

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II



SCUOLA POLITECNICA E DELLE SCIENZE DI BASE

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, EDILE ED AMBIENTALE

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO

ABSTRACT

Efficienza prestazionale di un gruppo di pompaggio in condizioni di portata variabile

RELATORE:

CH.MO PROF. ING. GIUSEPPE DEL GIUDICE

CORRELATORE:

ING. MARIA CHIARA CONTE

ING. ROBERTA PADULANO

CANDIDATO:

EMANUELE TONTOLI

M67/217

a.a. 2015/2016

L'obiettivo del presente elaborato di tesi è stato quello di analizzare le prestazioni di un sistema di sollevamento confrontando due condizioni di funzionamento opposte: la prima implica il sollevamento di una portata costante ad un serbatoio di alimentazione di una rete di distribuzione idrica; la seconda contempla il collegamento diretto (a meno di un torrino piezometrico) tra l'adduzione e la rete di distribuzione, con il conseguente sollevamento di una portata variabile nell'arco della giornata.

La prima parte della tesi ha riguardato l'indagine sperimentale di una macchina idraulica, in particolare un gruppo motore-pompa dotato di inverter per la regolazione della frequenza. La campagna sperimentale si è svolta presso il laboratorio di Idroenergetica HELab (Hydro Energy Lab) del polo interdisciplinare dell'Università di Napoli "Federico II", CeSMA (Centro di Servizi Metrologici Avanzati); la macchina indagata è una pompa centrifuga multistadio ad asse orizzontale HMU50-2/2 a doppia girante fornita dalla Caprari S.p.a. di Modena, e l'inverter è del gruppo Santerno. Le misurazioni effettuate hanno consentito di determinare le curve caratteristiche del gruppo in termini di prevalenza e rendimento (Figura 1), al variare della portata e del numero di giri della pompa ovvero della frequenza imposta dall'inverter.

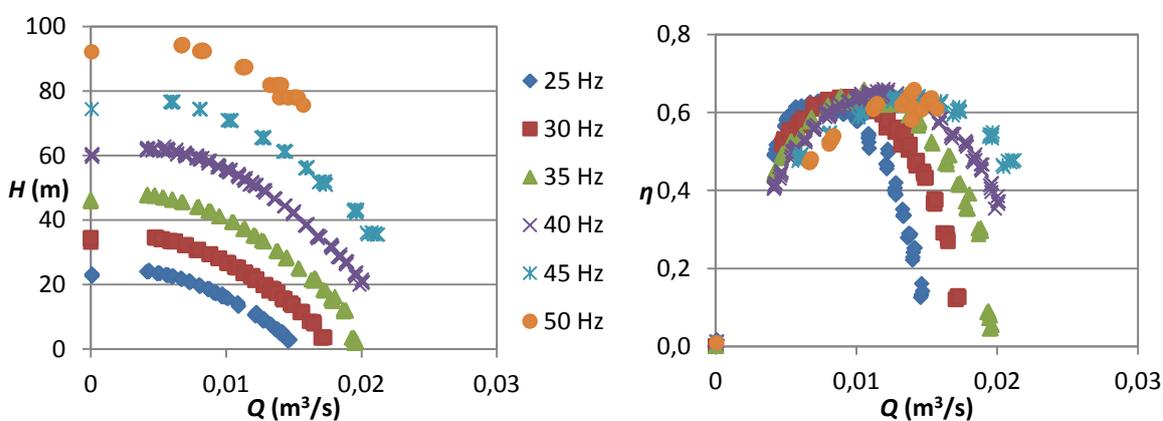


Figura 1: Curve caratteristiche sperimentali

Le curve sperimentali sono state quindi generalizzate a mezzo delle leggi di affinità; le equazioni così determinate, caratterizzate da espressioni polinomiali ad alto coefficiente di determinazione, consentono di conoscere la prevalenza e il rendimento del sistema per qualunque valore di portata e di numero di giri all'interno del range sperimentale (portata compresa tra 0 e 16 l/s e numero di giri compreso tra 1500 e 3000 RpM).

La seconda parte della tesi consiste in un confronto energetico ed economico tra le due condizioni di funzionamento definite. Per quanto concerne il funzionamento a portata

variabile, sono stati estratti dalla letteratura tecnica circa 50 diversi pattern di consumo giornaliero con cadenza di 15 minuti. I diversi pattern, pur essendo relativi a diverse aree geografiche, diverse condizioni socio-economiche e diverse tipologie di giornata, presentano delle caratteristiche comuni: un picco mattutino, uno serale (generalmente di entità confrontabile), un consumo minimo notturno. Per confrontare tra loro i diversi pattern i valori di portata sono stati adimensionalizzati rispetto al loro valor medio, definendo i cosiddetti "coefficienti di ripartizione":

$$c = \frac{Q}{Q_m}$$

Per tali coefficienti è stata effettuata una valutazione esplorativa di tipo statistico finalizzata in particolare alla valutazione della frequenza.

