CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO

Sviluppo di un modello idrologico di regionalizzazione delle portate di piena

Ottobre 2022

Sommario

Articolo 1 – Oggetto dell'appalto 3

Articolo 2 – Sviluppo del modello idrologico regionalizzato..... 3

Predisposizione del database idro-meteorologico 3

Predisposizione del database dei dati territoriali e loro elaborazione 4

Individuazione del modello idrologico 5

Applicazione del modello idrologico per la stima degli idrogrammi di piena 6

Restituzione dei risultati 8

Articolo 3 – Formazione..... 9

Articolo 4 – Tempistiche 9

Articolo 5 – Certificato di regolare esecuzione 9

Articolo 6 – Ammontare dell'appalto e criteri di aggiudicazione 9

Articolo 6 – Utilizzo dei dati 10

Articolo 1 – Oggetto dell'appalto

Il servizio che si intende appaltare comprende lo sviluppo di un modello idrologico regionalizzato delle portate di piena teso a fornire un quadro conoscitivo aggiornato, coerente e omogeneo per il Distretto dell'Appennino Settentrionale.

Il servizio si comporrà delle seguenti attività:

- individuazione e predisposizione del modello idrologico regionalizzato, coerente e omogeneo a scala di distretto, e sua implementazione attraverso un idoneo strumento informatico aggiornabile sulle base dei nuovi dati disponibili;
- predisposizione delle banche dati disponibili, relative in particolare a dati pluviometrici, idrometrici e termometrici, ai fini delle analisi idrologiche e delle valutazioni sul cambiamento climatico comprese le elaborazioni statistiche necessarie per caratterizzare il regime pluviometrico;
- applicazione del modello idrologico regionalizzato per la stima degli idrogrammi delle portate di piena, in riferimento agli scenari previsti nel Piano di gestione del rischio alluvioni (PGRA), sui bacini afferenti il reticolo principale del distretto.

Articolo 2 – Sviluppo del modello idrologico regionalizzato

Predisposizione del database idro-meteorologico

Per lo sviluppo del modello idrologico i dati idro-meteorologici da utilizzare nelle modellazioni dovranno essere organizzati in un opportuno database in formato Postgress, o equivalente, e dovranno inoltre essere sviluppate opportune procedure automatiche per la predisposizione degli archivi in formato DSS necessari per l'alimentazione delle simulazioni.

Il database dovrà fare riferimento ai dati validati più recenti, disponibili presso gli enti competenti, e riguarderà:

- **Dati pluviometrici**
  - dati pluviometrici storici relativi agli eventi da utilizzare per la taratura della modellistica idrologica
  - serie storiche delle massime piogge relative ai pluviometri delle reti di monitoraggio regionali
  - linee segnalatrici di probabilità pluviometrica (LSPP) per eventi di durata superiore e inferiore a un'ora
  - raster dei parametri distribuiti delle LSPP
- **Dati idrometrici**
  - dati idrometrici storici relativi agli eventi da utilizzare per la taratura della modellistica idrologica
  - serie storiche delle massime portate di piena relative alle stazioni di misura delle reti di monitoraggio regionali
  - scale di deflusso delle sezioni idrometriche

- **Dati termometrici**

  - dati idrometrici storici relativi agli eventi da utilizzare per la taratura della modellistica idrologica
  - serie storiche dei valori medi, minimi e massimi di temperatura relative alle stazioni di misura delle reti di monitoraggio regionali.

- **Ulteriori dati per la valutazione delle tendenze legate ai cambiamenti climatici**

  - dati meteo-idro-pluviometrici raccolti tramite sensori RADAR, con particolare riferimento agli eventi intensi e spazialmente concentrati più recenti.

<u>Predisposizione del database dei dati territoriali e loro elaborazione</u>

Dovranno essere raccolti ed inseriti in un idoneo database geografico tutti i dati necessari per l'individuazione dei parametri richiesti dai metodi da utilizzare per la simulazione delle varie fasi della trasformazione afflussi-deflussi.

L'Autorità di bacino metterà a disposizione dell'appaltatore i dati a sua disposizione. Sarà cura dell'appaltatore l'acquisizione degli ulteriori dati, studi e analisi eventualmente necessari per il modello idrologico.

