

Diga Casalbuono e schema idrico di connessione idraulica ai comprensori irrigui del Vallo di Diano, dell'Alto Bussento e della Piana del Sele - 1° lotto

STUDIO DI FATTIBILITÀ DELLE ALTERNATIVE PROGETTUALI



Cliente:



Il direttore esecuzione del contratto:

Ing. Mariano Lucio Alliegro
(Ordine Ingegneri SALERNO n. 2382)

Il responsabile unico del procedimento:

Ing. Domenico Macellaro
(Ordine Ingegneri SALERNO n. 3630)

Mandataria:



Mandati:



Il progettista:

Ing. Carlo Silvestri
(Ordine Ingegneri MILANO n. 20345A)

Codice documento:

2022.0305.002-IMP-R01

Titolo:

RELAZIONE SULLA PRODUZIONE IDROELETTRICA

2					
1					
0	22.12.2023	M. Vicentini	C. Crémer	C. Silvestri	Prima emissione
Rev.	Data	Redatto	Verificato	Approvato	Descrizione

INDICE

1.	INTRODUZIONE	1
2.	STIMA DELLE PORTATE DISPONIBILI	2
3.	ALTERNATIVE E POSIZIONE DELLE CENTRALI	3
3.1	Alternativa 1	3
3.2	Alternativa 2	4
3.3	Alternativa 3	5
4.	SOLUZIONI IMPIANTISTICHE	7
4.1	Salti e portate di riferimento	7
4.2	Opera di presa e modalità di rilascio	10
4.3	Soluzioni e criticità impiantistiche	11
5.	STIMA DELLA PRODUCIBILITÀ	14
6.	CONCLUSIONI	15

1. INTRODUZIONE

L'RTP costituito da Lombardi Ingegneria s.r.l., Technital S.p.A. e Lombardi SA ingegneri consulenti è stato incaricato dal "Consorzio di bonifica – Vallo di Diano e fiume Tanagro" dello svolgimento della progettazione definitiva, degli studi specialistici multidisciplinari, delle indagini e rilievi in sito, delle prove di laboratorio, dei servizi accessori di progettazione partecipata, dell'assistenza nei procedimenti autorizzativi del progetto di *"regolazione dei deflussi della parte alta del bacino idrografico del fiume Tanagro e utilizzo delle acque in agricoltura: progetto diga Casalbuono e schema idrico di connessione idraulica ai comprensori irrigui del Vallo di Diano, dell'alto Bussento e della piana del Sele - 1° lotto"*.

Il progetto irriguo di Casalbuono, nelle diverse alternative proposte, consente un recupero energetico della risorsa accumulata mediante l'installazione di gruppi idroelettrici di piccola potenza. In particolare, è possibile utilizzare la portata ecologica rilasciata dallo sbarramento, mediante un'installazione a piede diga. Inoltre, si può sfruttare la portata irrigua, assieme agli esuberanti disponibili nelle diverse stagioni, in una centrale dedicata da posizionarsi nel punto più profittevole in termini di salto, tenuto conto delle quote richieste dalle utenze irrigue. La diga di Casalbuono consente, da questo punto di vista, una certa regolarizzazione delle portate disponibili fatta salva la priorità di utilizzo per scopi irrigui.

Il presente contributo illustra i possibili schemi di utilizzo dell'acqua nelle tre alternative progettuali, le scelte impiantistiche preliminari, la produzione annua attesa nelle diverse configurazioni possibili. Con riferimento al salto ed alla portata disponibili, come si vedrà nel seguito, si è attinto alle informazioni che derivano dall'analisi idrologica e dagli scenari di utilizzo della risorsa ipotizzati ed illustrati nella parte idraulica.

2. STIMA DELLE PORTATE DISPONIBILI

Per la stima delle portate disponibili si rimanda all'analisi idrologica svolta. Le portate sulle aste del Tanagro e del Porcile sono state stimate, con medie mensili derivanti dalle misure disponibili su piogge e portate di sezioni vicine. Nelle due alternative che considerano il bacino sul Porcile, si è ipotizzato di divergere le portate afferenti alla sezione di interesse del Tanagro, mediante una tubazione di grande diametro e portarle al bacino da realizzare sul Porcile.

In questa sede i contributi considerati disponibili a fini energetici sono i seguenti:

- Deflusso ecologico alla sezione di presa sul fiume Tanagro, che va da 150 a 300 l/s
- Portata disponibile per lo sfruttamento idroelettrico nel Nodo "A", pari a 250 o 300 l/s durante il periodo iemale
- Competenze irrigue, per i contributi con differenze di quota o pressione sufficienti
- Per le alternative con doppio bacino, portata naturale diversa dal Tanagro al Porcile

Il calcolo del Deflusso Minimo Vitale o del Deflusso Ecologico si svolge sulle basi dei criteri stabiliti dall'Autorità di Bacino e delle Norme Tecniche del Piano di Tutela delle Acque della Regione Campania. Il metodo di calcolo deflusso ecologico (DE) prevede di quantificare la portata di rilascio con valore medio mensile mediante la seguente formula:

$$DE = K \cdot P \cdot M \cdot Q_{media}$$

Q_{media} è il valore della portata media annua, naturale ovvero naturalizzata, è calcolato alla sezione di prelievo come la risultante del contributo idrologico delle aree omogenee che compongono il bacino, tenendo conto di eventuali apporti puntiformi. I valori sia di K sia di P sono parametri sitospecifici. I valori dei parametri possono essere rideterminati, anche *in minus*, dall'Autorità concedente su parere dell'Autorità di Bacino durante l'istruttoria del procedimento. Il valore del DE considerato in questa fase è bimodale, con valori sul Tanagro di 300 l/s nella stagione iemale e 150 l/s nella stagione estiva. Sulla sezione del Porcile si va da 30 a 50 l/s. Tali valori potranno essere riquantificati nelle successive fasi di progettazione e durante l'iter istruttorio.

