Modelli semplificati per la valutazione delle prestazioni ambientali di impianti geotermici

Sviluppo di modelli semplificati per impianto geotermico Single Flash per produzione di energia elettrica

5 novembre 2020

Nicola Ferrara – nicola.ferrara@student.unisi.it

Lorenzo Tosti – tosti@csgi.unifi.it

Maria Laura Parisi - marialaura.parisi@unisi.it

CSGI

DBCF

DEPARTMENT OF BIOTECHNOLOGY CHEMISTRY AND PHARMACY

Department of Excellence 2018-2022

Questo progetto ha ricevuto un finanziamento dal programma di ricerca e innovazione Horizon 2020 dell'Unione Europea nell'ambito della convenzione n. [818242 - GEOENVI].

GEOENVI

Modelli semplificati per valutare le prestazioni ambientali di impianti geotermici

- **Motivazioni, obiettivi ed ambito**

1. Sistema geotermico migliorato (EGS) con basse emissioni dirette, per la produzione di calore

- **Flash idrotermale**

3. Flash singolo e doppio produzione di calore combinata (CHP)
4. Uso diretto del calore con ORC per produzione elettrica per *auto consumo*

Questo progetto ha ricevuto un finanziamento dal programma di ricerca e innovazione Horizon 2020 dell'Unione Europea nell'ambito della convenzione n. [818242 - GEOENVI].

Il perché dei modelli semplificati e come utilizzarli

Motivazioni

- Lo sviluppo di uno studio LCA richiede tempo e grande mole di dati
- Gli stakeholder non sono esperti di LCA

Obiettivi

- È attualmente disponibile un nuovo approccio/protocollo per sviluppare modelli semplificati basati su modelli LCA
- Il protocollo è stato applicato ai casi studio di GEOENVI, saranno illustrati i risultati

Ambito di utilizzo

- Ciascun caso studio genera un modello semplificato per ogni categoria di impatto
- Ogni modello è valido solo a determinate condizioni

(*) Concettualizzazione e sviluppo: **ARMINES** nell'ambito del Progetto GEOENVI

Modelli semplificati per impianti geotermici (*)

Motivazione

- Offrire strumenti molto semplici per facilitare e velocizzare l'accesso alla valutazione del ciclo di vita degli impianti geotermici
- Approccio multicriterio: modelli non limitati al calcolo della sola impronta di carbonio

Beneficiario

- Decisori
- Professionisti non eserti di LCA

Obiettivo

- Fornire un'indicazione delle prestazioni ambientale di ciclo di vita con un numero molto limitato di informazioni (< 10)
- Fornire una valutazione di performance ambientale per la classe specifica del sistema geotermico riferimento (SGR)

Ambito di applicazione

- I risultati ottenuti sono validi solo per sistemi che rispettano in specifiche condizioni predeterminate

