

# LCA op enkelvoudige diepegeothermietechnieken

Valérie Willems

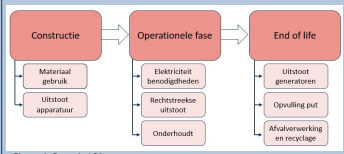
master IW nucleaire technologie

## Situering

In opdracht van de faculteit industriële ingenieurswetenschappen te Diepenbeek en de Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek (VITO) te Mol onderzoekt deze thesis de milieutechnische impact van drie types geothermische installaties op basis van één enkele verticale boring met behulp van levenscyclusanalyses (LCA's). Geothermische centrales winnen aan populariteit in de zoektocht naar duurzame energiebronnen. Om echter de volledige impact van deze installaties te begrijpen en ze met elkaar te kunnen vergelijken, is een LCA een zeer waardevolle methode. Het doel van deze thesis is dan ook het opstellen van een goede LCA voor deze types geothermische installaties.

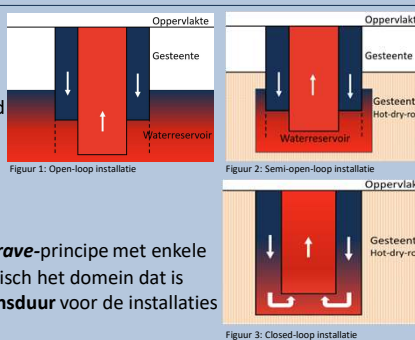
## Doel

Deze LCA wordt opgesteld voor een open-loop, een semi-open-loop en een closed-loop geothermische installatie op basis van een enkelvoudige boring. De schematische voorstelling van deze installaties is te zien in figuur 1, 2 en 3. De LCA is zodanig opgesteld dat er een vergelijking mogelijk is met andere warmtebronnen. Ook kan deze LCA worden gebruikt in de verdere ontwikkeling van deze geothermische installaties. De functionele eenheid voor deze LCA is 1 kWh<sub>th</sub> (thermisch).



## Domein

Het domein van deze LCA volgt het cradle-to-grave-principe met enkele uitgesloten elementen. Figuur 4 toont schematisch het domein dat is opgenomen in deze LCA. De aangenomen levensduur voor de installaties is 30 jaar.



## LCI

In het life cycle inventory (LCI) worden alle processen verzameld uit zowel primaire data als databanken. Voor de analyse werd gebruikgemaakt van theoretische installaties gebaseerd op omgevingsparameters van de Balmatt-site. De aangenomen diepte van de installaties is 3600 m. Voor de open-loop en de closed-loop worden data van VITO gehanteerd. De semi-open-loop is gebaseerd op modellen gecreëerd in [1] en data van VITO en wordt uitgevoerd met thermische (S1) en chemische stimulatie (S2).

De inventaris wordt opgesteld met behulp van het programma SimaPro en de databank ecoinvent. Tabel 1 toont de installatiespecifieke parameters voor de drie installaties.

Tabel 1: Gegevens installatie

Open-loop	Waarde	Eenheid
Debiet	4,19	l/s
Jaarlijkse warmte-productie	6520	MWh <sub>th</sub>
Jaarlijks elektriciteits-verbruik	66,37	MWh <sub>el</sub>
<b>Semi-open-loop</b>		
Debiet	2,74	l/s
Jaarlijkse warmte-productie	4255	MWh <sub>th</sub>
Jaarlijks elektriciteits-verbruik	29,31	MWh <sub>el</sub>
Thermische stimulatie	4,74	MWh <sub>el</sub>
Chemische stimulatie: HCl	9724	kg HCl
Chemische stimulatie: energie	24,21	MWh <sub>el</sub>
<b>Closed-loop</b>		
Debiet	1,5	l/s
Jaarlijkse warmte-productie	2595	MWh <sub>th</sub>
Jaarlijks elektriciteits-verbruik	0,38	MWh <sub>el</sub>

## Interpretatie

Door de iteratieve aard van een LCA is interpretatie een doorlopend deel. Hier wordt enkel de interpretatie van de resultaten samengevat.

