



HGT Design & Execution



GRE CODE

GRE.EEC.R.14.IT.H.16071.00.034.00

TITLE:

AVAILABLE LANGUAGE: IT

Impianto idroelettrico di PIZZONE II

Progetto Definitivo per Autorizzazione

RELAZIONE IDROLOGICA

FILE NAME: GRE.EEC.R.14.IT.H.16071.00.034.00.docx

ORDINE APPARTENENZA			Ingegnere	Ingegnere	
PROVINCIA/REGIONE			Milano	Verona	
NUM. MATRICOLA			10669	1542	
00	29-11-22	REVISIONE	R. Radice	R. Keffer	G. Sembenelli
REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	CHECKED	APPROVED

GRE VALIDATION

		F. Torasso
COLLABORATORS	VERIFIED BY	VALIDATED BY

PROJECT PLANT	GRE CODE																		
	GROUP	FUNCTION	TYPE	ISSUER	COUNTRY	TEC.	PLANT				SYSTEM	PROGRESSIVE	REVISION						
	GRE	EEC	R	1	4	I	T	H	1	6	0	7	1	0	0	0	3	4	0

CLASSIFICATION: **PUBLIC**

UTILIZATION SCOPE: **PROGETTO DEFINITIVO PER AUTORIZZAZIONE**

INDEX

1. INTRODUZIONE	3
2. CARATTERISTICHE DEL BACINO E DEGLI SBARRAMENTI	4
2.1. CARATTERISTICHE DEI BACINI IDROGRAFICI.....	5
2.2. CARATTERISTICHE DEGLI SBARRAMENTI.....	6
2.2.1. Serbatoio di Montagna spaccata	7
2.2.2. Serbatoio di Castel San Vincenzo	9
3. STIMA DELLE PORTATE IN INGRESSO AL SISTEMA.....	12
3.1. Montagna Spaccata	12
3.1.1. Livelli osservati	12
3.1.2. Portate turbinate osservate.....	12
3.2. Castel San Vincenzo	13
3.2.1. Livelli osservati	13
3.2.2. Portate turbinate osservate.....	14
3.3. Stima delle portate naturali in ingresso al sistema.....	14
4. BILANCIO IDROLOGICO E VOLUMI D'ACQUA DISPONIBILI NELLA CONFIGURAZIONE DI PROGETTO	18
5. CONCLUSIONI	20

1. INTRODUZIONE

Enel è proprietaria e gestore del Sistema Idroelettrico di Montagna Spaccata che consiste in una serie di invasi in cascata che alimentano altrettante centrali. Nel tratto di monte di questo sistema esiste oggi l'invaso di Montagna Spaccata, che alimenta la centrale di Pizzone e l'Invaso di Castel San Vincenzo, che riceve le acque dalla Centrale di Pizzone e alimenta quella di Rocchetta.

Nell'ambito delle strategie di investimento per ampliare la produzione di energia rinnovabile Enel sta considerando la possibilità di intervenire sul Sistema esistente per migliorarne l'efficienza o incrementarne la potenza installata.

Stantec S.p.A. (di seguito "**Stantec**"), in qualità di Consulente Tecnico, è stata incaricata da Enel Green Power S.p.A. (di seguito "**EGP**") di effettuare uno Studio di Pre-Fattibilità e successivamente il presente Progetto Definitivo per Autorizzazione per valutare la possibilità di convertire lo schema idroelettrico tradizionale esistente in un nuovo impianto di pompaggio / generazione preservando i due bacini.

Nel 2021 è stato consegnato a Enel il citato Studio di Pre-Fattibilità, selezionando una alternativa progettuale basata sulla realizzazione di una Centrale da 400 MW, dimensionata per sfruttare al massimo le caratteristiche naturali dell'area.

Detta soluzione era basata sulla realizzazione di una nuova galleria di adduzione e condotte forzate con una portata massima di progetto pari a 120 m³/s a servizio di due gruppi macchine reversibili da circa 200 MW cadauna da installarsi in caverna.

I gruppi erano previsti uno a velocità fissa ed uno a velocità variabile.

Successivamente, in sede di tavolo tecnico con Terna, gestore della rete, si è deciso di limitare la potenzialità massima della Centrale a 300 MW, adeguando il dimensionamento delle opere a tale diversa produzione, per consentire il collegamento alla rete in prossimità dell'impianto limitando la costruzione di nuove linee.

Dalle verifiche effettuate è conseguito un ridimensionamento della massima portata di progetto in produzione a 90 m³/s e, come da indicazioni ricevute dal committente, si è ipotizzato di lavorare in ripompaggio per un tempo di 8h.

Lo scopo del presente studio è quello di condurre un'analisi idrologica e di gestione dei serbatoi, a supporto della progettazione del sistema di pumped storage di produzione idroelettrica di Montagna Spaccata - Pizzone - Castel S. Vincenzo. In particolare, si vuole analizzare l'effettiva capacità idrologica di sostenere il sistema di pumped storage previsto.

2. CARATTERISTICHE DEL BACINO E DEGLI SBARRAMENTI

Il sistema analizzato fa riferimento al serbatoio di accumulo di Montagna Spaccata con relativo impianto di produzione idroelettrica di Pizzone e al bacino di Castel San Vincenzo con relativo impianto di produzione idroelettrica di Rocchetta. I due bacini sono idraulicamente connessi mediante un sistema di trasferimento tra diversi bacini idrografici dell'acqua invasata a Montagna Spaccata che consente la produzione di energia alla Centrale di Pizzone, prima di collegarsi al serbatoio di Castel San Vincenzo.

L'area di studio comprende pertanto i bacini idrologici contribuenti agli impianti di produzione sopra menzionati:

- bacino del Rio Torto (affluente del Fiume Sangro), chiuso alla diga di Montagna spaccata (19.8 km²);
- bacino del Rio Salzera (all'interno del bacino del Fiume Volturno), chiuso alla diga di Castel San Vincenzo (2.9 km²);
- bacini del Rio Collealto e Rio Vignalunga (all'interno del bacino del Fiume Volturno), intercettati dal sistema di trasferimento a valle della Centrale di Pizzone (31.6 km²).

La figura che segue mostra l'inquadramento generale dell'area di progetto a cavallo tra i bacini dei Fiumi Sangro e Volturno e il dettaglio dell'area di studio, con i corpi idrici principali e le infrastrutture presenti, mentre la Figura 2-2 mostra una schematizzazione del sistema di trasferimento presente.

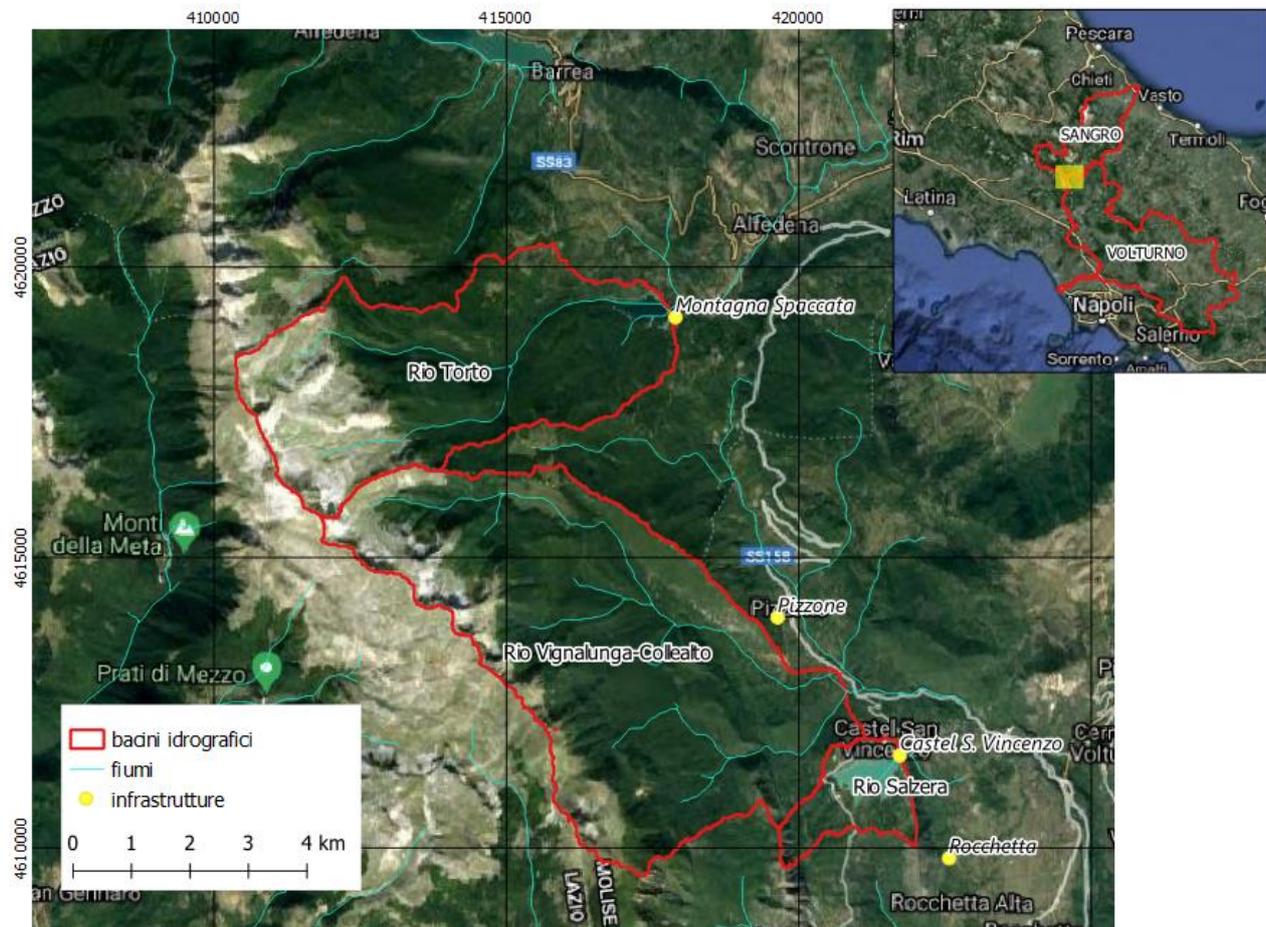


Figura 2-1. Inquadramento dell'area di studio (coordinate in sistema UTM33)