- **Modello digitale del terreno**

  - DTM in formato raster con risoluzione di cella a 10 m e, comunque, idonea per l'implementazione del modello idrologico

- **Dati relativi al reticolo e ai bacini idrografici**

  - definizione del reticolo idrografico, dei nodi di riferimento e dei relativi bacini sottesi per la simulazione idrologica ai fini di una corretta stima degli idrogrammi delle portate di piena
  - strati informativi del reticolo e dei bacini sottesi con associati i parametri necessari per la modellazione idrologica (area, lunghezza, gerarchizzazione, Ra, Rb, Rl, nN, nK, Tlag, R, ….)

- **Dati relativi all'uso del suolo**

  - strati informativi aggiornati relativi all'uso del suolo conformi allo standard del Corine Land Cover;

- **Dati relativi alle caratteristiche geo-pedologiche e litologiche**

  - strati informativi delle caratteristiche geo-pedologiche e litologiche regionalizzate necessarie all'applicazione degli schemi idrologici (quali parametro di infiltrazione a saturazione Ks, frazione di area boscata Sb, parametro Curve Number CN, ecc.)

Dovranno inoltre essere predisposte idonee procedure standardizzata e automatizzate, attraverso lo sviluppo di specifici applicativi informatici implementati anche in ambiente GIS, per l'elaborazione dei suddetti dati finalizzate all'estrazione il valore iniziale dei parametri richiesti dai metodi da utilizzare per la simulazione delle varie fasi della trasformazione afflussi-deflussi. Tali valori dovranno essere comunque ottimizzati attraverso le successive fasi di taratura dei modelli idrologici come specificato nel seguito.

Individuazione del modello idrologico

Il modello idrologico regionalizzato sarà finalizzato a una corretta stima delle portate di piena per i bacini a scolo naturale e dovrà costituire uno strumento coerente e omogeneo a scala di distretto.

Lo strumento informatico su cui sviluppare il modello sarà rappresentato dal software HEC-HMS (*U.S. Army Corps of Engineers – Hydrologic Engineering Center*), nella versione più aggiornata. Il sistema di unità di misura da utilizzare è il Sistema Internazionale (SI).

Al software HEC-HMS dovranno essere associati ulteriori applicativi informatici, implementati anche in ambiente GIS, opportunamente sviluppati per facilitare la predisposizione dei dati di input, anche per i successivi aggiornamenti, e per favorire il processamento e la pubblicazione dei risultati.

Il modello idrologico dovrà utilizzare i metodi di trasformazione afflussi-deflussi e gli schemi idrologici più idonei per una corretta simulazione del meccanismo di formazione dell'onda di piena per i bacini studiati e per la sua propagazione lungo il reticolo idrografico principale. Le caratteristiche finali dei modelli dovranno, comunque, essere concordate con il committente.

La schematizzazione dei bacini idrografici dovrà prevedere una suddivisione in sottobacini tale da rappresentare al meglio l'idrografia esistente considerando in particolare la presenza di confluenze e stazioni idrometriche, oltre a tener conto di eventuali interventi antropici esistenti, quali invasi, derivazioni e restituzioni, che possano influenzare il regime idrologico del corso d'acqua d'interesse.

In generale, i sottobacini dovranno avere una estensione media compresa tra 10 e 50 kmq in funzione delle dimensioni del bacino idrografico principale. L'eventuale suddivisione in sottobacini di dimensione media inferiore o superiore dovrà essere opportunamente motivata e concordata preventivamente con il committente.

Il modello idrologico dovrà consentire:

- stima dell'idrogramma di piena riferito a scenari probabilistici, sulla base di un approccio a parametri concentrati e/o semi-distribuiti;
- possibilità da parte dell'utente di selezionare lo schema di definizione del campo pluviometrico dello scenario sintetico e i metodi da utilizzare per le varie fasi della trasformazione afflussi-deflussi tra quelli preimpostati e di modificare il valore dei parametri precalcolati per i vari metodi;
- possibilità di simulare eventi reali di piena.

Lo sviluppo del modello idrologico comprenderà altresì la taratura dei parametri, l'analisi di sensitività e le valutazioni sull'incertezza di stima da associare ai risultati modellistici e la validazione dei risultati.

