

# La Ricerca di Sistema per le nuove risorse di flessibilità: il ruolo del pompaggio idroelettrico ibrido

Chiara Gandolfi, Julio Alterach, Silvia Canevese - RSE

Lo sfruttamento di quote crescenti di energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili sta portando all'uscita dal mercato di molte centrali termoelettriche a combustibili fossili, a partire da quelle più datate. Inoltre, a causa delle fluttuazioni della generazione da Fonti Rinnovabili Non Programmabili (FRNP), il gestore di rete deve richiedere risorse di bilanciamento sempre più flessibili, che solo alcune tipologie di impianto convenzionale sono in grado di fornire. In tale ambito, il pompaggio idroelettrico e le altre tecnologie di accumulo possono fornire preziose risorse. Gli impianti ibridi ottenuti combinando il pompaggio idroelettrico con Sistemi di Accumulo (SdA) elettrochimico, volani (flywheel) e opportune logiche di controllo per la fornitura di servizi di flessibilità risul-

tano tra i dispositivi più promettenti in una prospettiva di incremento della capacità del sistema di accogliere generazione da FRNP.

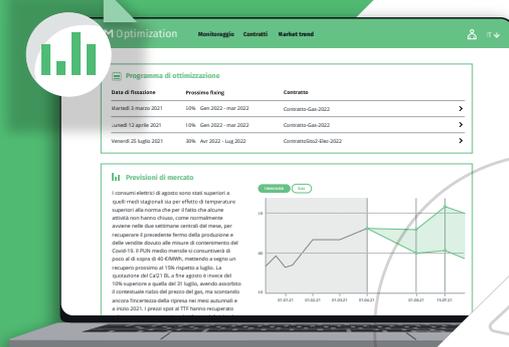
In RSE, nelle attività finanziate dal fondo di Ricerca Sistema del triennio 2019-2021, è stato sviluppato un modello, come caso test, dell'impianto di pompaggio marino di Foxi Murdegu (Sardegna) per studiarne il comportamento dinamico. Parallelamente, per rendere queste soluzioni innovative economicamente fattibili e realizzabili, sono necessarie anche nuove regole di mercato in materia di servizi di dispacciamento. Nel seguito, verrà illustrata la recente evoluzione della regolamentazione in ambito italiano, con riferimento ai progetti pilota in corso<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Questo lavoro è stato finanziato dal Fondo di Ricerca per il Sistema Elettrico in ottemperanza al Decreto del Ministro dello Sviluppo Economico 16 aprile 2018.

**YEM**  
optimization

# Prevede e analizza i prezzi del mercato energetico

Il tool digitale che **anticipa le fluttuazioni dei prezzi GAS ed ENERGIA ELETTRICA** proponendo **i fixing più adatti** alla tua strategia.



## Ottimizzare i tuoi contratti a prezzo variabile diventa molto semplice!

1

**Inserisci**

i dati del contratto.

2

**Scegli**

la propensione al rischio.

3

**Visualizza**

i calendari di fixing.

4

**Ricevi**

i consigli di fixing per sms o email.



**Ottimizza**

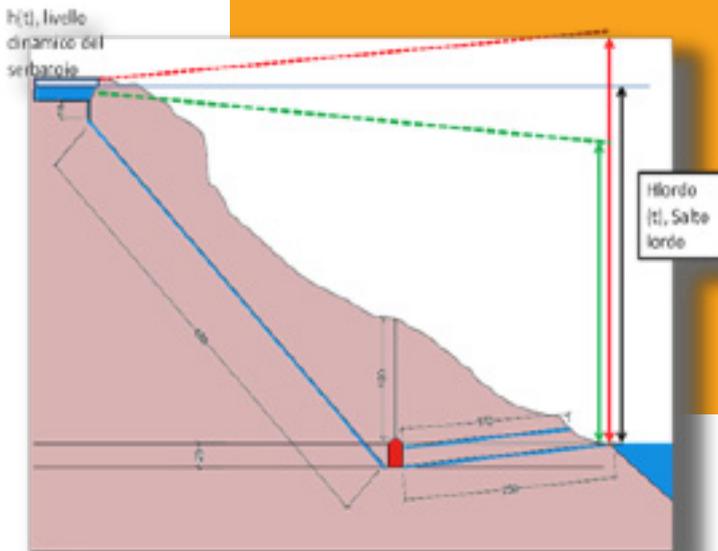
la tua strategia.



