



AUTORITÀ DI BACINO DISTRETTUALE DEL FIUME PO

**Regolazione estiva dei livelli idrometrici del Lago Maggiore
Gruppo II
Analisi del modello di Calcolo per la previsione del livello idrometrico**

Proposta della Segreteria Tecnica sulle ulteriori verifiche degli eventi storici più significativi per la valutazione dell'affidabilità del modello di calcolo e degli effetti delle condizioni iniziali e delle manovre preventive, aggiornata dopo il Tavolo Tecnico del 5 settembre 2017

A seguito della valutazione degli esiti delle analisi svolte dal Consorzio del Ticino e descritte nel documento del maggio 2017 "Verifica del modello di calcolo in relazione al periodo 1 – 26 giugno 2016", la Segreteria Tecnica aveva raggiunto le conclusioni riportate nella "Relazione d'istruttoria relativa alla valutazione dell'affidabilità del modello di calcolo" e di seguito richiamate per esteso:

1. *Le prestazioni del modello di calcolo risultano significativamente migliorate e lo stesso appare adeguato, noto con accettabile approssimazione l'afflusso complessivo al lago, per lo scopo della sperimentazione.*
2. *Tuttavia i membri del Gruppo di lavoro II hanno condiviso che i buoni risultati ottenuti nella riproduzione di un evento (16-18 giugno 2016), anche se da considerarsi già significativi, non possono essere immediatamente generalizzati. La valutazione dell'attendibilità del modello di calcolo deve essere, quindi, supportata dalla verifica del suo funzionamento rispetto a differenti eventi di piena e si conferma pertanto la necessità, già rappresentata nel corso di precedenti riunioni del Gruppo, di eseguire verifiche analoghe anche su altri eventi di piena rilevanti, di cui siano disponibili tutti i dati necessari, con particolare cura nella scelta di alcuni eventi primaverili, oltre che di quelli autunnali.*
3. *Nel proseguimento della sperimentazione, dovrà essere posta grande cura nell'esecuzione di un numero significativo di misure di portata sia in regime regolato che in regime libero di media e di alta portata, garantendo sempre per tempo la possibilità dell'attivazione delle procedure e delle azioni per lo svolgimento delle misure stesse.*
4. *In relazione alle aree di miglioramento del modello di calcolo evidenziate nel presente documento il Consorzio del Ticino è tenuto a continuare a svolgere l'attività di aggiornamento delle funzioni e di affinamento dell'algoritmo di calcolo del modello stesso.*

Tali conclusioni erano state quindi acquisite dal Tavolo Tecnico nella seduta del 6 giugno 2017, con la condivisione dei membri esperti del Gruppo di lavoro II (GdL II). Contestualmente erano state acquisite alcune ulteriori osservazioni, allegate alla Relazione come parte integrante della stessa.

Con riferimento al punto 2, nella successiva riunione del Tavolo Tecnico del 4 luglio 2017, il Consorzio del Ticino ha presentato una propria proposta di elenco di eventi di piena rilevanti precedenti all'inizio della sperimentazione, da utilizzare per svolgere le ulteriori verifiche necessarie per confermare e quindi completare la valutazione dell'affidabilità del modello di calcolo. Anche il CNR-ISE, con la collaborazione del Comune di Verbania, dell'ARPA Piemonte e dell'Ufficio Corsi d'Acqua del Canton Ticino, ha presentato una proposta di elenco degli eventi storici di piena più rilevanti per il medesimo fine.

I due elenchi hanno in comune il solo evento dell'autunno 2014, tuttavia essi sono entrambi da tenere in considerazione, sebbene per differenti ragioni.

L'elenco del CNR-ISE, infatti, è costituito da nove eventi di piena relativi al periodo dal 1960 al 2014, significativi per periodo di accadimento e/o per caratteristiche di rapidità di crescita, oltre che per i valori elevati dei livelli massimi registrati. Tuttavia alcuni degli eventi considerati sono

relativi ad anni per i quali, in base al quadro dei dati disponibili prodotto dal Consorzio del Ticino (rapporto conclusivo della fase 1 - marzo 2015) non sono disponibili né gli idrogrammi di portata a scansione almeno oraria dei principali tributari del lago, né le misure di velocità del sensore "Miorina-Idro" di ARPA Lombardia a Golasecca. Questa circostanza impedisce l'esecuzione su alcuni eventi di alcune delle analisi già eseguite per l'evento del 2016.