Prima della predisposizione del modello idrologico, in accordo con la committenza, saranno selezionati i metodi, tra quelli implementati nel software HEC-HMS, da utilizzare per simulare le varie fasi della trasformazione afflussi-deflussi di seguito riportate:

- **Definizione delle sollecitazioni di pioggia** con riferimento al tipo di ietogramma (costante, triangolare, Chicago), alla spazializzazione delle precipitazioni e alle modalità e relative formule per il ragguaglio areale delle precipitazioni

- **Calcolo delle perdite idrologiche:** tra i vari schemi idrologici dovranno essere considerati anche quello dell'infiltrazione a soglia, attraverso la stima dei parametri relativi alle perdite iniziali (Ia [mm]) e alle perdite per infiltrazione (Ks [mm/h]), quello del modello SCS-CN ed eventuali altri metodi ritenuti più idonei per garantire una migliore simulazione del regime idrologico dei bacini oggetto di studio;
- **Stima dell'idrogramma** al nodo idrografico mediante applicazione di metodi di trasformazione afflussi-deflussi di letteratura ritenuti più idonei per i bacini considerati. Tra le varie metodologie per la trasformazione afflussi-deflussi dovrà essere analizzata anche quella dell'idrogramma istantaneo unitario di Nash con i parametri determinati in base alle caratteristiche geomorfologiche del bacino (GIUH);
- **Propagazione della piena**: il metodo da utilizzare dovrà essere in grado di simulare in maniera corretta la propagazione dei deflussi nelle varie tipologie di alveo che si riscontrano nei bacini da studiare;
- **Deflusso di base**: per i diversi bacini oggetto di studio dovrà essere stimata la rilevanza della componente del deflusso di base sulle portate di piena in maniera tale da valutare la necessità di considerare anche questa fase nella predisposizione del modello idrologico.

In questa fase particolare attenzione sarà dedicata alle modalità di individuazione dello schema del bacino ed alla procedura da utilizzare per estrarre il valore dei parametri richiesti dai metodi da utilizzare nelle varie fasi della trasformazione afflussi-deflussi a partire dai dati territoriali disponibili.

Applicazione del modello idrologico per la stima degli idrogrammi di piena

Il modello idrologico sarà applicato per la stima degli idrogrammi di piena sul reticolo principale del distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale. Il reticolo principale del distretto è individuato per singole UoM (Unit of Management) dall'Allegato 5 della disciplina di Piano del PGRA ed è visibile, accendendo i relativi layer, al link:

https://geodataserver.appenninosettentrionale.it/portal/apps/webappviewer/index.html?id=5df4e2dc9f79431ea89eef064912c45a

Il modello idrologico dovrà essere predisposto sull'intero territorio distrettuale dell'Appennino Settentrionale; verrà applicato prioritariamente per la stima degli idrogrammi di piena su alcuni bacini afferenti il reticolo principale, con particolare riferimento ai tratti di seguito specificati:

- **bacino del fiume Arno**
  - fiume Arno, tratto compreso tra Stia e la foce
  - canale Maestro della Chiana, tratto compreso tra l'Allaciante di sinistra e la confluenza in Arno
  - torrente Mugnone, tratto compreso tra Ponte alla Badia e la confluenza in Arno
  - torrente Terzolle, tratto compreso tra il fosso delle Masse e la confluenza con il torrente Mugnone
  - fiume Greve, tratto compreso tra il torrente Ema e la confluenza con il fiume Arno
  - torrente Ema, tratto compreso tra Ponte a Ema e la confluenza con il fiume Greve
  - fiume Bisenzio, tratto compreso tra il confine comunale di Prato e la confluenza con il fiume Arno
  - torrente Ombrone P.se, tratto compreso tra la confluenza con il torrente Stella e la confluenza con il fiume Arno

- torrente Elsa, tratto compreso tra lo scolmatore di Madonna della Tosse a confluenza in Arno

- **bacino del fiume Serchio**
  - fiume Serchio, tratto compreso tra la confluenza con il Torrente Castiglione fino alla foce
  - torrente Lima, tratto compreso tra ponte a Diana e la confluenza in Serchio

- **bacino del fiume Versilia**
  - fiume Versilia, tratto compreso tra la confluenza con il torrente Serra e il fiume Vezza fino alla foce

- **bacino del fiume Camaiore**
  - fiume Camaiore, tratto compreso tra la confluenza con il torrente Lombricese fino alla foce

- **bacino del torrente Parmignola**
  - torrente Parmignola, tratto compreso tra la confluenza del Canale Bocco e la foce

- **bacino del fiume Magra**
  - fiume Magra, tratto compreso tra la confluenza con il torrente Magriola e la foce

- **bacino del fiume Centa**
  - fiume Centa, tratto compreso tra la confluenza con il torrente Arroscia e la foce
  - torrente Neva, tratto compreso tra l'abitato di Zuccarello e la confluenza con il torrente Arroscia
  - torrente Arroscia, tratto compreso tra l'abitato di Pogli e la confluenza con il fiume Centa
  - torrente Lerrone, tratto compreso tra l'abitato di Garlenda e la confluenza con il torrente Arroscia

- **bacino del fiume Entella**
  - fiume Entella, tratto compreso tra la confluenza con il Lavagna fino alla foce
  - torrente Graveglia, tratto compreso tra località Case Rocche e la confluenza con il Lavagna.

