

Tool PRV/GPV per l'Ottimizzazione delle Reti Idriche

Realizzato da Francesco De Paola

- **Ottimizzazione avanzata della pressione:** Il tool consente il controllo preciso della pressione tramite valvole PRV e GPV, migliorando l'efficienza della rete.
- **Automazione basata su Harmony Search:** Implementa un algoritmo evolutivo per ottimizzare il posizionamento e le impostazioni delle valvole.
- **Interfaccia utente intuitiva:** Un'app desktop sviluppata in PyQt5 permette all'utente di configurare facilmente i parametri e avviare le simulazioni.



Photo by Fatos Bytyqi on Unsplash

Pressure Management Tool

Controllo della pressione in reti idriche urbane

- **Sfida nella gestione della pressione:** La distribuzione irregolare della pressione può causare rotture, perdite o inefficienze energetiche.
- **Necessità di automazione intelligente:** Serve uno strumento in grado di adattarsi dinamicamente alle condizioni di rete e ai vincoli idraulici.
- **Obiettivo: bilanciare affidabilità e rendimento:** Un buon controllo della pressione migliora il servizio idrico e riduce gli sprechi.



Photo by Robert Anasch on Unsplash

Architettura del Tool

Componenti principali del sistema

- **Modulo PRV:** Ottimizza la posizione e i setpoint delle valvole di riduzione pressione (PRV) con algoritmo evolutivo.
- **Modulo GPV:** Inserisce valvole generatrici di energia (GPV) modellando il rendimento con curve turbinanti.
- **Interfaccia Grafica PMT:** Gestisce i parametri utente e lancia i processi PRV/GPV. Basata su PyQt5.

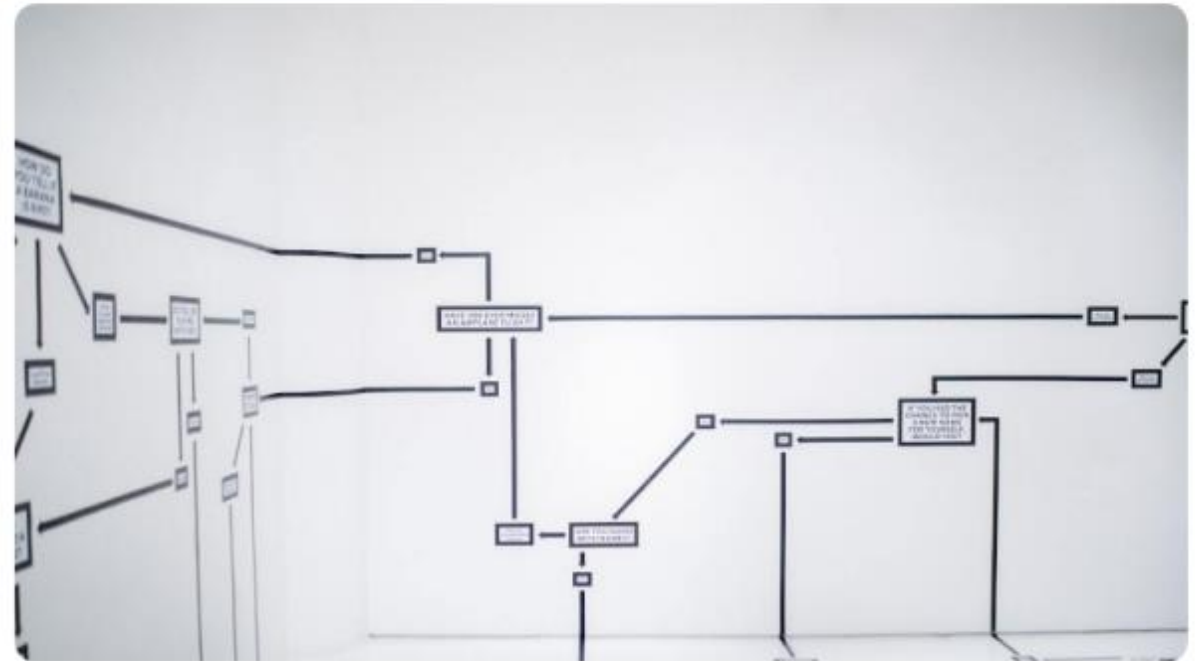


Photo by Hanna Morris on Unsplash

Interfaccia Utente - PMT.py

Configurazione semplice per utenti tecnici e non



Selezione rapida del file di rete

Permette all'utente di caricare facilmente il file .inp della rete EPANET su cui operare.



Inserimento parametri dinamici

Include campi editabili per head minimo, numero di valvole, iterazioni massime, diametro minimo e patience.



Avvio con un click dei moduli PRV/GPV

Due pulsanti distinti eseguono i rispettivi algoritmi con i parametri forniti.