L'elenco del Consorzio del Ticino è invece costituito da 5 dei 17 eventi relativi al periodo dal 1993 al 2014, di cui sono già stati acquisiti gli idrogrammi disponibili all'inizio della sperimentazione. I 5 eventi preferiti sono quelli per cui si dispone delle serie a scansione almeno oraria delle portate dei tributari principali del lago e, possibilmente, dei dati del sensore "Miorina-Idro".

Con il presente documento si vuole proporre un set di eventi e di relative analisi che tenga conto di entrambe le ragioni che hanno portato alle due differenti proposte e che faccia quindi tesoro della conoscenza e dell'esperienza che ha portato alla loro formulazione, focalizzando l'attenzione sullo scopo delle verifiche che vengono proposte a seguito di quelle già utilmente svolte per l'evento del 2016. L'obiettivo che si vuole raggiungere, infatti, è confermare o correggere la valutazione dell'affidabilità del modello di calcolo.

Facendo riferimento al documento del maggio 2017 "Verifica del modello di calcolo in relazione al periodo 1 – 26 giugno 2016", in cui vi sono 5 tipi di analisi sotto le 5 lettere dalla A alla E, si può ritenere che non tutte le analisi necessitino di tutti i dati e che l'obiettivo del lavoro possa essere raggiunto anche mediante lo svolgimento, per gli eventi meno recenti, di alcune soltanto delle analisi svolte sull'evento del 2016. Infatti, in esito a tali analisi, alcune risposte sono già state acquisite in modo abbastanza chiaro. Si espongono di seguito, in maggior dettaglio le possibili e più utili analisi.

- Le analisi di tipo A sono relative al confronto tra gli idrogrammi di portata in uscita calcolati con diversi metodi. Esse possono essere ripetute per tutti gli eventi per i quali è disponibile la serie a scansione almeno oraria dell'andamento dei livelli all'idrometro di Sesto Calende, anche se antecedenti all'installazione del sensore di velocità di ARPA Lombardia a Golasecca: per alcuni di essi mancherà, in tal caso, il confronto con le stime di portata attraverso la Miorina ricavate in continuo da ARPA Lombardia mediante il proprio sensore di livello e velocità. Saranno invece comunque possibili gli altri confronti. Tali analisi, nel caso specifico, risultano di interesse per tutti gli eventi differenti da quello del 2016 o per il maggior livello raggiunto dal lago, o per la diversa forma degli idrogrammi di livello del lago.
- Le analisi di tipo B riguardano il confronto tra la ricostruzione "diretta" dell'afflusso complessivo al lago a partire dalle portate dei tributari strumentati e la ricostruzione "indiretta" dell'afflusso stesso a partire dalla conoscenza contemporanea dei livelli osservati nel lago e delle portate del Ticino emissario. Pertanto possono essere eseguite solo per quegli eventi per i quali sono disponibili le serie temporali, a scansione almeno oraria, delle portate dei tributari strumentati, o almeno dei 4 principali di essi (Toce, Ticino immissario, Maggia e Tresa), potendosi così ricavare l'afflusso complessivo dalla somma di tali portate e dalla stima del contributo del bacino residuo mediante opportuna similitudine tra i bacini residui e quelli di contributi noti.
- Le analisi di tipo C riguardano la simulazione dell'andamento dei livelli a partire dalle onde di piena in ingresso e dalle condizioni iniziali di livello del lago e sono le più importanti per verificare la risposta del modello. Esse possono essere ridotte ad un sottogruppo di quelle eseguite per l'evento del 2016. Infatti, in esito a tutte le analisi di tipo C e di tipo D eseguite sull'evento del giugno 2016, si è potuto concludere, come affermato nella "Relazione d'istruttoria relativa alla valutazione dell'affidabilità del modello di calcolo", che sarà opportuno *utilizzare, d'ora in avanti, per le verifiche degli eventi di piena o di morbida significativi, un idrogramma di afflusso totale al lago il cui andamento è ottenuto mediante la ricostruzione della portata di afflusso eseguita con calcolo indiretto per le fasi di assenza di eventi meteorologici significativi e con calcolo diretto per le fasi in cui, invece, tali eventi si manifestano*. Pertanto le analisi di tipo C possono essere eseguite solo per quegli eventi per i quali possono essere eseguite le analisi di tipo B.
- Le analisi di tipo D riguardano la verifica a posteriori delle simulazioni compiute in previsione