Una volta stabilite le caratteristiche che dovrà avere la modellazione idrologica si passerà all'implementazione del modello, in una prima fase sarà individuato lo schema del bacino sulla base delle metodologie messe a punto di cui al punto precedente.

Nella fase successiva si passerà alla stima del valore dei parametri richiesti dai metodi da utilizzare nelle varie fasi della trasformazione afflussi-deflussi a partire dai dati territoriali disponibili, sulla base delle procedure sviluppate nel corso delle attività condotte in precedenza. Saranno svolte, altresì, le seguenti attività:

- **Taratura e la validazione del modello**. Per le operazioni di taratura e validazione dovranno essere utilizzati gli eventi di piena più importanti e comunque ritenuti significativi, opportunamente concordati con il committente. Gli eventi di piena utilizzati per la taratura e quelli per la validazione non dovranno essere coincidenti e dovranno essere considerati almeno quattro eventi per la taratura e due per la validazione. Nella fase di taratura si provvederà a calibrare il valore di quei parametri del modello idrologico per i quali lo stesso modello risulta più sensibile, in questa fase tali parametri saranno regionalizzati individuando le zone, ed eventuali sottozone, in cui dovrà essere scomposto l'intero territorio distrettuale, ed associando a esse un fattore correttivo rispetto al valore iniziale dei parametri valutato nella fase di elaborazione dei dati territoriali descritta in precedenza.

- **Quantificazione dell'errore**. Dal confronto tra l'idrogramma di portata simulato e quello misurato dovrà essere effettuata la quantificazione degli errori di riproduzione su picco di portata *ErrQmax*, tempistica di occorrenza del picco *ErrTp* e volume dell'onda di piena *ErrV.*

- **Analisi di sensitività.** Attraverso l'analisi di sensitività su parametri dovrà essere effettuata la stima dell'incertezza associata al risultato.

Le simulazioni idrologiche saranno sviluppate facendo riferimento a scenari con tempo di ritorno:

- trentennale e duecentennale, per i bacini ricadenti nelle UoM Arno, Regionale Toscana Costa, Regionale Toscana Nord, Regionale Toscana Ombrone, Serchio, Magra;

- cinquantennale, duecentennale e cinquecentennale, per i corsi d'acqua ricadenti nella UoM Regionale Liguria.

Gli scenari pluviometrici sintetici saranno elaborati in base alle variabili seguenti: tempo di ritorno Tr, durata di pioggia d, forma dello ietogramma pluviometrico e coefficiente di ragguaglio areale Kr. In particolare, dovranno essere considerati almeno i tempi di ritorno previsti nel PGRA, come di seguito dettagliato. Dovrà, inoltre, essere considerata tra le varie ipotesi, anche quella di pioggia uniforme sul bacino (ietogramma pluviometrico costante) e il coefficiente di ragguaglio dovrà essere valutato con formulazioni di tipo globale o a singola sezione.

Per ogni tempo di ritorno dovranno essere sviluppate simulazioni su differenti durate di pioggia, comprensive delle durate critiche dei tratti di reticolo principale, in termini di portate di picco e volumi dell'idrogramma, e rappresentative per le condizioni dei corsi d'acqua laterali. Tutte le simulazioni dovranno fare riferimento a condizioni medie di saturazione del terreno ma occorrerà condurre anche simulazioni con riferimento a condizioni secche e sature in maniera tale da valutare la sensibilità del risultato finale in termini di variazione dell'idrogramma di piena nelle varie sezioni rispetto allo stato di saturazione iniziale.

Le simulazioni saranno effettuate sulla durata critica e, almeno, sugli scenari riportati nella seguente tabella.

