
TITOLO: POTENZIALITÀ DELLE CENTRALI IDROELETTRICHE DI PICCOLA TAGLIA CHE UTILIZZANO L'ACQUA CONVOGLIATA DAGLI ACQUEDOTTI POTABILI NELLA REGIONE MOLISE

Autori: *CUCULO F., *DI NIRO A., **DI LUDOVICO A., **GIOIOSA A., **IANIRO V., *IZZO M.P., ***MARONE G., ***PARMENTOLA C., ***SPINA M., **TIBERIO G.,

Autorità di Bacino dei fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore; **ARPA Molise, *Azienda Speciale Molise Acque.*

Autore di Riferimento: Fedele Cuculo (Tel.: 3281367731) e-mail:fedele.cuculo@tin.it

PREMESSA

I temi riguardanti la produzione di energia e la compatibilità con gli obiettivi ambientali sono indubbiamente destinati ad avere un ruolo sempre più importante in futuro soprattutto negli ambiti decisori per le scelte strategiche in campo economico-sociale. Di norma quando si tratta di tematiche energetiche ci si riferisce sempre al petrolio, al gas, al nucleare o alle diverse fonti di energia rinnovabile; tra queste ultime, tuttavia, sta assumendo un ruolo predominante l'energia prodotta dall'acqua in quanto tale risorsa, oltre a non poter essere sostituita in qualità di elemento indispensabile alla vita e alle attività umane, è sempre più al centro di dinamiche, dibattiti e tensioni geopolitiche.

Nell'ambito delle energie elettriche producibili da fonti rinnovabili indubbiamente quella idroelettrica, ovvero l'energia ottenuta sfruttando l'energia potenziale dell'acqua disponibile tra due quote differenti, è quella che ha avuto negli ultimi due secoli i maggiori sviluppi soprattutto nei paesi europei. Sebbene la tecnologia idroelettrica abbia raggiunto una piena maturità e il potenziale idroelettrico delle centrali italiane di grossa taglia (MW) è pressoché completamente sfruttato, attualmente è ragionevole confidare nella disponibilità di un elevato margine di potenzialità rappresentata da centrali di piccola taglia (kW). Questi impianti, di potenza installata inferiore a 10 MW, convenzionalmente riconosciuto dagli Stati Membri, dall'ESHA (European Small Hydropower Association), dalla Commissione Europea e dall'UNIPEDE (Union International e des Producteur set Distributeurs d'Énergie Electrique), sfruttano lo stesso principio degli impianti di grossa taglia e sono applicabili, con impatto limitato o nullo, ad opere infrastrutturali preesistenti sul territorio, quali le condotte di adduzione delle reti acquedottistiche montane e pedemontane.

Nei territori delle Regioni Molise, Puglia e Campania, l'Azienda Molise Acque gestisce diversi schemi acquedottistici che alimentano i serbatoi di 170 Comuni con una lunghezza della rete di circa 2.000 Km.

In particolare, con il presente lavoro si vogliono sintetizzare le risultanze preliminari ottenute dalle valutazioni a larga scala dei potenziali energetici delle infrastrutture acquedottistiche della Regione Molise, con particolare riferimento ai due schemi idrici che maggiormente sembrano prestarsi per gli scopi di produzione energetica.

POTENZIALITÀ DELLE FONTI ENERGETICHE ACQUEDOTTISTICHE

Una valutazione di massima delle potenzialità delle fonti energetiche acquedottistiche può essere resa, in prima battuta, attraverso la definizione dei principali vantaggi connessi con l'installazione e l'entrata in produzione degli impianti. I primi motivi di pregio sono rappresentati dall'economicità degli investimenti dovuti al fatto che buona parte delle opere impiantistiche sono preesistenti e disponibili, oltre che dai bassi o inesistenti impatti ambientali.

Inoltre, la non alterazione della funzionalità della condotta anche attraverso la realizzazione di idonei bypass finalizzati a garantire il passaggio dell'acqua anche durante i periodi di manutenzione della turbina, l'assenza di usura meccanica delle turbine in quanto le acque condottate sono pressoché prive di solidi sospesi, la possibilità di eliminazione delle valvole di dissipazione dei carichi presenti in numerosi punti delle reti acquedottistiche, unitamente all'assenza di contaminazione delle acque potabili, rappresentano i fondamenti delle condizioni ottimali per ritenere accettabili i tempi di ammortamento degli investimenti.