GEOENVI

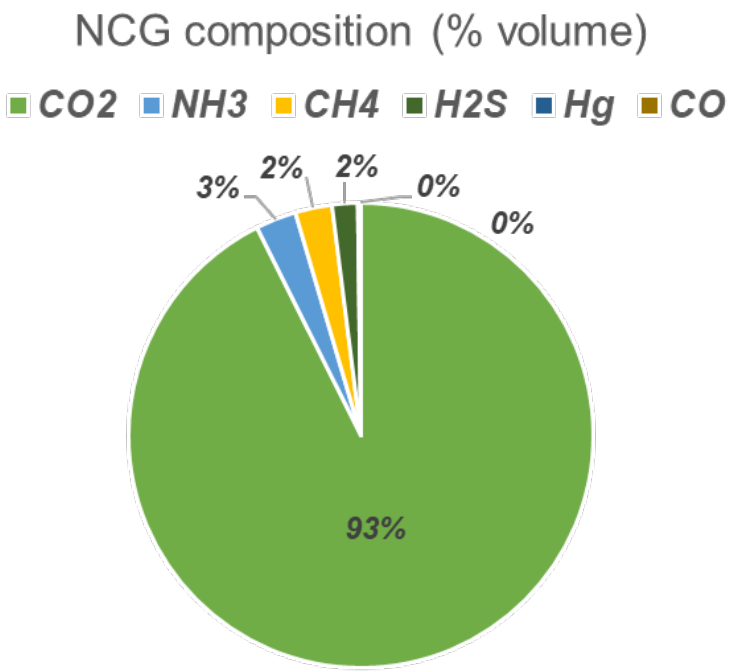
Descrizione dell'impianto

- Il campo di Bagnore si trova nella zona del Monte Amiata, in Toscana, Italia.
- Il campo di Bagnore è caratterizzato da 2 centrali elettriche collegate, Bagnore 3 e Bagnore 4, realizzate e gestite da Enel Green Power.
- **Bagnore 3 è un impianto flash con 20 MWe** di potenza installata con un'unità aggiuntiva di 1 MWe di Ciclo Rankine Organico (ORC).
- **Bagnore 4 è alimentato da due** gruppi da **20 MWe.**
- L'erogazione di calore si ottiene anche sfruttando il calore residuo dopo l'espansione della turbina. **Il calore totale fornito agli utenti finali è di circa 32 GWh/a.**
- La centrale è equipaggiata con un **sistema di abetment a mercurio e idrogeno solforato sovradimensionato (AMIS)** per ridurre efficacemente le emissioni di Hg e H_2S dal sito.

GEOENVI

Dati operativi di Bagnore 3 & 4

Tipo di sorgente geotermica	Idrotermale	
Tecnologia di generazione di energia	Flash	
Gas disciolti (NCG)	6-9 % in massa	
Consumo finale di energia	Produzione di energia elettrica	
Parametro	***Unità***	***Valore***
Potenza installata		
Elettrica	MWe	61
Termica	MWth	21.1
Temperatura mandata| temperatura di ritorno	°C	100 | 60
Produzione netta di energia (annuale)		
Elettrica	GWhe/a	544
Termica	GWht/a	32
Vita prevista	Anni	30
Produzione e pozzi di iniezione	Numero	8 produzione / 6 iniezione
Lunghezza totale perforata	Metri	31823
Lunghezza delle condutture	Metri	10400



GEOENVI

Definizione del modello LCA parametrizzato di riferimento

Modellazione del caso studio Bagnore

- Il modello LCA del caso studio Bagnore è utilizzato per sviluppare un modello semplificato potenzialmente applicabile ad altre centrali elettriche
- Parametrizzazione

I dati provenienti da diverse centrali elettriche terminano i campi

- I dati provenienti da altre centrali elettriche e campi geotermici sono raccolti e utilizzati per costruire una serie di variabili che possono descrivere installazioni più ampie

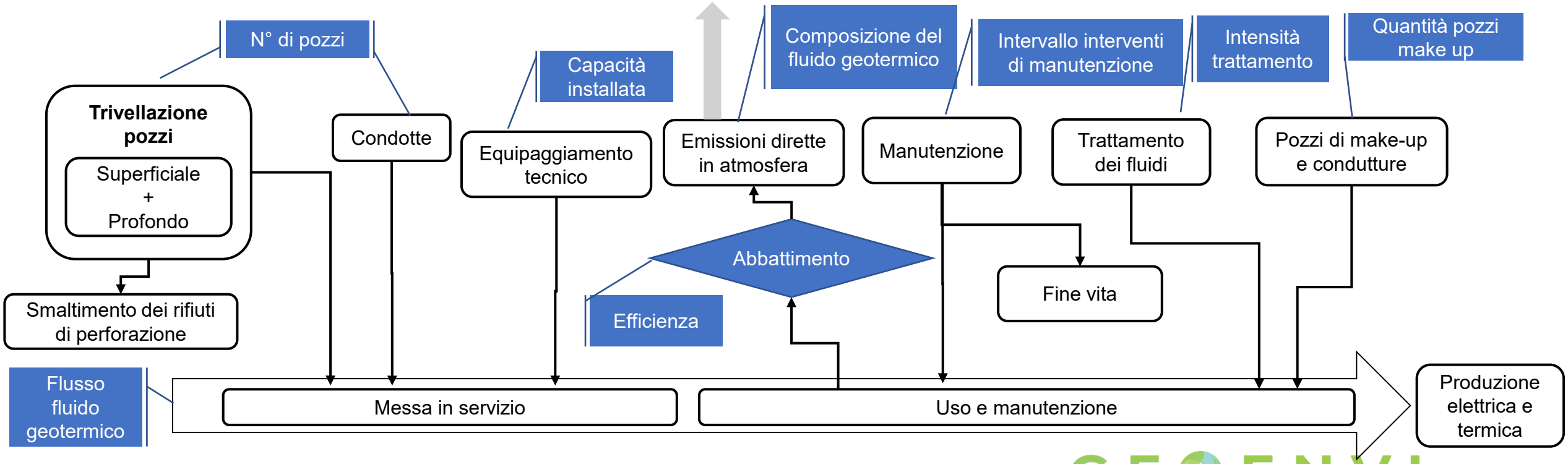
Modello semplificato applicabile ad altri casi