I rilasci irrigui sono considerati, in questa fase, costanti da maggio a settembre con una portata per le diverse ipotesi, sono solo in parte utilizzabili a scopo idroelettrico in funzione dei vincoli logistici dei lotti serviti e delle quote dei serbatoi di testata che alimentano la distribuzione idrica.

Con riferimento agli eventuali sfiori, essi sono funzione della gestione del bacino e delle portate afferenti. In anni di maggiore abbondanza gli sfiori, soprattutto primaverili, avranno una certa consistenza, e questo potrà configurare una produzione ulteriore che, in questa fase, non si è considerata nel calcolo.

3. ALTERNATIVE E POSIZIONE DELLE CENTRALI

Le alternative scelte hanno alcuni elementi in comune:

- La realizzazione di una diga nell'alto corso del fiume Tanagro, in una sezione avente un bacino imbrifero sotteso di circa 36 km²
- L'adduzione della risorsa idrica accumulata verso valle, ad una quota di 480 m slm circa (indicato con "Nodo A") tra gli abitati di Montesano Scalo e Volta Cammino, da dove partono le utenze irrigue
- Un volume utile di regolazione complessivo di quasi 10 milioni di m³

3.1 Alternativa 1

Nell'alternativa 1 la diga sul Tanagro ha volume di circa 10 milioni di m³ ed un'altezza di 60 metri; il volume utile è in sé sufficiente alle esigenze progettuali. Il rilascio del Deflusso Minimo Vitale (DMV), ovvero del Deflusso Ecologico (DE), è stimato in questa sede sulla base del bacino sotteso. In questa fase si possono escludere i rilasci per eventuali scale di rimonta, considerando l'altezza considerevole dello sbarramento, per cui il DMV/DE potrà essere turbinato a piede diga con un gruppo di potenza dedicato. La portata accumulata verrà derivata attraverso un'opera di presa sita in destra dello sbarramento. L'acqua sarà addotta mediante una condotta forzata, che avrà uno sviluppo di oltre 13 km, al Nodo A. Durante il periodo estivo una parte dell'acqua derivata alimenterà le utenze irrigue proprio dal Nodo A, mentre la quota parte derivata a scopo idroelettrico sarà restituita all'idrografia fluviale in corrispondenza del Nodo A stesso.

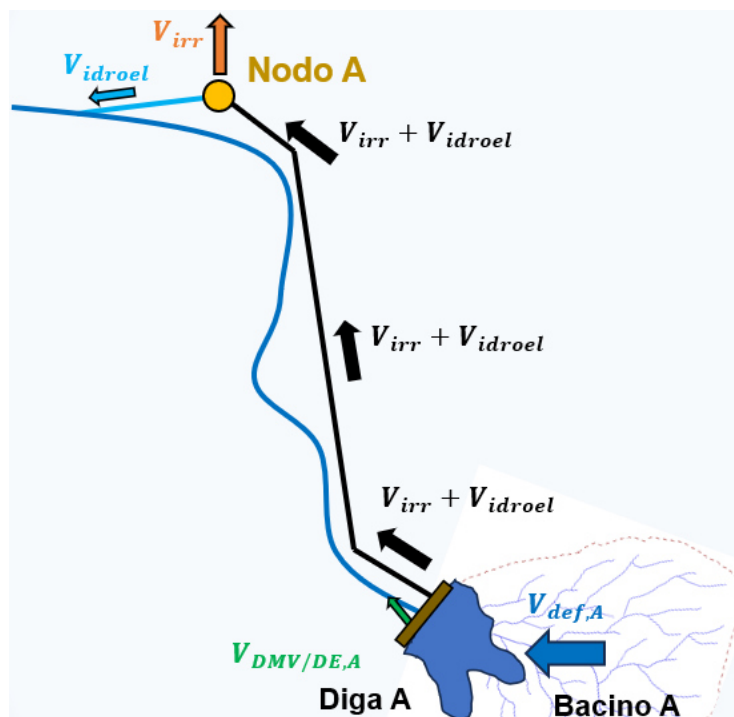


Figura 1: Schema concettuale alternativa 1.

Le portate in gioco per l'alternativa 1 sono le seguenti:

Portate [l/s]	DE estivo	DE invernale	Portata irrigua	Portata iemale
Alternativa 1	150	300	690	300

Tabella 1: Alternativa 1 - Portate utilizzabili a scopo energetico alla diga del Tanagro ed al nodo irriguo "A".

In linea di principio il recupero energetico del Deflusso Ecologico avverrà a piede diga con un piccolo edificio dedicato, mentre nel nodo irriguo sarà realizzato un edificio centrale nel quale saranno utilizzate le portate provenienti dal bacino sul Tanagro ed addotte con l'infrastruttura idraulica dedicata. Tali portate, maggiori nel periodo irriguo, dovranno mantenere una pressione di esercizio di almeno 4 bar per caricare i serbatoi irrigui di testata, a valle del Nodo "A". Di contro, durante l'inverno, il salto è completamente utilizzabile, visto che l'acqua è restituita a fiume. Questo aspetto molto peculiare deve essere gestito con una soluzione impiantistica dedicata.

3.2 Alternativa 2

Nell'alternativa 2 la diga sul Tanagro ha un'altezza di circa 30 metri e un volume di accumulo più ridotto. L'acqua è derivata in destra idraulica ed addotta, mediante una condotta di grande diametro, ad un invaso realizzato sul torrente Porcile mediante una diga di circa 40 metri di altezza. Il Porcile è un corso d'acqua tributario del sistema Tanagro-Sele e nella sezione di interesse ha un bacino imbrifero piuttosto limitato (inferiore a 10 km²), con un rilascio di DMV/DE conseguentemente poco significativo. Il DMV/DE sarà in ogni caso rilasciato sulla sezione del Tanagro.

