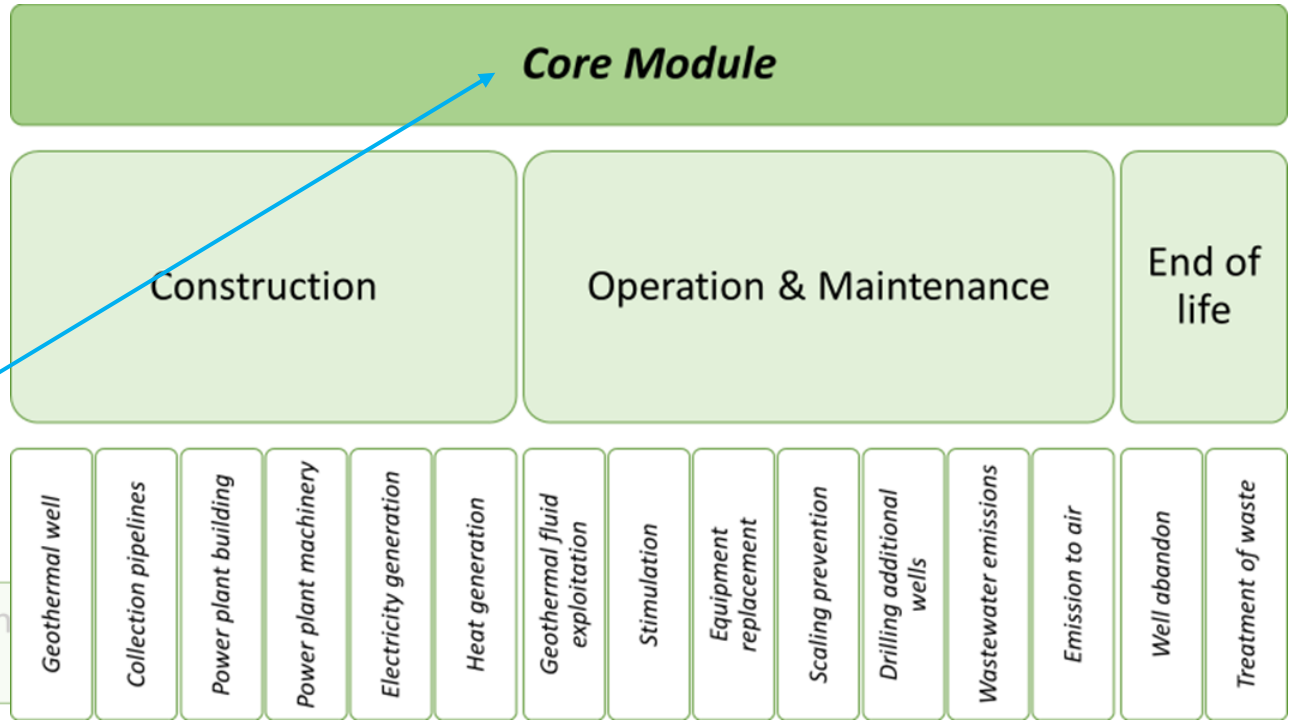
Definizione dell'obiettivo e dell'ambito di applicazione

Unità funzionale

1) Solo produzione di energia
   - *kWh di elettricità fornita alla rete o a un utente (kWh_{el})*
2) Solo produzione di riscaldamento/raffreddamento
   - *kWh di calore fornito alla rete o a un utente (kWh_{th})*
3) Approccio per processi multifunzionali



Confini del sistema



Tempo di vita del sistema: 30 anni (attività dell'impianto)

GEOENVI

Multifunzionalità: selezione di una procedura di assegnazione adeguata

Spesso le analisi LCA si occupano di processi multi-funzionali, che hanno cioè più prodotti. Nel caso degli impianti geotermici, c'è un'ampia variabilità tecnologica per la produzione di energia. Le lineeguida LCA prevedono due diversi schemi di allocazione:

- Quota tra i coprodotti > 75%

Metodo di espansione del sistema con un modello di sostituzione dei coprodotti

- Quota tra i coprodotti < 75%

Contenuto di exergia (Appendice 1).