I pattern sono stati successivamente scalati a mezzo di un valore di portata pari a 13 l/s che rappresenta il Best Efficiency Point (BEP) della macchina idraulica utilizzata in fase sperimentale. Tale valore è compatibile con una dotazione idrica di 200 l/s e un numero di abitanti da servire pari a circa 5600. Il dislivello piezometrico da superare è stato ipotizzato pari a 30 m; sono stati inoltre fissati la dimensione e il materiale della condotta di adduzione e dunque le perdite di carico distribuite. Per ciascun pattern, il calcolo dell'energia richiesta è stato effettuato mediante fasi successive: (i) per ogni valore di portata è stata valutata la prevalenza richiesta; (ii) per ogni coppia portata/prevalenza è stato calcolato il numero di giri richiesto, la potenza richiesta, il rendimento e l'energia necessaria; (iii) sommando le energie richieste nei vari periodi della giornata e moltiplicando per il costo unitario del kWh è stato calcolato il costo dell'energia con riferimento a un anno di esercizio continuo dell'impianto. Ipotizzando invece un funzionamento a portata costante, l'energia richiesta nel corso della giornata è sistematicamente inferiore poiché la macchina funziona costantemente al BEP cioè al massimo del rendimento; i costi annui dell'energia sono dunque sempre inferiori (Figura 2).

Se però si considerano i costi di realizzazione dell'impianto, trascurando le voci in comune quali ad esempio i costi della tubazione e quelli della macchina idraulica, nel caso di funzionamento a portata variabile è necessario contemplare i costi di acquisto dell'inverter, mentre per il funzionamento a portata costante è necessario tener conto del costo di realizzazione di un serbatoio il cui volume è da stimarsi caso per caso, come somma del

volume giornaliero, fisso perché dipendente dalla portata media, e del volume di compenso che invece è funzione della forma del pattern.

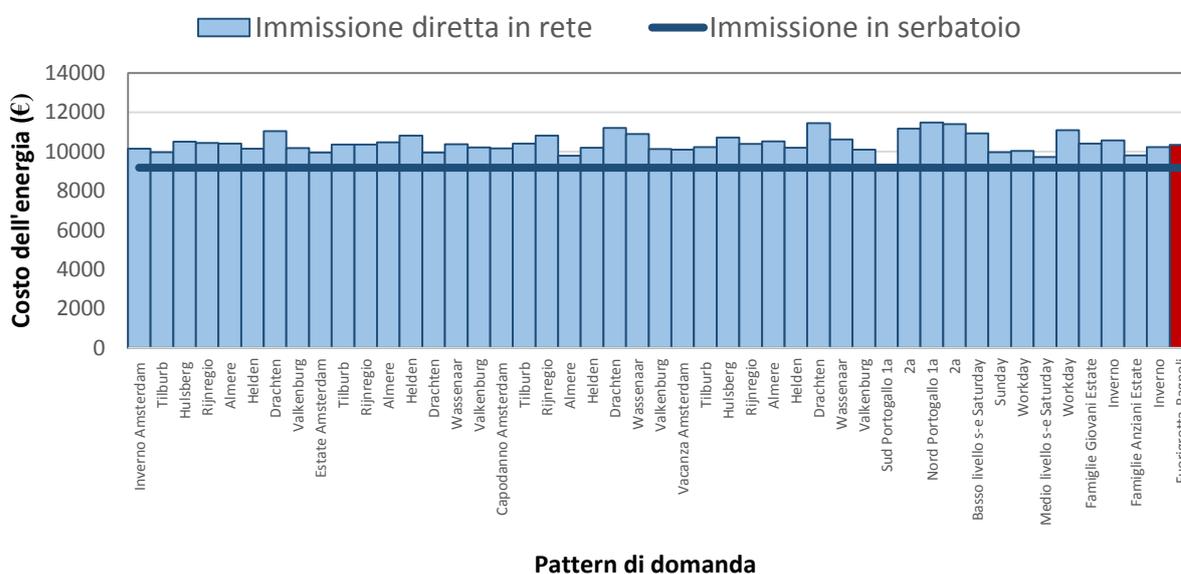


Figura 2: Confronto tra i costi dell'energia

Rateizzando con opportuni parametri i costi dell'impianto e confrontando i costi annui totali, si evince che la realizzazione del serbatoio amplifica i costi di svariate volte, rendendo notevolmente più conveniente, dal mero punto di vista economico, l'utilizzo della soluzione con immissione diretta in rete e sollevamento a portata variabile.

Tuttavia, è opportuno sottolineare che la scelta tra le due soluzioni non può essere frutto solo di valutazioni economiche, poiché la soluzione apparentemente preferibile, quella cioè a portata variabile, comporta per l'intero sistema una serie di problematiche, legate ad esempio alla propagazione dei fenomeni di moto vario e all'assenza di adeguate sconnessioni idrauliche tra gli elementi della rete, che generalmente rendono più elastico il funzionamento della stessa. La conclusione del presente lavoro è piuttosto che, qualora si debba realizzare una rete di distribuzione per la quale non è disponibile un sito adeguato alla realizzazione di un serbatoio, oppure la realizzazione di quest'ultimo rendesse eccessivo il costo piezometrico a servizio dell'abitato, il pompaggio diretto di una portata variabile in rete è possibile sia tecnologicamente, grazie all'utilizzo di un inverter, sia energeticamente, con rendimenti e costi non troppo dissimili dalle condizioni di BEP, con una differenza massima riscontrata pari a circa il 20% corrispondente a circa 1800 €/anno.