

## RAPPORTO

USO RISERVATO

APPROVATO

C1012725

**Cliente** Enel Produzione S.p.a.

**Oggetto** Centrale Termoelettrica "Edoardo Amaldi" di LA CASELLA. Valutazione delle interferenze sul regime idraulico del fiume Po.

**Ordine** Attingimento n. 3500195820 del 15.06.2021

**Note** Rev. 0 (A1300003137– Lettera di trasmissione C1016829)

La parziale riproduzione di questo documento è permessa solo con l'autorizzazione scritta del CESI.

**N. pagine** 22 **N. pagine fuori testo** 0

**Data** 30/09/2021

**Elaborato** STC - Colombo Daniela  
C1012725 3821 AUT

**Verificato** EDM - Granata Tommaso  
C1012725 3744 VER

**Approvato** EDM - Il Responsabile - Sala Maurizio  
C1012725 3741 APP

CESI S.p.A.

Via Rubattino 54  
I-20134 Milano - Italy  
Tel: +39 02 21251  
Fax: +39 02 21255440  
e-mail: info@cesi.it  
www.cesi.it

Capitale sociale € 8.550.000 interamente versato  
C.F. e numero iscrizione Reg. Imprese di Milano 00793580150  
P.I. IT00793580150  
N. R.E.A. 429222

© Copyright 2021 by CESI. All rights reserved

Pag. 1/22

## ***Indice***

<b>1</b>	<b>SOMMARIO .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>INTRODUZIONE.....</b>	<b>6</b>
2.1	Scopo dello studio .....	6
2.2	Articolazione dell'attività .....	6
2.3	Documenti di riferimento.....	6
<b>3</b>	<b>ANALISI DELLE POSSIBILI INTERFERENZE SUL REGIME IDRAULICO DEL FIUME PO .....</b>	<b>7</b>
3.1	Premessa .....	7
3.2	Analisi del regime idraulico del fiume Po e delle necessità di centrale .....	7
3.1	Interferenze nella tratta fluviale tra presa e scarico .....	12
<b>4</b>	<b>CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....</b>	<b>19</b>
4.1	Premessa .....	19
4.2	Analisi delle interferenze.....	19

## STORIA DELLE REVISIONI

Numero revisione	Data	Protocollo	Lista delle modifiche e/o dei paragrafi modificati
0	30/09/2021	C1012725	Prima emissione

## 1 SOMMARIO

Il Progetto “*Variante della concessione di derivazione acqua dal Po a servizio della Centrale Edoardo Amaldi di La Casella (PC)*” prevede la revisione della Concessione<sup>1</sup> nella parte relativa alla quantità di moduli prelevabili, con la richiesta dell'adeguamento dei moduli massimi prelevabili fino a 250/anno di cui:

- 240 moduli per uso raffreddamento con restituzione integrale nel corpo idrico,
- 10 moduli per uso industriale con parziale restituzione nel corpo idrico,

con portata massima di prelievo di 40 m<sup>3</sup>/s, senza alcuna realizzazione e/o modifica strutturale o infrastrutturale degli impianti.

Tale Progetto è stato sottoposto a Verifica di Assoggettabilità alla VIA; il MITE (Ministero per la Transizione Ecologica) - CRESS (Direzione Generale per la Crescita Sostenibile e la qualità dello Sviluppo) con Decreto 111 del 9/4/21 ha stabilito l'esclusione dalla procedura di VIA subordinata al rispetto di alcune condizioni ambientali, riportate nel Parere n. 188 del 26/2/21 della CTVA.

Le attività oggetto della presente relazione riguardano, in particolare, la condizione ambientale n. 2 che prevede l'**Obbligo di valutazione delle interferenze sul regime idraulico del fiume Po, eseguendo il monitoraggio della portata al fine di trasmettere il bilancio quantitativo in relazione alla portata minima del fiume.**

La valutazione delle interferenze sul regime idraulico del fiume Po è stata eseguita facendo riferimento sia alle risultanze del modello numerico di simulazione della perturbazione termica (sviluppato da CESI per la verifica della dispersione termica del pennacchio caldo costituito dalle acque di raffreddamento provenienti dai condensatori e rilasciate all'opera di scarico della centrale illustrata in **Figura 1** e in **Figura 2**), sia considerando, ovviamente per il solo assetto attuale d'impianto (con aspirazione massima a 30 m<sup>3</sup>/s), le misure delle portate aspirate alla presa della centrale e quelle relative al regime idraulico del fiume Po.

Il modello numerico, che ha simulato condizioni di magra e di media portata del fiume Po nelle stagioni estiva e invernale, è stato nuovamente utilizzato per la simulazione delle medesime condizioni di magra estiva (la più critica per le fenomenologie in esame) ma in assenza di aspirazione della centrale. Tale condizione indisturbata è stata confrontata con i due scenari, già analizzati, di impianto in funzione in assetto attuale (30 m<sup>3</sup>/s) e futuro (40 m<sup>3</sup>/s) della centrale al fine di valutare l'entità della eventuale interferenza tra l'aspirazione e la restituzione delle acque di raffreddamento della centrale e il regime idraulico del fiume in termini di variazione del livello e del campo di moto.

<sup>1</sup> Ad oggi, la concessione in essere autorizza il prelievo di 170 moduli dal fiume Po “*da utilizzare per uso industriale a scopo di raffreddamento*”, con obbligo della sua integrale restituzione; la portata massima attualmente prelevabile è pari a 30 m<sup>3</sup>/s.

Parallelamente si è proceduto al confronto delle serie di misure delle portate aspirate dalle pompe della centrale con quelle relative al regime idraulico del fiume Po disponibili nelle banche dati ufficiali reperibili in rete. L'analisi è stata condotta anche con particolare riferimento alla stagione estiva di magra.

Il presente documento descrive le attività complessivamente svolte ed i risultati ottenuti.

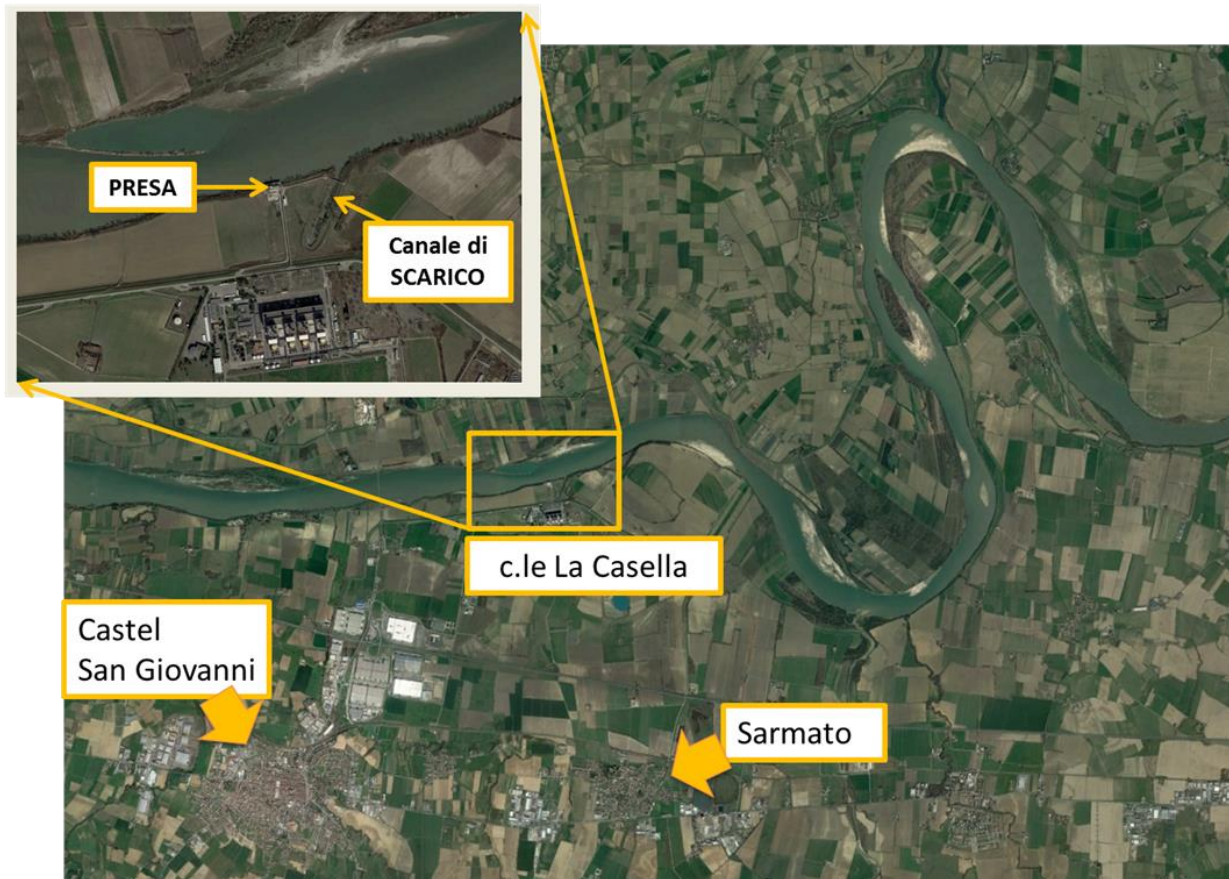


Figura 1 Corografia generale del sito di ubicazione della centrale di La Casella con indicazione dell'area di presa e di scarico delle acque di circolazione della centrale.



Figura 2 Localizzazione in sponda destra al fiume Po della presa e dello scarico delle acque di circolazione della centrale di La Casella (foto CESI giugno 2018).