Visita il nostro sito  
[yem-energy.it](http://yem-energy.it)

YEM You're Energy Manager

in



Impianto di pompaggio marino di Foxi Murdegu: sezione schematica, planimetria invaso e render 3D

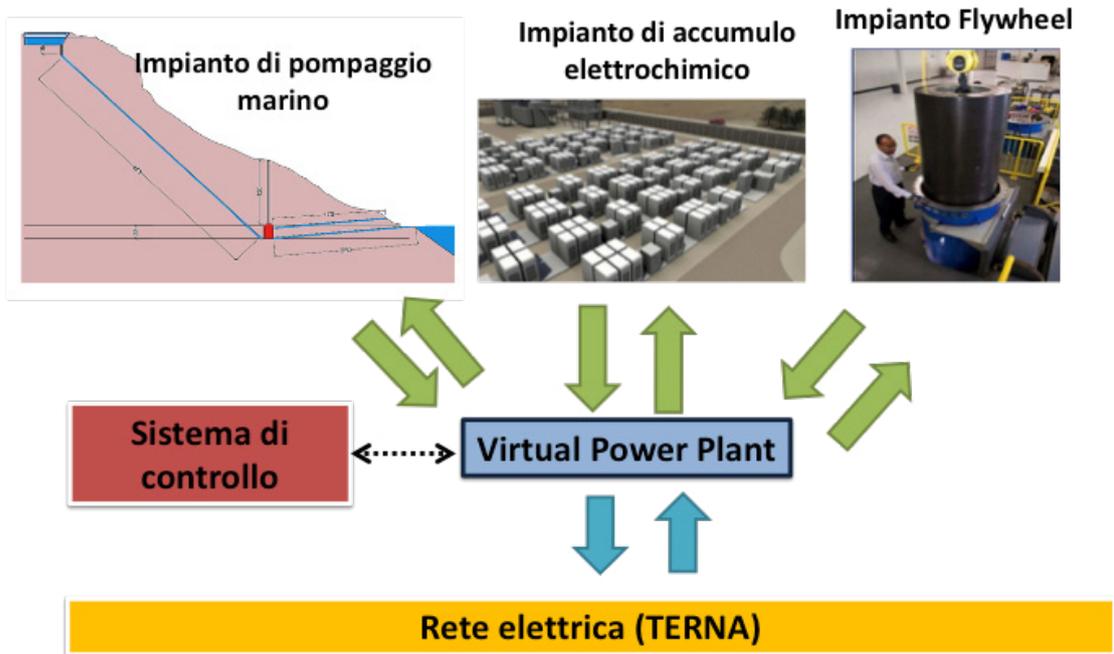
## Un impianto di pompaggio ibrido, combinato con batterie e volani

Per valutare nuove forme di flessibilità, in questi ultimi anni si sono studiati e sperimentati sistemi di pompaggio idroelettrico con macchine reversibili a giri variabili, che utilizzano acqua di mare con il vantaggio di sfruttare una risorsa pressoché infinita e di non richiedere la costruzione di un serbatoio inferiore. Un particolare approfondimento è stato condotto per il potenziale impianto di pompaggio marino individuato per il sito di Foxi Murdegu, in Sardegna. L'invaso realizzato in zone non vincolate, ha un ridotto impatto ambientale, considerando che non intercetta corsi fluviali esistenti e che, opportunamente impermeabilizzato, evita infiltrazioni d'acqua in un'area vicina alla costa, comunque già naturalmente salina.

Successivamente si è valutata una delle ibridazioni più promettenti per la rete elettrica del futuro, combinando un impianto idroelettrico di pompaggio con altre due tecnologie di accumulo: batterie (accumulo elettrochimico) e volani (flywheel, che accumulano energia cinetica per rotazione). Uno dei vantaggi principali derivanti dall'ibridazione di tecnologie con caratteristiche diverse è quello di poter sfruttare al meglio le peculiarità di ognuna di esse per massimizzare le prestazioni dell'impianto ibrido.