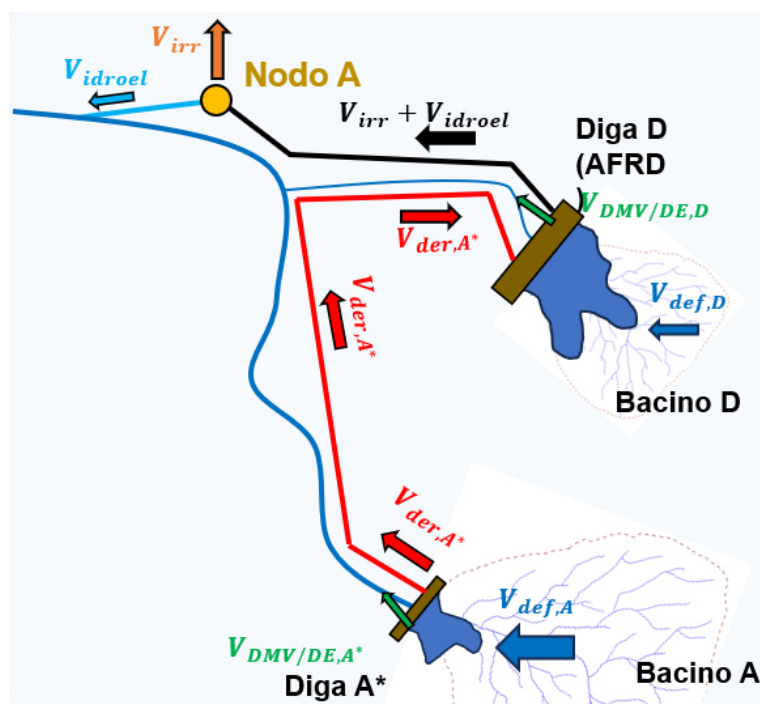


Figura 2: Schema concettuale alternativa 2.

Considerando il carico idraulico minore, durante il periodo irriguo la portata utilizzabile a scopi energetici è molto ridotta, ed è pari ai rilasci di competenza per la sinistra Tanagro. Per la destra Tanagro sono destinati 670 l/s ad una quota del serbatoio di 520 m slm, ovvero ad una pressione residua di 4 bar; pertanto, la modesta differenza di quote non consente un recupero energetico sfruttabile.

Portate [l/s]	DE estivo Tanagro	DE invernale Tanagro	DE estivo Porcile	DE invernale Porcile	Portata estiva Nodo "A"	Portata iemale Nodo "A"
Alternativa 2	150	300	30	50	50	250

Tabella 2: Alternativa 2 - Portate disponibili a scopo energetico ai diversi nodi.

Considerando l'altezza limitata della diga sul Tanagro e la portata molto esigua da rilasciare sul Porcile, per il quale potrà essere valutata anche una deroga, il recupero energetico per i rilasci del DMV potrebbero risultare poco attrattivi. In questa sede si considera il recupero energetico del solo Deflusso Ecologico sul Tanagro.

3.3 Alternativa 3

Nell'alternativa 3 lo sbarramento sul Tanagro è ridotto ad una traversa fluviale con un'altezza non superiore a 15 metri e una gestione con livello costante dell'opera. L'acqua è ancora derivata in destra idraulica ed addotta, mediante una condotta di grande diametro, ad un invaso realizzato sul torrente Porcile mediante una diga di circa 40 metri di altezza.

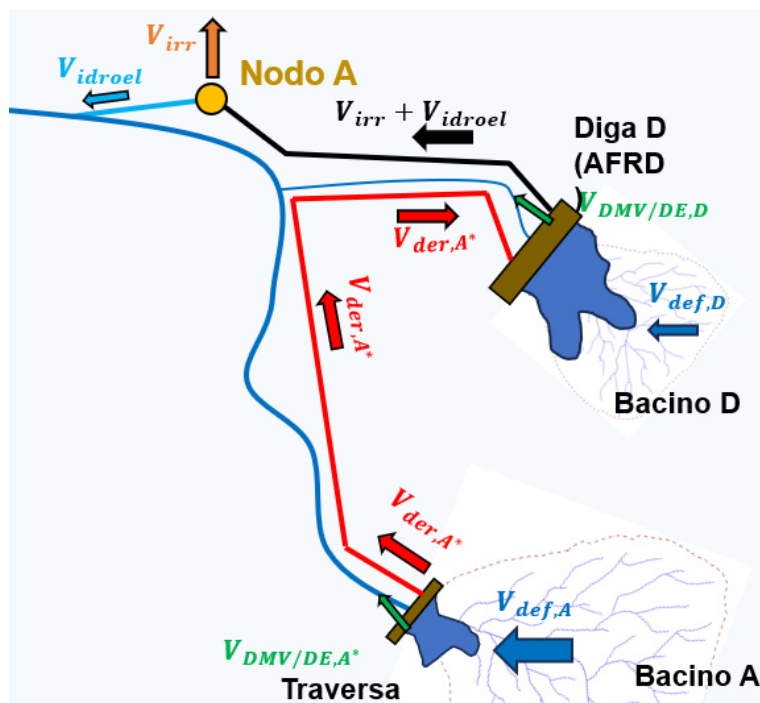


Figura 3: Schema concettuale alternativa 3.

Come detto, il Porcile ha un bacino imbrifero limitato, con un rilascio previsto di DMV/DE poco significativo. Considerando il carico idraulico minore, durante il periodo irriguo la portata utilizzabile a

scopi energetici è molto ridotta, ed è pari ai rilasci di competenza per la sinistra Tanagro. Per la destra Tanagro sono destinati 670 l/s ad una quota del serbatoio di 520 m slm, ovvero ad una pressione residua di 4 bar; pertanto, la modesta differenza di quote non consente un recupero energetico sfruttabile.

Portate [l/s]	DE estivo Tanagro	DE invernale Tanagro	DE estivo Porcile	DE invernale Porcile	Portata estiva Nodo "A"	Portata iemale Nodo "A"
Alternativa 3	150	300	30	50	50	250

Tabella 3: Alternativa 3 - Portate disponibili a scopo energetico ai diversi nodi.