## 2 INTRODUZIONE

### 2.1 Scopo dello studio

Lo studio ha inteso valutare, mediante il confronto tra i prelievi della centrale e le portate naturali del fiume Po misurate dall'ARPA Emilia-Romagna e l'applicazione di opportuna modellistica numerica, la eventuale interferenza tra le necessità idriche della centrale e il regime idraulico del fiume Po.

La verifica si è resa necessaria a seguito della richiesta avanzata da Enel Produzione di un parziale ripristino della concessione originaria sia nel numero di moduli totali annui prelevabili dal fiume Po, sia nella portata massima di aspirazione, in origine rispettivamente pari a 400 moduli/anno e a 40 m<sup>3</sup>/s, secondo la concessione n°1680 del 26 giugno 1984. Più precisamente, la richiesta di Enel Produzione riguarda l'aumento a 250 moduli/anno, a fronte degli attuali 170 moduli/anno, e il parallelo incremento a 40 m<sup>3</sup>/s della portata massima prelevabile contro gli odierni 30 m<sup>3</sup>/s.

### 2.2 Articolazione dell'attività

Lo studio è stato articolato nelle fasi distinte di seguito riportate:

- l'analisi del regime idraulico del fiume Po degli ultimi dieci anni e il confronto con le serie delle portate aspirate dalla centrale nei medesimi anni nell'intento di confrontare il fabbisogno pregresso della centrale con le portate del fiume Po e trarre alcune possibili ipotesi sugli eventuali effetti del fabbisogno futuro;
- la valutazione dell'interferenza tra il funzionamento della centrale e il regime idraulico del fiume Po attraverso l'esecuzione dello scenario di simulazione della condizione indisturbata (dall'aspirazione della centrale) del fiume Po e il confronto tra i risultati del nuovo scenario e quelli precedentemente ottenuti con l'impianto in funzione (nei due assetti attuale e futuro).

Per quanto concerne la messa a punto del modello numerico di simulazione ci si è avvalsi di quanto predisposto per la verifica numerica di cui al Rapporto CESI Prot. C0008598 del 08/06/2020 (Rif. 1).

### 2.3 Documenti di riferimento

Rif. 1 CESI, 2020. "Centrale Termoelettrica "Edoardo Amaldi" di LA CASELLA. Richiesta estensione portata. Studio Preliminare Ambientale (art.19 D.Lgs 152/2006 e ss.mm.ii.). Allegato B – Dispersione delle acque di raffreddamento" Rapporto CESI Protocollo n° C0008598, 8 giugno 2020

Rif. 2 ARPAER. Servizio Idrometeorologico – Area Idrologia. Annali idrologici (parte 2°) dal 2010 al 2019. <https://www.arpae.it/it/temi-ambientali/meteo/report-meteo/annali-idrologici/annali-idrologici>

Rif. 3 Enel Produzione S.p.A. E-mail del 01/09/2021 da Ing. Anna Fornasari. File: *Dati richiesti.xlsx*

Rif. 4 <http://www.nimbus.it/eventi/eventimeteo.htm>

Rif. 5 MIKE by DHI (2016). "MIKE 21 & MIKE 3 FLOW MODEL FM. Hydrodynamic and Transport Module. Scientific documentation."

### 3 ANALISI DELLE POSSIBILI INTERFERENZE SUL REGIME IDRAULICO DEL FIUME PO

#### 3.1 Premessa

L'acqua prelevata dal fiume Po è impiegata principalmente nei condensatori per il raffreddamento e la condensazione del vapore in uscita dalle turbine a vapore delle unità di produzione; l'acqua di raffreddamento viene quindi restituita direttamente al fiume attraverso un canale di scarico di proprietà di Enel, largo 8 m alla base. Più in dettaglio, l'opera di presa è costituita da un totale di 8 camere di presa, di larghezza pari a 4 m ciascuna e separate da setti di 1.2 m di spessore (**Figura 2**).

Solo una quota minore dell'acqua prelevata dal fiume Po viene impiegata per uso industriale (con riferimento alla modifica della concessione richiesta); si tratta di 10 moduli, pari al 4% dei 250 totali, che saranno restituiti parzialmente al fiume.

Stante, quindi, la restituzione pressoché integrale delle portate aspirate dal fiume Po alla presa della centrale, la maggiore interferenza tra il funzionamento della centrale e il regime idraulico del Po è riscontrabile nel segmento di fiume della lunghezza di circa 300 m compreso tra poco a monte della presa e poco a valle dello sbocco del canale artificiale di restituzione. Peraltro, tale interferenza si manifesta, come descritto nel seguito, in una minima ed estremamente localizzata variazione del livello del fiume, oltre che in una modesta deviazione della corrente per effetto del richiamo prodotto dalle pompe di aspirazione, alla presa, e della restituzione della portata alla foce del canale di scarico.

In sostanza, la completa restituzione delle acque utilizzate dalla centrale a scopo di raffreddamento (che costituiscono il 96% dei 250 moduli complessivi oggetto della richiesta in esame, a cui si aggiunge, come precedentemente sottolineato, la quota del restante 4% associato ai 10 moduli per uso industriale parzialmente restituiti) garantisce l'assenza di interferenze tra il funzionamento dell'impianto e il regime idraulico del Po a valle della foce del canale di restituzione poiché la portata complessiva del fiume viene ripristinata a valle dello scarico di centrale praticamente identica a quella presente a monte dell'impianto.

Tutto ciò premesso, si illustrano nel seguito i risultati delle analisi relative al regime idraulico del Po degli ultimi dieci anni ed i confronti con le necessità di centrale durante il medesimo intervallo temporale. A seguire, si analizzeranno le interferenze, localizzate tra presa e scarico, in termini di variazione del livello e del campo di moto.

#### 3.2 Analisi del regime idraulico del fiume Po e delle necessità di centrale

L'analisi del regime idraulico del fiume Po è stata condotta con riferimento ai dati resi disponibili da ARPAER (Rif. 2) relativamente ai rilievi degli ultimi dieci anni alla stazione idrometrica di Spessa, subito a monte della presa della centrale di La Casella. In particolare, si è fatto riferimento ai dati contenuti nella *Sezione C - Portate e Bilanci Idrologici* contenuta nella *Parte Seconda* degli *Annali Idrologici* dal 2010 al 2019.

La non disponibilità della Parte Seconda dell'Annale 2020 al momento di predisposizione del presente rapporto, non ha consentito di estendere l'analisi ed i confronti anche all'anno 2020.

Peraltro, secondo quanto indicato da ARPAER per il fiume Po con riferimento alla sezione idrometrica di Pontelagoscuro, il 2020 è stato un anno sostanzialmente nella norma, con portate medie annue prossime alla media storica dell'ultimo periodo (2001-2019) (**Figura 3**). Le uniche anomalie di rilievo si sono verificate nei mesi di aprile e novembre, durante i quali le portate medie mensili sono risultate molto inferiori, sia alla media storica di lungo periodo (1921-1970), che alla media storica dell'ultimo periodo,

e nel mese di ottobre, quando, invece, le portate mensili sono risultate molto superiori ai valori di riferimento, sia per il lungo periodo, che per l'ultimo periodo (**Figura 4**).

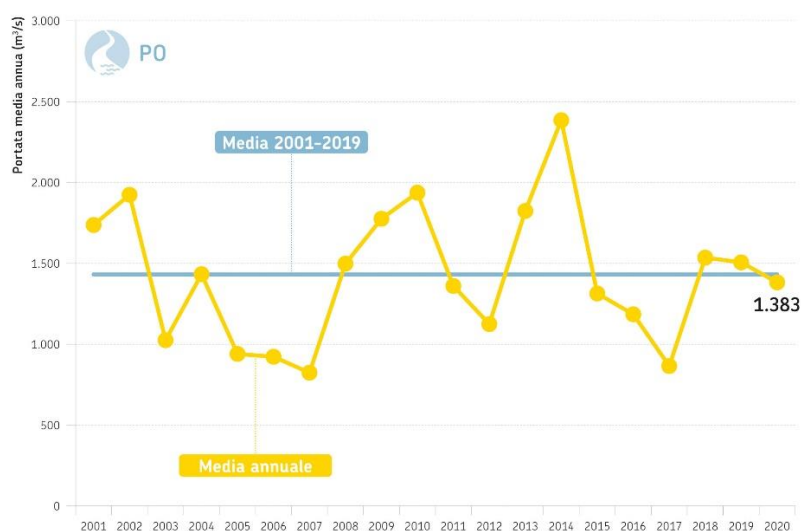


Figura 3 Fiume Po, sezione idrometrica di Pontelagoscuro (FE) (bacino sotteso di 70.091 km<sup>2</sup>). Andamento temporale della portata media annuale dal 2001 al 2020 (in giallo) a confronto con la media poliennale 2001-2019 (in azzurro) (fonte ARPAER).