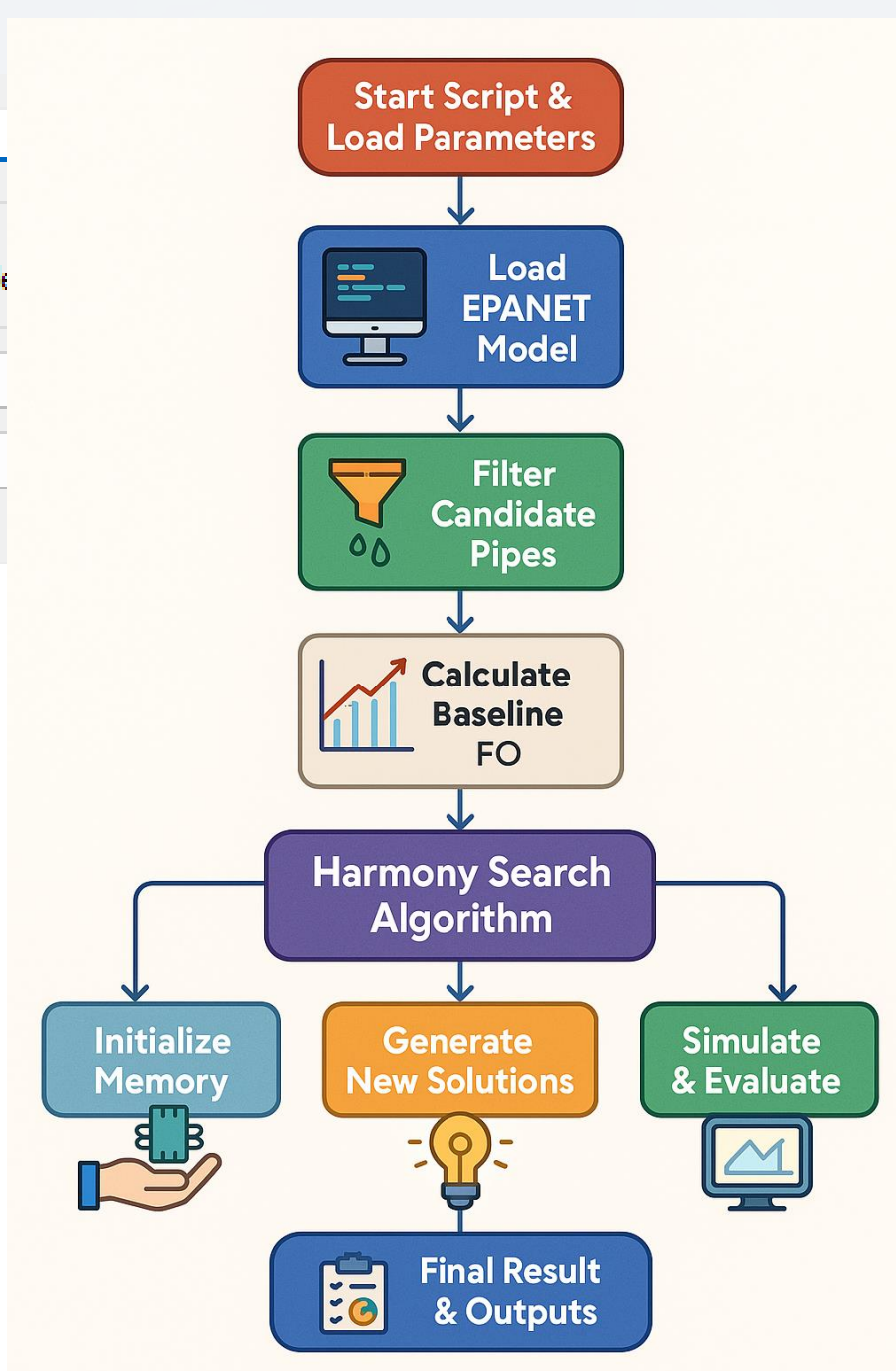
Pressure Management Tool

File .inp:

Parametri

Min Head: Num Valvole:

Output:



Scegli file .inp

(mm): Patience (solo GPV):

Parametri Configurabili

Flessibilità per l'ottimizzazione su misura

- **Min Head e Num Valvole:** L'utente può definire il valore minimo di pressione accettabile e il numero di valvole da ottimizzare.
- **Max Iter e Patience:** Controllano la durata e la tolleranza del processo evolutivo per evitare overfitting o stagnazione.
- **Diametro minimo dei condotti:** Filtro essenziale per considerare solo le tratte rilevanti dal punto di vista idraulico.