La diga sul Tanagro diviene pertanto, in questa alternativa, una traversa priva di capacità di regolazione, di altezza molto ridotta e con livello costante, costituendo una sezione di derivazione dell'acqua ad acqua fluente.

In questa alternativa il recupero energetico del DMV rilasciato sulle due sezioni (Tanagro e Porcile) appaiono poco attrattive in relazione al basso salto disponibile sul Tanagro, ed alla portata ridotta per la sezione del Porcile.

Sul Tanagro si potrà valutare l'installazione di una coclea, che potrebbe consentire anche di dare una continuità fluviale per il transito della fauna ittica, anche se la portata particolarmente bassa ed un salto che comunque sarebbe attorno ai 10 metri, rendono sfidante questa soluzione. Più semplice pensare ad una scala di rimonta classica, che dà pregio ambientale all'inserimento dell'opera, ma non consente recupero energetico.

4. SOLUZIONI IMPIANTISTICHE

4.1 Salti e portate di riferimento

La scelta dei macchinari di potenza, il calcolo della potenza installata e le soluzioni tecniche di dettaglio partono dalla valutazione dei salti e delle portate di riferimento. Tipicamente, per il dimensionamento di un impianto idroelettrico, la portata di progetto è un valore disponibile per almeno 100 giorni nell'anno idrologico medio, ma la scelta di tale parametro dipende da una serie di considerazioni, non ultime le logiche di mercato dell'energia.

Nel caso specifico le portate sono accumulate in uno o due invasi a servizio dei diversi fabbisogni e, a seguito del bilancio idrologico realizzato, esse vengono rilasciate in termini di Deflusso Ecologico, di fabbisogno irriguo, di rilascio iemale a beneficio della produzione idroelettrica, oltre ad eventuali rilasci operati al fine di rendere disponibili idonei volumi di laminazione, tipicamente nel periodo tardo autunnale. Le portate, pertanto, hanno valori di rilascio regimati tipicamente bimodali, sia con riferimento ai rilasci del Deflusso Ecologico, sia per quel che concerne le portate adottate al nodo irriguo.

Leggermente diverso l'approccio alle portate che, nelle Alternative 2 e 3, vengono "diverse" dal Tanagro al Porcile. Il dimensionamento della condotta di adduzione è descritto nella relazione idraulica, ed è rivolto alla diversione di portate anche piuttosto elevate, corrispondenti a regime di morbida, e superiori a 7-8 m³/s. L'utilizzo di quest'acqua a fini energetici, invece, si deve limitare a portate più contenute, scelte sulla base della frequenza delle stesse. Graficando in ordine decrescente le portate medie calcolate sulla sezione di interesse del Tanagro per un intervallo di tempo oltre che settantennale, e sottraendo il Deflusso Ecologico massimo previsto, si ottiene la curva di durata di interesse. La portata scelta a fini energetici è pari a 1250 l/s, disponibile mediamente per il 28% dell'anno, ovvero 102 giorni medi.

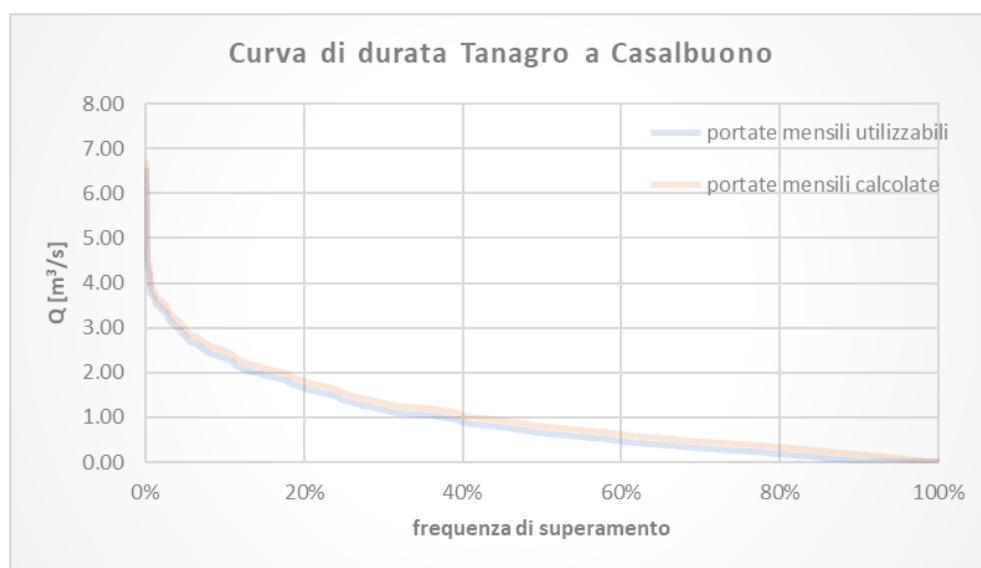


Figura 4: Curva di durata delle portate mensili calcolate del Tanagro alla sezione di interesse [Dati 1951-2022]

Pertanto, dalla condotta di adduzione di grande diametro verrà staccata, nei pressi dell'invaso sul Porcile, una condotta di diametro più contenuto (indicativamente DN 600) volta ad alimentare il gruppo adibito al recupero energetico di una parte dell'acqua diversa dal Tanagro al Porcile per fini irrigui. I dettagli impiantistici di questa soluzione saranno studiati nelle fasi successive di progettazione.

Se le portate sono variabili in funzione della modulazione operata dagli invasi in progetto, tale modulazione influisce direttamente anche il salto disponibile, che è a sua volta variabile. In particolare, esso dipende dai livelli a cui sono gestiti gli invasi, funzione dell'acqua disponibile e delle modalità di rilascio.