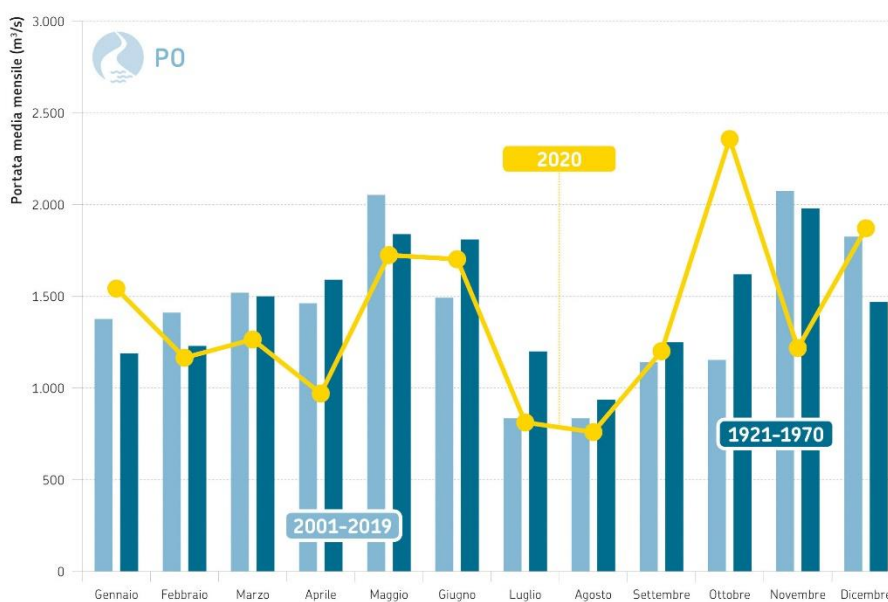


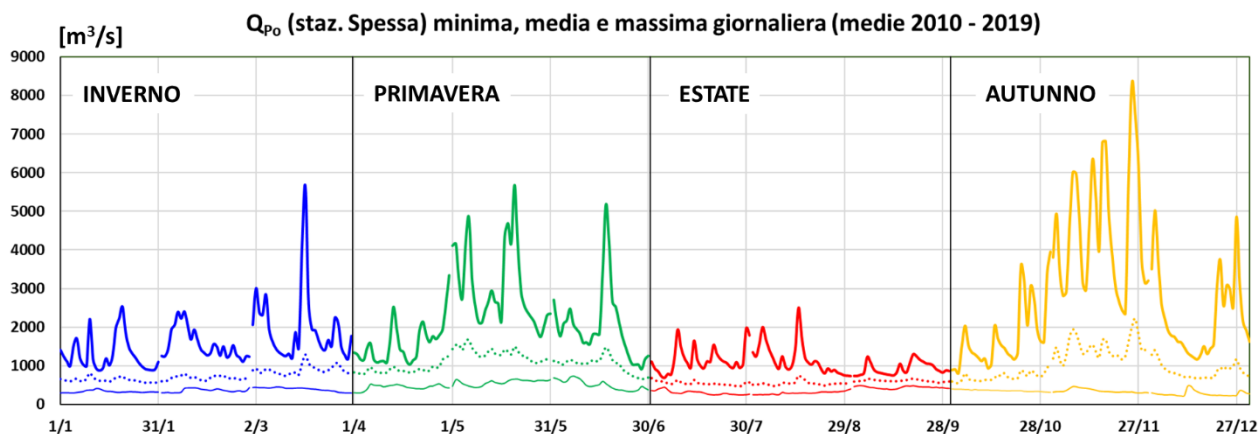
Figura 4 Fiume Po, sezione idrometrica di Pontelagoscuro (FE) (bacino sotteso di 70.091 km<sup>2</sup>). Andamento temporale delle portate medie mensili del 2020 (in giallo), del periodo 1921-1970 (in blu) e del periodo 2001-2019 (in azzurro) (fonte ARPAER).



L'analisi di dettaglio dei dati di portata media giornaliera del fiume Po alla stazione di Spessa (PV, bacino sotteso pari a 37372 km<sup>2</sup>), collocata poco a monte della centrale di La Casella, ha consentito di ricavarne i valori minimi, medi e massimi relativamente al periodo 2010-2019. Si tratta di un periodo recente e di lunghezza che si ritiene adeguata alla definizione della variabilità della grandezza in esame con l'intento di cogliere anche gli effetti delle recenti anomalie climatiche rappresentate, in particolare, dalla maggiore frequenza di accadimento degli eventi estremi.

La **Figura 5** mostra il risultato dell'analisi con l'evidenziazione degli andamenti stagionali da cui si evince, tra l'altro, la maggiore criticità del periodo estivo con valori minimi, medi e massimi complessivamente inferiori a quelli riscontrabili per le altre stagioni, anche se ciò non esclude il manifestarsi di episodi particolarmente intensi con il raggiungimento di portate ben al di sopra della media storica dell'ultimo periodo (2001-2019) indicata da ARPAER in 1383 m<sup>3</sup>/s alla sezione di idrometrica di Pontelagoscuro. Ci si riferisce, per esempio, ad una fase di precipitazioni intense che interessò il Nord-Ovest italiano nei giorni tra l'11 e il 15 agosto 2010, dapprima per l'afflusso di aria caldo-umida sudoccidentale verso le Alpi, in seguito - tra venerdì 13 e sabato 14 - per l'approfondimento della depressione "Yvette" sul Mar Tirreno (Rif. 4). A seguito di tale fronte depressionario il 15 agosto dell'anno 2010, alla stazione di Spessa, si osservò una portata media giornaliera pari a 2500 m<sup>3</sup>/s a testimonianza della possibilità di eventi particolarmente intensi anche nel più critico periodo estivo quando i deflussi scarsi sono anche associati alle condizioni di prelievo idrico tipiche della stagione irrigua.

Le medie dei valori minimi, medi e massimi giornalieri sul periodo analizzato si attestano rispettivamente a 388 m<sup>3</sup>/s, 852 m<sup>3</sup>/s e 1940 m<sup>3</sup>/s.



**Figura 5** Andamento delle portate (in m<sup>3</sup>/s) del periodo 2010-2019: valori minimi (linee continue leggere), medi (linee tratteggiate) e massimi (linee continue marcate) giornalieri misurati alla stazione di Spessa (PV) (fonte ARPAER, Rif. 2).

Una identica analisi di dettaglio, anche se leggermente più estesa (grazie alla disponibilità dei dati di centrale dal gennaio 2010 all'agosto 2021), è stata condotta relativamente agli andamenti delle portate utilizzate dalla centrale per il ciclo di raffreddamento, Q<sub>AC</sub>, che rappresenta l'utilizzo principale dell'acqua prelevata. La **Figura 6** ne mostra il risultato in termini di valori medi e massimi giornalieri nell'"anno medio" ricavato dall'esame del periodo indicato (i valori minimi sono risultati identicamente nulli essendo associati a condizioni di fermo impianto). Da essa si ricava il limitato ricorso alla portata massima di prelievo di 30 m<sup>3</sup>/s, attualmente regolata dalla vigente concessione per uso industriale di cui usufruisce l'impianto nel periodo esaminato e quindi nel normale esercizio della centrale. Peraltro, la condizione di funzionamento a pieno carico dell'impianto, a cui corrisponde quella di massima portata aspirata, è (e sarà) inevitabilmente vincolata al fabbisogno di energia della rete elettrica nazionale e alle

conseguenti richieste del gestore agli impianti di produzione. Nell'effettivo esercizio, il funzionamento delle unità dell'impianto dipende quindi dalle richieste della rete elettrica e possono verificarsi periodi in cui le unità non sono chiamate a esercire, ovvero sono operate a carico parziale, oppure possono essere soggette a fermo prolungato per manutenzione. La media dei valori medi giornalieri di portata prelevata sul periodo analizzato si attesta sul valore di  $8.3 \text{ m}^3/\text{s}$ , mentre la media dei valori massimi registrati è pari a  $23.7 \text{ m}^3/\text{s}$ . Tali tendenze statistiche, ricavate sui prelievi dell'ultimo decennio, si manterranno presumibilmente anche nel richiesto nuovo assetto, per cui il ricorso al prelievo massimo di  $40 \text{ m}^3/\text{s}$  sarà limitato ma imprescindibile poiché dettato dalla necessità di garantire l'equilibrio tra la produzione ed il fabbisogno di energia della rete elettrica nazionale. Inoltre, è possibile attendersi a fronte della nuova concessione richiesti valori medi di prelievo, se pur in aumento, comunque comparabili a quelli esaminati nell'ultimo decennio e pertanto le considerazioni di seguito riportate e riferite all'ultimo decennio si possono considerare in questa fase rappresentative anche del funzionamento nell'assetto futuro.

In estrema sintesi, nell'analisi condotta volendo rapportarsi nell'"anno medio" costruito sulle registrazioni dell'ultimo decennio ai corrispondenti valori di portata in transito nel fiume Po, le medie delle portate medie giornaliere utilizzate dalla centrale ( $8.3 \text{ m}^3/\text{s}$ ) costituiscono meno dell'1% delle corrispettive medie delle portate medie giornaliere del fiume Po a Spessa ( $852 \text{ m}^3/\text{s}$ ). La percentuale sale all'1.2% se il confronto è operato sui valori delle medie delle portate massime giornaliere.

In sostanza e tenendo comunque presente che l'acqua prelevata per il ciclo di raffreddamento dell'impianto viene completamente restituita 250 m circa a valle del punto di presa, è come se mediamente durante l'anno il fiume Po venisse temporaneamente privato dell'1% circa delle sue acque nel tratto compreso tra presa e scarico.