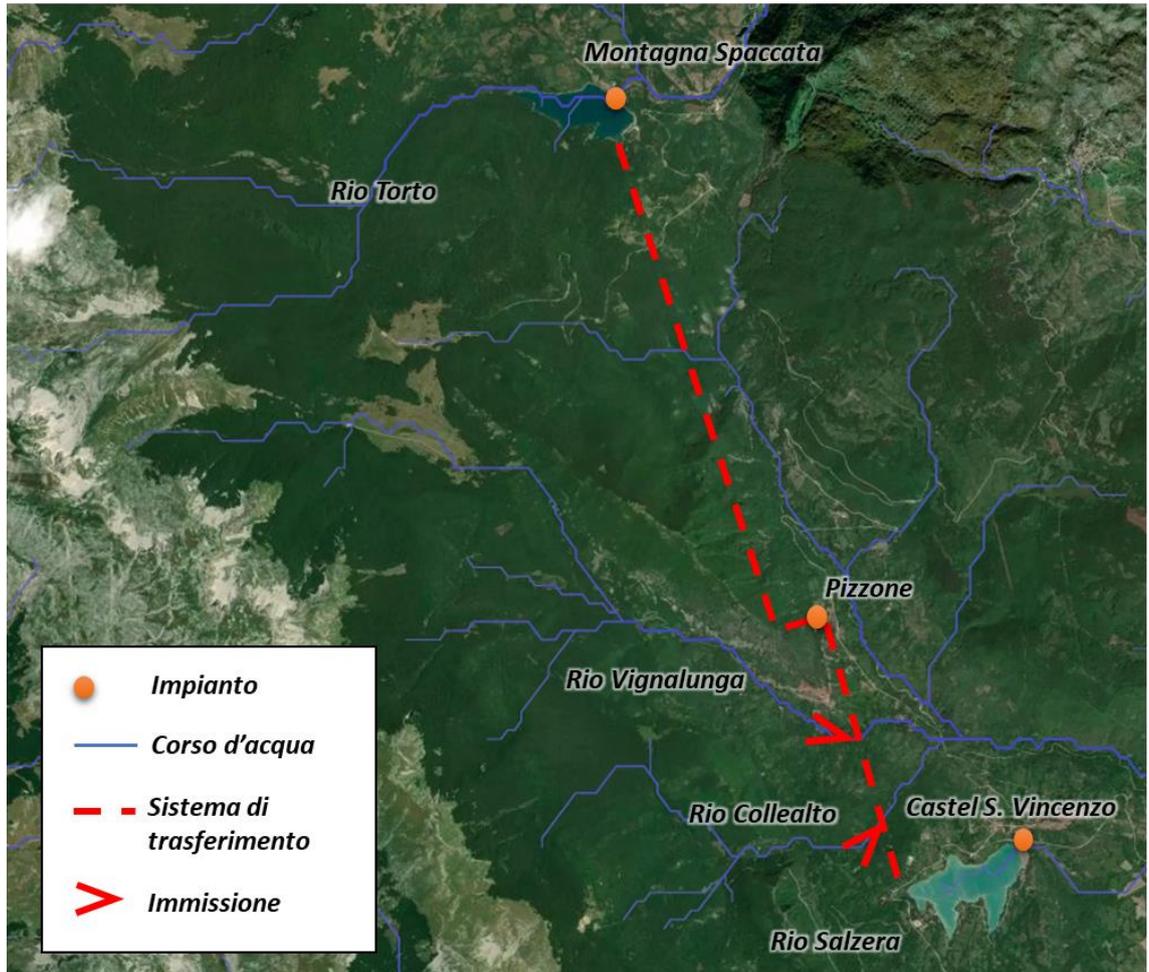


Figura 2-2. Area di studio – schema del sistema di trasferimento

2.1. CARATTERISTICHE DEI BACINI IDROGRAFICI

Il bacino imbrifero del Rio Torto sotteso dallo sbarramento di Montagna Spaccata ricade sul versante nord-orientale della catena delle Mainarde e ha caratteristiche spiccatamente montane, con cime che superano i 2200 m s.l.m.

Nella sua parte superiore predominano le formazioni calcaree del Mesozoico; più in basso è presente una larga fascia di depositi terrigeni del Miocene superiore contenuti a valle da costoni calcarei originati da una serie di faglie parallele.

Il Rio Torto ha scavato nella prima di queste dorsali la stretta gola di Montagna Spaccata, profonda circa 90 m, e a monte, l'area occupata dall'omonimo serbatoio.

L'area tributaria dell'invaso è interamente coperta da boschi fino ai 1800 msm; più in alto sono presenti conche di origine glaciale e i nudi versanti delle più alte cime delle Mainarde.

Il torrente Salzera, alla quota dello sbarramento di Castel San Vincenzo, sottende un bacino ricadente nelle formazioni marnoso-arenacee comprese tra le creste calcaree di Monte Castelnuovo a Ovest e di Monte Rocchetta ad est.

L'orientamento della valle, dalla morfologia ondulata, è SE-NO; la pendenza del corso d'acqua è modesta a monte della zona di sbarramento, più acclive a valle nel tratto sino alla confluenza, dopo circa 2 km, nel Fiume Volturno.

I deflussi dei bacini allacciati dai Rii Vignalunga e Colle Alto e quelli dello scarico della centrale di Pizzone vengono immessi in prossimità della coda del lago; le acque immesse sono derivate, in destra idraulica, mediante galleria forzata, sino alla centrale di Rocchetta.

I bacini sono stati individuati in ambiente GIS sulla base di un modello digitale del terreno

(DEM), allestito a partire dai dati NASA SRTM (Shuttle Radar Topography Mission)¹, caratterizzato da una risoluzione pari a 30 metri.