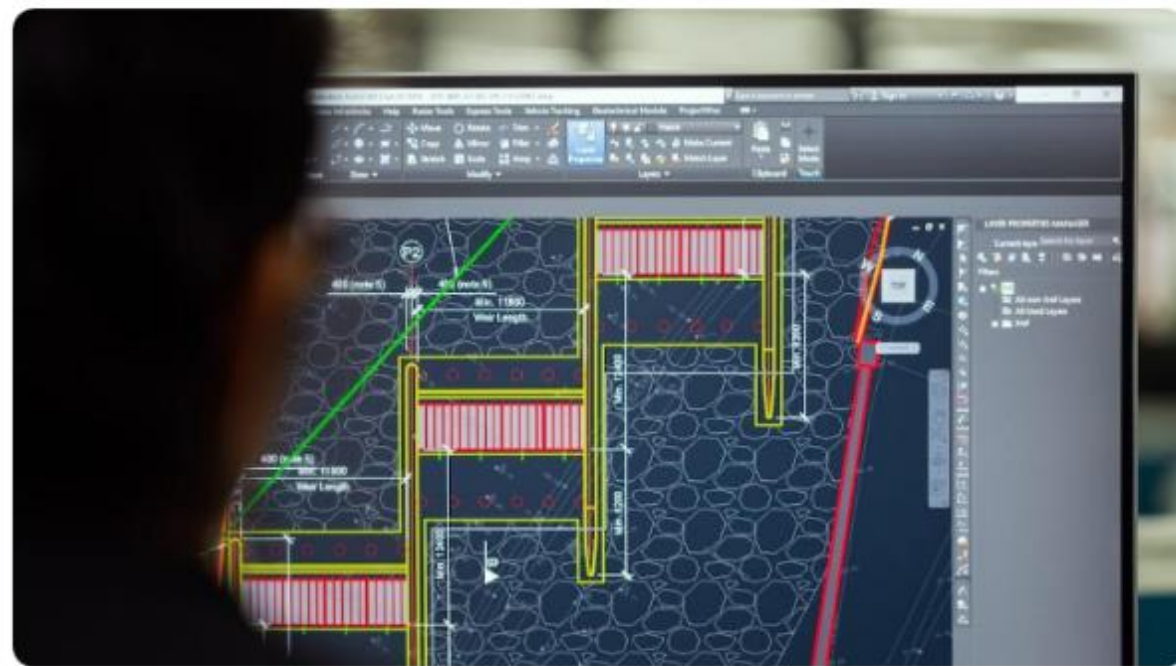


Photo by ThisisEngineering RAEng on Unsplash

Modulo PRV

Riduzione controllata della pressione in rete



Inserimento dinamico valvole PRV

Le valvole vengono aggiunte su tratti selezionati della rete rispettando vincoli strutturali.



Ottimizzazione multi-obiettivo

Minimizza le pressioni eccessive e massimizza l'efficienza del sistema idrico.



Supporto a nomi univoci e idraulica realistica

Ogni PRV è collegata a giunzioni aggiuntive e valvole di controllo coerenti con EPANET.

Algoritmo

Ottimizzazione



Memoria armonica
Genera soluzioni
distribuzione ampia
dello spazio delle

HARMONY SEARCH



Initialize the harmony mem-

Generate an initial set of solutions

Improvise a new harmony

Generate a new solution from harmony memory

Update the harmony memory

Replace worst solution if new one is better

Terminate when stopping criterion is met

Stop?



one iterativa migliorativa
soluzioni con miglior FO
zione obiettivo) vengono
mantenute e raffinate.

Criteri di Selezione dei Tubi PRV

Filtro strategico dei tratti candidati



Esclusione serbatoi e PRV esistenti

Vengono esclusi tratti adiacenti a serbatoi o già collegati a valvole PRV.



Soglia su lunghezza minima

Solo i tubi superiori a 50 metri vengono considerati per garantire efficacia dell'intervento.



Verifica sul diametro e flusso

I tubi devono superare una soglia minima di diametro e flusso medio per essere ammessi.

Convergenza Modulo PRV

Andamento della funzione obiettivo per iterazione



Miglioramento progressivo

La funzione obiettivo si stabilizza mostrando l'efficacia della ricerca.



Stabilità e coerenza

La convergenza stabile dimostra la robustezza dell'approccio evolutivo.



Iterazioni limitate necessarie

Risultati di qualità sono ottenibili entro poche decine di iterazioni.

Dinamica HMCR / PAR - PRV

Adattività dei parametri evolutivi



HMCR (Harmony Memory Consideration Rate)

Controlla la probabilità di ereditare soluzioni dalla memoria armonica.



PAR (Pitch Adjusting Rate)

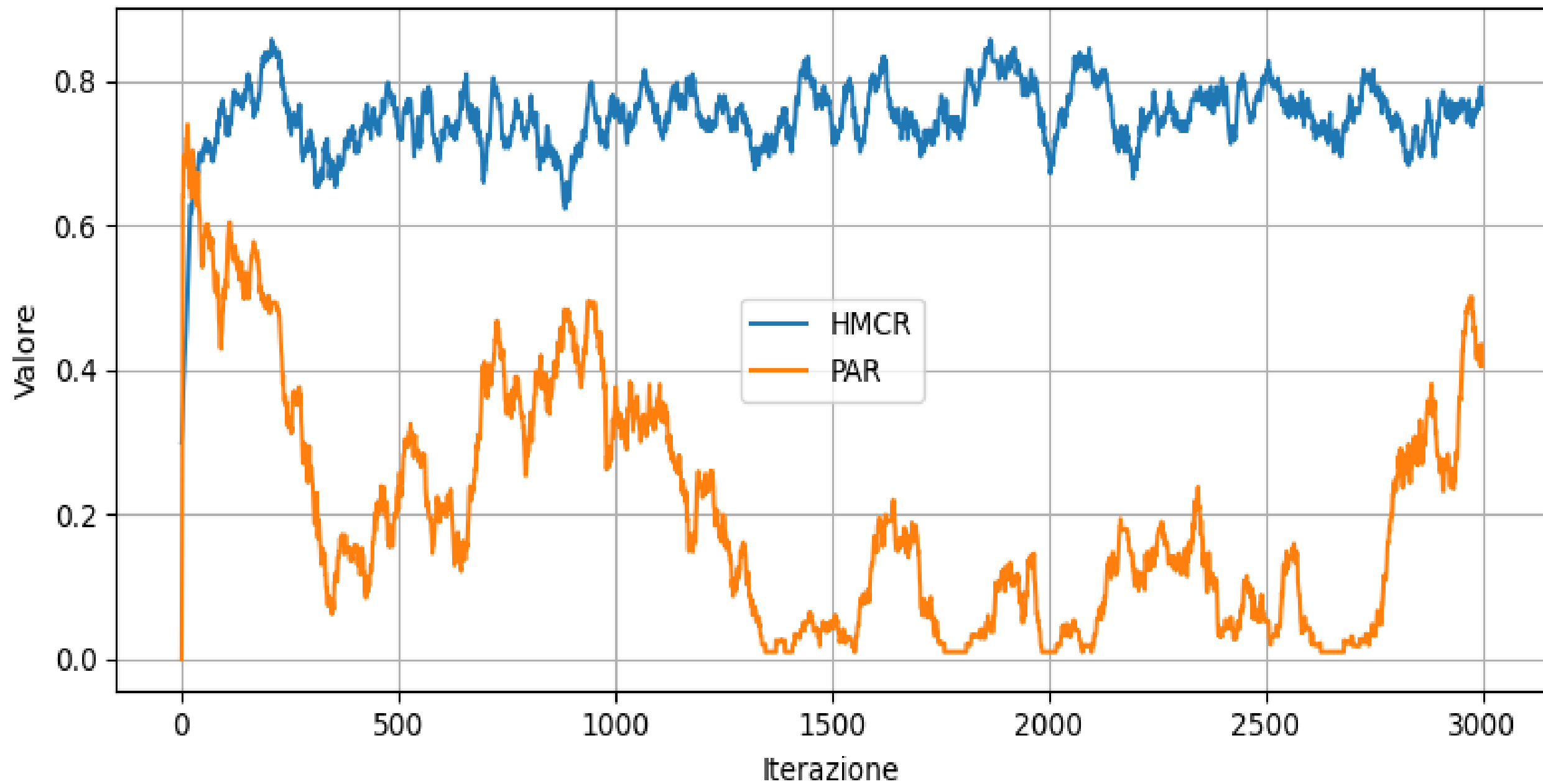
Determina l'entità delle modifiche apportate alle soluzioni esistenti.