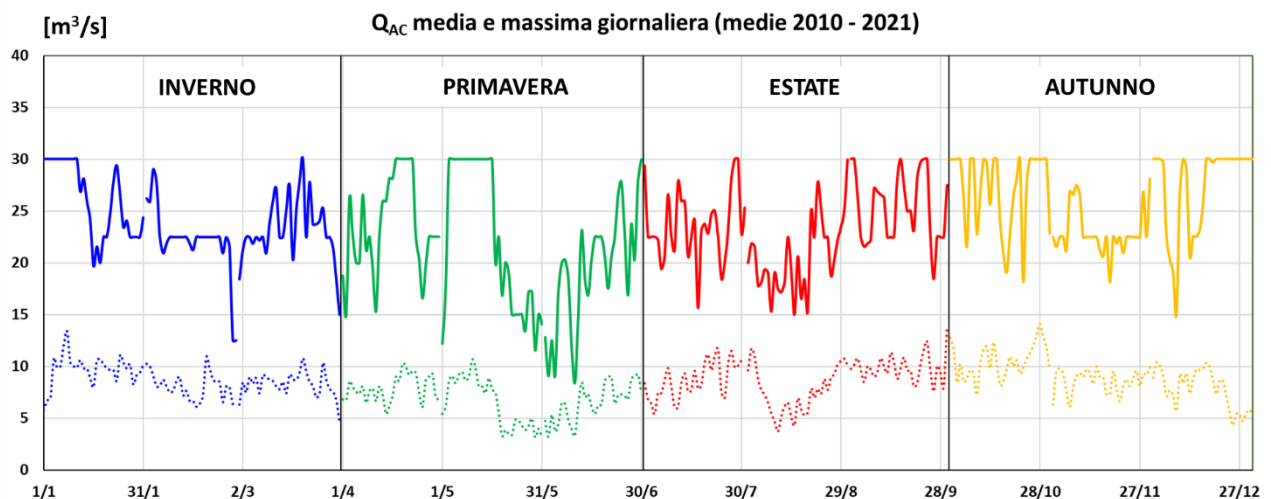


Figura 6 Andamento delle portate (in  $\text{m}^3/\text{s}$ ) utilizzate dalla centrale per il ciclo di raffreddamento ( $Q_{Ac}$ ) nel periodo 2010-2021: valori medi (linee tratteggiate) e massimi (linee continue) giornalieri; valori minimi identicamente pari a zero (fonte Enel Produzione, Rif. 3).

Il confronto tra le portate naturali del fiume Po e quelle utilizzate per il ciclo di raffreddamento della centrale di La Casella è proseguito con un'analisi di ulteriore dettaglio con riferimento ai tre mesi estivi. La **Figura 7** mostra il confronto tra le portate medie e massime giornaliere misurate alla stazione di Spessa poco a monte della centrale (in rosso, con tratto rispettivamente tratteggiato e continuo) e le medesime portate medie e massime giornaliere prelevate (e restituite poco più a valle) dalla presa di

centrale per il ciclo di raffreddamento (in blu). La successiva **Figura 8** mostra in maggiore dettaglio tale confronto riportando gli andamenti delle sole portate medie giornaliere.

Volendo nuovamente eseguire il confronto, nel periodo estivo dell'“anno medio” costruito sulle registrazioni dell'ultimo decennio, tra il fabbisogno di centrale e le portate naturali del fiume Po, si ricaverebbero percentuali di poco superiori a quelle ricavate precedentemente per l'intero “anno medio”, e precisamente: le portate medie giornaliere utilizzate dalla centrale (8.7 m<sup>3</sup>/s) costituirebbero l'1.5% delle corrispondenti portate medie giornaliere estive del fiume Po (566 m<sup>3</sup>/s); la percentuale salirebbe al 2% se il confronto fosse operato sui valori medi delle portate massime giornaliere (23.1 m<sup>3</sup>/s, il fabbisogno estivo medio massimo della centrale, contro i 1080 m<sup>3</sup>/s media dei massimi della portata naturale del fiume Po nel periodo estivo). Tali percentuali d'uso, come più volte segnalato, rimarrebbero comunque limitate al solo segmento del fiume Po compreso tra il punto di presa delle acque di raffreddamento e il punto di restituzione delle stesse posizionato circa 250 m a valle.

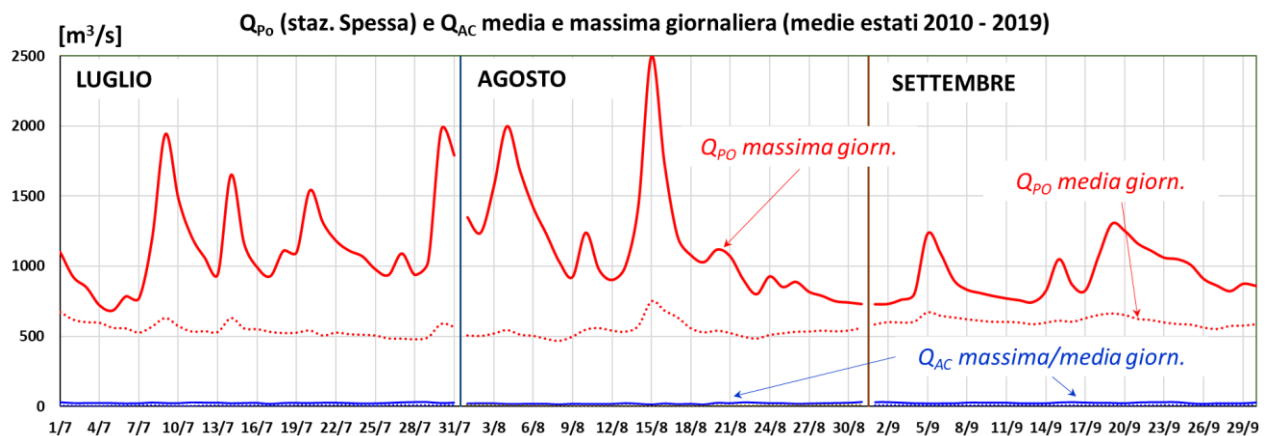


Figura 7 Andamento delle portate (in m<sup>3</sup>/s) delle ESTATI del periodo 2010-2019: valori medi (linee tratteggiate in rosso) e massimi (linee continue in rosso) giornalieri misurati alla stazione di Spessa (PV) (fonte ARPAER, Rif. 2) e, in blu, valori medi e massimi giornalieri delle portate del ciclo di raffreddamento utilizzate dalla centrale (fonte Enel Produzione, Rif. 3).

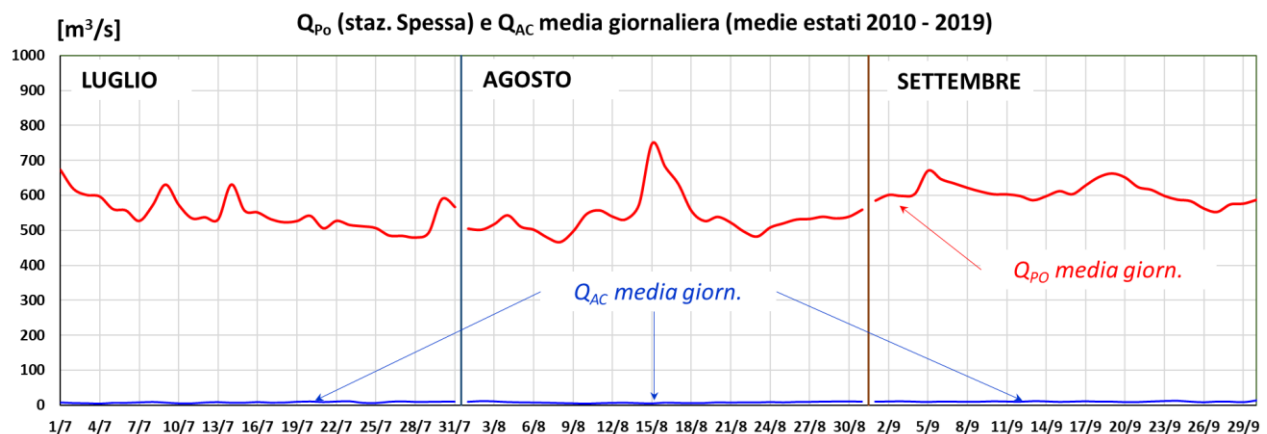


Figura 8 Andamento delle portate (in m<sup>3</sup>/s) delle ESTATI del periodo 2010-2019: valori medi giornalieri, in rosso, misurati alla stazione di Spessa (PV) (fonte ARPAER, Rif. 2) e, in blu, valori medi giornalieri delle portate del ciclo di raffreddamento utilizzate dalla centrale (fonte Enel Produzione, Rif. 3).

Infine, in **Figura 9** è illustrata, sempre per il periodo estivo dell' "anno medio" esaminato, la peggiore combinazione ipotizzabile tra le portate naturali del fiume Po e quelle necessarie al funzionamento della centrale: per le prime si sono considerate, infatti, le medie delle portate minime estive, mentre per il fabbisogno della centrale si è fatto riferimento alle medie delle portate massime prelevate nelle estati del periodo 2010-2020. In pratica si è ipotizzato un fabbisogno massimo in corrispondenza di una disponibilità minima di risorsa idrica. In questo caso, l'acqua prelevata (e restituita al Po a meno di 300 m di distanza dalla presa) per le necessità di centrale risulterebbe mediamente pari a circa il 6% della disponibilità idrica media del Po nelle suddette condizioni di "minima estiva". Tale percentuale, ricavata per condizioni pregresse e secondo un approccio particolarmente conservativo, appare comunque estremamente contenuta. Stante l'elevata probabilità, anche in futuro, di un limitato ricorso al prelievo massimo, specialmente nel periodo estivo (come riscontrato nell'ultimo decennio e mostrato in dettaglio estivo nella **Figura 9** e, con confronto stagionale, nella precedente **Figura 6**) è ragionevole supporre che le necessità di centrale si manterranno percentualmente simili a quelle qui sopra, ricavate per l'assetto presente rispetto alla disponibilità idrica media del Po.