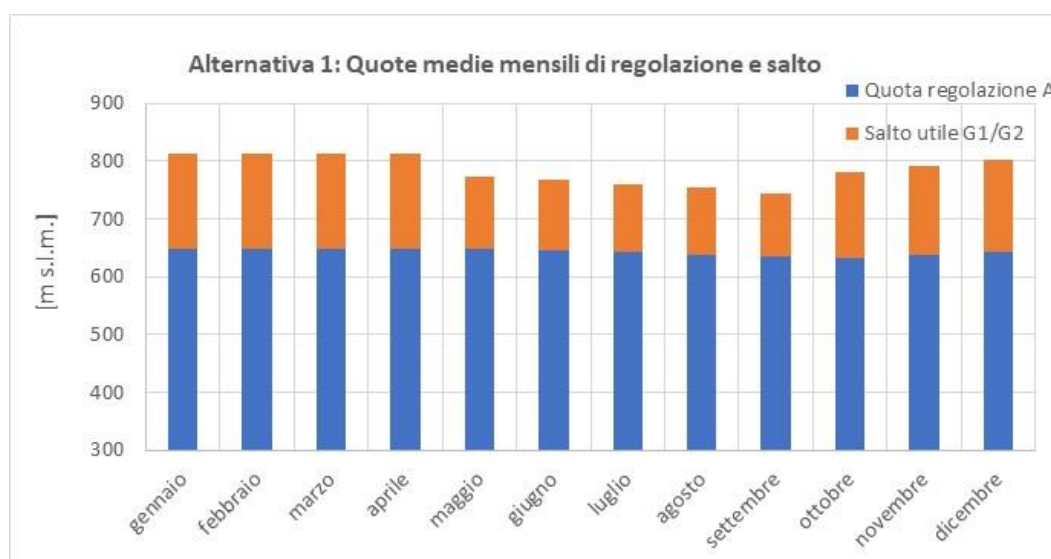


Figura 5: Salto disponibile nell'Alternativa 1, è compreso tra 110 e 165 metri

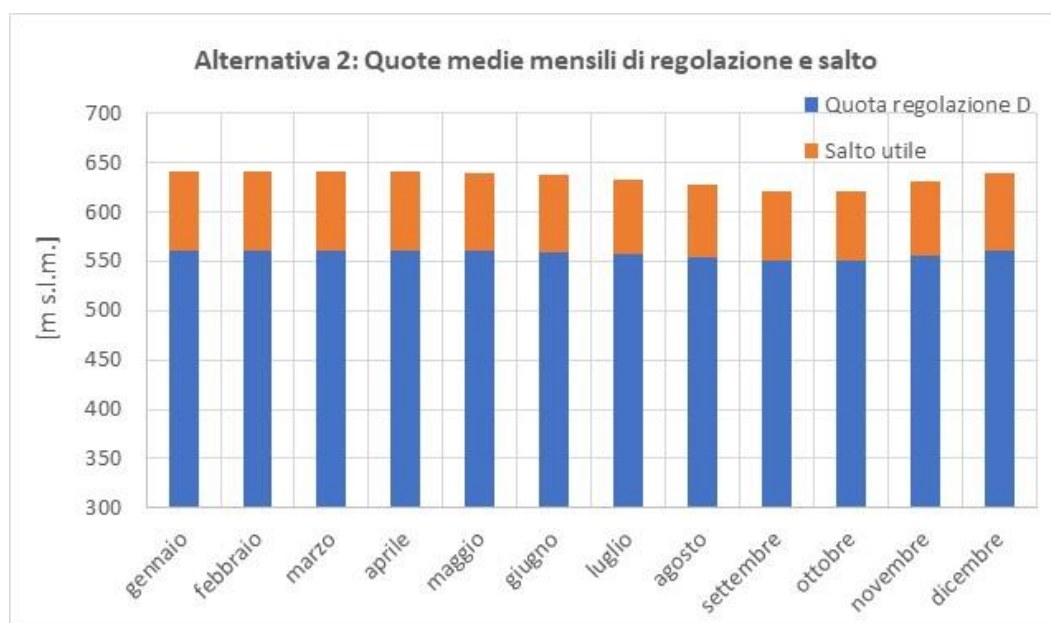


Figura 6: Salto disponibile nell'Alternativa 2 (e lo stesso per l'Alternativa 3); è compreso tra 70 e 80 metri

Meno influenti, nella variabilità del salto, sono le perdite di carica del circuito idraulico, e la quota a valle, nel nodo irriguo, che può considerarsi costante. La necessità di avere, in tale nodo, una pressione residua a scopo irriguo, determina una diminuzione del salto estivo nell'alternativa 1. Dalla modellazione idraulica, considerando una gestione efficiente dei bacini e delle perdite di carico nel circuito idraulico percentuali al salto, si ricavano le quote di monte ed i salti disponibili, riportati per le diverse alternative nelle figure .

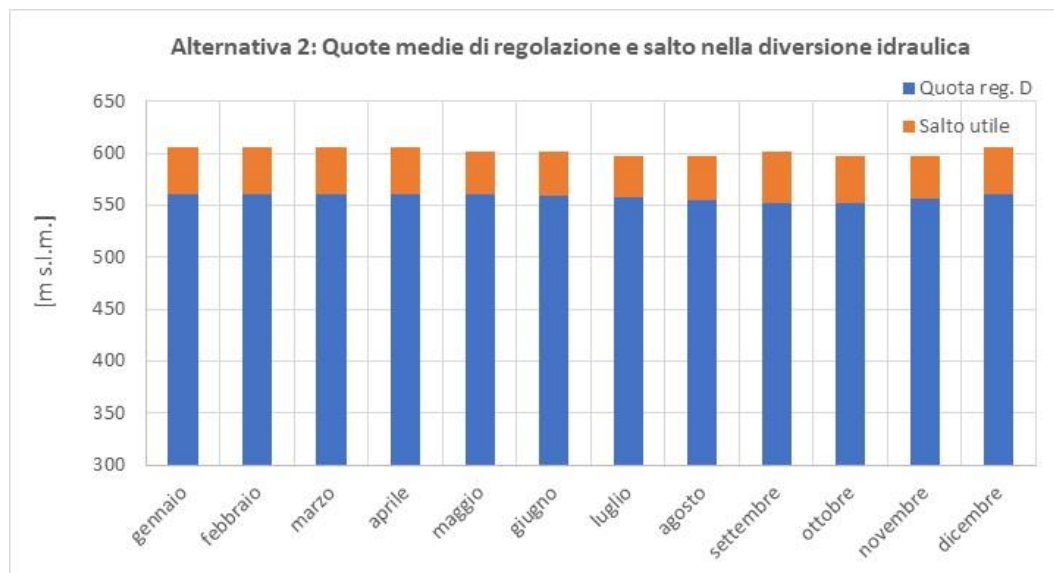


Figura 7: Salto disponibile nell'Alternativa 2, per la diversione, è compreso tra 40 e 50 metri