su scenari di manovra e, pertanto, non possono essere svolte sugli eventi antecedenti all'inizio della sperimentazione, mancando, per tali eventi, le simulazioni in previsione con il modello in oggetto. Si potrebbero invece utilmente simulare assegnate manovre, differenti da quelle effettivamente compiute, su qualsiasi evento assunto per le verifiche, per confrontarne gli effetti sull'andamento del livello nel lago e della portata rilasciata a valle. Tali tipi di analisi si possono assimilare, per finalità, a quelle di tipo E ed a quelle già compiute dal Consorzio sul set dei 17 eventi dal 1993 al 2014 per verificare gli effetti di diverse condizioni iniziali (e quindi diverse regole di gestione) e di diverse modalità di svasso preventivo. Sono infatti analisi che non hanno lo scopo di verificare l'affidabilità del modello di calcolo, ma, data l'affidabilità dello stesso, di comprendere l'effetto sull'andamento dei livelli del lago di diversi scenari di manovra, diverse modalità di svasso preventivo e diversi livelli di regolazione del lago all'inizio dell'evento considerato.

- Le analisi di tipo E riguardano la simulazione di scenari di svasso preventivo. Esse possono essere svolte anche per quegli eventi per i quali non sono disponibili gli idrogrammi di portata dei tributari, a condizione di disporre delle serie temporali a scansione oraria dei livelli idrometrici a Sesto Calende. Poiché tali analisi sono connesse a quanto stabilito dai punti 5.3 e 5.4 del protocollo di sperimentazione, esse possono essere utilmente ripetute con diverse condizioni iniziali, diversi tempi di anticipo e diverse modalità di manovra, in relazione alle esigenze della sperimentazione. In particolare, per gli eventi dal 1993 al 2014, le verifiche già eseguite prima dell'inizio della stagione estiva 2015, potranno essere utilmente ripetute per alcuni degli stessi eventi, con il modello aggiornato.

Riguardo alla disponibilità dei dati per le analisi sudette, dunque, si possono avere quattro categorie di eventi di piena o di morbida:

- 1) eventi per i quali sono disponibili, informatizzati e a scansione almeno oraria, sia gli idrogrammi di livello a Sesto Calende, sia gli idrogrammi di portata dei principali tributari del lago, sia gli idrogrammi di portata alla stazione "Miorina-Idro" di ARPA Lombardia;
- 2) eventi per i quali sono disponibili, informatizzati e a scansione almeno oraria, sia gli idrogrammi di livello a Sesto Calende, sia gli idrogrammi di portata dei principali tributari del lago;
- 3) eventi per i quali sono disponibili, informatizzati e a scansione almeno oraria, gli idrogrammi di livello a Sesto Calende;
- 4) eventi per i quali non sono disponibili idrogrammi di livello a Sesto Calende informatizzati e a scansione almeno oraria.

Nella categoria 1 rientrano gli eventi relativi agli anni 2013 e 2014, gli unici in cui sono disponibili gli idrogrammi di portata alla stazione "Miorina-idro" di ARPA Lombardia a Golasecca.