Le strategie di controllo del sistema ibridato potrebbero contribuire a risolvere problemi di stabilità e sicurezza della rete mediante la fornitura di nuovi servizi. In collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria Industriale (DII) dell'Università di Padova è stato sviluppato un innovativo modello dinamico di pompaggio ibrido con batterie e volani in ambiente MATLAB – Simulink®, applicato al caso dell'impianto potenziale di pompaggio marino di Foxi Murdegu in configurazione Virtual Power Plant.

### Virtual Power Plant



Configurazione ibrida tra pompaggio marino, batterie e flywheel

Dai risultati emerge che 10 MW di batterie sono sufficienti per sollevare completamente l'impianto di pompaggio di taglia 127 MW dalla regolazione di frequenza primaria, eccezion fatta per i periodi nei quali l'errore di frequenza richiede un contributo di regolazione che supera i limiti di potenza della batteria. Rispetto alla sola regolazione primaria, l'inclusione della regolazione secondaria tende a stressare di più sia l'idroelettrico quando non è ibridato, sia la batteria, in termini di vita utile. L'aggiunta di 5 MW di flywheel migliora di molto la capacità di seguire il segnale complessivo di regolazione primaria e secondaria di frequenza, ma impone alla batteria variazioni più rapide di potenza per controllare lo stato di carica del flywheel.

In ogni caso, l'ibridazione dell'impianto idroelettrico di pompaggio rende più stabile l'output di potenza, diminuendo sostanzialmente il numero di movimenti e la distanza percorsa dalle palette distributrici, determinando una minore usura della macchina.

## Nuovi servizi di regolazione per aumentare la flessibilità del sistema elettrico italiano

Con la Delibera 300/2017, l'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente (ARERA) ha avviato una riforma del Mercato per il Servizio di Dispacciamento italiano (MSD), per ampliare l'insieme delle risorse partecipanti e dei servizi di dispacciamento resi. Il processo prevede una prima fase di verifica della capacità dei nuovi partecipanti di fornire flessibilità al sistema elettrico. A tal fine, il gestore di rete Terna sta introducendo progetti pilota per la fornitura di servizi da parte di risorse finora non abilitate a MSD: impianti di generazione non rilevanti (ossia di taglia inferiore a 10 MVA), alimentati da fonti programmabili o non programmabili; carichi; sistemi di accumulo, in particolare quelli elettrochimici basati su batterie. Le risorse possono anche essere aggregate, formando Unità Virtuali Abilitate (UVA): ad esempio, le UVAM, dove la M sta per "miste", in quanto possono contenere dispositivi di diversa natura, possono effettuare, a salire e/o a scendere, servizi di riserva terziaria, di risoluzione delle congestioni e di bilanciamento. Per quanto riguarda nuovi servizi, non ancora definiti nel Codice di Rete, nel progetto pilota sulla regolazione di frequenza ultra-rapida, o fast reserve, si richiede, simmetricamente a salire e a scendere, di contribuire sin dai primi istanti a fronteggiare perturbazioni della frequenza potenzialmente critiche, in modo anche da supportare la regolazione primaria tradizionale, che agisce tipicamente in 15-30 s (si veda la Tabella). Per l'erogazione del servizio tradizionale stesso, nel progetto UPI (Unità di Produzione Integrate con

sistemi di accumulo), impianti convenzionali già abilitati vengono supportati da SdA a batteria, che si fanno carico della regolazione permettendo agli impianti di sfruttare economicamente meglio la banda di potenza così lasciata libera. Nel progetto pilota, appena approvato da ARERA, sulla regolazione secondaria di frequenza, si prevede, a differenza del servizio tradizionale, anche la fornitura in un solo verso o comunque con bande di regolazione asimmetriche; inoltre, anche le UVAM potranno partecipare a tale progetto. Dal punto di vista economico, una caratteristica attrattiva dei progetti pilota è la possibilità di combinare due fonti di remunerazione: quella per l'energia scambiata per i servizi, secondo meccanismi analoghi a quelli pre-esistenti (MSD è un mercato pay as bid, in cui l'energia è remunerata al prezzo offerto), e una aggiuntiva "in capacità", per la potenza resa disponibile sotto opportune condizioni: in particolare, per le UVAM e per la fast reserve, sono previste aste con "premi" fino a qualche decina di k€/MW/anno. In tale panorama, si evidenzia in particolare il ruolo degli accumuli basati su batterie, che, nonostante i costi di investimento non ancora bassi, possono costituire, grazie a caratteristiche quali velocità di risposta, versatilità nel controllo e modularità, preziose risorse di flessibilità, anche a supporto di altre tecnologie.