Sistemi geotermici rappresentativi (casi studio) di GEOENVI

	Bagnore	Rittershoffen	Hellisheidi	Balmatt	Ungheria	Dora-II
Tipo di sorgente geotermica	Liquido - idrotermale	Liquido - EGS	Liquido / vapore - idrotermale	Liquido	Liquido	Liquido
Tecnologia di generazione di energia	Flash	Uso diretto del calore	Flash singolo e doppio	Uso diretto + ORC	ORC	ORC
Consumo finale di energia	Elettricità + calore	Uso industriale del calore	Elettricità + calore	Calore + Elettricità (autoconsumo)	Elettricità	Elettricità
Capacità installata	61 MWe 21,1 MWth	27 MWth	303,3 MWe 133 MWth	8 MWth 0,25 MWe	3,75 MWe	9,5 MWe

GEOENVI

Inventario di dati del ciclo di vita

- Materiali e fabbisogno energetico per la costruzione delle strutture sottosuolo, delle infrastrutture di superficie e delle attrezzature/componenti e per la perforazione dei pozzi.
- Per ciascuno di questi sottosistemi sono fornite raccomandazioni sulla comunicazione del tipo di emissioni dirette e del compartimento ambientale in cui sono immesse (ad es. emissioni in atmosfera, effluenti).
- **L'uso dei dati primari è prioritario, in alternativa vengono suggeriti valori medi di riferimento (come indicato nell'Appendice 2)**

Materials	Unit	Reference value MIN-MAX (Average)
Steel, unalloyed	*kg/well*	*7 428 (RT)– 17 660 (DO) (13 221)*
Steel, stainless INOX 316 L	*kg/well*	*16 (HL)*
Concrete	*kg/well*	*18 (HL) – 18 520 (BG) (9 269)*
Portland cement	*kg/well*	*13 771 (RT) – 259 286 (BG) (117 686)*
Aluminium	*kg/well*	*1 218 (HL) – 1 500 (DO) (1 359)*
Iron	*kg/well*	*4 000 (DO) – 8 568 (BG) (6284)*
Excavation	*m^3/well*	*250 (DO) – 6 851 (RT) (1 940)*
Filling	*m^3/well*	*250 (DO) – 3 135 (RT) (1 723)*

Valori di default disponibili nell'Appendice 2 : Esempio per la costruzione di testa pozzo

RT	Rittershoffen
HL	Hellisheidi
FARE	DORA II
BG	Bagnore

GEOENVI

Metodo di valutazione degli impatti del ciclo di vita basato su EF V3.0 (esempio di 3 indicatori)

Impact Category	Unit	Indicator/Method	Version LCIA method	Source LCIA method	Level of priority	Level of robustness
Climate change	*kg CO_2 eq*	*Radiative forcing as Global Warming Potential (GWP100)*	*1.0.5 (land use, land use change, biogenic), 1.0.8 (fossil), 4.0.16*	*IPCC 2013*	*High*	*I*
Ozone depletion	*kg CFC-11 eq*	*Steady-state ozone depletion potential*	*2.0.12*	*WMO 1999*	*Low* *Looking at the study by Chiavetta et al 2011*	*I*
Human toxicity cancer effects	*CTUh*	*Comparative toxic unit for humans as provided in the USEtox 2.1. Factors have been applied on inorganics and metals to account for the fact that USEtox has been designed for organic substances.*	*1.0.3*	*Rosenbaum et al., 2008*	*High* *Interesting to know even though potentially very uncertain*	*III*

Livello di Priorità (specifico per installazioni geo) & Livello di robustezza (metodo scientifico)

Elenco delle categorie di impatto ad alta priorità individuate per gli impianti geotermici

climate change total
freshwater ecotoxicity
freshwater and terrestrial acidification
mineral and metal resource depletion
fossil resource depletion
human non-carcinogenic effects
human carcinogenic effects

GEOENVI

Ulteriori aspetti trattati nelle linee guida LCA

Documentazione di emissioni inorganiche con implicazioni ambientali (tossicità) in aggiunta alle categorie di impatto raccomandate

- *As, B, Ar, Hg, Rn, Sb, H_2S*

Metriche aggiuntive

PES (Primary Energy Saving) & Energy Pay-Back Time

Sezione reportistica e comunicazione

- *Impostazione metodologica*
- *Scelta dei parametri*
- *Dettagli e assunzioni per la costruzione del LCI*
- *Indicazione su cosa deve essere riportato nelle didascalie delle figure e delle tabelle*
- *…..*

GEOENVI

Grazie per l'attenzione

Blanc I., Damen L., Douziech M., Fiaschi D., Harcouët-Menou V., Manfrida G., Mendecka B., Parisi M.L., Perez Lopez P., Ravier G., Tosti L., 2020. First version of harmonized guidelines to perform environmental assessment for geothermal systems based on LCA and non LCA impact indicators: LCA Guidelines for Geothermal Installations. D3-2. GEOENVI Project # 818242.

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No [818242 — GEOENVI]

GEOENVI