



Allegato 5

alla Relazione tecnica del Progetto esecutivo delle attività per la redazione di mappe della pericolosità e del rischio di alluvione

Mappatura della pericolosità sul reticolo idrografico principale (metodo completo)

SPECIFICA TECNICA


Gennaio 2012



AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO
Bacino di rilievo nazionale



Piano di Gestione del rischio di alluvioni

Data	Creazione:2011-10-18	Modifica: 2011-12-12
Tipo	Specifica Tecnica - Definitivo	
Formato	Microsoft Word – dimensione: pagine 21	
Identificatore	Allegato_5_mappatura_pericolosità.doc	
Lingua	it-IT	
Gestione dei diritti	 CC-by-nc-sa	

Metadata estratto da Dublin Core Standard ISO 15836



Indice

1.	Obiettivo dell'attività	1
2.	Riferimenti normativi	2
3.	Raccolta delle fonti informative	3
4.	Descrizione delle attività	4
4.1.	Rappresentazione dell'estensione dell'inondazione	4
4.1.1.	Descrizione delle fasi delle attività	4
4.1.2.	Caratterizzazione del limite delle aree inondabili	12
4.2.	Rappresentazione dell'altezza idrica o livello	15
4.3.	Rappresentazione delle caratteristiche del deflusso	16
5.	Scala di analisi e prime indicazioni sulle modalità di rappresentazione dei risultati	17



Piano di Gestione del rischio di alluvioni



1. Obiettivo dell'attività

La presente Specifica Tecnica contiene la descrizione delle metodologie di lavoro e dei principali prodotti attesi dell'attività di mappatura della pericolosità sul reticolo idrografico principale, secondo il metodo di analisi "completo".

Sull'asta dei corsi d'acqua principali del bacino del Po, le attività di modellazione idraulica, condotte generalmente con schematizzazioni monodimensionali, consentono di stimare in corrispondenza delle sezioni di calcolo i principali **parametri idraulici** (livelli, velocità, ecc.) per i tre scenari di piena di riferimento (frequente, poco frequente e rara).

La disponibilità di tali dati di output del modello idraulico, dei recenti DTM del Piano di Telerilevamento ambientale ed in particolare della rappresentazione delle **aree soggiacenti ai livelli di piena** (intersezione GIS fra il DEM liquido e il DEM del terreno) consente di poter disporre delle informazioni di base necessarie alla mappatura della pericolosità.

Partendo da tali dati sono descritte nella presente Specifica Tecnica le diverse fasi di attività da sviluppare per l'analisi e l'interpretazione (in sintesi "**validazione**") delle analisi idrauliche e la mappatura della pericolosità, utilizzando tutte le ulteriori, numerose e rilevanti conoscenze disponibili sul corso d'acqua (analisi geomorfologiche, campi di allagamento storici, foto interpretazione, sopralluoghi, ecc.).

La mappatura della pericolosità riguarda in particolare la delimitazione del **limite delle aree inondabili** e la sua caratterizzazione in termini di **livelli e velocità**.

La delimitazione del limite delle aree inondabili è effettuata sulla base degli elementi conoscitivi disponibili e sarà pertanto caratterizzata da definiti **livelli di confidenza**, da determinare sia in funzione dell'incertezza con cui sono stimati i parametri idraulici che della natura e delle caratteristiche degli elementi fisici, naturali o antropici, sui quali tale limite si attesta.



2. Riferimenti normativi

Gli elementi rappresentativi della pericolosità di alluvione, ai sensi di quanto disposto dall'art. 6 del D.lgs 49/2010, sono:

- estensione dell'inondazione (art. 6, comma 3, lettera a)
- altezza idrica o livello (art. 6, comma 3, lettera b);
- caratteristiche del deflusso (velocità e portata) (art. 6, comma 3, lettera c).

Tali elementi devono essere rappresentati per tre distinti scenari di piena:

- alluvioni rare di estrema intensità, con TR fino a 500 anni (art. 6, comma 2, lettera a);
- alluvioni poco frequenti, con TR compreso fra 100 e 200 anni (art. 6, comma 2, lettera b);
- alluvioni frequenti, con TR compreso fra 20 e 50 anni (art. 6, comma 2, lettera c).

Su tali aspetti il D.lgs 49/2010 inserisce alcune modifiche rispetto a quanto previsto dalla Direttiva 2007/60/CE che rispetto agli elementi rappresentativi della pericolosità di alluvione, prevede:

- portata della piena (art. 6, comma 4, lettera a)
- profondità delle acque o, se del caso, livello delle acque (art. 6, comma 4, lettera b);
- se opportuno, velocità del flusso o flusso d'acqua considerato (art. 6, comma 4, lettera c).

mentre per i tre scenari di piena:

- scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi (art. 6, comma 3, lettera a);
- media probabilità di alluvioni, con TR probabile ≥ 100 anni (art. 6, comma 3, lettera b);
- elevata probabilità di alluvioni, se opportuno (art. 6, comma 3, lettera c).



3. Raccolta delle fonti informative

La prima attività da condurre riguarda l'individuazione di tutti gli studi e le conoscenze disponibili e di significativo interesse per la mappatura della pericolosità di alluvione. Le informazioni geografiche contenute in tali studi saranno organizzate in ambito GIS nell'attività di "Gestione dei dati". A titolo di esempio si riporta di seguito l'elenco degli studi e delle conoscenze disponibili e da utilizzare per la mappatura della pericolosità sul torrente Orco, affluente alpino del fiume Po in Regione Piemonte.