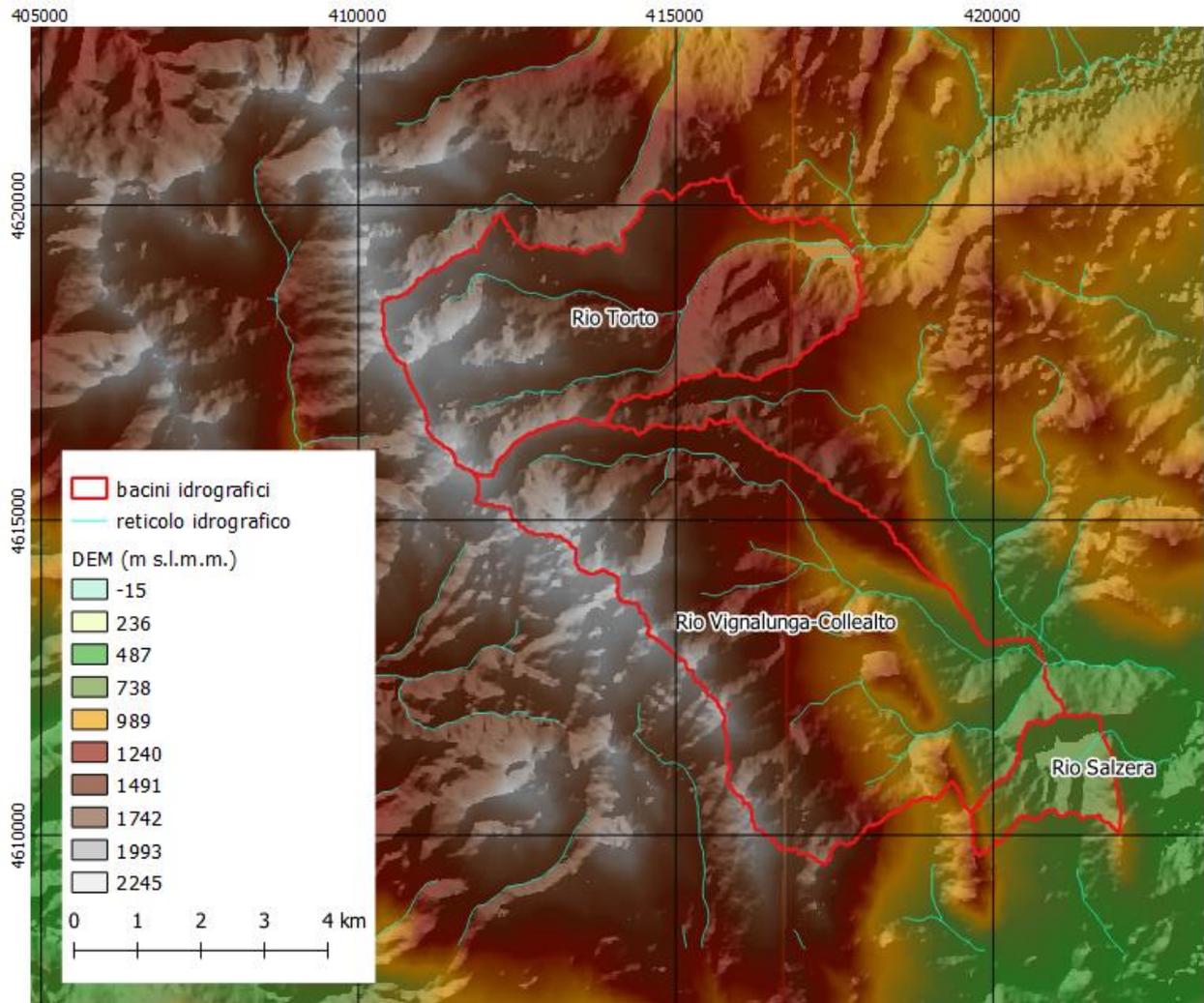


Figura 2-3. Analisi morfologica dell'area di studio

2.2. CARATTERISTICHE DEGLI SBARRAMENTI

Le caratteristiche delle dighe che formano i serbatoi di Montagna Spaccata e Castel San Vincenzo comprendono:

- caratteristiche fisiche delle dighe (essenzialmente le quote di gestione);
- curve di invaso dei due serbatoi, che mettono in relazione il livello dell'acqua sul livello medio del mare con il volume ritenuto e con la corrispettiva area;
- dati caratteristici degli scarichi.

¹ usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-digital-elevation-shuttle-radar-topography-mission-srtm-1-arc?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects

2.2.1. SERBATOIO DI MONTAGNA SPACCATA

Il serbatoio di Montagna Spaccata è stato realizzato negli anni '50 e collaudato nella attuale configurazione nell'Ottobre 1960.

Esso intercetta il Rio Torto, affluente del F. Sangro, mediante la realizzazione delle seguenti tre dighe:

- 1) diga principale a volta a doppia curvatura impostata nella strettissima gola del Rio Torto realizzata in calcestruzzo di cemento ed avente altezza massima di 85,5 m; il relativo coronamento si trova a quota 1071 m.s.m., la soglia tracimabile dello scarico di superficie si trova a quota 1068 m.s.m.
- 2) diga secondaria muraria a gravità alleggerita, costruita da n. 29 speroni posti ad un interasse di 5 m, ubicata sulla destra della diga a volta, caratterizzata da un'altezza massima di 14,4 m;
- 3) diga secondaria in muratura a pietrame a secco con manto di tenuta in lastre di c.a. situata all'estrema destra dello sbarramento principale, avente un'altezza massima di 16,7 m.

La quota di coronamento delle dighe è 1071 m s.m., con la quota massima di regolazione del bacino di 1068 m s.m.

Il volume totale di invaso è pari a 9.120.850 m³.

Il volume utile della diga principale è di circa 8.219.500 m³, con quota di massimo svaso a 1.035 m.s.m.

Le caratteristiche fisiche principali utili alla valutazione idrologica condotta sono riassunte come segue:

- o Massimo livello di invaso: 1069.73 m s.l.m.m.
- o Minimo livello di invaso: 1035 m s.l.m.m.
- o Quota sfioratore/quota di massima regolazione: 1068 m s.l.m.m.

Il serbatoio di Montagna Spaccata riceve anche gli apporti provenienti dal Rio Fossati, dal Rio le Forme e dal Rio Campitelli, trascurabili rispetto all'apporto del bacino proprio.

2.2.1.1. PORTATA MASSIMA DELLA PIENA DI PROGETTO

Nella documentazione resa disponibile su Montagna Spaccata e risalente agli anni della costruzione dell'invaso (anni '50), si desume che il progetto è stato redatto in riferimento ad una piena di progetto che viene ipotizzata ad andamento triangolare e con valore massimo di 180 m³/s, della durata di 6 ore.

2.2.1.2. CURVA DI INVASO DEL SERBATOIO

Le curve di invaso dei serbatoi sono disponibili grazie ad un rilievo effettuato ad hoc nel 2020.

Il rilievo morfobatimetrico è stato eseguito scandagliando l'intero bacino effettuando la navigazione lungo le sponde del bacino e seguendo le rotte per formare una maglia quadrata su tutta la superficie del bacino.

L'elaborazione del rilievo effettuato il 13 maggio 2020 ha portato all'aggiornamento dei parametri che caratterizzano il serbatoio. Prendendo come riferimento la quota di massima regolazione di 1068,00 m s.l.m., sono stati ricavati i seguenti dati aggiornati:

- volume totale invasato (alla quota di 1068 m s.l.m.): 9'120'850 m³;
- volume utile invasato (rispetto il livello di minima regolazione, o quota di massimo svaso, di 1035.00 m s.l.m.): 8'219'500 m³.

Nelle successive elaborazioni, la curva considerata è quella rappresentata in blu in Figura 2-4, che corrisponde alla curva del volume effettivamente invasato.

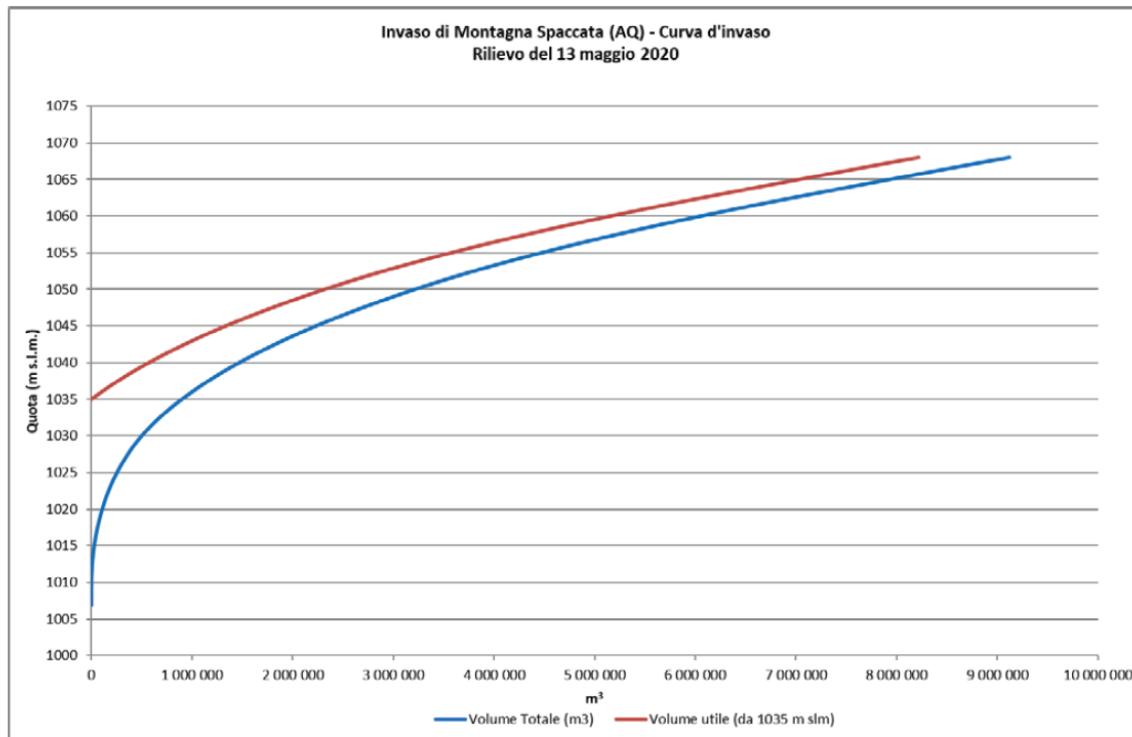


Figura 2-4. Montagna Spaccata - Curva del volume totale invasato (in blu) e del volume utile nel bacino (in rosso).

2.2.1.3. SCARICHI

Gli sbarramenti sono caratterizzati da opere di regolazione per consentire la gestione del deflusso verso valle, la derivazione per produzione idroelettrica e lo scarico di troppo pieno attraverso scarichi di superficie.

In particolare, per quanto riguarda il deflusso verso valle, dal serbatoio di Montagna Spaccata viene garantita una portata a valle, per scopi civili, pari a 30 l/s.