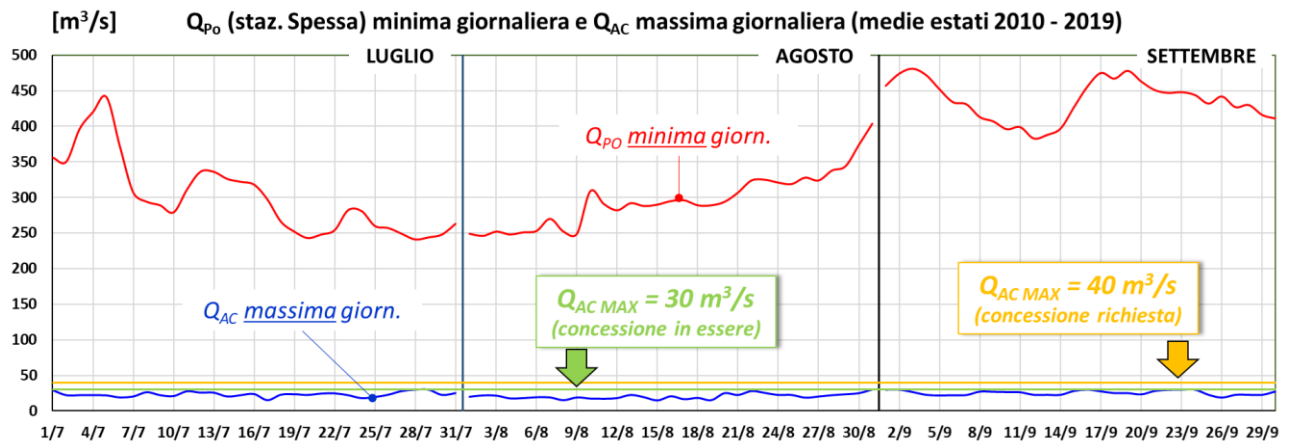


Figura 9 Andamento delle portate (in  $m^3/s$ ) delle ESTATI del periodo 2010-2019: valori minimi delle medie giornaliere, in rosso, misurati alla stazione di Spessa (PV) (fonte ARPAER, Rif. 2) e valori massimi delle medie giornaliere delle portate del ciclo di raffreddamento utilizzate dalla centrale, in blu (fonte Enel Produzione, Rif. 3); in verde e in giallo sono indicate le portate di prelievo massime, pari a  $30 m^3/s$  e a  $40 m^3/s$  rispettivamente per la concessione in essere e per quella oggetto di richiesta

### 3.1 Interferenze nella tratta fluviale tra presa e scarico

Per l'analisi degli effetti dell'aspirazione e della restituzione della portata utilizzata dall'impianto per il ciclo di raffreddamento, si è fatto riferimento ai risultati di alcuni scenari sviluppati con il modello numerico di simulazione della perturbazione termica generata dallo scarico della centrale.

Il modello, sviluppato da CESI, è ampiamente descritto nel Rapporto CESI di cui al Rif. 1 predisposto per la verifica dei limiti di legge associati alla dispersione termica del pennacchio caldo costituito dalle acque di raffreddamento provenienti dai condensatori e rilasciate all'opera di scarico dell'impianto.

Le analisi per la dispersione dello scarico delle acque di raffreddamento dell'impianto sono state condotte attraverso il codice di calcolo MIKE21 del *Danish Hydraulic Institute* (DHI; Rif. 5).

MIKE 21 simula correnti bidimensionali ed è applicabile ad ambienti fluviali e marini. Il modulo di calcolo principale, denominato **MIKE 21 HD** (*Hydro Dynamic*), risolve le equazioni idrodinamiche (equazione di continuità e di conservazione della quantità di moto) per il calcolo del livello e delle componenti di velocità e l'equazione dell'energia per il calcolo della temperatura. Usato nella versione *Flexible Mesh* (FM) ai volumi finiti, il codice MIKE 21 consente di adottare una risoluzione spaziale variabile in funzione delle diverse aree di studio.

Essendo un codice bidimensionale le componenti della velocità e la temperatura calcolate nei vari punti del dominio di calcolo corrispondono alle medie sulla verticale. Il modulo HD simula le variazioni di livello, di corrente e di temperatura una volta assegnate le opportune condizioni iniziali e al contorno. I dettagli sull'implementazione e la calibrazione del modello numerico sono contenuti nel Rapporto CESI di cui al Rif. 1 a cui si rimanda per le eventuali necessità di approfondimento.

Il tratto di fiume Po analizzato attraverso il modello numerico comprende il tratto posto a circa 1.7 km a monte della presa e si estende complessivamente per circa 16 km con l'estremità di valle posta subito dopo la confluenza con il fiume Lambro.

In **Figura 10** è riportato il tratto di fiume Po assunto nelle simulazioni numeriche con il codice MIKE 21 con l'indicazione dei contorni di monte e di valle, oltre a quella del tratto finale del canale di scarico riprodotto nel dominio di calcolo e dell'immissione del fiume Lambro in sponda sinistra del Po, poco prima della sezione di chiusura a valle del dominio.

Per la discretizzazione del dominio è stata generata una *mesh* di calcolo caratterizzata da 54632 elementi triangolari (delimitati da 28264 nodi) con aree variabili tra 10 e 250 m<sup>2</sup>.

In **Figura 11** è riportato il reticolo di calcolo adottato per le simulazioni; si nota il maggior dettaglio (elementi triangolari di dimensioni ridotte) assunto in corrispondenza delle opere di presa e scarico, dove sono maggiori i gradienti di velocità e temperatura. È in tale area che è stato analizzato in dettaglio l'effetto dell'aspirazione e della restituzione delle acque utilizzate per il ciclo di raffreddamento della centrale.

Sono stati considerati i risultati di tre scenari di calcolo che hanno simulato la medesima condizione di magra estiva del fiume Po (370 m<sup>3</sup>/s) con tre diversi assetti di funzionamento dell'impianto; gli scenari con centrale operativa si riferiscono alla condizione di funzionamento più gravosa (a pieno carico) dell'impianto nell'assetto attuale e in quello futuro. Più precisamente sono stati analizzati i seguenti tre scenari:

1. magra estiva del fiume Po e centrale spenta (aspirazione/restituzione nulle);
2. magra estiva del fiume Po e centrale operativa a pieno carico in assetto attuale (portata massima di aspirazione/restituzione: 30 m<sup>3</sup>/s);
3. magra estiva del fiume Po e centrale operativa a pieno carico in assetto futuro (portata massima di aspirazione/restituzione: 40 m<sup>3</sup>/s).

L'analisi delle interferenze nell'area di presa/scarico è stata condotta con riferimento a due grandezze specifiche: il livello del pelo libero e la velocità della corrente.

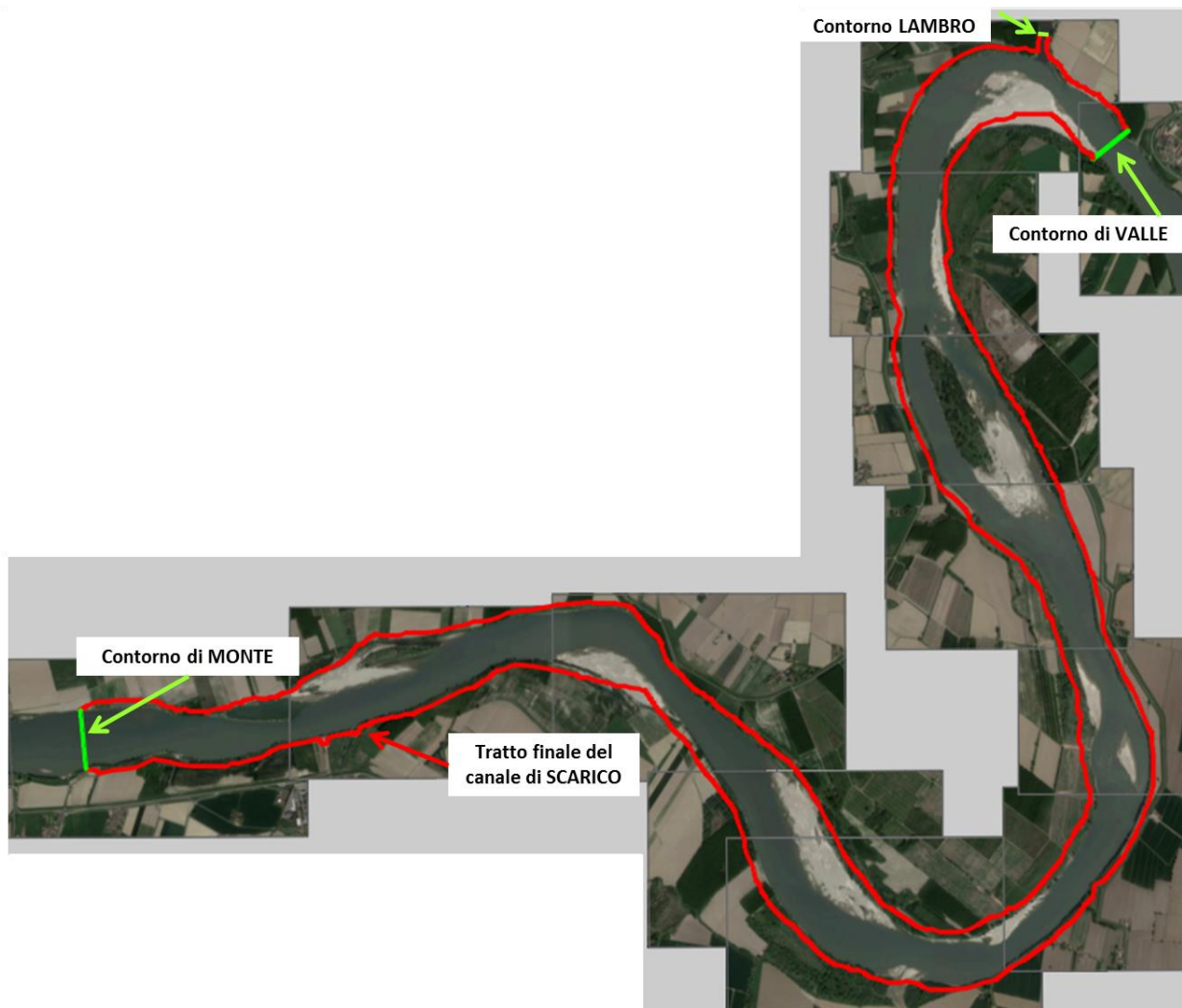


Figura 10 Tratto di fiume Po assunto nelle simulazioni numeriche per lo studio di dispersione termica delle acque restituite al fiume Po attraverso il canale di scarico della centrale (Rif. 1).