Ritenendo essenziali i dati del Ticino immissario, della Maggia, del Toce e del Tresa (molto utili ma non necessari quelli della Verzasca), nella categoria 2, rientrano certamente gli eventi relativi agli anni dal 1985 al 2012. Grazie agli approfondimenti e/o alle precisazioni fornite degli Enti titolari dei dati dopo la riunione del Tavolo Tecnico del 5 settembre 2017, è infatti possibile aggiornare ed integrare i documenti prodotti dal Consorzio prima dell'avvio della sperimentazione e relativi alla raccolta e analisi dei dati disponibili. Per quanto riguarda i principali tributari svizzeri del lago, sono disponibili dati adeguati di portata del Ticino immissario e del Tresa dal 1974 ad oggi e della Maggia dal 1985 ad oggi. Diversamente, per la Verzasca, i dati sono disponibili solo dal 1990 ad oggi. Per il Toce a Candoglia, i dati della stazione idrometrografica oggi appartenente ad ARPA Piemonte, precedenti al 1997, sono disponibili presso il CNR-ISE almeno dal 1981.

Nella categoria 3 rientrano certamente gli eventi successivi al 1970, mentre resta da verificare la possibilità di inserirvi quelli occorsi tra il 1960 al 1970. Infatti il Consorzio del Ticino dispone dei seguenti dati informatizzati di livello idrometrico a Sesto Calende:

semiorari validati dal settembre 1994 ad oggi, orari non validati dal 1989 al settembre 1994 e dei dati giornalieri validati dal 1943 ad oggi. I dati precedenti al 1989 non sono disponibili, informatizzati, presso il Consorzio. Tuttavia sono disponibili presso ARPA Lombardia le digitalizzazioni degli idrogrammi cartacei dello stesso strumento del Consorzio del Ticino, dal 1970 al 2001 con scansione di 15 minuti, pertanto si può ritenere di disporre dei dati a scansione almeno semioraria del livello idrometrico a Sesto Calende rispetto all'idrometro di riferimento del Consorzio del Ticino, dal 1970 ad oggi.

Nella categoria 4 rientrano gli eventi precedenti al 1970, a meno di digitalizzazioni eseguite a scansione almeno oraria da altri soggetti, quali ad esempio le Università o i centri di Ricerca.

Alla luce di tale quadro e delle finalità delle verifiche da svolgere, si ritiene quindi di proporre l'insieme di eventi elencato nella tabella seguente, in cui sono indicate alcune caratteristiche degli eventi, i dati disponibili e quindi la relativa categoria ed infine i tipi di analisi proposte:

Evento	stagione	Hmax_SC (cm)	Q_out M-i	Qin_trib	H(t)_SC	CAT	ANALISI
1977	est/inv	353/345			x	3	A, E
1983	est	337			x	3	A, E
1986	est	319		x (P)	x	2	A, B, C, E
1993	inv	423		x (P)	x	2	A, B, C, E
2000	inv	459		x (P)	x	2	A, B, C, E
2002	est/inv	234/335		x (T)	x	2	A, B, C, E
2009	est	203		x (T)	x	2	A, B, C, E
2013	est	237	x	x (T)	x	1	A, B, C, E
2014	inv	354	x	x (T)	x	1	A, B, C, E

Hmax_SC (cm) : livello idrometrico massimo raggiunto all'idrometro di Sesto Calende, in centimetri

Q_out M-i : idrogrammi, a scansione almeno oraria, di portata in uscita dal lago determinati dal sensore Miorina – Idro di ARPA Lombardia

Qin_trib : idrogrammi, a scansione almeno oraria, di portata dei tributari principali (T = tutti disponibili, P = principali disponibili)

H(t)_SC: idrogrammi, a scansione almeno oraria, di livello idrometrico all'idrometro di Sesto Calende

CAT: categoria tra le 4 individuate sopra

ANALISI: tipi di analisi possibili

Qualora fosse possibile reperire i dati dell'evento del 1960, invernale, ma con caratteristiche di eccezionale rapidità di crescita e colmo maggiore di 300 cm, potrà essere interessante sottoporre anch'esso alle verifiche di tipo E.