- Poi, vengono generati modelli semplificati potenzialmente applicabili ad altri casi

GEOENVI

Definizione del modello LCA parametrizzato di riferimento

- Schema semplificato del modello parametrizzato di riferimento LCA
- Principali variabili utilizzate per la parametrizzazione evidenziate in blu



Definizione delle variabili per il modello LCA parametrizzato di riferimento

Modellazione del caso di studio Bagnore

- Il modello LCA del caso studio Bagnore è utilizzato per sviluppare un modello semplificato potenzialmente applicabile ad altre centrali elettriche

Dati provenienti da diverse centrali elettriche e campi geotermici

- I dati provenienti da altre centrali elettriche e campi geotermici sono raccolti e utilizzati per costruire un set di variabili che possono descrivere più ampi sistemi geotermici

Modello semplificato applicabile ad altri casi

- Poi, vengono generati modelli semplificati potenzialmente applicabili ad altri casi

GEOENVI

Definizione delle variabili per il modello LCA parametrizzato di riferimento

Parametro	Etichetta	min	max	unità
Lunghezza media per un pozzo	l	586	4,727	metri
Ore di funzionamento medie annuali	Orari di funzionamento	7,600	8,760	ore
Orari annuali fuori servizio del sistema di abbattimento AMIS	AMISOutOfServiceHours	17	457	ore
Efficienza di abbattimento per Hg	HgAbatementRatio	0.7	0.99	rapporto
Efficienza di abbattimento per H_2S	H_2SAbatementRatio	0.7	0.99	rapporto
Efficienza di abbattimento per la CO_2	CO2AbatementRatio	0	0.25	rapporto
Durata di vita prevista del sistema	LifeTime	20	40	anni
Intervalli di manutenzione per manutenzione periodica	ManutenzionePeriodo	2	6	anni
Carico medio della centrale	AVGLoad	0.8	1.1	rapporto
Percentuale di assorbimento di energia dagli ausiliari	AuxNeed	0.01	0.1	rapporto
Quantità di pozzi di make-up trivellati annualmente	MakeUpWellsRatio	0	0.76	numero
Portata del geofluido all'ingresso della centrale	FlowRate	110,000	$1 * 10^6$	kg/h
Potenza elettrica installata	ElecCapacity	20,000	120,000	kWe
Potenza termica installata	HeatCapacity	0	21,100	kWth
Carico medio per la produzione di calore	HeatLoad	0	0.25	rapporto
Numero di pozzi perforati in fase di messa in servizio	WellsNumber	4	26	numero
Frazione in massa di NCG nel geofluido	fNCG	0.006	0.12	rapporto
Frazione relativa di CO_2 nel geofluido	fCO_2	0.58	0.92	rapporto
Frazione relativa di CO nel geofluido	fCO	0.0003	0.0004	rapporto
Frazione relativa di CH_4 nel geofluido	fCH_4	0.002	0.02	rapporto
Frazione relativa di H_2S nel geofluido	fH_2S	0.0013	0.054	rapporto
Frazione relativa di NH_3 nel geofluido	fNH_3	0.0012	0.032	rapporto
Frazione relativa di Hg nel geofluido	fHg	$9 * 10^{-6}$	$3 * 10^{-5}$	rapporto

La tabella riporta i 23 parametri chiave selezionati come variabili del modello.

Gli intervalli cercano di coprire una più vasta serie di campi geotermici.

GEOENVI

Generazione del modello semplificato

Modellazione del caso di studio Bagnore

- Il modello LCA del caso studio Bagnore è utilizzato per sviluppare un modello semplificato potenzialmente applicabile ad altre centrali elettriche

I dati provenienti da diverse centrali elettriche terminano i campi

- I dati provenienti da altre centrali elettriche e campi geotermici sono raccolti e utilizzati per costruire una serie di variabili che possono descrivere installazioni più ampie