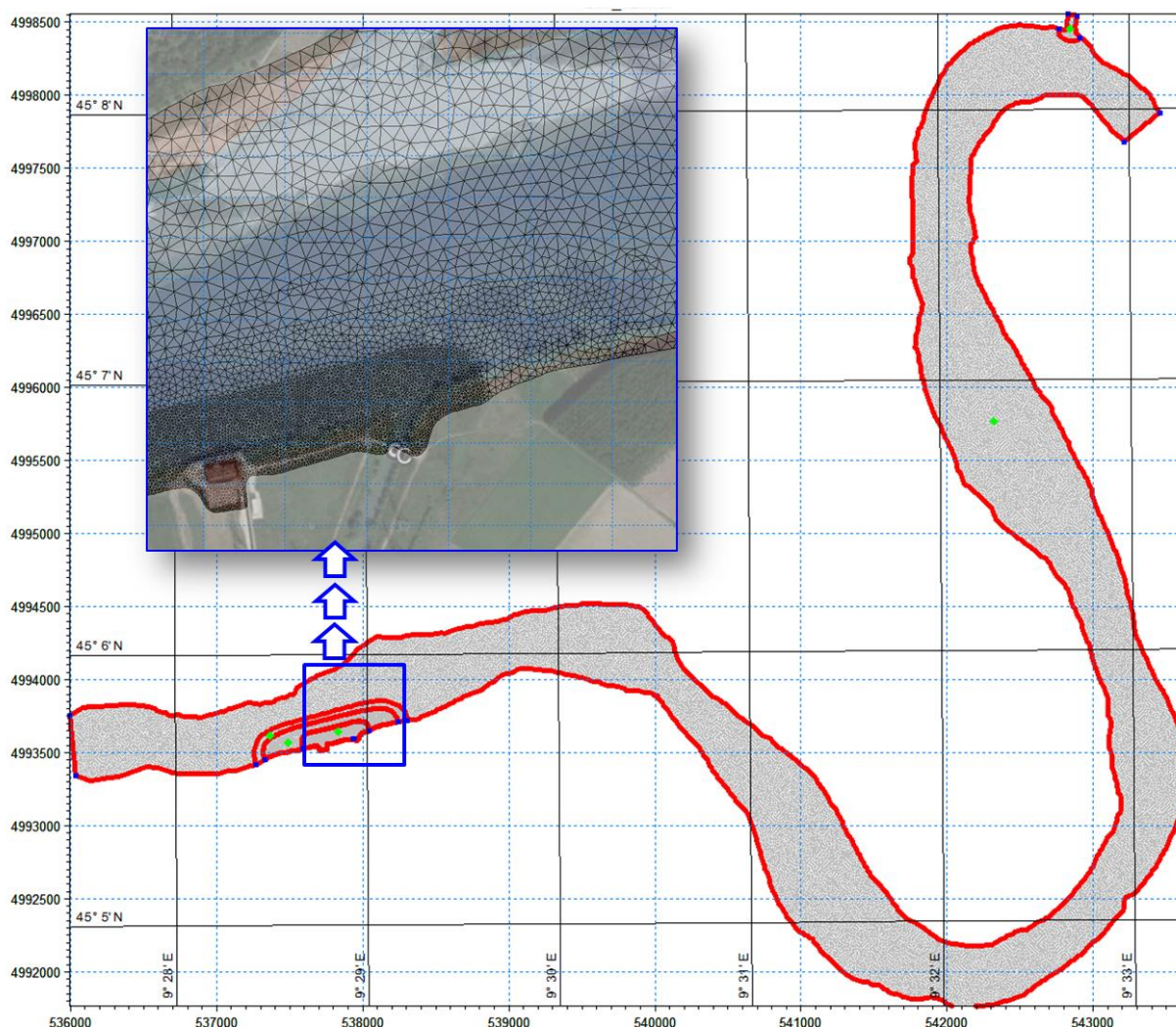


Figura 11 Discretizzazione del dominio di calcolo mediante mesh ad elementi triangolari. Il riquadro evidenzia il maggior dettaglio assunto in corrispondenza delle opere di presa e scarico

La **Figura 12** illustra l'andamento della quota del pelo libero del fiume Po calcolato dal modello in prossimità delle aree di presa e di scarico nei tre scenari di magra ipotizzati; a destra di ciascuna immagine sono riportati i dettagli alla presa e allo scarico.

La valutazione dell'effetto sul livello della superficie del fiume Po nelle due aree di interesse è valutabile dal confronto delle mappe del secondo e del terzo scenario con quelle del primo (condizione indisturbata), mentre la variazione indotta dall'aumento da 30 m<sup>3</sup>/s a 40 m<sup>3</sup>/s richiesto da Enel Produzione sulla portata massima aspirabile è deducibile dal confronto tra la seconda e la terza mappa.

Per quanto concerne il confronto con la condizione indisturbata, l'analisi delle mappe evidenzia abbassamenti del pelo libero massimi, localizzati nelle immediate vicinanze dei punti di presa, dell'ordine di 2 cm (si precisa che ciascun cambio di colore nella mappa dei livelli corrisponde ad un abbassamento o innalzamento di 1 cm). L'aumento da 30 m<sup>3</sup>/s a 40 m<sup>3</sup>/s, invece, produce solo un aumento dell'area interessata dal massimo abbassamento di 2 cm che si mantiene comunque minima e localizzata nelle immediate vicinanze della presa.

Coerentemente, a fronte degli abbassamenti della superficie alla presa, si osserva un innalzamento del pelo libero in prossimità della foce del canale di scarico. In quell'area, grazie al rilascio distribuito sull'intera sezione del canale artificiale, il modello stima un rialzo massimo, per entrambi gli assetti di funzionamento, di circa 1 cm rispetto alla condizione indisturbata.

In entrambe le posizioni (presa e scarico) le interferenze sulla quota di pelo libero indotte dal funzionamento della centrale nell'assetto attuale e futuro si possono ritenere assolutamente irrilevanti sia per il valore assoluto che per l'estensione areale, specie in considerazione della profondità del fiume Po che, anche in condizioni magra estiva, è sempre, in quelle aree, dell'ordine di qualche metro.

La **Figura 13** mette a confronto i risultati dei tre scenari di simulazione con riferimento all'andamento del campo di moto sempre nell'area di presa e di scarico. Si fa presente che, essendo MIKE 21 un codice bidimensionale, le velocità calcolate nei vari punti del dominio di calcolo corrispondono alle medie sulla verticale.

Considerando che la legenda è impostata con cambio di colore nel caso di aumenti o diminuzioni massimi della velocità della corrente pari a 10 cm/s, l'analisi delle mappe evidenzia aumenti massimi di questo ordine di grandezza nell'area della presa dove si riscontra una deviazione dei vettori velocità coerente con la fase di aspirazione. Aumenti più significativi si osservano, ovviamente, nel canale di scarico caratterizzato da una corrente nulla (acqua ferma) nel primo scenario con centrale non operativa e da flussi con correnti più significative nei due scenari con centrale in funzione. La corrente subisce un significativo rallentamento alla confluenza in Po dove, in breve, si uniforma a quella principale.

Anche l'analisi di questo secondo parametro evidenzia che l'interferenza tra l'aspirazione e la restituzione delle acque di raffreddamento e la corrente del corso d'acqua principale si mantiene localizzata e quantitativamente poco significativa.