Lo scarico di alleggerimento è ubicato in sponda sinistra con soglia a 1027,00 m slm ed è costituito da una galleria circolare del diametro di m 2,50 con imbocco protetto da griglia metallica. La galleria è intercettata da due paratoie piane a comando oleodinamico.

Lo scarico di esaurimento consiste in una tubazione metallica di diametro 750 mm murata nel tampone con asse a 1006,00 m slm protetta da griglia metallica all'imbocco. La tubazione è intercettata da una saracinesca a lente con comando oleodinamico a distanza.

Lo scarico di superficie è destinato a regolare il deflusso in caso di riempimento del serbatoio.; modificato nel 1956 rispetto a quello previsto in origine, è costituito da uno sfioratore con soglia sfiorante a 1068 m.s.m. dello sviluppo di 26 m, diviso in cinque luci a profilo Creager Scimemi.

E' stato dimensionato per una portata di massima piena calcolata dal progettista con metodo di Giandotti, Forti e Gherardelli, corrispondente ad un evento della durata di 6 ore, con un idrogramma a forma triangolare con punta massima di portata pari a 180 m³/s.

Secondo i calcoli del Progettista, l'effetto di laminazione del serbatoio determinerebbe una portata massima in arrivo alla soglia di sfioro di 122/128 m³/s, cui corrisponderebbe un battente di 1,73 m (1069,73 m.s.m. N.D.R.).

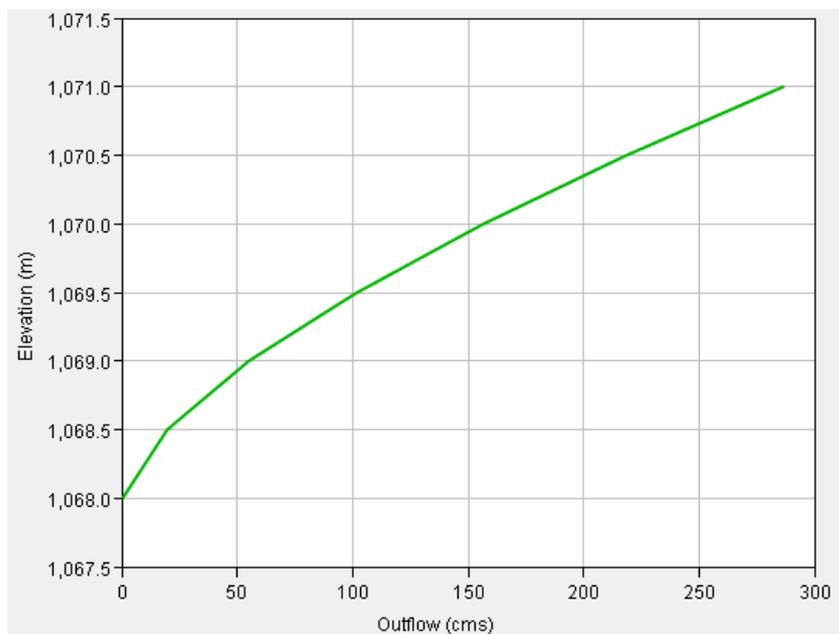


Figura 2-5. Montagna spaccata – curva caratteristica dello scarico di superficie

2.2.2. SERBATOIO DI CASTEL SAN VINCENZO

Il serbatoio di Castel San Vincenzo è stato realizzato negli anni '50 e collaudato nell'Ottobre 1960, sbarrando il Rio Salzera, affluente del F. Volturmo mediante la realizzazione di una diga in terra con nucleo centrale in argilla, di altezza 25,50 m e quota di coronamento a 699,50 m.s.m.

Il lago artificiale raccoglie i deflussi in uscita dall'esistente Centrale idroelettrica di Pizzone, a cui vengono aggiunti i deflussi dei Rii Vignalunga e Collealto e quelli del bacino imbrifero del Rio Salzera.

La quota massima di regolazione del bacino è pari a 697,00 m s.m., altezza alla quale l'invaso è pari a 5,61 milioni di m³.

Il volume totale di invaso è pari a 5.610.700 m³.

Il volume utile della diga è di circa 5.150.800 m³, con quota di massimo svaso a 683 m.s.m.

Le caratteristiche fisiche principali utili alla valutazione idrologica condotta sono riassunte come segue:

- Massimo livello di invaso: 697.00 m s.l.m.m.
- Minimo livello di invaso: 683 m s.l.m.m.
- Quota sfioratore/quota di massima regolazione: 695.30 m s.l.m.m.

2.2.2.1. PORTATA MASSIMA DELLA PIENA DI PROGETTO

La massima portata di piena venne stimata all'atto progettuale pari a 50 m³/s e lo sfioratore fu dimensionato per una portata massima di 32 m³/s.

2.2.2.2. CURVA DI INVASO DEL SERBATOIO

Le curve di invaso dei serbatoi sono disponibili grazie ad un rilievo effettuato ad hoc nel 2020.

Il rilievo morfobatimetrico è stato eseguito scandagliando l'intero bacino effettuando la navigazione lungo le sponde del bacino e seguendo le rotte per formare una maglia quadrata su tutta la superficie del bacino.

Per il serbatoio di Castel S. Vincenzo, l'elaborazione del rilievo effettuato il 15 dicembre 2020 ha portato all'aggiornamento dei parametri caratteristici sotto riportati (prendendo come riferimento la quota di massima regolazione di 695.30 m s.l.m.):

- volume totale invasato (alla quota di 695.30 m s.l.m.): 4'725'000 m³;
- volume utile invasato (rispetto al livello di minima regolazione di 683 m s.l.m.): 4'265'095 m³.

Nelle successive elaborazioni, la curva considerata è quella rappresentata in blu in Figura 2-6, che corrisponde alla curva del volume effettivamente invasato.

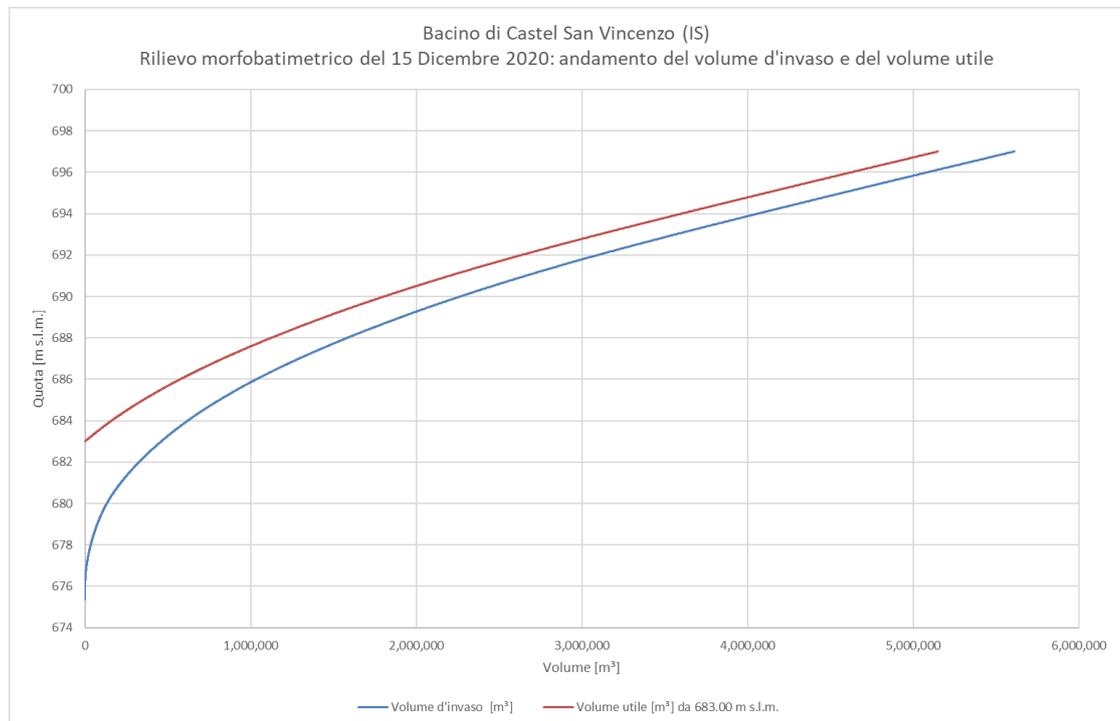


Figura 2-6. Castel S. Vincenzo - Curva del volume totale invasato (in blu) e del volume utile nel bacino (in rosso).

2.2.2.3. SCARICHI

Gli sbarramenti sono caratterizzati da opere di regolazione per consentire la gestione del deflusso verso valle, la derivazione per produzione idroelettrica e lo scarico di troppo pieno attraverso scarichi di superficie.

Le opere di scarico che consentono la regolazione sul bacino di Castel San Vincenzo comprendono, oltre all'opera di presa esistente a servizio della centrale di Rocchetta e quella in progetto, uno scarico di superficie ed uno scarico di fondo.

Lo scarico di superficie è ubicato in sponda destra fuori dal corpo diga e consiste in un manufatto con soglia della larghezza di 4 m a 695,30 m slm con sovrapposta paratoia a ventola di m 3,00 x 1,70 a funzionamento automatico; alla soglia segue una galleria inclinata di 35° per un primo tratto, seguita da un secondo tronco di raccordo per l'immissione nella galleria dello scarico di fondo.