Adattamento dinamico

I valori cambiano nel tempo in base all'efficacia delle mosse precedenti.

Evoluzione dinamica di HMCR e PAR



Rete Idraulica Ottimizzata - PRV

Visualizzazione delle PRV inserite



Valvole PRV evidenziate in rosso

Le tratte selezionate per l'inserimento delle PRV sono mostrate con evidenza grafica.



Contesto reale della rete

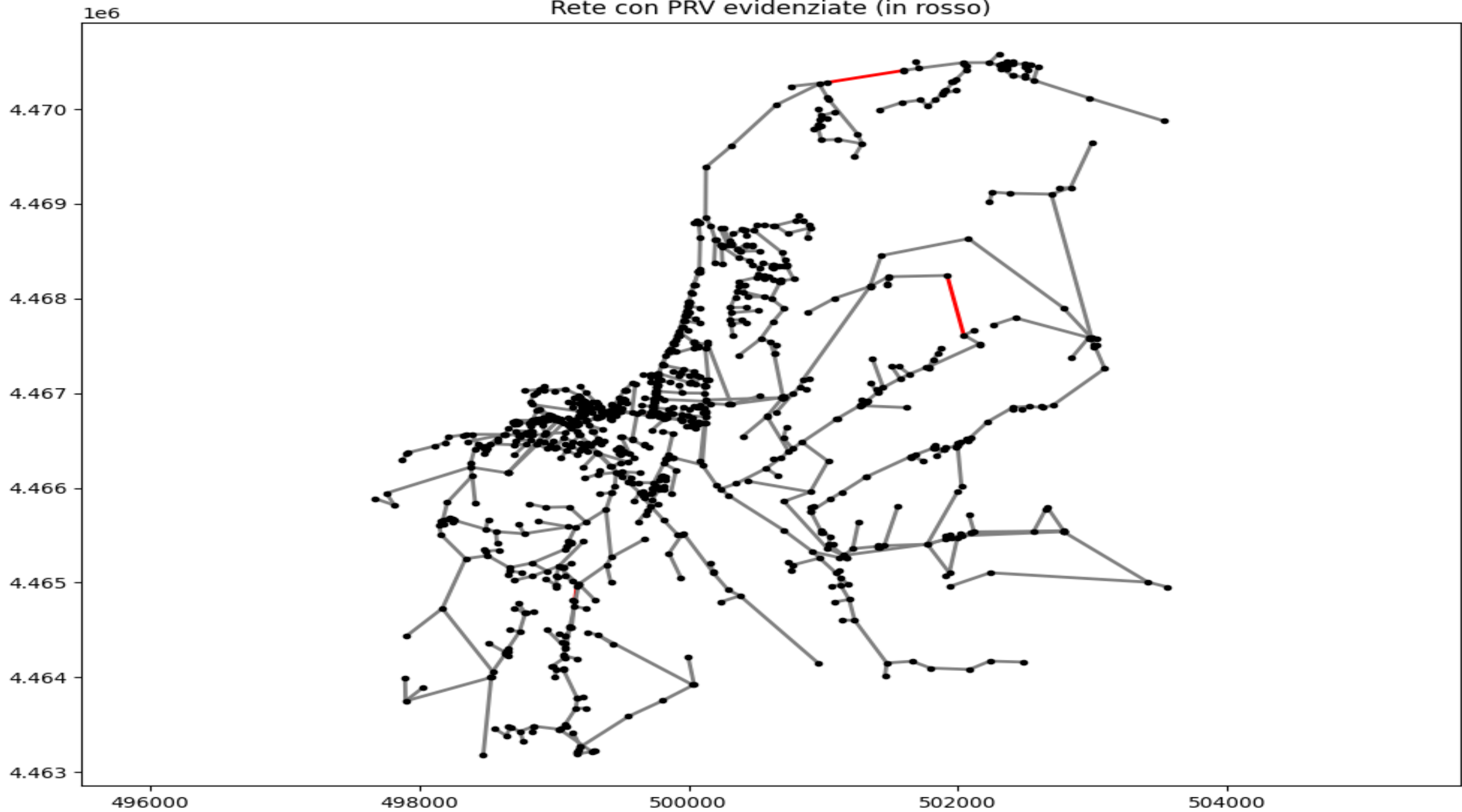
Mappa strutturata della rete EPANET con posizione reale dei nodi e delle condotte.



Validazione visiva dei risultati

Il grafico supporta l'utente nel controllo qualitativo delle soluzioni ottenute.