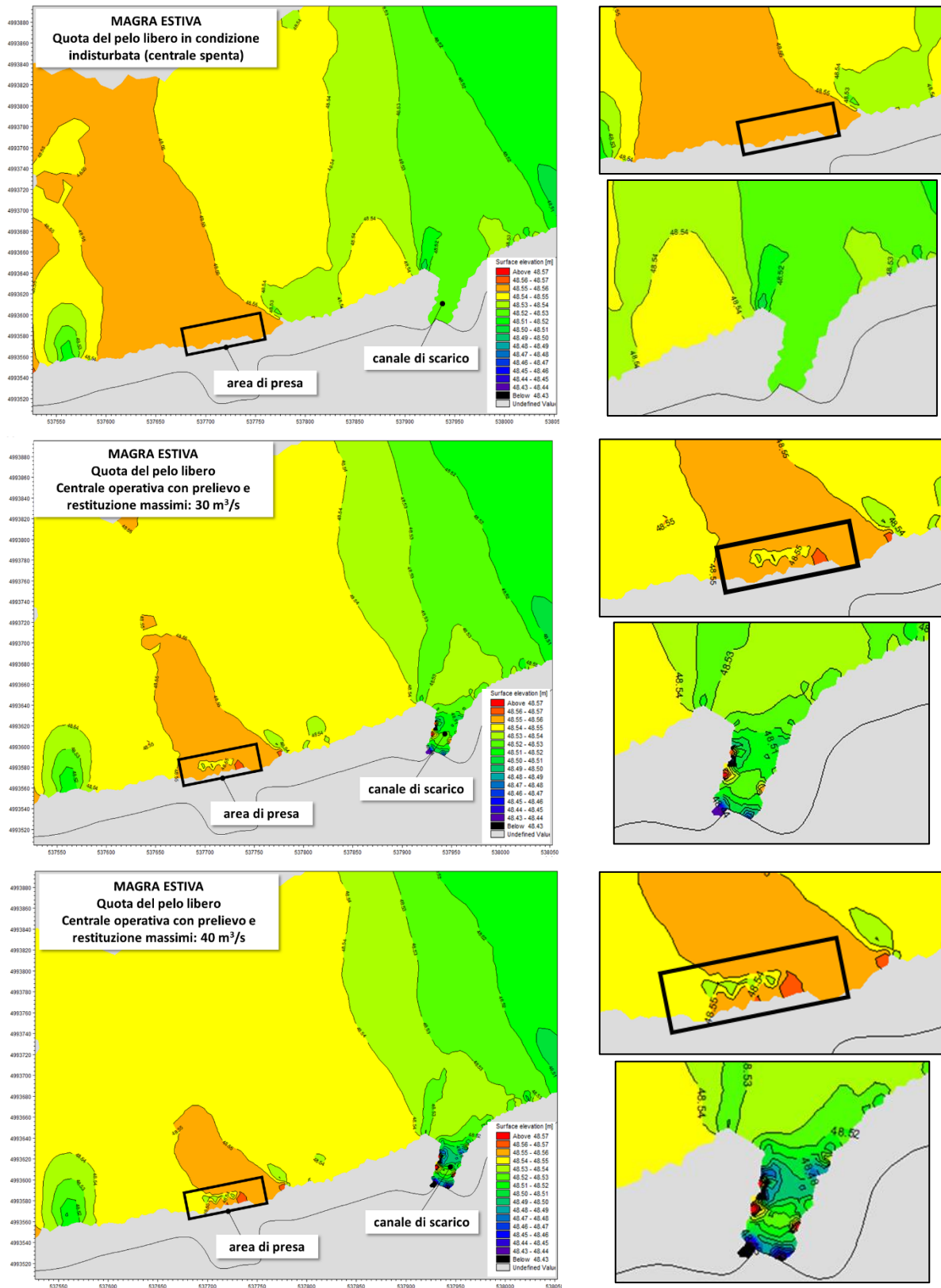


Figura 12 Livello del pelo libero (m s.l.m.) in prossimità delle aree di presa e di scarico nei tre scenari di magra estiva ipotizzati con centrale spenta (condizione indisturbata, in alto) e operativa a pieno carico in assetto attuale (30 m<sup>3</sup>/s, al centro) e futuro (40 m<sup>3</sup>/s, in basso). A destra i dettagli nelle aree di presa e di scarico.

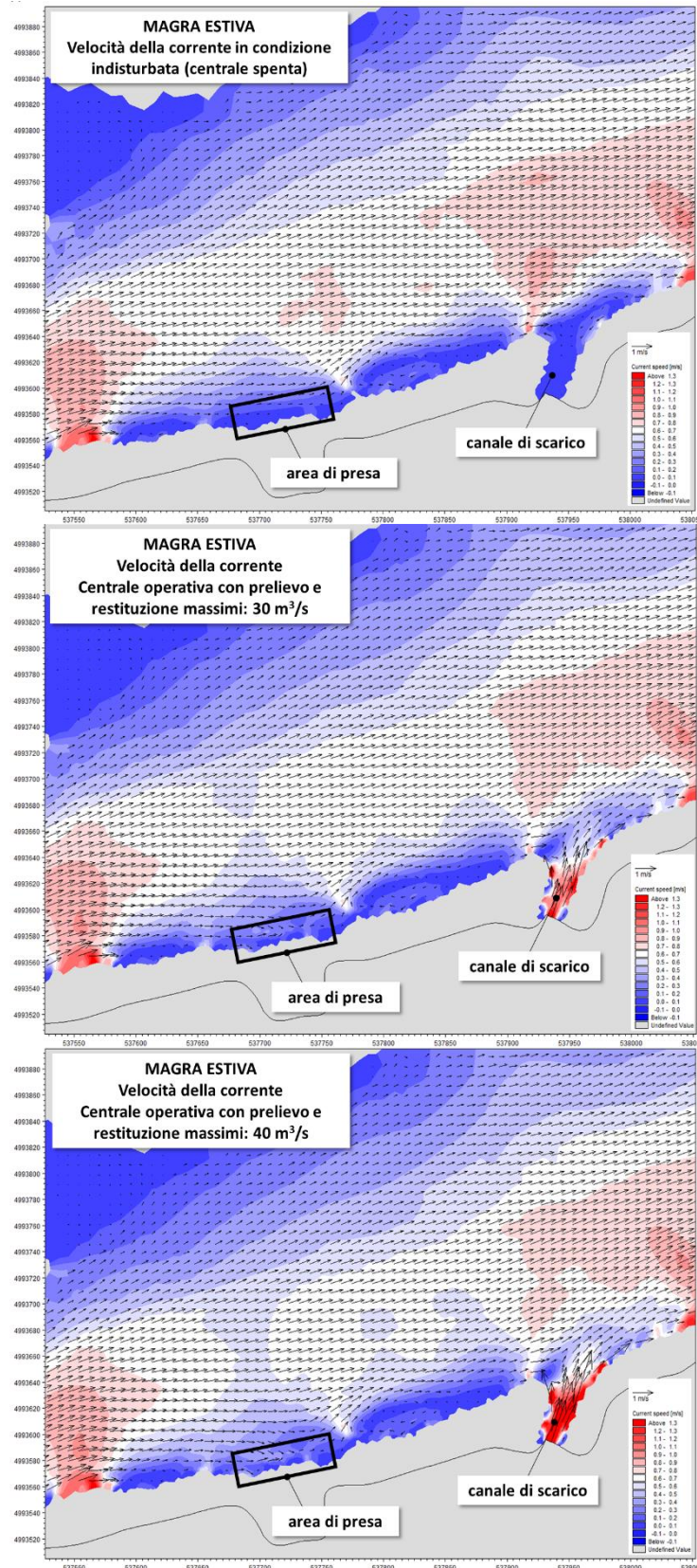


Figura 13 Velocità della corrente (m/s) in prossimità delle aree di presa e di scarico nei tre scenari di magra estiva ipotizzati con centrale spenta (condizione indisturbata, in alto) e operativa a pieno carico in assetto attuale (30 m³/s, al centro) e futuro (40 m³/s, in basso).

## 4 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

### 4.1 Premessa

Il Progetto “*Variante della concessione di derivazione acqua dal Po a servizio della Centrale Edoardo Amaldi di La Casella (PC)*” prevede la revisione della Concessione in essere nella parte relativa alla quantità di moduli prelevabili dal fiume Po, con la richiesta dell'adeguamento dei moduli massimi prelevabili fino a 250/anno (rispetto ai 170 moduli/anno previsti dall'attuale Concessione) di cui:

- 240 moduli per uso raffreddamento con restituzione integrale nel corpo idrico,
- 10 moduli per uso industriale con parziale restituzione nel corpo idrico,

con portata massima di prelievo di 40 m<sup>3</sup>/s (rispetto agli attuali 30 m<sup>3</sup>/s), senza alcuna realizzazione e/o modifica strutturale o infrastrutturale degli impianti.

Il presente studio risponde alla Condizione Ambientale n. 2 a cui è soggetta l'esclusione dalla procedura di VIA del progetto secondo quanto stabilito dal Ministero per la Transizione Ecologica con Decreto 111 del 9/4/21. La Condizione Ambientale n. 2 prevede l'**Obbligo di valutazione delle interferenze sul regime idraulico del fiume Po, eseguendo il monitoraggio della portata al fine di trasmettere il bilancio quantitativo in relazione alla portata minima del fiume.**

Lo studio ha inteso valutare, mediante il confronto nell'ultimo decennio tra i prelievi della centrale e le portate naturali del fiume Po misurate dall'ARPA Emilia-Romagna e l'applicazione di opportuna modellistica numerica, la eventuale interferenza tra le necessità idriche della centrale e il regime idraulico del fiume Po.

### 4.2 Analisi delle interferenze

L'acqua prelevata dal fiume Po è impiegata principalmente nei condensatori per il raffreddamento e la condensazione del vapore in uscita dalle turbine a vapore delle unità di produzione; l'acqua di raffreddamento viene quindi integralmente restituita direttamente al fiume attraverso un canale di scarico artificiale di proprietà di Enel.

Stante la restituzione pressoché integrale delle portate aspirate dal fiume Po alla presa della centrale (viene infatti restituito più del 96% di quanto prelevato), la maggiore interferenza tra il funzionamento della centrale e il regime idraulico del Po è riscontrabile nel segmento di fiume della lunghezza di circa 300 m compreso tra poco a monte della presa e poco a valle dello sbocco del canale artificiale di restituzione.

Tutto ciò premesso, rimandando ai capitoli precedenti per i necessari approfondimenti, si riportano nel seguito le principali conclusioni dedotte

- dalle analisi relative al regime idraulico del Po degli ultimi dieci anni ed ai confronti con le necessità di centrale durante il medesimo intervallo temporale,
- le interferenze, localizzate tra presa e scarico, in termini di variazione del livello e del campo di moto del fiume Po.

Per quanto concerne il primo punto, l'analisi del regime idraulico del fiume Po è stata condotta con riferimento ai dati resi disponibili da ARPAER relativamente ai rilievi degli ultimi dieci anni alla stazione idrometrica di Spessa (PV), subito a monte della presa della centrale di La Casella. In particolare, si è fatto riferimento ai dati contenuti nella *Sezione C - Portate e Bilanci Idrologici* contenuta nella *Parte Seconda* degli Annali Idrologici dal 2010 al 2019 (ultimo anno con disponibilità, al momento del presente studio, della *Parte Seconda* contenente i dati ad esso necessari).