Lo scarico di fondo è posto fuori dal corpo diga in sponda destra ed è costituito da un imbocco con soglia a 674,00 m slm protetto da griglia di m 2,00 x 2,50; segue una galleria a sezione circolare del diametro di 2,00 m fino al pozzo di manovra delle 2 paratoie piane di

intercettazione a comando oleodinamico; da qui la galleria assume sezione policentrica per il deflusso a pelo libero delle portate dello scarico di fondo e di quelle dello scarico di superficie.

Per Castel San Vincenzo non è previsto un deflusso minimo da mantenere a valle.

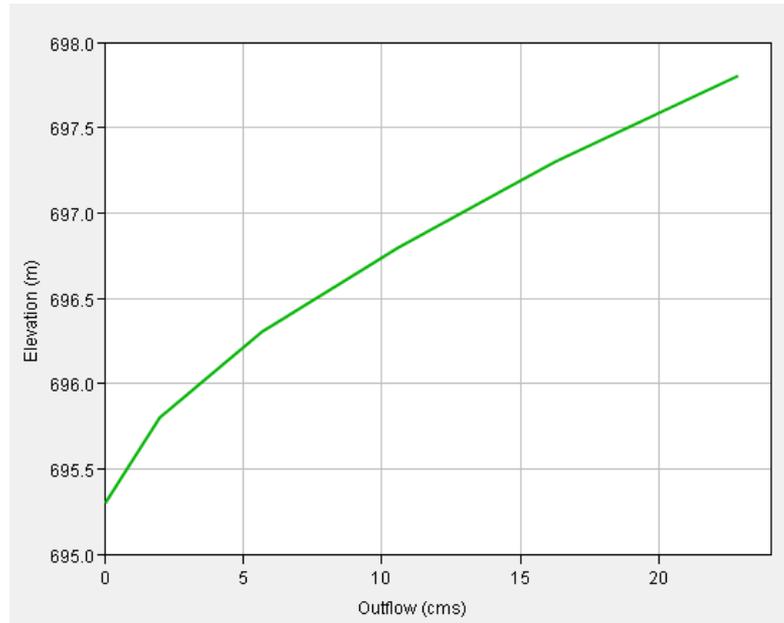


Figura 2-7.Castel S. Vincenzo – curva caratteristica dello scarico di superficie

3. STIMA DELLE PORTATE IN INGRESSO AL SISTEMA

Le portate idrologiche in ingresso al sistema sono state stimate indirettamente mediante bilanci a partire dalle registrazioni dei livelli osservati nei serbatoi e delle portate turbinate in uscita dagli stessi.

3.1. MONTAGNA SPACCATA

3.1.1. LIVELLI OSSERVATI

Per l'invaso di Montagna Spaccata sono stati resi disponibili i valori misurati a passo orario nel periodo 2010-2021, rappresentati in Figura 3-8.

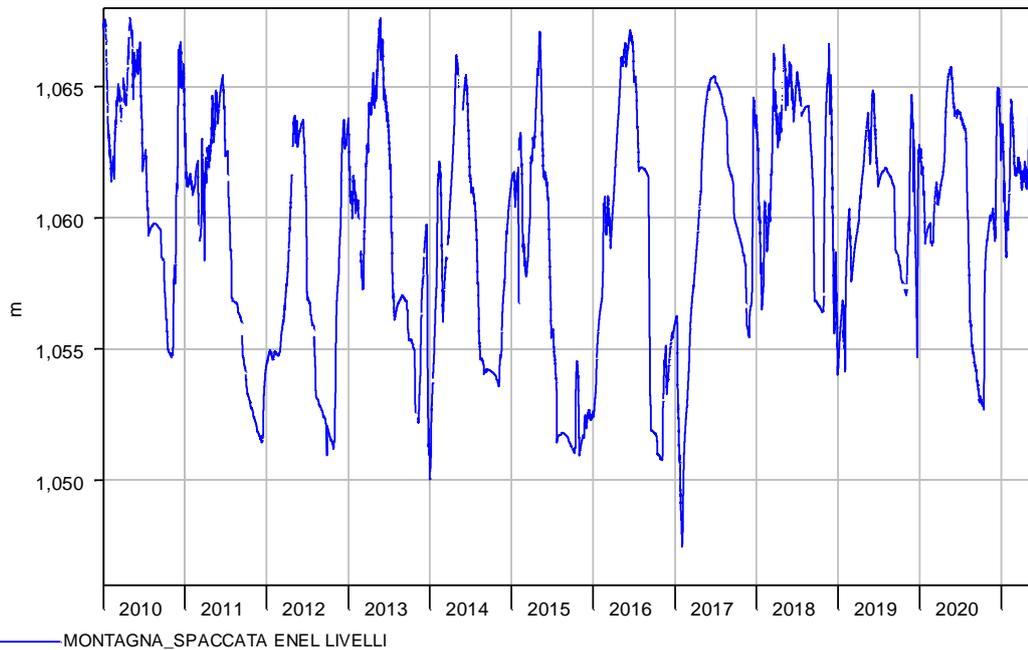


Figura 3-8. Montagna Spaccata – livelli osservati

3.1.2. PORTATE TURBIMATE OSSERVATE

Per quanto riguarda le portate turbinate in uscita dal serbatoio, sono state reperite quelle misurate a passo orario alla centrale di Pizzone nel periodo 2012-2021, rappresentati in Figura 3-9.

La centrale presenta due turbine Pelton, che operano ciascuna con una portata d'acqua pari a 3,15 m³/s.

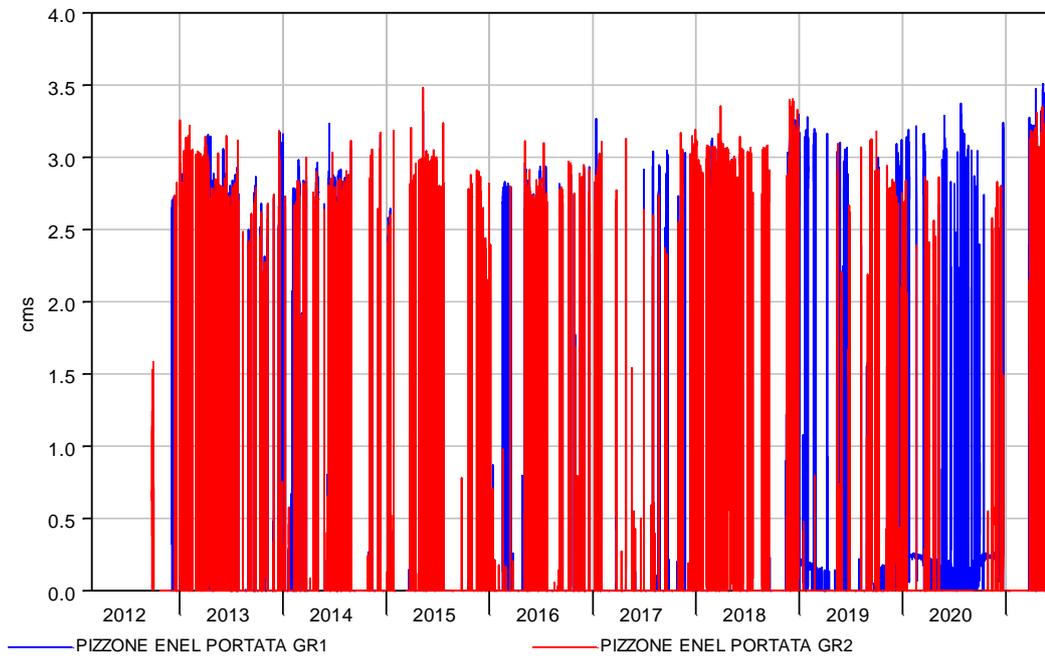


Figura 3-9. Centrale di Pizzone – Portata turbinata

3.2. CASTEL SAN VINCENZO

3.2.1. LIVELLI OSSERVATI

Per l'invaso di Castel San Vincenzo sono stati resi disponibili i valori misurati a passo orario nel periodo 2010-2021, rappresentati in Figura 3-10.