Bacini	**Tr [anni]**	**Durate [ore]**
Bacino del fiume Arno	30, 200	3, 6, 9, 12, 18, 24, 36
Bacino del fiume Serchio	30, 200	3, 6, 9, 12, 15, 18, 24
Bacino del fiume Versilia	30, 200	1, 3, 6, 9, 10, 12, 15
Bacino del fiume Camaiore	30, 200	1, 3, 5, 7, 9, 12
Bacino del torrente Parmignola	30, 200	1, 3, 6, 9, 12
Bacino del fiume Magra	30, 200	3, 6, 9, 12, 15, 18, 24
Bacino del fiume Centa	50, 200, 500	3, 6, 9, 12, 15
Bacino del fiume Entella	50, 200, 500	3,6,9, 12, 15

Le simulazioni su ulteriori bacini afferenti il reticolo principale del distretto saranno, comunque, effettuate considerando i tempi di ritorno previsti nel PGRA. Le durate saranno comprensive dei valori critici dei tratti di reticolo principale analizzati e saranno, comunque, preventivamente concordate con il committente.

Restituzione dei risultati

Dovrà essere consegnato l'intero modello idrologico, comprensivo dei file di input e di output.

Dovranno, altresì, essere consegnati tutti gli applicativi informatici sviluppati.

La modellazione idrologica dovrà, inoltre, essere accompagnata da una relazione tecnica illustrativa, contenente l'indicazione dettagliata dei dati utilizzati, le motivazioni delle scelte effettuate nella caratterizzazione del modello, la discussione dei risultati ottenuti.

I risultati delle elaborazioni idrologiche saranno restituiti tanto in formato grafico quanto in formato tabellare per le successive operazioni di esportazione e salvataggio.

Dovrà, altresì, essere sviluppato un modulo WEbGIS per la restituzione e visualizzazione dei risultati.

Gli idrogrammi di piena ottenuti dalla modellazione dovranno essere restituiti in un formato compatibile con i dati di input al software per la modellazione idraulica HEC RAS (*U.S. Army Corps of Engineers – Hydrologic Engineering Center*), nella versione più aggiornata.

Proposte migliorative

I partecipanti alla gara potranno proporre eventuali migliorie alle attività proposte che la committenza si riserva di valutare ed accettare, tali migliorie concorreranno alla valutazione del punteggio della proposta tecnica per come indicato nel disciplinare di gara.

Articolo 3 – Formazione

L'appaltatore dovrà erogare, nell'ambito della fornitura del servizio, un corso di formazione di 2 gg totali, per un massimo di 12 discenti, sul modello idrologico e sugli applicativi utilizzati e sul modulo WebGis sviluppato per la restituzione dei risultati, esponendo anche alcuni casi reali.

Articolo 4 – Tempistiche

Entro 30 gg a decorrere dalla sottoscrizione del contratto, l'appaltatore dovrà presentare all'Autorità di bacino un piano di lavoro corredato da un cronoprogramma delle attività.

Le attività previste all'articolo 3 dovranno concludersi entro 15 mesi dalla stipula del contratto.

Articolo 5 – Certificato di regolare esecuzione

Ai sensi dell'art. 102, comma 2, del d.lgs. 50/2016, le prestazioni contrattuali sono soggette a verifica di conformità, per certificare che l'oggetto del contratto in termini di prestazioni, obiettivi e caratteristiche tecniche, economiche e qualitative sia stato realizzato ed eseguito nel rispetto delle previsioni contrattuali e delle pattuizioni concordate in sede di affidamento.

I tempi e le modalità con cui verrà effettuata la verifica di conformità seguono quanto previsto all'art. 102, comma 3 e seguenti, del d.lgs. 50/2016.

L'appaltatore metterà a disposizione tutta la strumentazione disponibile, il personale tecnico di supporto e quant'altro si rendesse necessario per il regolare svolgimento delle operazioni di verifica.

Articolo 6 – Ammontare dell'appalto e criteri di aggiudicazione

L'ammontare complessivo dell'appalto è € 210.000.

Il criterio di aggiudicazione è quello dell'offerta economicamente più vantaggiosa sulla base del miglior rapporto qualità/prezzo.

Articolo 6 – Utilizzo dei dati

I risultati delle attività dell'appalto, nonché la documentazione, i file e gli applicativi consegnati, potranno essere pubblicati e resi disponibili sul sito dell'Autorità di bacino. I software forniti dovranno essere corredati delle licenze originali e delle necessarie certificazioni.