- In de aangenomen omstandigheden heeft de open-loop installatie de laagste totale milieutechnische impact, gevolgd door semi-open-loop en tot slot closed-loop.
- De keuze van stimulatie in de semi-open-loop installatie heeft verwaarloosbare effecten op de impact van de installatie.
- Closed-loop installaties hebben een grotere milieutechnische impact dan het doublet van de Balmatt-site.
- De impactcategorie klimaatverandering op basis van de global warming potential (GWP) is de meest gedocumenteerde categorie in de literatuur. Deze installaties scoren hier lager op in vergelijking met bijvoorbeeld aardgas en houten pellets.

## LCIA

De life cycle impact assessment (LCIA) onderzoekt de impact van de gevormde inventaris op specifieke gestandaardiseerde impactcategorieën. De gebruikte impactcategorieën zijn:

- Klimaatverandering
- Verzuring
- Uitputting van abiotische bronnen
- Menselijke carcinogene toxiciteit
- Menselijke niet-carcinogene toxiciteit
- Zoet water ecotoxiciteit
- Cumulatieve energiebehoefte

Deze impactcategorieën vallen onder hoge prioriteit voor geothermische centrales volgens het Joint Research Centre (JRC), gedocumenteerd in [2].

Het programma SimaPro voert deze analyse uit, de resultaten zijn te zien in tabel 2.

Tabel 2: LCIA resultaten

Categorie	Eenheid	Open-loop	Semi-open-loop S1/S2	Closed-loop
GWP	g CO <sub>2</sub> -eq/kWh <sub>th</sub>	16,8	23,2	23,3
AC	g SO <sub>2</sub> -eq/kWh <sub>th</sub>	0,0603	0,087	0,087
AD	mg Sb eq/kWh <sub>th</sub>	0,243	0,351	0,354
HT <sub>c</sub>	CTU <sub>h</sub>	4,69E-09	7,07E-09	7,08E-09
HT <sub>nc</sub>	CTU <sub>h</sub>	6,37E-09	9,43E-09	9,46E-09
FWEC	CTU <sub>g</sub>	370	544	547
CED <sub>f</sub>	MJ	0,208	0,287	0,288
CED <sub>nuc</sub>	MJ	0,167	0,201	0,202
CED <sub>en</sub>	MJ	0,0282	0,0355	0,0358

## Conclusie

De open-loop installatie vertoont in de aangenomen omstandigheden de beste resultaten. Deze resultaten leiden tot de conclusie dat geothermische installaties voor warmtegeneratie in deze vorm inderdaad een goed alternatief kunnen bieden voor bijvoorbeeld de verbranding van fossiele brandstoffen, maar niet noodzakelijk voor klassieke geothermische installaties. Het is echter belangrijk om te onthouden dat deze installaties zeer specifiek zijn. Dit onderzoek biedt dus geen garantie dat andere geothermische installaties dezelfde resultaten geven. Bovendien kan het gebruik van theoretische modellen hier leiden tot mogelijke afwijkingen ten opzichte van fysieke installaties. Toch is het wel een goede richtlijn en een waardevolle aanvulling van de reeds bestaande literatuur. In verder onderzoek kan de impact van materiaalkeuze en productieprocessen onderzocht worden en kunnen methoden worden ontwikkeld om de huidige milieutechnische impact van geothermische installaties nog verder te verlagen.

Promotoren

Prof. Dr. Wouter Schroyers  
Dr. Ben Laenen

## Referenties

- W. Huang, W. Cao en F. Jiang, „A novel single-well geothermal system for hot dry rock geothermal energy exploitation,” *Energy*, vol. 162, pp. 630-644, november 2018.
- I. Blanc, L. Damen, M. Douzich, D. Flacchi, V. Harcouët-Menou, G. Manfrida, B. Mendicka, L. M. Parisi, P. Perez Lopez, G. Ravier en L. Tosti, „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,” *Geoenvi*, 27/05/2020.