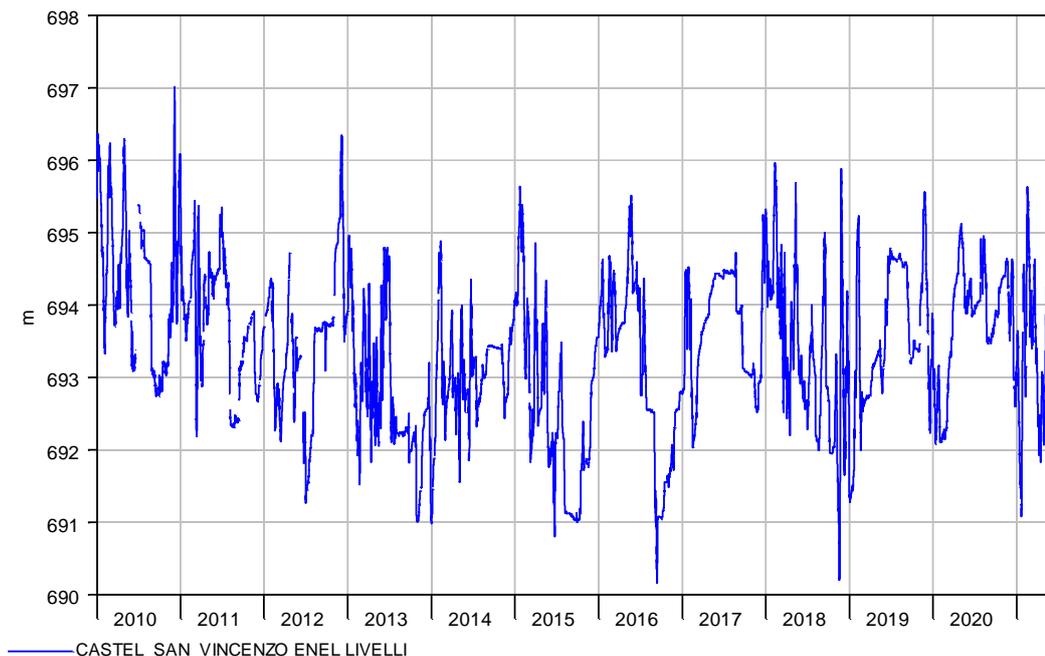


Figura 3-10. Castel S. Vincenzo – livelli osservati

3.2.2. PORTATE TURBIMATE OSSERVATE

Per quanto riguarda le portate turbinare in uscita dal serbatoio, sono state reperite quelle misurate a passo orario alla centrale di Rocchetta nel periodo 2012-2021, rappresentati in Figura 3-11.

Il gruppo di generazione della centrale è costituito da una turbina Francis, che opera ad una portata pari a circa 6 m³/s.

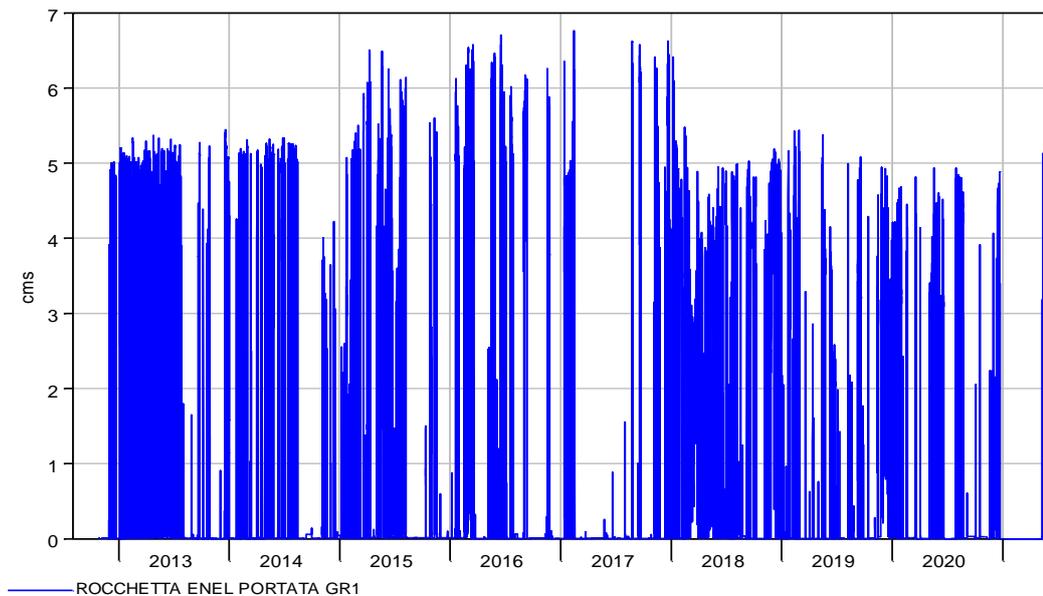


Figura 3-11. Centrale di Rocchetta – Portata turbinata

3.3. STIMA DELLE PORTATE NATURALI IN INGRESSO AL SISTEMA

A partire dalle informazioni osservate sopra descritte, sono state stimate le portate idrologiche in ingresso al sistema, secondo la procedura che segue:

1. Identificazione della finestra temporale comune ai dati di livelli e di portate osservati;
2. Filtraggio dei livelli e portate osservati: eliminazione dei livelli al di fuori del range di valori fisicamente consentiti e eliminazione delle portate turbinare negative;
3. Calcolo della portata totale in uscita da Montagna Spaccata, come somma della portata turbinata, di quella rilasciata a valle e di quella in uscita dallo scarico di superficie in caso di livelli superiori alla quota di sfioro;

$$Q_{u,MS} = Q_{t,MS} + Q_{v,MS} + Q_{SS,MS}$$

4. Calcolo della portata in ingresso a Montagna Spaccata sulla base della curva di invaso e della portata in uscita;

$$Q_{i,MS} \cdot \Delta t = \Delta V_{MS} + Q_{u,MS} \cdot \Delta t$$

$$Q_{i,MS} = \frac{\Delta S_{MS}(\Delta h(\Delta t)) \cdot \Delta h(\Delta t) + (Q_{t,MS} + Q_{v,MS} + Q_{SS,MS}) \cdot \Delta t}{\Delta t}$$

5. Calcolo della portata totale in uscita da Castel S. Vincenzo, come somma della portata turbinata e di quella in uscita dallo scarico di superficie in caso di livelli superiori alla quota di sfioro;

$$Q_{u,CSV} = Q_{t,CSV} + Q_{SS,CSV}$$

6. Calcolo della portata in ingresso a Castel S. Vincenzo sulla base della curva di invaso e della portata in uscita, al netto del contributo proveniente da Montagna Spaccata;

$$(Q_{i,CSV} + Q_{t,MS}) \cdot \Delta t = \Delta V_{CSV} + Q_{u,CSV} \cdot \Delta t$$

7. Calcolo della media mobile su 7 ore, al fine di mediare per quanto possibile i salti dovuti allo schema orario di turbinamento.

La procedura utilizzata fornisce quindi una stima indiretta delle portate in ingresso al sistema, senza tenere in esame perdite per evaporazione o altre perdite, considerate implicitamente nell'ambito dell'approccio seguito basato sui livelli osservati.

I risultati di tale processo sono riportati nelle figure che seguono.