In definitiva, gli studi condotti da RSE rappresentano un punto di partenza per la valutazione delle opportunità dell'ibridazione dei sistemi di pompaggio per



Tecnologia chiave per l'Industria 4.0, per sistemi ad aria compressa

SIGMA AIR MANAGER 4.0

il tuo personal

# ENERGY MANAGER



**Massima connessione**

**Ottimizzazione dell'efficienza**

**Riduzione dei costi**

**Gestione della manutenzione**

**Management energetico conforme a DIN EN ISO 5000**

incrementare la flessibilità del sistema, sfruttando ad esempio un supporto da parte SdA elettrochimici e volani meccanici per fornire servizi di regolazione di frequenza rapidi.

Servizio	Obiettivi	Tempistiche
Regolazione primaria	Ristabilire l'equilibrio tra generazione e carico, contenendo così le variazioni di frequenza, anche se non ci si riporta alla frequenza nominale e ai valori programmati degli scambi di potenza tra aree di controllo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Risposta automatica all'errore di frequenza misurato localmente</li> <li>• Fornire, entro 15 s dallo squilibrio, metà del contributo in potenza richiesto, entro 30 s l'intero contributo</li> </ul>
Regolazione secondaria	Compensare gli scarti tra generazione e carico, riportando ai valori programmati gli scambi di potenza con le zone di regolazione confinanti e contribuendo a riportare la frequenza al valore desiderato	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Risposta automatica al "segnale di livello" centralizzato calcolato dal gestore di rete</li> <li>• Interventi con costanti di tempo dell'ordine delle diverse decine di secondi; si deve essere in grado di fornire il servizio per almeno 2 ore</li> </ul>
Regolazione terziaria (risposta manuale a seguito di ordini di dispacciamento di Terna)		
Riserva pronta (a salire)	Ricostituire la banda di riserva secondaria di potenza e mantenere il bilancio del sistema in caso di variazioni rapide di fabbisogno (ad es., rampa di presa di carico) con requisiti di velocità e continuità	Variare la potenza entro 15 min dalla richiesta del gestore di rete
Riserva rotante	Ricostituire la banda di riserva secondaria di potenza e la riserva terziaria pronta	Contributo che può essere fornito entro 15 min dalla richiesta del gestore di rete e che può essere sostenuto per almeno 120 min
Riserva di sostituzione	Ricostituire la riserva terziaria rotante a fronte di scostamenti del fabbisogno, dell'immissione da FRNP, di avarie di qualche ora dei gruppi di generazione	Contributo che può essere fornito entro 120 min dalla richiesta del gestore di rete e senza limitazioni di durata

Servizi di regolazione di frequenza "tradizionali"

---

Rödl & Partner è uno dei maggiori studi professionali multidisciplinari del mondo. Grazie ad uno staff di 5130 collaboratori e 106 uffici in 48 Paesi in tutto il mondo, lo studio offre consulenza legale, fiscale, servizi di revisione legale, consulenza del lavoro e outsourcing senza confini.

In Italia un team di oltre 30 professionisti si occupa esclusivamente di consulenza per il settore energetico.

Milano \* Padova \* Roma \* Bolzano

---

- Consulenza legale e fiscale per l'efficiamento energetico e l'energia rinnovabile
- Consulenza a 360° per il settore privato e gli enti pubblici
- Strutturazione e realizzazione di progetti
- Ottenimento e mantenimento di incentivi
- Project Finance
- Contrattualistica
- Attività giudiziale
- Ricorsi ai tribunali amministrativi
- Attività di docenza