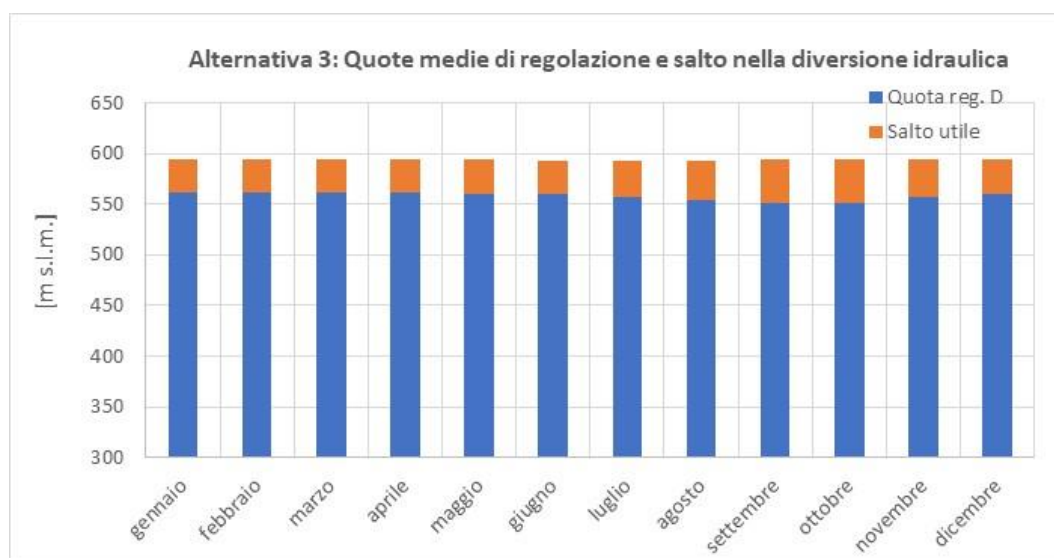


Figura 8: Salto disponibile nell'Alternativa 3, relativo alla diversione, è compreso tra 33 e 43 metri

4.2 Opera di presa e modalità di rilascio

Nelle diverse alternative rispetto alla posizione ed all'altezza della diga, il manufatto è corredato di scarico di esaurimento, di fondo e dello scarico di superficie, secondo le esigenze emerse dalla valutazione delle portate di piena e secondo le modalità di gestione dell'invaso.

L'opera di presa della derivazione è dimensionata per derivare la portata irrigua prevista in questa fase di progettazione. Per il rilascio del Deflusso Ecologico è prevista un'opera di presa dedicata. Il manufatto di presa sarà realizzato in destra idraulica del fiume Tanagro poche decine di metri a monte dell'asse diga. Considerando la quota di minima regolazione il posizionamento della bocca di presa deve tenere conto della minima sommergenza necessaria ad evitare la formazione di vortici e l'ingresso di masse d'aria nel circuito idraulico.

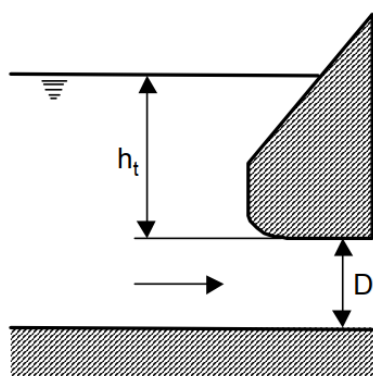


Figura 9: Schema di calcolo per l'altezza di minima sommergenza.

La minima sommergenza h_t si può calcolare con formule semiempiriche, ad esempio con la formula di Rohan, che lega la sommergenza al diametro della galleria di derivazione ed alla velocità dell'acqua.

$$\text{Formula di Rohan: } h_t = 1.474 \cdot V^{0.48} \cdot D^{0.76}$$

In questo caso la galleria idraulica è rappresentata da una condotta forzata di diametro attorno ad 1 metro, per cui la minima sommergenza ammonta a circa 1,5 metri. Per la diversione verso il Porcile il diametro sarà invece maggiore, e di conseguenza la sommergenza.

La quota di scarico dipende, nel Nodo A, dal fondo del canale di scarico e dal battente idrico che si realizza in condizioni di moto uniforme. Il canale di scarico si colloca in destra idraulica e sarà uno scatolare a bassa pendenza, con sviluppo di poche decine di metri che andrà ad alimentare il circuito irriguo.

Un importante accorgimento di progettazione è l'inserimento di una valvola dissipatrice sia a servizio del G_1 sia a servizio del G_{DMV} . L'azionamento della valvola dissipatrice deve essere possibile anche in automatico, con logica cosiddetta "a mancanza", nel caso di blocco intempestivo del gruppo di produzione dedicato al Deflusso Ecologico, nelle diverse configurazioni di rilascio. Tale prerogativa è essenziale per garantire la continuità rispetto al rilascio della portata ecologica, diversa nei mesi dell'anno, anche in caso di malfunzionamenti impiantistici. In linea di principio, in caso di blocco del gruppo dedicato ai rilasci a scopo irriguo tale accorgimento non sarebbe necessario, ed i rilasci

potrebbero essere garantiti mediante apertura manuale dello scarico di fondo, previo intervento in sito dell'operatore. Al fine di migliorare le *performance* impiantistiche si prevede in ogni caso l'installazione della valvola di dissipazione e di un bypass anche nel Nodo A.