Rete con PRV evidenziate (in rosso)



Start

Carica epanet22.dll e parametri da linea di comando

Carica modello rete idrica da .inp

Filtra tubazioni candidate per PRV

Calcola Baseline senza PRV

Esegui Harmony Search

Genera soluzioni con valvole e setpoints

Valuta le soluzioni con simulazione

Aggiorna la memoria e salva i migliori risultati

Stampa riepilogo e salva file ottimizzato

Plot rete e convergenza

zeta

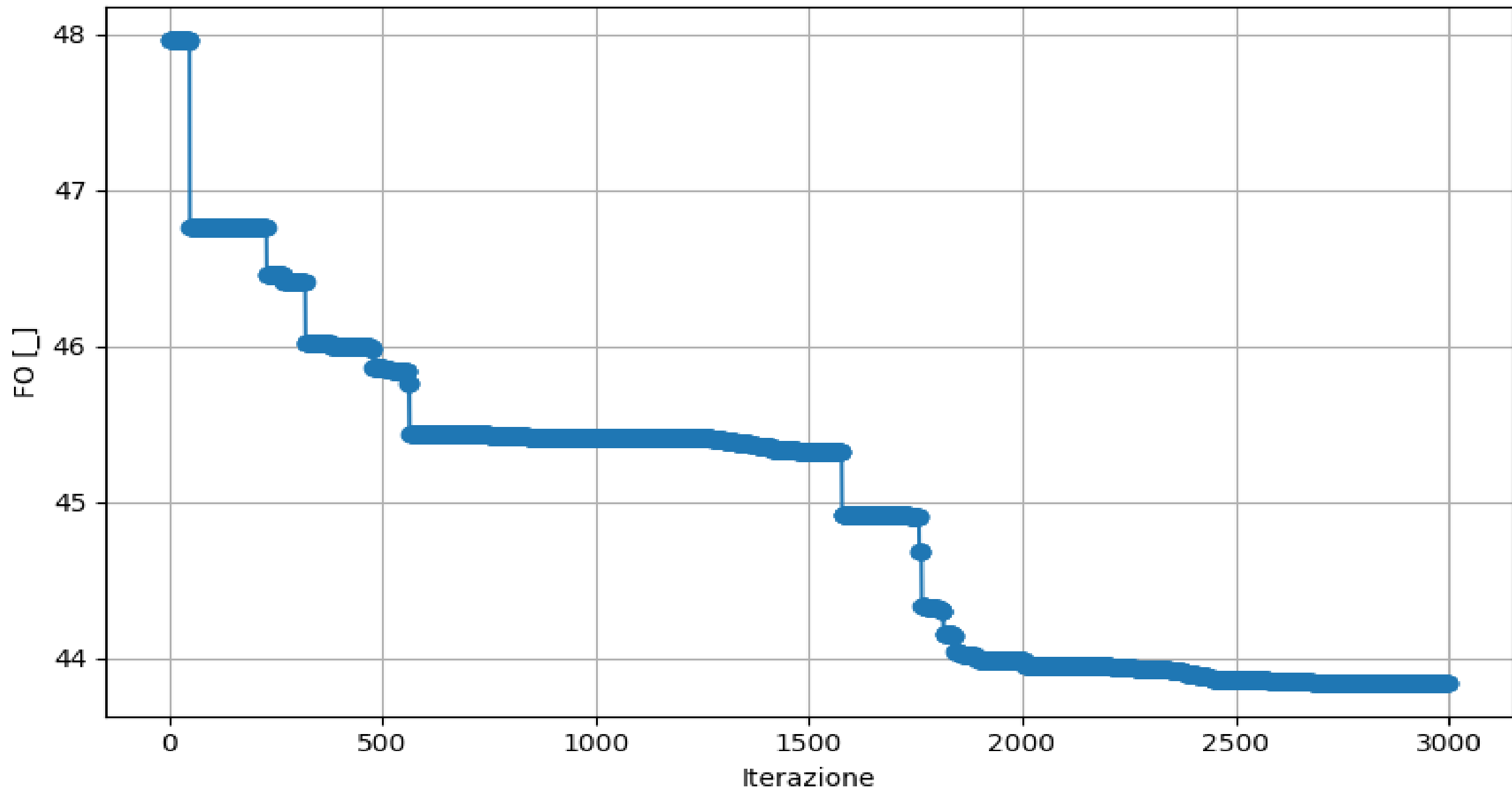


Log dettagliato e tabella .csv
Include i parametri di ogni PRV:
do, tratto, diametro, setpoint.



Grafici di performance
Convergenza, dinamiche dei
parametri e visualizzazioni della
rete.

Convergenza Harmony Search



Modulo GPV

Ottimizzazione energetica tramite valvole turbinanti

- **Valvole GPV (Generatori di Potenza):**
Consentono la produzione di energia sfruttando la pressione in eccesso nei condotti.
- **Curve di turbina DN-specifiche:** Il comportamento idraulico è modellato usando curve reali in funzione del diametro.
- **Strategia di posizionamento ottimale:**
Inserimento delle GPV in tratti ad alta pressione e portata sostenuta.



Photo by Alex Bagirov on Unsplash

Curve di Turbina DN-specifiche

Simulazione realistica delle valvole GPV

- **File curva per ogni DN:** Il comportamento di ogni GPV è definito da curve di rendimento specifiche lette da file.
- **Interpolazione dei valori Q-H:** Ogni curva contiene punti discreti di portata (Q) e dislivello (H) convertiti in potenza.
- **Inserimento condizionato nel modello:** Solo DN compatibili con la condotta sono selezionati per l'inserimento.