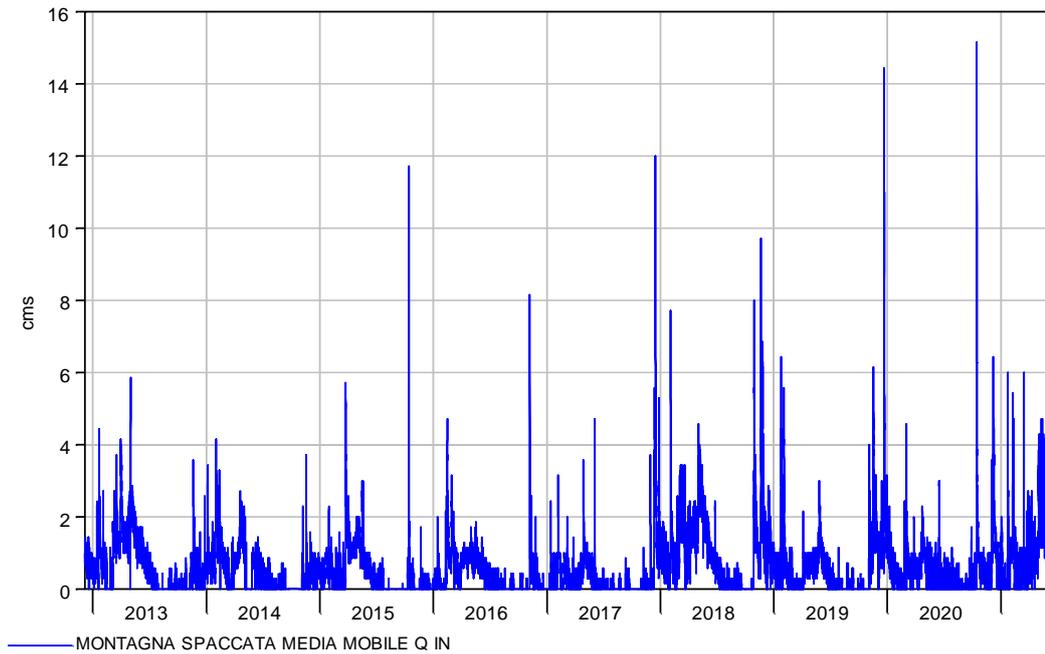


Figura 3-12.Montagna Spaccata – Stima portate in ingresso

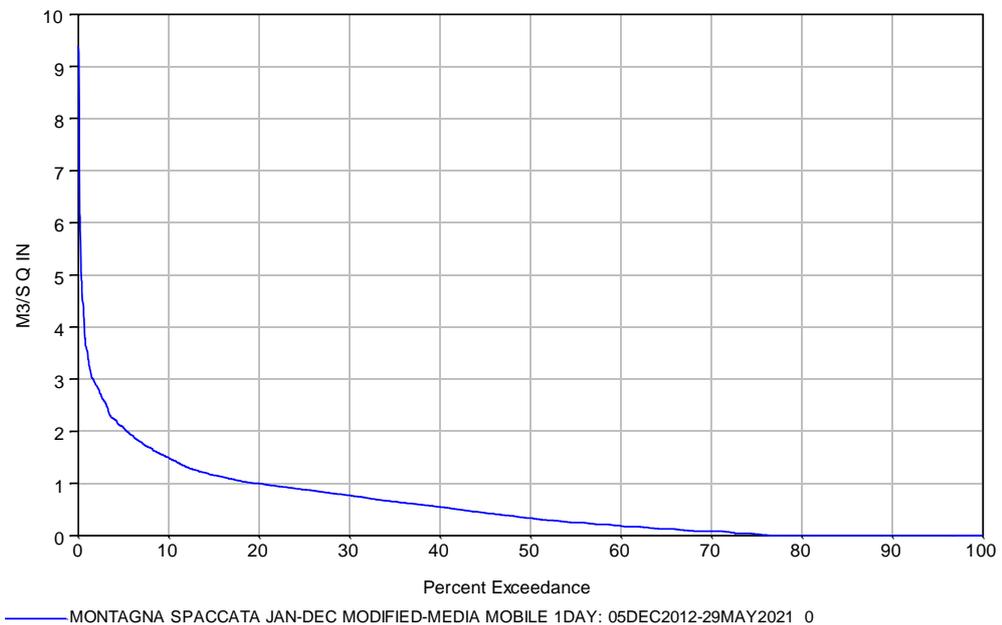


Figura 3-13.Montagna Spaccata – Curva delle durate delle portate giornaliere

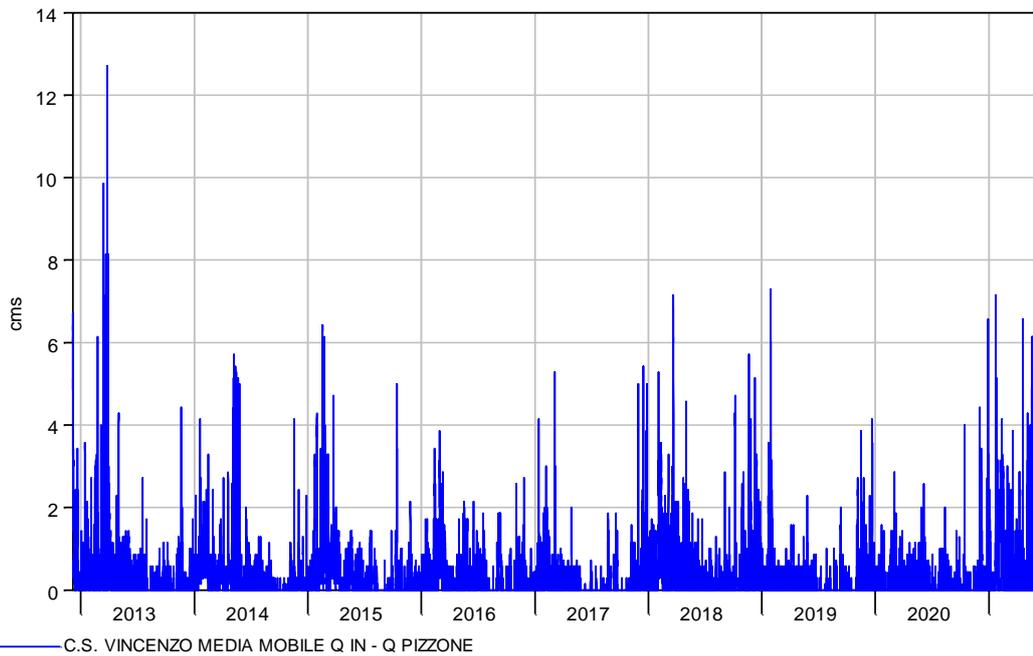


Figura 3-14. Castel S. Vincenzo – Stima portate in ingresso (al netto del trasferimento da montagna Spaccata)

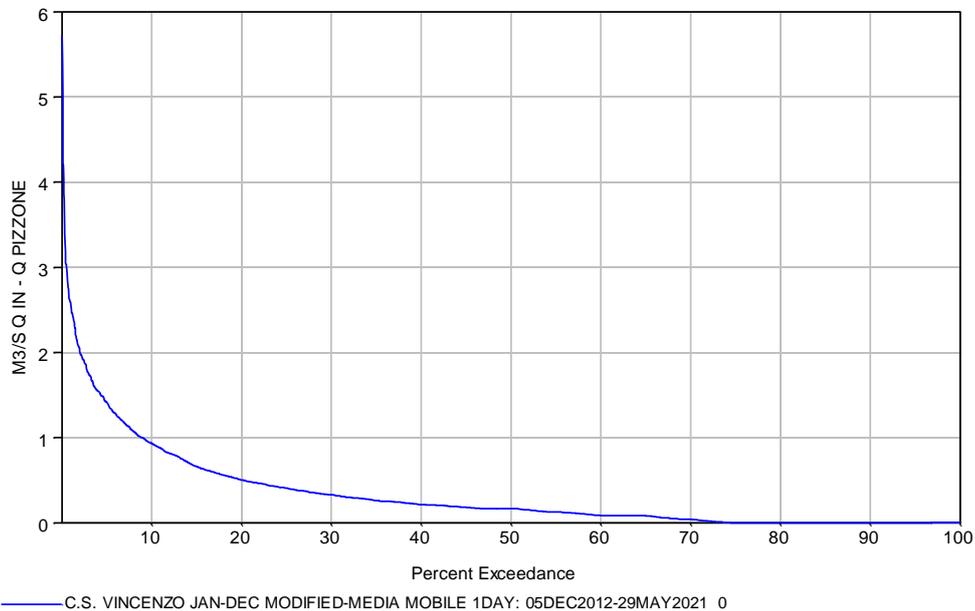


Figura 3-15. Castel S. Vincenzo – Curva delle durate delle portate giornaliere

In

Tabella 3-1 vengono riportati i parametri caratteristici delle portate stimate, in termini di portata giornaliera e volumi annuali.

Tabella 3-1. Portate naturali in ingresso al sistema.

Serbatoio	Portata media (m ³ /s)	Portata massima (m ³ /s)	Volume annuale medio (MCM)
Montagna Spaccata	0.59	9.39	17.98
Castel S. Vincenzo	0.33	5.72	9.77

Il valore di deflusso medio in ingresso al serbatoio di Montagna Spaccata, in particolare, risulta in linea con i deflussi medi registrati nei vicini corsi d'acqua; ad esempio, per il vicino Rio Iemmare i *Bilanci idrologici* facenti parte del *PTA della Regione Molise* (dicembre 2016) riportano un deflusso medio annuale ricostruito al 2009 pari a 1,92 m³/s, a fronte di un bacino di 64,78 km². Questo corrisponde ad un deflusso specifico di 0,029 m³/s/km², analogo al valore risultante dalla stima della portata media annua in ingresso all'invaso di Montagna Spaccata.

4. **BILANCIO IDROLOGICO E VOLUMI D'ACQUA DISPONIBILI NELLA CONFIGURAZIONE DI PROGETTO**

In occasione dello studio di pre-fattibilità sono stati analizzati 3 diversi scenari, sulla base del volume di acqua giornaliero da ripompare dal serbatoio di Castel San Vincenzo al serbatoio di Montagna Spaccata:

- Pompaggio di 3 MCM (milioni di m³) /giorno di acqua da Castel San Vincenzo verso Montagna Spaccata;
- Pompaggio di 3.5 MCM /giorno di acqua da Castel San Vincenzo verso Montagna Spaccata;
- Pompaggio di 4 MCM/giorno di acqua da Castel San Vincenzo verso Montagna Spaccata.

A seguito di tali verifiche ed a seguito della conferma che la massima potenza installata nella nuova Centrale di Pizzone dovrà essere dell'ordine di 300 MW, si è impostata la seguente soluzione, relativa al bilancio idrico in un giorno medio, che prevede un ripompaggio in 8h di un volume di circa 2.200.000 m³/giorno:

- Portata naturale affluente al serbatoio di Montagna Spaccata: 50.976 m³/giorno;
- Portata naturale affluente al serbatoio di Castel San Vincenzo a valle della Centrale di Pizzone: 28.512 m³/giorno;
- Turbinamento di 2.268.000 m³/giorno di acqua da Montagna Spaccata a Castel San Vincenzo nella Centrale di Pizzone;
- Risollevamento di 2.217.600 m³/giorno di acqua nella centrale di Pizzone da Castel San Vincenzo a Montagna Spaccata;
- Turbinamento nella centrale di Rocchetta per una durata di 6 h di una portata pari a 6 m³/s (corrispondente a 129.888 m³/giorno).
- Turbinamento di 7 ore nella centrale di Pizzone: 324.000 m³/h, pari a medi 90 m³/s.
- Risollevamento in 8 ore da Castel San Vincenzo: 277.200 m³/h, pari a 77 m³/s.