4.3 Soluzioni e criticità impiantistiche

Dal punto di vista impiantistico, posto che le turbine da installare hanno taglia limitata, le diverse alternative presentano soluzioni di gamma piuttosto variegata. Le turbine saranno alloggiare in piccoli edifici, seminterrati, ovvero nel corpo diga, se si considerano i recuperi del Deflusso Ecologico. Nei volumi adibiti all'alloggio del gruppo di potenza, troveranno posto i quadri elettrici, un piccolo carroponete, ed il trasformatore di potenza. L'energia sarà consegnata alla rete di distribuzione, presumibilmente in Media Tensione, mentre per le installazioni più piccole si potrà valutare l'autoalimentazione dei servizi ausiliari a livello della diga di nuova realizzazione.

La scelta del tipo di turbina si opera con il cosiddetto "diagramma a fazzoletto" illustrato di seguito per installazioni di piccola potenza. La scelta specifica delle dimensioni delle macchine sarà effettuata nelle fasi di progettazione successive.

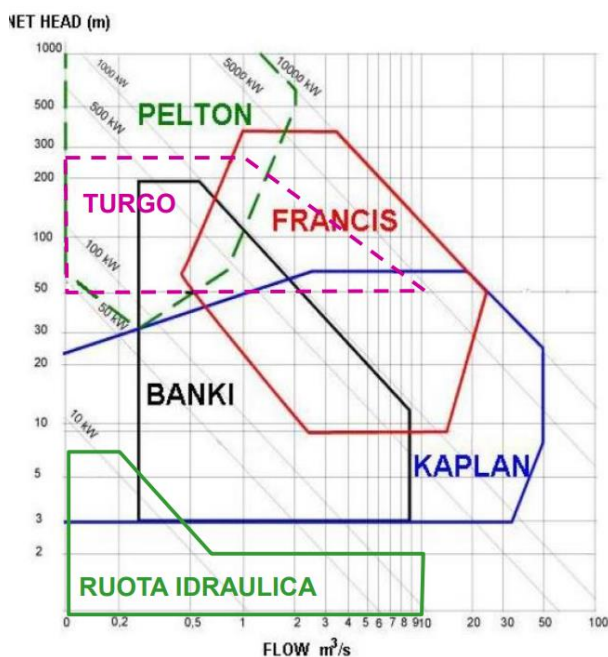


Figura 10: Campi di applicazione, turbine di diverso tipo (Fonte: Turbine Idrauliche, dispense Università di Parma)

Si tratta, in ogni caso, di macchine di piccole dimensioni, e di seguito sono illustrati i parametri principali e le tipologie di macchina idraulica nei diversi contesti e per le alternative considerate. È noto che la potenza utile P_u di una turbina è data dal prodotto tra portata e salto utile, secondo la formula:

$$P_u = \eta_T \cdot \dot{V} \cdot \rho \cdot g \cdot h_u \text{ [W]}$$

I parametri in gioco sono, oltre al salto utile h_u e la portata volumetrica V (indicata in precedenza con Q), il rendimento della turbina η_T , la densità del fluido ρ e l'accelerazione di gravità g . Le turbine idrauliche sono macchine che lavorano usualmente a velocità di rotazione costante, che è indicata con n , e questa rimane una prerogativa del predimensionamento. La curva di parzializzazione, ovvero il grado di apertura del distributore, consente di calcolare la potenza utile in funzione della variazione della portata e del conseguente rendimento della turbina. Per dimensionare le turbine idrauliche si utilizzano tipicamente dei coefficienti adimensionali che consentono di operare delle similitudini fluidodinamiche.

Per la alternativa 1, al nodo irriguo saranno installate due macchine, una a reazione, che funzionerà nel periodo irriguo e garantirà una pressione residua allo scarico proprio a fini irrigui, ed una ad azione, ovvero la Pelton, che funzionerà nel periodo iemale, non irriguo. Le due macchine non funzioneranno mai contemporaneamente e si potrà valutare l'opportunità di accoppiare le due turbine ad un unico alternatore, nella logica della riduzione di spazi e costi. L'alternatore da accoppiare ai due macchinari idraulici sarà sincrono ed avrà una potenza apparente di 920 kVA, considerando un $\cos\varphi$ di circa 0.9.

ALTERNATIVA 1	TIPO TURBINA	Salto riferimento [m]	Q_{min} [l/s]	Q_{max} [l/s]	$P_{installata}$ [kW]
Gruppo DMV/DE	Francis	50	150	300	146
Turbina "irriguo"	Francis	120	690	690	812
Turbina "iemale"	Pelton	160	300	300	471

Tabella 4: Caratteristiche dei macchinari previsti per l'Alternativa 1

Per le macchine tradizionali, ad azione ed a reazione, si è considerato un rendimento complessivo, ai morsetti, dell'86%, che corrisponde ad un rendimento meccanico del 90% ed elettrico del 95,5%. Le turbine Francis saranno installate leggermente sottobattente, al fine di ridurre i fenomeni cavitativi.

Per l'Alternativa 2, a salto più ridotto e portate molto variabili per i due periodi di interesse, la macchina più adatti è senz'altro una Michell-Banki (anche nota come "Ossberger"). Il rendimento elettromeccanico considerato per questa installazione è pari all'83%. In questo caso, con ogni probabilità saranno installati generatori asincroni, più adatti ad installazioni attorno a 500 kW o inferiori.