Altresì, le ampie condizioni di funzionamento di questa tipologia di impianti, in esercizio anche con valori di portate prossime ai 5 l/s e salti dell'ordine dei 10 m, possono permettere di garantire il soddisfacimento elettrico di diverse utenze, non ultime quelle necessarie per garantire il sollevamento delle acque in serbatoi di distribuzione posti alle quote più elevate dei centri abitati (Figura 1).

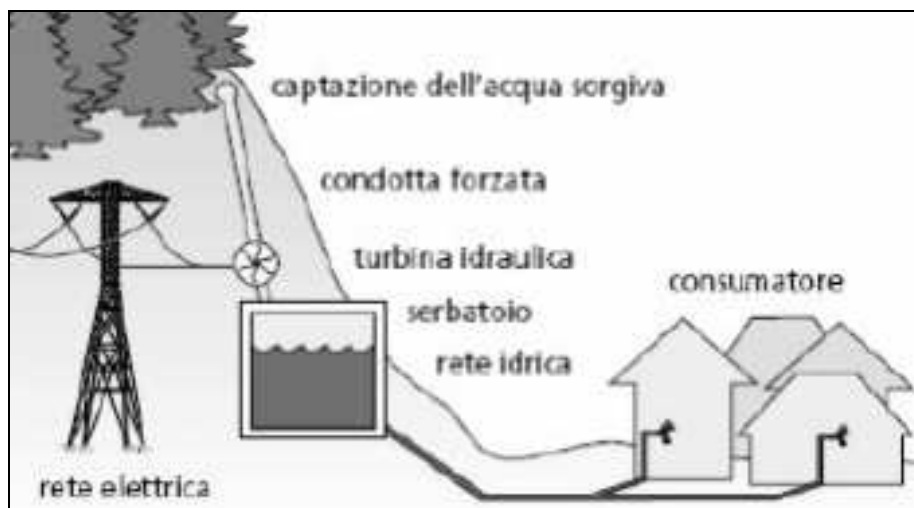


Figura 1: rappresentazione schematica di un impianto di produzione idroelettrica in rete acquedottistica.

Per la stima della fattibilità tecnico-economica di un impianto idroelettrico che sfrutta l'acqua convogliata in acquedotto è indispensabile conoscere i seguenti parametri:

- A. **il salto idraulico**, ovvero la differenza tra la quota alla quale viene prelevata l'acqua e la quota alla quale avviene la produzione dell'energia;
- B. **la portata**, ovvero la quantità di fluido che attraversa una determinata sezione nell'unità di tempo;
- C. **la conformazione della rete**, in quanto la forma dell'acquedotto può giocare un ruolo assai importante per quanto riguarda la producibilità ed, in alcuni casi, anche se la portata e il salto idraulico sono molto favorevoli, una conformazione che poco si addice ad un impianto idroelettrico può compromettere l'intera realizzazione;
- D. **la sezione e lo stato d'uso delle condotte**, poiché, se queste sono sottodimensionate possono costituire un ostacolo, se sono usurate possono avere perdite di carico che riducono il salto a disposizione;
- E. **la distanza dalle linee elettriche**, in quanto l'allacciamento alla rete elettrica dipende dalla potenza dell'impianto stesso ed è interamente a carico del produttore e pertanto, i costi possono incidere in maniera rilevante.

Prioritariamente in questo lavoro è stata condotta un'analisi circa le potenzialità intrinseche (idroelettriche sulla base dei salti disponibili e sulle portate adottate) per la realizzazione di centrali idroelettriche di piccola taglia lungo la rete acquedottistica gestita dall'Azienda Speciale Molise Acque. Tuttavia, al fine di un'analisi costi benefici realistica, per ogni impianto occorrerebbe coadiuvare le informazioni disponibili con i dati concernenti la conformazione della rete, la sezione, lo stato d'uso delle condotte e la distanza dalle linee elettriche.

SCHEMI ACQUEDOTTISTICI MOLISANI

La particolare conformazione orografica dell'Appennino molisano e l'assetto geologico strutturale definito dai processi che hanno presieduto la sua orogenesi, determinano l'esistenza di importanti acquiferi, talvolta di interesse regionale, non di rado caratterizzati da cospicue manifestazioni sorgentizie localizzate anche a quote superiori ai 1000 metri. Questi favorevoli fattori territoriali hanno consentito di sviluppare una rete acquedottistica articolata su quattro schemi idrici principali attualmente in esercizio (Acquedotto Molisano Destro, Sinistro, Campate Forme, Basso Molise) ed un quinto in fase di imminente realizzazione (Acquedotto Molisano Centrale).