Strategia Evolutiva GPV

Ottimizzazione con TM_set e Resampling

- **TM_set per tracciamento mosse:** Una matrice registra il tipo di mossa evolutiva eseguita per ogni valvola.
- **Resampling adattivo:** Ogni N iterazioni senza miglioramento, la popolazione viene parzialmente rinnovata.
- **Bilanciamento esplorazione e sfruttamento:** Il sistema alterna ricerca ampia e raffinamento locale per massimizzare la potenza.

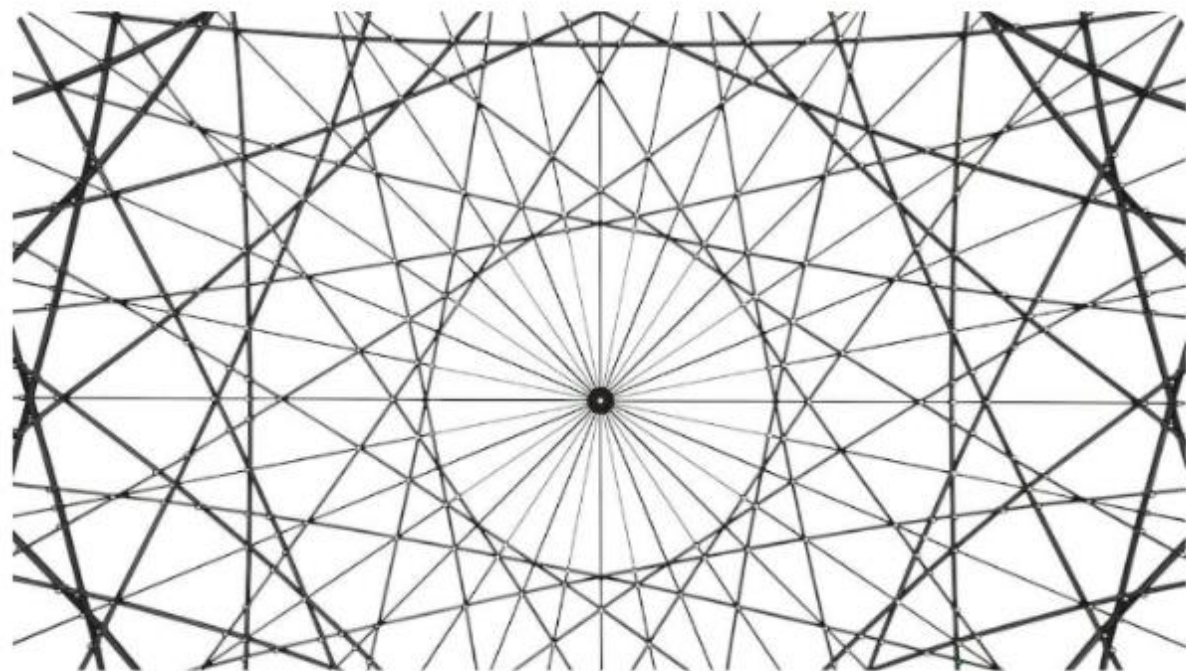


Photo by Mitchel Lensink on Unsplash

Convergenza Modulo GPV

Efficienza dell'ottimizzazione energetica



Stabilizzazione della potenza media

L'algoritmo converge verso una configurazione che massimizza l'energia ritraibile.



Riduzione progressiva della FO

La funzione obiettivo (negativa della potenza) diminuisce costantemente.



Controllo visivo del miglioramento

Il grafico aiuta a validare l'efficacia dell'algoritmo nel tempo.

Dinamica HMCR / PAR - GPV

Adattamento dei parametri evolutivi



Osservazione dell'apprendimento

I parametri si adattano in base al successo delle mosse evolutive.