Modello semplificato applicabile ad altri casi

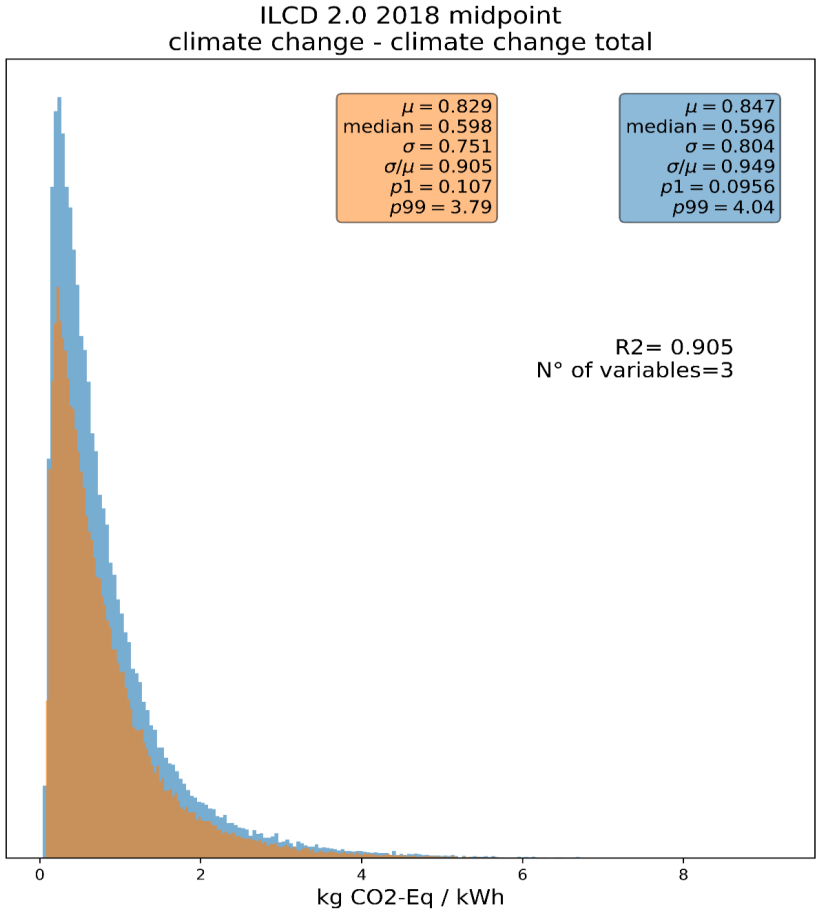
- Attraverso analisi statistica (GSA) vengono definiti i modelli semplificati per ogni categoria di impatto

GEOENVI

Modello semplificato per l'indicatore del cambiamento climatico

Da *f(23 variabili)* => φ(*3 variabili) :*

Modello semplificato rispetto al modello dettagliato



Modello semplificato (3 variabili):

$$\frac{2.56 \cdot 10^{-7} ElecCapacity^2 + 1.18 * FlowRate * fNCG + 4.14 \cdot 10^3}{ElecCapacity}$$

- Il modello a 3 variabili spiega il **79 %** della variabilità per la categoria d'impatto CC rispetto a quanto generato dagli scenari stocastici del modello di riferimento
- La bontà dell'adattamento (*goodness of fit*) del modello semplificato a 3 variabili rispetto al modello dettagliato è $\boldsymbol{R^2 = 0.90}$

GEOENVI

Dominio di validità per entrambi i modelli:

Per il modello LCA di riferimento e per i modelli semplificati

Il modelli sono validi solo se soddisfatte le seguenti condizioni chiave:

- Centrale a flash o a vapore secco che sfrutta un campo ad alta entalpia
- Centrale elettrica che produce solo elettricità, o elettricità e calore per scopi industriali. Il calore deve essere inferiore al 50% dell'elettricità prodotta
- I modelli semplificati sono adatti per campi geotermici che presentano un contenuto da basso ad alto di NGC
- Impianto di perforazione a gasolio
- Nessuna richiesta di energia elettrica per gli ausiliari prelevata dalla rete elettrica nazionale

Questo progetto ha ricevuto un finanziamento dal programma di ricerca e innovazione Horizon 2020 dell'Unione Europea nell'ambito della convenzione n. [818242 - GEOENVI].

Grazie per l'attenzione

Douziech, M., Blanc, I., Damen, L., Dillman, K., Eggertsson, V., Ferrara, N., Gudjonsdottir, S.R., Harcouët-Menou, V., Parisi, M.L., Pérez-López, P., Ravier, G., Sigurjonsson, H., Tosti, L., 2020.
Generation of simplified parametrised models for a selection of GEOENVI geothermal installation categories. D3-4. GEOENVI Project # 818242.

Questo progetto ha ricevuto un finanziamento dal programma di ricerca e innovazione Horizon 2020 dell'Unione Europea nell'ambito della convenzione n. [818242 - GEOENVI].

GEOENVI