Per quanto riguarda le analisi da eseguire:

- per le **analisi di tipo A** si propone la ripetizione di tutte quelle eseguite per l'evento del 2016;
- per le **analisi di tipo B** si propone di confrontare l'idrogramma di afflusso al lago stimato dalle portate dei tributari con l'idrogramma di afflusso ricostruito a posteriori dall'andamento noto dei livelli del lago calcolando la portata uscente mediante la nuova scala di deflusso in regime libero e mediante la "somma delle utenze" in regime regolato; quando disponibile, si propone di ricostruire l'idrogramma di afflusso anche a partire dall'andamento della portata uscente determinato dal sensore "Miorina-Idro". Per il calcolo dell'afflusso dai tributari, si propone, come indicato anche dall'Ufficio Corsi d'Acqua del Canton Ticino, di utilizzare il

metodo "b" che assimila l'apporto dei bacini privi di dati a quello dei bacini simili della stessa regione dotati di dati e si raccomanda di tenere conto delle indicazioni fornite dall'Ufficio stesso in relazione al dato di portata del Verzasca e del Tresa;

- per le **analisi di tipo C** si propone di simulare l'andamento dei livelli a partire dall'idrogramma di afflusso totale al lago ottenuto mediante la ricostruzione della portata di afflusso eseguita con calcolo "indiretto" per le fasi di assenza di eventi meteorologici significativi e con calcolo "diretto" per le fasi in cui, invece, tali eventi si manifestano, utilizzando, in tal caso, il metodo "b" come indicato al punto precedente; per il calcolo indiretto si utilizzerà il metodo di calcolo della portata in uscita, a partire dai livelli a Sesto Calende, assunto per le analisi di tipo B. Le stesse simulazioni dovranno essere eseguite anche con i corrispondenti idrogrammi di afflusso al lago ricostruiti con calcolo "indiretto" relativi all'intero evento considerato. Le simulazioni eseguite con questi ultimi, che in teoria dovrebbero portare alla ricostruzione perfetta dell'andamento del livello osservato, hanno lo scopo di evidenziare gli errori di stima provenienti dai metodi di calcolo, come evidenziato per il 2016;
- per le **analisi di tipo E** si propone di utilizzare esclusivamente gli idrogrammi ricostruiti con il calcolo "indiretto" già indicato al punto precedente, gli unici determinabili per gli eventi antecedenti al 1994, anche per gli eventi più recenti, per uniformità di analisi e dal momento che si tratta di comparazioni tra scenari di gestione dell'opera regolatrice. Per quanto riguarda la scelta degli scenari, si può riproporre la metodologia già utilizzata nelle verifiche eseguite prima dell'avvio della sperimentazione e descritte a pag 40 del documento "*FASE II – Implementazione del modello di calcolo*, Rapporto Conclusivo, Aprile 2015".

Poichè è all'esame del Tavolo Tecnico la proposta di aggiornamento del capitolo 5 del Protocollo di sperimentazione, predisposta dall'Ufficio Tecnico per le Dighe di Torino del MIT, si ritiene che le analisi di tipo E possano essere un valido strumento a supporto della valutazione della proposta da parte del Tavolo Tecnico e pertanto il Gruppo II potrà utilmente valutare la necessità di introdurre, a tal fine, ulteriori scenari, che prevedano, ad esempio, differenti modalità di esecuzione delle manovre.

Poichè, infine, è stata più volte segnalata da alcuni membri del Tavolo Tecnico, anche in relazione al tema degli indicatori sintetici di valutazione degli effetti della sperimentazione, l'esigenza di comprendere l'entità degli errori di valutazione in previsione, connessi sia agli errori di previsione degli afflussi al lago, sia agli errori di simulazione, si conferma che, con le analisi qui proposte viene tenuto in considerazione il solo aspetto dell'affidabilità del modello di calcolo dei livelli e non viene considerata la problematica della previsione degli afflussi. Tuttavia, se le analisi qui proposte permetteranno di confermare l'affidabilità del modello di calcolo, esso potrà essere certamente applicato ad analisi di incertezza delle stime di afflusso al lago in previsione.

Parma, 3/10/2017

il funzionario incaricato
ing. Piero Tabellini