ALTERNATIVA 2	TIPO TURBINA	Salto riferimento [m]	Q_{min} [l/s]	Q_{max} [l/s]	$P_{installata}$ [kW]
Gruppo DMV/DE	Francis	15	150	300	24
Gruppo " nodo irriguo"	Michell-Banki	75	250	50	182
Gruppo "recupero diversione"	Francis	50	475	1250	551

Tabella 5: Caratteristiche dei macchinari previsti per l'Alternativa 2

Per l'alternativa 3, nell'eventualità che fosse necessaria la realizzazione della scala ittica di rimonta, si valuterà se, in luogo della turbina Francis, sia realizzabile una soluzione a coclea (cd. vite senza fine). In questa alternativa il recupero energetico derivante dal rilascio del DMV alla sezione di presa sul Tanagro, in relazione al basso salto, assume valori davvero residuali. In questo caso il rendimento

complessivo del macchinario è stimato nell'85%, anche se soluzioni diverse rivolte anche all'inserimento ambientale, potrebbero configurare efficienze più basse.

ALTERNATIVA 3	TIPO TURBINA	Salto riferimento [m]	Q_{min} [l/s]	Q_{max} [l/s]	P_{installata} [kW]
Gruppo DMV/DE	Francis o coclea	6	150	300	12
Gruppo " nodo irriguo"	Michell-Banki	75	250	50	170
Gruppo "recupero diversione"	Francis	40	475	1250	441

Tabella 6: Caratteristiche dei macchinari previsti per l'Alternativa 3

Dal punto di vista delle criticità impiantistiche, il recupero energetico che si può realizzare con la diversione delle acque del Tanagro nel Porcile merita certamente una breve digressione. Si è detto di come la diversione delle portate d'acqua riguardi portate più elevate di quelle considerate per il dimensionamento del macchinario, che segue logiche relative alla durata della portata in termini di disponibilità nell'anno idrologico medio. Il tracciato plano-altimetrico, i punti di minimo della condotta di adduzione, il carico di portata solida intercettata, il posizionamento del macchinario sono tutti elementi che andranno valutati attentamente in termini di progettazione di dettaglio, fase che dovrà tenere conto dei possibili accumuli di sedimenti, delle buone pratiche di gestione nell'esercizio della centralina di nuova costruzione, della necessità di alimentare con continuità il macchinario con acqua pulita, e di mantenerne affidabilità di funzionamento e durabilità. Al livello attuale di progettazione il macchinario, una turbina Francis ad asse verticale, è pensato in pozzo, nella zona attigua all'opera di presa per il nodo irriguo, di cui potrà condividere accessi ed organi di sollevamento.

5. STIMA DELLA PRODUCIBILITÀ

Sulla base delle assunzioni impiantistiche illustrate, e considerando le portate ed i salti mensili medi, si sono calcolate le producibilità per le diverse alternative allo studio. Le produzioni annue attese sono riassunte nelle seguenti tabelle:

ALTERNATIVA 1	Producibilità annua [MWh]
Recupero DMV Tanagro	915
Impianto Nodo "A"	4505
TOTALE	5420

Tabella 7: Produzione annua attesa per l'Alternativa 1

ALTERNATIVA 2	Producibilità annua [MWh]
Recupero DMV Tanagro	210
Impianto Nodo "A"	900
Recupero diversione	2293
TOTALE	3403

Tabella 8: Produzione annua attesa per l'Alternativa 2

ALTERNATIVA 3	Producibilità annua [MWh]
Recupero DMV Tanagro	102
Impianto Nodo "A"	900
Recupero diversione	1766
TOTALE	2768

Tabella 9: Produzione annua attesa per l'Alternativa 3

L'alternativa 1 è nettamente migliore dal punto di vista dell'energia prodotta, nella stima portata avanti in questa fase. La producibilità annua corrisponde ad un risparmio in Tonnellate Equivalenti di Petrolio di un valore annuo di oltre 1000, sulla base di quanto stabilito da ARERA. Questa soluzione è anche nettamente migliore dal punto di vista della semplicità impiantistica (due soli siti di produzione) e gestionale, oltre a consentire la dismissione di un impianto di pompaggio per i lotti irrigui in sinistra Tanagro, ad oggi in funzione.

L'Alternativa 3 è di contro la più complessa a livello impiantistico, ed offre soluzioni di recupero energetico residuali e di complessità maggiore sia dal punto di vista progettuale che gestionale. Il risparmio in termini di TEP è pari a poco più di 500.

Le produzioni stimate si riferiscono ai criteri progettuali di massima descritti in questa fase; esse non considerano il contributo di eventuali sfiori disponibili entro limite di derivabilità. Scelte di dettaglio rivolte al risparmio dal punto di vista infrastrutturale ed impiantistico, potrebbero dare luogo a produzioni attese inferiori.

6. CONCLUSIONI

Nell'ambito del progetto "*Regolazione dei deflussi della parte alta del bacino idrografico del fiume Tanagro e utilizzo delle acque in agricoltura: progetto diga Casalbuono*", nell'ottica di un utilizzo plurimo ed efficiente delle acque accumulate nel bacino artificiale in progetto, la produzione di energia elettrica è un elemento che arricchisce il progetto grazie alla produzione di energia rinnovabile. Tale effetto è possibile mediante una gestione che, pur non essendo indirizzata alla produzione di energia, sa cogliere questa opportunità sottesa grazie ad un bacino realizzato per altri scopi.

In quest'ottica il presente documento presenta le considerazioni dimensionali ed impiantistiche che consentono la produzione idroelettrica, stimando per le diverse alternative la producibilità annua, sulla base degli elementi conoscitivi disponibili ed utilizzando le soluzioni più efficienti.

Il documento illustra le portate ed i livelli disponibili per le diverse alternative, descrivendo a grandi linee le soluzioni impiantistiche da adottare per il recupero energetico del Deflusso Ecologico e delle portate rilasciate a scopo irriguo e nel periodo invernale.

La produzione attesa è maggiore per l'Alternativa 1 ed ammonta, nelle stime presentate, a circa 5,4 GWh annui, corrispondenti a oltre 1000 TEP. Questa alternativa consente anche risparmi energetici in termini di pompaggio e presenta le soluzioni impiantistiche più semplici da progettare, realizzare e gestire.