Nell'ambito della suddetta rete, anche in relazione alle caratteristiche morfologiche dei diversi rami acquedottistici, le analisi delle valutazioni circa i potenziali energetici sono state condotte principalmente sui seguenti due schemi idrici:

- 1) **MOLISANO DESTRO** - Acquedotto realizzato a metà degli anni '50 per opera della Cassa per il Mezzogiorno ed alimentato principalmente dalle acque captate dal Massiccio montuoso del Matese attraverso una galleria drenante localizzata ad una quota di circa 500 metri. Successivamente l'acqua viene convogliata per gravità nelle vasche di accumulo della centrale, per essere nuovamente sollevata a quota 914 metri da dove si ha la ripartizione e la distribuzione in reti minori (Figura 2A);
- 2) **CAMPATE FORME** - Questo schema idrico è alimentato principalmente dalle acque emunte dalle sorgenti d'alta quota "Le Forme" (1.451 m s.l.m.) e "Campate" (1.350 m s.l.m.); consta di tre rami principali e quattro minori, che garantiscono l'approvvigionamento idrico per gravità a comuni sia molisani che

campani localizzati a quote decisamente inferiori fino ad un minimo di circa 150 metri sul livello del mare (Figura 2B).

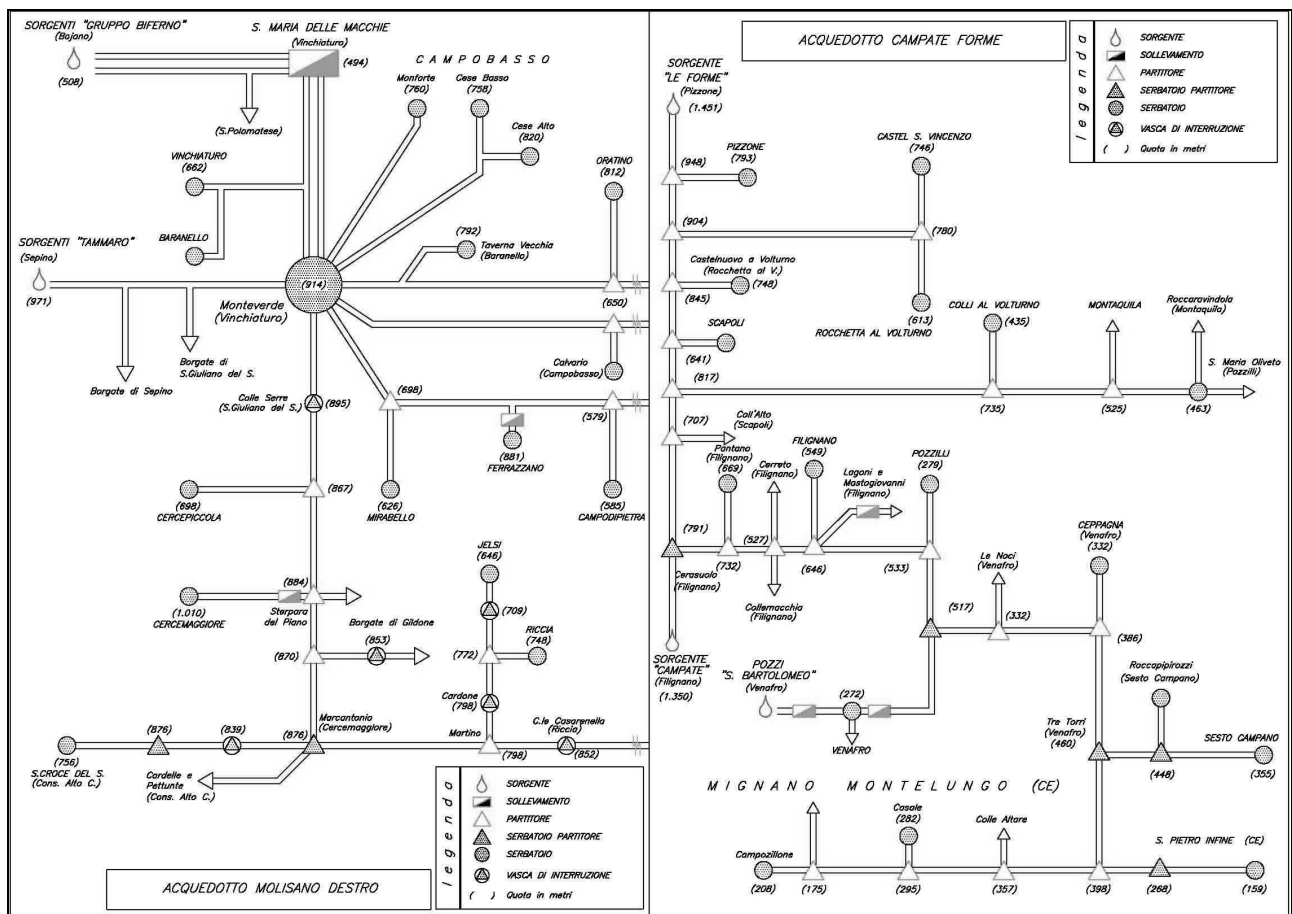


Figura 2: rappresentazione schematica della rete acquedottistica del "Molisano Destro" e del "Campate Forme".

ANALISI DELLA POTENZIALITA' ENERGETICA

Dall'analisi morfologica degli schemi idrici proposti in precedenza è possibile desumere le caratteristiche salienti delle reti acquedottistiche analizzate, da cui, noti i valori di portata (in l/s) ed il salto disponibile in (m), è possibile calcolare il valore della potenza teorica (in W) attraverso la seguente espressione:

$$P_{teorica} = Q \left[\frac{l}{s} \right] \times H [m] \times 9,8 \left[\frac{m}{s^2} \right]$$

Atteso che attualmente le turbine in commercio per queste dimensioni hanno un rendimento stimabile nell'ordine del 70% si può calcolare la Potenza meccanica prodotta, attraverso la seguente espressione:

$$P_{meccanica} = 70\% P_{teorica}$$

Da questa, per ottenere la potenza elettrica, atteso che attualmente il rendimento di un generatore elettrico è dell'85%, si utilizza la seguente espressione:

$$P_{elettrica} = 85\% P_{meccanica}$$

La rete acquedottistica del "Campate-Forme" si articola da una quota massima di 1.451 metri fino ad una quota minima di circa 159 metri; consta di circa 24 salti utili, con una altezza variabile da un massimo di 559 metri fino ad un minimo di circa 40 metri. L'acquedotto "Molisano Destro" si sviluppa da una quota massima di 971 metri fino ad una quota minima di circa 500 metri; sono rilevabili 10 salti utili, con un'altezza compresa tra 156 metri e 20 metri.

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva dove sono elencati, per i salti principali dei due schemi idrici proposti, i valori di Potenza elettrica prodotta, calcolata nelle modalità sopraccitate.

Schema Acquedottistico	Salto		Portata media (l/s)	Salto (m)	Potenza Teorica (kW)	Potenza meccanica (kW)	Potenza elettrica (kW)
	DA	A					
Campate Forme	S. Le Forme	Serbatoio (948)	60	512	300	210	178.5
Campate Forme	S. Campate	Serbatoio (791)	32	559	175.5	123	105
Molisano Destro	S. Tammaro	Bottino (971)	10	70	7	4.9	4.2
Molisano Destro	Bottino (971)	Serbatoio (914)	40	57	22.4	16	13.6
Molisano Destro	Serb. Monteverde	Serb. Manforte	65	154	98.2	68.7	58.4
Molisano Destro	Serb. Monteverde	Seb. Cese Basso	85	156	130	91	77.4
Molisano Destro	Serb. Monteverde	Seb. Cese Alto	85	94	78.4	55	47
Totale energia elettrica recuperabile							484

Dall'analisi dei dati riportati in tabella si deduce che le potenzialità dei due schemi acquedottistici possono arrivare complessivamente ad almeno 0,5 MW. Se si tiene conto di un "FATTORE di UTILIZZO" per gli impianti idroelettrico di piccola taglia, che per il settore idroelettrico risulta essere molto variabile da sito a sito, pari a 5.000 ore equivalenti/anno, ai sensi della normativa UNIPEDA (Unione Internazionale dei Produttori e Distributori di Energia Elettrica), si può stimare una producibilità di questi impianti di circa 2,5 GWh/anno.

Tali numeri permettono sicuramente di garantire il fabbisogno elettrico connesso alla gestione del sistema acquedottistico, ma anche di soddisfare piccole utenze quali i centri suburbani e i sistemi di irrigazione dei campi.