Controllo fine dell'esplorazione

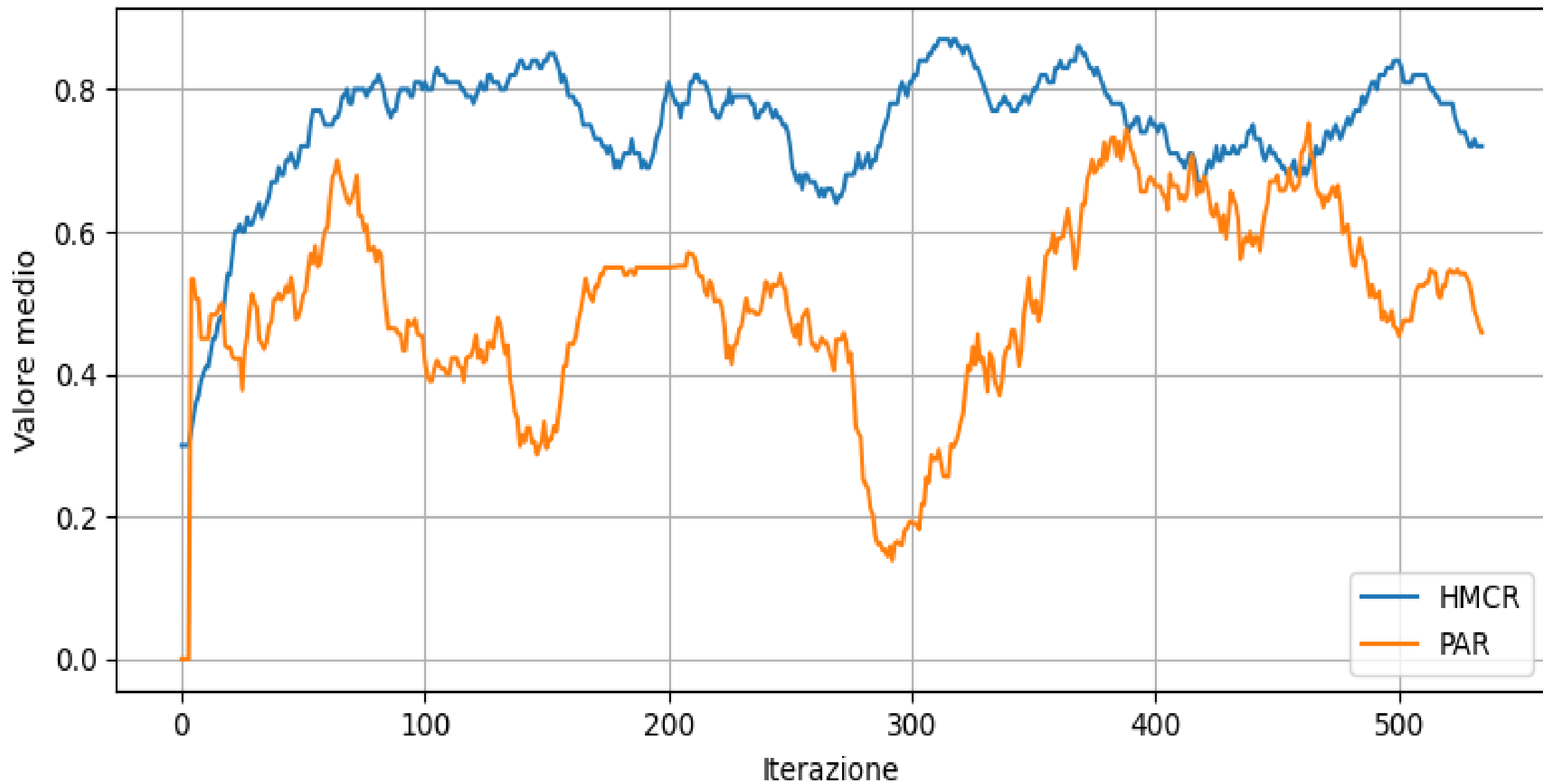
HMCR alto favorisce soluzioni consolidate; PAR bilancia l'innovazione.



Stabilità nella fase finale

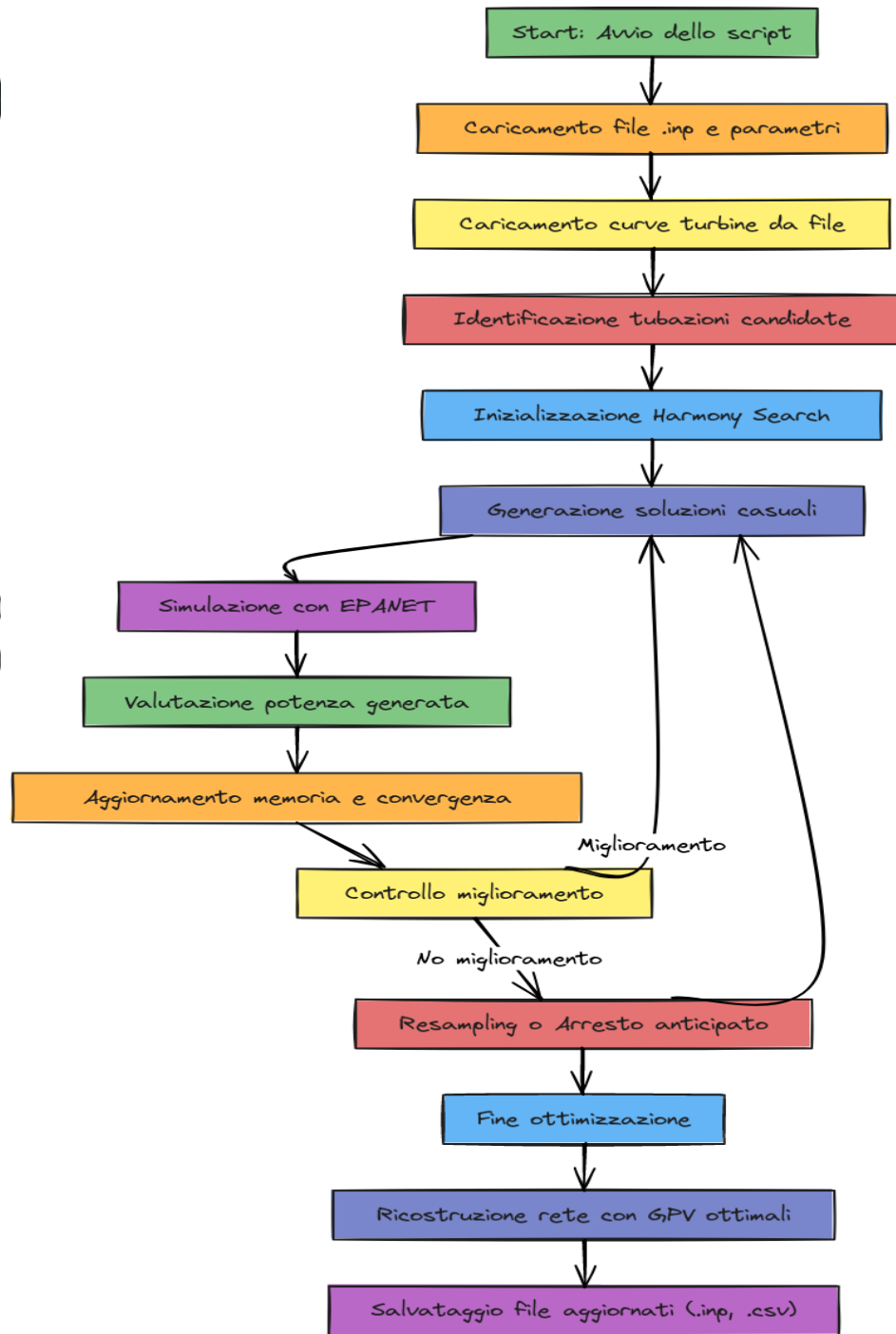
HMCR e PAR si stabilizzano quando la funzione obiettivo converge.