Risulta quindi il seguente scenario:

- Turbinamento nuova Centrale di Pizzone:
 - Portata media di turbinamento: 90 m³/s (324.000 m³/h).
 - Livello inizio turbinamento nel serbatoio di Montagna Spaccata: 1068,00 m.s.m
 - Livello fine turbinamento nel serbatoio di Montagna Spaccata: 1061,50 m.s.m.
 - Livello inizio turbinamento nel serbatoio di Castel San Vincenzo: 690,45 m.s.m
 - Livello fine turbinamento nel serbatoio di Castel San Vincenzo: 695,30 m.s.m.
- Pompaggio da Castel S. Vincenzo verso Montagna Spaccata:
 - Portata di pompaggio: 77 m³/s;
 - Fine pompaggio: quando si raggiunge nel serbatoio di Montagna Spaccata una quota di 1068 m s.l.m.m. (quota massima operativa).

L'operabilità della centrale di Rocchetta in questo scenario risulta, con una portata di 6,0 m³/s, limitata a 6 h; in fase di esercizio, verrà valutato il volume disponibile per il turbinamento (analizzando quanta sia l'acqua nel serbatoio di Montagna Spaccata rispetto alla quota minima, si determinerà per quante ore si può turbinare).

Le simulazioni dello scenario preso in esame hanno mostrato come, con diversi volumi in gioco, il ciclo di turbinamento e pompaggio tra i due serbatoi risulta sostenibile da un punto di vista tecnico. Il ciclo, al netto delle perdite per evaporazione, risulta sostanzialmente un ciclo chiuso dato che l'apporto dell'acqua esterna poco influisce sui trasferimenti di volumi.

Riportiamo di seguito le definizioni di UNIPEDE:

"Derivazione in pompaggio Puro: Le definizioni di pompaggio puro sono quelle senza apporti naturali significativi all'invaso superiore.

Nota: Gli apporti naturali all'invaso superiore, nell'anno medio, permettono di avere una durata di utilizzazione della massima potenza elettrica (potenza efficiente) in turbinaggio inferiore o uguale a 250 ore (valore medio constatato in Francia ed in Italia)"

E quella di TERNA:

...Impianti nei quali le pompe e le turbine sono collegate allo stesso serbatoio inferiore. In questo caso il ciclo di pompaggio può essere ripetuto a volontà, un gran numero di volte. Questi impianti sono designati col termine di pompaggio puro o impianti di pompaggio misto quando, rispettivamente, gli apporti naturali che alimentano il serbatoio superiore siano in media inferiori o superiori al 5% del volume d'acqua mediamente turbinata in un anno.....

L'impianto avendo una capacità di turbinaggio stimata su 350 giorni anno pari a 793.800.000 m³ ed un volume annuale turbinato pari al 2,24% dovuto all'apporto naturale rientra appieno nella definizione di Pompaggio puro.

Chiaramente i livelli nei serbatoi risultano oscillare in modo diverso, a seconda dello scenario considerato.

Per calcolare le variazioni di livello nei due bacini a seguito del turbinamento e successivamente del ripompaggio, sono state utilizzate le curve di invaso del serbatoio riportate rispettivamente nella Figura 2-4 (bacino di Montagna Spaccata) e Figura 2-6 (bacino di Castel S. Vincenzo).

In base ai volumi di interscambio giornaliero tra i due bacini (2.217.600 m³) sono state definite le seguenti quote dei livelli idrici:

-bacino di Montagna Spaccata: quota inizio operazioni di turbinatura e termine operazioni di ripompaggio: 1068,00 m.s.m. (quota operativa massima attuale);

-bacino di Castel San Vincenzo: quota inizio operazioni di turbinatura e termine operazioni di ripompaggio: 690,45 m.s.m. (7,45 m sopra la quota di presa della condotta DN 2000 che alimenta la centrale di Rocchetta, che è situata a 683,00 m.s.m.);

-bacino di Montagna Spaccata: quota fine operazioni di turbinatura e inizio operazioni di ripompaggio: 1061,50 m.s.m. (6,50 m sotto la quota di 1068,00 m.s.m.);

-bacino di Castel San Vincenzo: quota fine operazioni di turbinatura e inizio operazioni di ripompaggio: 695,30 m.s.m. (quota di invaso normale di esercizio);

L'oscillazione giornaliera del livello idrico nel bacino di Montagna Spaccata risulta pari a 6,50 m, l'oscillazione giornaliera del livello idrico nel bacino di Castel San Vincenzo risulta pari a 4,85 m.

Per quanto concerne le condizioni operative delle macchine turbina/pompa, i dislivelli geodetici nel massimo momento di turbinatura e di massima prevalenza di pompaggio, in questo scenario di esercizio, risultano pari a 377,55 m.s.m, mentre il minimo dislivello geodetico di turbinatura e minima prevalenza di pompaggio risultano pari a 366,20 m.s.m.

Questi elementi tecnici ed i valori di portate da turbinare e/o da risollevare hanno portato alla scelta delle macchine turbina/pompa di progetto che, tenuto conto di opportuni margini, saranno dimensionate per salti lordi compresi almeno tra 382 m (=1068-686) e 345,15 m (1040,45-695,30).

Questo impianto può essere potenzialmente spinto a funzionare in generazione per 10 h e in ripompaggio in 11,5 h, anche se la condizione di riferimento progettuale è quella con ripompaggio in 8h.

5. CONCLUSIONI

Lo scopo del presente studio è quello di condurre un'analisi idrologica e dei volumi disponibili, a supporto della progettazione del sistema di produzione idroelettrica di Montagna Spaccata – Pizzone – Castel S. Vincenzo. In particolare, si vuole analizzare l'effettiva capacità idrologica di sostenere il sistema di pumped storage previsto e si vuole valutare l'impatto sull'impianto di Rocchetta, che rappresenta il nodo di valle del sistema in fase di studio.

Il sistema analizzato fa riferimento agli impianti di produzione idroelettrica di Montagna Spaccata e Castel San Vincenzo. Le due dighe sono idraulicamente connesse mediante un sistema di trasferimento tra diversi bacini idrografici dell'acqua turbinata a Montagna Spaccata che consente la produzione di energia alla Centrale di Pizzone, prima di collegarsi al serbatoio di Castel San Vincenzo.

Al fine di verificare l'effettiva capacità idrologica di sostenere il sistema di pumped storage previsto e di valutare l'impatto sull'impianto di Rocchetta, che rappresenta il nodo di valle del sistema in fase di studio, nel precedente studio di pre-fattibilità è stato implementato un modello di gestione dei serbatoi, secondo diversi scenari di gestione previsti, con volumi di trasferimento giornaliero differenti (da 3 a 4 milioni di m³) e ore giornaliere di turbinamento a Pizzone variabili (da 4 a 10 ore).

Il modello, sviluppato attraverso una serie di fogli di calcolo, utilizza come condizioni al contorno le portate in ingresso al sistema, stimate sulla base dei dati osservati (livelli, portate turbinate e curve di invaso dei serbatoi), e, nell'analisi dei diversi scenari, verifica il bilancio e il funzionamento degli impianti di produzione idroelettrica, secondo i vincoli imposti in termini di caratteristiche fisiche degli invasi e portate da rilasciare a valle.

L'analisi idrologica ha confermato la possibilità tecnica di realizzare la soluzione progettuale.

Le simulazioni degli scenari presi in esame hanno mostrato come, visti i volumi in gioco, il ciclo di turbinamento e pompaggio tra i due serbatoi risulta sostenibile, essendo di fatto un ciclo chiuso al netto delle perdite per evaporazione. Chiaramente il livello dei serbatoi risulta oscillare in modo diverso, a seconda dello scenario considerato, in funzione del volume di trasferimento e del livello di minimo invaso impostato a Montagna Spaccata.

Il numero di ore di funzionamento della centrale di Rocchetta, ossia il numero di ore in cui è possibile turbinare portata da Castel S. Vincenzo, risulta in qualche misura impattato in funzione dello scenario preso in esame. Per tutti gli scenari analizzati le ore totali di funzionamento annuale sono le stesse, dipendendo dal volume idrologico a disposizione del sistema. Cambia, in funzione degli scenari investigati, la distribuzione delle ore funzionamento durante il giorno.

A seguito di tali verifiche e della conferma che la massima potenza installata alla nuova centrale di Pizzone dovrà essere, per limiti di rete, dell'ordine di 300 MW, si è valutato uno scenario di sfruttamento dell'acqua dei bacini di Montagna Spaccata (volume invasato a quota di 1068 m.s.m. pari a 9,120Mm³) e di Castel San Vincenzo (volume invasato a quota 695,30 m.s.m. pari a 4,725 Mm³) per una movimentazione di risorsa totale di 2,268 Mm³/giorno in generazione e 2,217Mm³/giorno in pompaggio al giorno così temporalmente ripartiti:

	Portata [m ³ /s]	Durata giornaliera [h]	Totale [milioni m ³]
Generazione	90	7	2,268
Pompaggio	77	8	2,217