CONCLUSIONI

La costante e sempre più pressante esigenza di individuare un'alternativa accettabile ai combustibili fossili e nucleari, unitamente alla sempre maggiore presenza di vincoli ambientali che, nell'ottica dell'uso sostenibile delle risorse idriche e al fine di conseguire gli obiettivi di tutela ambientale che hanno comportato una sensibile restrizione dei margini per l'incremento dei sistemi idroelettrici di grande taglia, hanno, d'altra parte, indotto lo sviluppo di tecnologie connesse con lo sfruttamento dei potenziali energetici rappresentati dai grandi schemi idrici montani e pedemontani.

L'analisi proposta ha consentito di effettuare una valutazione preliminare squisitamente tecnica circa le potenzialità idroelettriche di impianti di piccola taglia che utilizzano le acque addotte dagli acquedotti potabili gestite dall'Azienda Speciale Molise Acque.

I risultati ottenuti hanno evidenziato apprezzabili margini di ottimizzazione energetica rappresentati dal possibile sfruttamento dei numerosi salti connessi con l'articolazione morfologica della topografia, ai quali si aggiungono i benefici economici diretti derivanti dal meccanismo dei Certificati Verdi, introdotto dall'art. 11 del D.Lgs n° 79/'99, in recepimento della Direttiva 96/92/CE.

Tale decreto ha introdotto l'obbligo, a carico di produttori e importatori di energia elettrica da fonti non rinnovabili, di immettere nel sistema elettrico nazionale, a decorrere dal 2002, una quota minima di energia elettrica prodotta da impianti alimentati a fonti rinnovabili entrati in esercizio dopo l'1/4/1999. Tale quota pari al 2% nel 2001, al 6,80% nel 2011 e al 7,55% nel 2012, può essere acquistata da altri produttori a mezzo dei titoli denominati, appunto, Certificati Verdi.

La legge finanziaria del 2008 ha delineato, inoltre una nuova disciplina di incentivazione per gli impianti entrati in esercizio dopo il 31 dicembre 2007, prevedendo, in alternativa ai certificati verdi, una tariffa fissa onnicomprensiva (per tutta l'energia immessa in rete), variabile a seconda delle fonte utilizzata, per gli impianti di potenza elettrica non superiore a 1MW.

Ultimo vantaggio, ma non per importanza, nell'utilizzo di tale sistema di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile, va riscontrato nella completa assenza di emissioni di CO₂ in atmosfera.

Infatti, per produrre un chilowattora elettrico vengono bruciati mediamente l'equivalente di 2,56 kWh sotto forma di combustibili fossili e, di conseguenza, emessi circa 0,53 kg di anidride carbonica.

Si può asserire quindi che ogni kWh prodotto dal sistema idroelettrico esaminato evita l'emissione di circa 0,53 kg di anidride carbonica, per un totale, all'anno, di 1.282.600 kg.

BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

AA.VV. - *Produzione di energia idroelettrica ecocompatibile dagli acquedotti: studio di sostenibilità sul territorio Piemontese*. Relazione Progetto CIPE C55 - Finanziato dalla Regione Piemonte.

AA.VV. – *Energia Geopolitica e Strategie*. Edizioni Nagard – Fondazione Europea Dragan n° 35, a cura di Guido Ravasi, 2010.

Carlomagno C., Cuculo F., Di Niro A., Di Ludovico A., Gioiosa A., Izzo M.P., Patavino A., - *Utilizzo delle risorse idriche per la produzione di energia nel Molise*. Atti del Convegno XXVIII Giornata dell’Ambiente – Accademia Nazionale dei Lincei, 15 Ottobre 2010.

Miotto F., Claps P., Revelli R., Poggi D. - *Produzione di energia idroelettrica eco-compatibile da acquedotti: analisi di fattibilità economica*. 31° Convegno Nazionale di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Perugia 9-12 settembre 2008.

Patroni E., Tiberio G., Ianiro V. - *Energia e sostenibilità ambientale*. ARPA Molise, Maggio 2009.

Plebani F., Poggi D., Revelli R. & Claps P. – *Produzione di energia idroelettrica eco-compatibile dagli acquedotti montani e pedemontani: valutazione a scala regionale delle potenzialità delle reti di adduzione*. Approvvigionamento e Distribuzione Idrica: Esperienza, Ricerca ed Innovazione. Ferrara, 28-29 giugno 2007.