L'analisi di dettaglio dei dati di portata media giornaliera del fiume Po forniti dagli Annali Idrologici alla stazione di Spessa ha consentito di ricavarne i valori minimi, medi e massimi con riferimento all'intero periodo 2010-2019. Si tratta di un periodo recente e di lunghezza che si ritiene adeguata alla definizione della variabilità della grandezza in esame con l'intento di cogliere anche gli effetti delle recenti anomalie climatiche rappresentate, in particolare, dalla maggiore frequenza di accadimento degli eventi estremi sia minimi (magra) che massimi (piene). Le medie dei valori minimi, medi e massimi giornalieri sul periodo analizzato si attestano rispettivamente a 388 m<sup>3</sup>/s, 852 m<sup>3</sup>/s e 1940 m<sup>3</sup>/s che caratterizzano, in sintesi, il regime idraulico del fiume Po alla stazione di Spessa (bacino sotteso di 37372 km<sup>2</sup>).

L'esito dell'indagine ha evidenziato che la maggiore criticità è associata al periodo estivo con valori minimi, medi e massimi complessivamente inferiori a quelli riscontrabili per le altre stagioni, anche se ciò non esclude il manifestarsi di episodi particolarmente intensi con il raggiungimento di portate ben al di sopra della media storica dell'ultimo periodo (2001-2019) indicata da ARPAER in 1383 m<sup>3</sup>/s alla sezione di idrometrica di Pontelagoscuro (bacino sotteso di 70091 km<sup>2</sup>).

Una identica analisi di dettaglio è stata condotta relativamente agli andamenti delle portate utilizzate dalla centrale per il ciclo di raffreddamento (Q<sub>AC</sub>). La media delle portate medie giornaliere nel periodo analizzato si attesta sul valore di 8.3 m<sup>3</sup>/s, mentre la media dei valori massimi registrati è pari a 23.7 m<sup>3</sup>/s, ben al di sotto del massimo consentito di 30 m<sup>3</sup>/s (la media dei minimi è continuativamente pari a zero, poiché relativa a periodi di non funzionamento dell'impianto). Peraltro, la condizione di funzionamento a pieno carico dell'impianto, a cui corrisponde quella di massima portata aspirata, è (e sarà) inevitabilmente vincolata al fabbisogno di energia (in tempo reale) della rete elettrica nazionale e alle conseguenti richieste del gestore agli impianti di produzione. Pertanto, il ricorso al prelievo massimo di 40 m<sup>3</sup>/s sarà limitato ma imprescindibile poiché dettato dalla necessità di garantire l'equilibrio tra la produzione ed il fabbisogno di energia della rete elettrica.

In estrema sintesi, nell'analisi effettuata relativa all'ultimo decennio, volendo rapportarsi nell'"anno medio" costruito sulle registrazioni dell'ultimo decennio ai corrispondenti valori di portata in transito nel fiume Po, le medie delle portate medie giornaliere utilizzate dalla centrale (8.3 m<sup>3</sup>/s) costituiscono meno dell'1% delle corrispettive medie delle portate medie giornaliere del fiume Po (852 m<sup>3</sup>/s) nel sito dell'impianto. La percentuale sale all'1.2% se il confronto è operato sui valori delle medie delle portate massime giornaliere.

In sostanza e tenendo comunque presente che l'acqua prelevata per il ciclo di raffreddamento dell'impianto viene completamente restituita 250 m circa a valle del punto di presa, è come se mediamente durante l'anno il fiume Po venisse momentaneamente privato dell'1% circa delle sue acque nel tratto compreso tra presa e scarico.

Il medesimo confronto, eseguito però nel più critico periodo estivo, ha portato ad un leggero aumento delle percentuali sopra indicate. Più precisamente, le portate medie giornaliere utilizzate dalla centrale durante l'estate (8.7 m<sup>3</sup>/s) costituirebbero l'1.5% delle corrispondenti portate medie giornaliere estive del fiume Po (566 m<sup>3</sup>/s); la percentuale salirebbe al 2% se il confronto fosse operato sui valori medi delle portate massime giornaliere (23.1 m<sup>3</sup>/s, il fabbisogno estivo medio massimo della centrale, contro i 1080 m<sup>3</sup>/s media dei massimi della portata naturale del fiume Po nel periodo estivo). Tali percentuali d'uso, come già segnalato, rimarrebbero comunque limitate al solo segmento del fiume Po compreso tra il punto di presa delle acque di raffreddamento e il punto di restituzione delle stesse.

Le percentuali su riportate ottenute dal confronto tra la quantità di acqua prelevata dalla centrale nell'ultimo decennio e quella naturale del fiume Po appaiono estremamente contenute e stante l'elevata probabilità, anche in futuro, di un limitato ricorso al prelievo massimo, specialmente nel periodo estivo, come riscontrato nell'ultimo decennio è ragionevole attendersi che le necessità di centrale si manterranno anche in futuro percentualmente simili.

Per quanto concerne il secondo aspetto investigato nel presente studio, ovvero l'analisi degli effetti sui livelli idrici e sulla velocità della corrente del Po indotti dall'aspirazione e dalla restituzione della portata utilizzata dall'impianto, si è fatto riferimento ai risultati di alcuni scenari sviluppati con il modello numerico di simulazione (MIKE21 del DHI) della perturbazione termica generata dallo scarico della centrale precedentemente predisposto da CESI per le opportune verifiche di legge.

Sono stati considerati i risultati di tre scenari di calcolo che hanno simulato la medesima condizione di magra estiva del fiume Po ( $370 \text{ m}^3/\text{s}$ ) con tre diversi assetti di funzionamento dell'impianto; gli scenari con centrale operativa si riferiscono alla condizione di funzionamento più gravosa (a pieno carico) dell'impianto nell'assetto attuale e in quello futuro. Più precisamente sono stati analizzati i seguenti scenari:

1. magra estiva del fiume Po e centrale spenta (aspirazione/restituzione nulle);
2. magra estiva del fiume Po e centrale operativa a pieno carico in assetto attuale (portata massima di aspirazione/restituzione:  $30 \text{ m}^3/\text{s}$ );
3. magra estiva del fiume Po e centrale operativa a pieno carico in assetto futuro (portata massima di aspirazione/restituzione:  $40 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

L'analisi delle interferenze nell'area di presa/scarico è stata condotta con riferimento a due grandezze specifiche: il livello del pelo libero e la velocità della corrente.

Per quanto concerne il confronto con la condizione indisturbata dello scenario 1, l'analisi delle mappe al paragrafo 3.1 evidenzia abbassamenti del pelo libero massimi dell'ordine di 2 cm, localizzati nelle immediate vicinanze dei punti di presa. L'aumento da  $30 \text{ m}^3/\text{s}$  a  $40 \text{ m}^3/\text{s}$ , invece, produce solo un aumento dell'area interessata dal massimo abbassamento di 2 cm che si mantiene comunque minima e localizzata nelle immediate vicinanze della presa.

Coerentemente, a fronte degli abbassamenti della superficie alla presa, si osserva un innalzamento del pelo libero in prossimità della foce del canale di scarico. In quell'area, grazie al rilascio distribuito sull'intera sezione del canale artificiale, il modello stima un rialzo massimo, per entrambi gli assetti di funzionamento, di circa 1 cm rispetto alla condizione indisturbata.

Pertanto, in entrambe le posizioni (presa e scarico) le interferenze sulla quota di pelo libero indotte dal funzionamento della centrale nell'assetto attuale e futuro si possono ritenere assolutamente irrilevanti sia per il valore assoluto che per l'estensione areale, specie in considerazione della profondità del fiume Po che, anche in condizioni magra estiva, è sempre, in quelle aree, dell'ordine di qualche metro.

L'analisi delle mappe di velocità della corrente (paragrafo 3.1) evidenzia aumenti massimi di circa  $10 \text{ cm/s}$  nell'area della presa dove si riscontra una deviazione dei vettori velocità coerente con la fase di aspirazione. Aumenti più significativi si osservano, ovviamente, nel canale di scarico caratterizzato da una corrente nulla (acqua ferma) nel primo scenario con centrale non operativa e da flussi con correnti più significative nei due scenari con centrale in funzione. La corrente subisce un significativo rallentamento alla confluenza in Po dove, in breve, si uniforma a quella principale.

Anche l'analisi di questo secondo parametro evidenzia che l'interferenza tra l'aspirazione e la restituzione delle acque di raffreddamento e la corrente del corso d'acqua principale si mantiene localizzata e quantitativamente poco significativa.

Riassumendo è possibile concludere che:

- la completa restituzione delle acque utilizzate dalla centrale a scopo di raffreddamento garantisce l'assenza di interferenze tra il funzionamento dell'impianto e il regime idraulico del Po a valle della foce del canale di restituzione, poiché la portata complessiva del fiume viene ripristinata a valle dello scarico di centrale pressoché identica a quella presente a monte dell'impianto;

- l'aspirazione riduce la portata del fiume Po, in transito nel sito dell'impianto, di quantità percentualmente irrisorie, solo momentaneamente (stante la suddetta restituzione) e limitatamente al tratto di circa 250 m compreso tra la presa e lo scarico della centrale;
- l'interferenza indotta sul livello e sulla velocità della corrente nell'area interessata dall'aspirazione e dalla restituzione delle acque necessarie alla centrale si manifesta in una minima ed estremamente localizzata variazione del livello del fiume, oltre che in una modesta deviazione della corrente per effetto del richiamo prodotto dalle pompe di aspirazione, alla presa, e della restituzione della portata alla foce del canale di scarico.