Evoluzione dinamica di HMCR e PAR



O

Ri

Valve
e

SV informativo

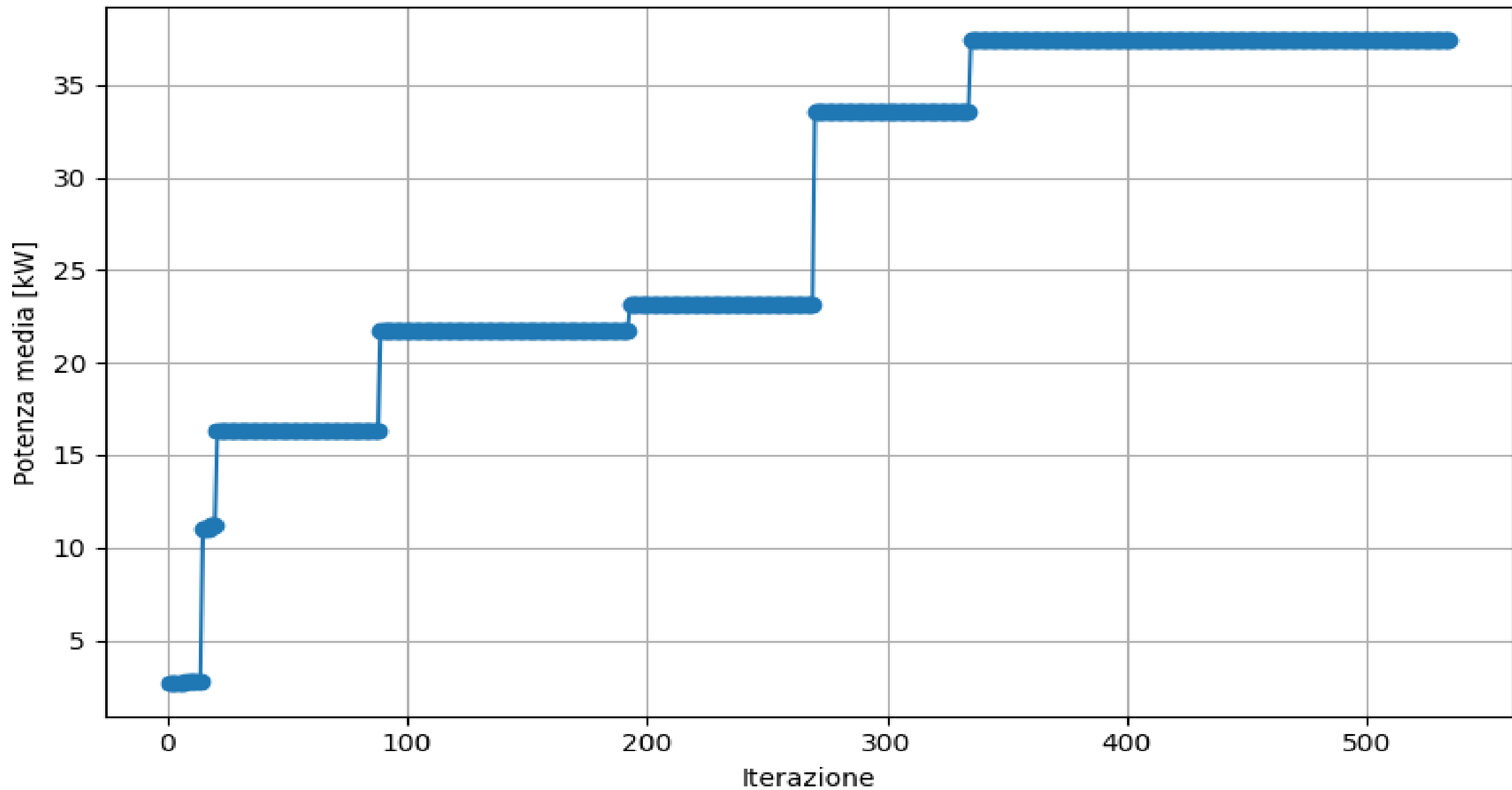
Diario con ID, tratto, DN,
date di installazione delle
GPV.



Grafici di performance

Convergenza della potenza,
dinamiche dei parametri,
distribuzione delle valvole.

Convergenza Harmony Search



Conclusioni

Risultati raggiunti e benefici ottenuti



Controllo efficiente della pressione

Riduzione delle sovrappressioni e ottimizzazione dei livelli nei nodi critici.



Produzione energetica sostenibile

Valvole GPV progettate per massimizzare il recupero energetico locale.



Output pronti per l'implementazione

File esportabili e documentazione completa per l'applicazione reale.

Sviluppi Futuri

Verso un tool sempre più potente e integrato

- **Integrazione con SCADA e dati reali:** Estensione per operare in tempo reale su reti monitorate da sensori.
- **Supporto a valvole intelligenti:** Simulazione di PRV/GPV a controllo remoto o variabile nel tempo.
- **Ottimizzazione multi-rete:** Estensione a reti complesse con distretti multipli o sistemi interconnessi.



Photo by Alexander Sinn on Unsplash