– **Cartografia**

CTR Piemonte

CTP Provincia di Torino del 2006

– **Rilievi topografici e DTM**

DTM derivante da restituzione aerofotogrammetria del volo di magra del 2003 (Provincia Torino)

DTM derivante da restituzione aerofotogrammetria del 2006 connesso a CPT (Provincia Torino)

DTM derivante da rilievo laserscanner del 2008 (MATTM)

– **Ortofoto e foto aeree**

IT2000

Ortofoto magra 2003 e 2006 (Provincia di Torino)

Ortofoto 2008 (MATTM) e 2007/09 (AGEA)

Foto aeree evento piena 1993

Foto aeree evento di piena 2000

Foto aeree magra 2003

– **Foto da terra e elicottero**

Ricognizione da elicottero piena 2000 (AdbPo)

Ricognizione da elicottero 2004 (AiPo)

Dettagliate foto da terra sono disponibili nell'ambito degli studi della Regione Piemonte di cui ai punti successivi

– **Catasto opere**

Catasto opere disponibile nell'ambito degli studi della Regione Piemonte e di AIPO di cui ai punti successivi

– **Documentazione eventi alluvionali**

Cartografia degli eventi alluvionali del 1993 e del 2000 (Regione Piemonte)

– **Programma di gestione dei sedimenti**

Programma di gestione dei sedimenti del 2008 (AIPO – Politecnico di Torino, ART)

– **Studi di asta**

Studi per il monitoraggio e la manutenzione del torrente Orco del 2005 – 2006 (Regione Piemonte – Politecnico di Torino, CNR IRPI)

– **Modelli idraulici**

Modello idraulico 1D dell'intera asta del tempo reale

Modelli idraulici locali 1D e 2D (ponte Alta velocità, ponte Autostrada Torino – Aosta, ecc.)



4. Descrizione delle attività

La delimitazione degli elementi caratterizzanti la pericolosità di alluvione sul reticolo idrografico principale è condotta sviluppando un'attività specifica di analisi ed interpretazione (in sintesi “**validazione**”) dei risultati dell'analisi idraulica, sulla scorta delle conoscenze ed informazioni disponibili sul corso d'acqua, in linea generale riconducibili a:

- foto interpretazione e/o analisi GIS del DTM del Piano di Telerilevamento Ambientale (MATTM 2008) o di altri analoghi DTM disponibili sulle diverse aste fluviali e dell'ortofoto (AGEA 2007/09),
- analisi geomorfologiche,
- analisi del catasto opere,
- analisi delle infrastrutture che influenzano la dinamica delle piene,
- cartografia dell'uso del suolo,
- campi di allagamento storici,
- indicazioni di campo e sopralluoghi mirati, ecc.

Nei paragrafi di seguito riportati si definiscono le metodologie ed i criteri specifici messi a punto per la rappresentazione della pericolosità di alluvione, suddivisi per ciascuno dei tre elementi richiesti dal D.lgs. 49/2010 (estensione dell'inondazione, altezza idrica o livello, caratteristiche del deflusso).

4.1. Rappresentazione dell'estensione dell'inondazione

L'estensione dell'inondazione viene rappresentata, per ciascuno dei tre scenari di piena, delimitandone il limite esterno con una polilinea continua su entrambe le sponde.

Nei paragrafi successivi sono descritte le diverse fasi di attività per la delimitazione del limite delle aree inondabili (paragrafo 4.1.1) ed i criteri per la caratterizzazione del limite medesimo in funzione delle sue caratteristiche principali (paragrafo 4.1.2).

4.1.1. Descrizione delle fasi delle attività

FASE 1: PRESA IN CARICO DEI RISULTATI DEL MODELLO IDRAULICO

La prima fase di attività riguarda la presa in carico dei risultati dell'attività di analisi idraulica, consistenti in particolare in:

- profili longitudinali di livello e di portata;
- distribuzione dei livelli nelle sezioni trasversali (sezioni di calcolo nel caso di modello idraulico mono o quasi bidimensionale e sezioni estratte nel caso di modello bidimensionale);
- rappresentazione della soggiacenza del terreno rispetto ai livelli di piena derivante dall'intersezione GIS fra il DEM liquido (superficie interpolante i livelli di piena alle diverse sezioni) e il DEM del terreno (DTM derivante da rilievo laserscanner). Tale rappresentazione GIS non rappresenta, come nel caso di un modello bidimensionale, i tiranti idrici dei campi di allagamento ma solamente le aree soggiacenti i livelli di piena; può presentarsi infatti sia il caso in cui aree inondabili non siano soggiacenti il livello di piena, in quanto l'inondazione delle aree medesime avviene da monte per deflusso della piena sui piani golenali, che il caso contrario in cui aree soggiacenti il livello di piena non siano inondabili, in quanto non vi è continuità laterale a causa della presenza di elementi sovra montanti che contengono l'esondazione.
- nel tratto interessato da modellazioni bidimensionali, rappresentazione per ciascuna cella di calcolo delle superfici del pelo libero, dei tiranti e delle velocità.

Nella figura di seguito riportata è rappresentata, a titolo di esempio, la soggiacenza del terreno rispetto alle quote del livello idrico della piena TR 200 anni, stimato nelle singole sezioni di calcolo del modello idraulico (la cui traccia è rappresentata in rosso); in tonalità verde, giallo, arancio sono inoltre rappresentate le aree sopraelevate rispetto ai livelli di piena fino a 2m (dove non c'è colore vuol dire che il terreno è sopraelevato rispetto ai livelli di piena di più di 2 m).

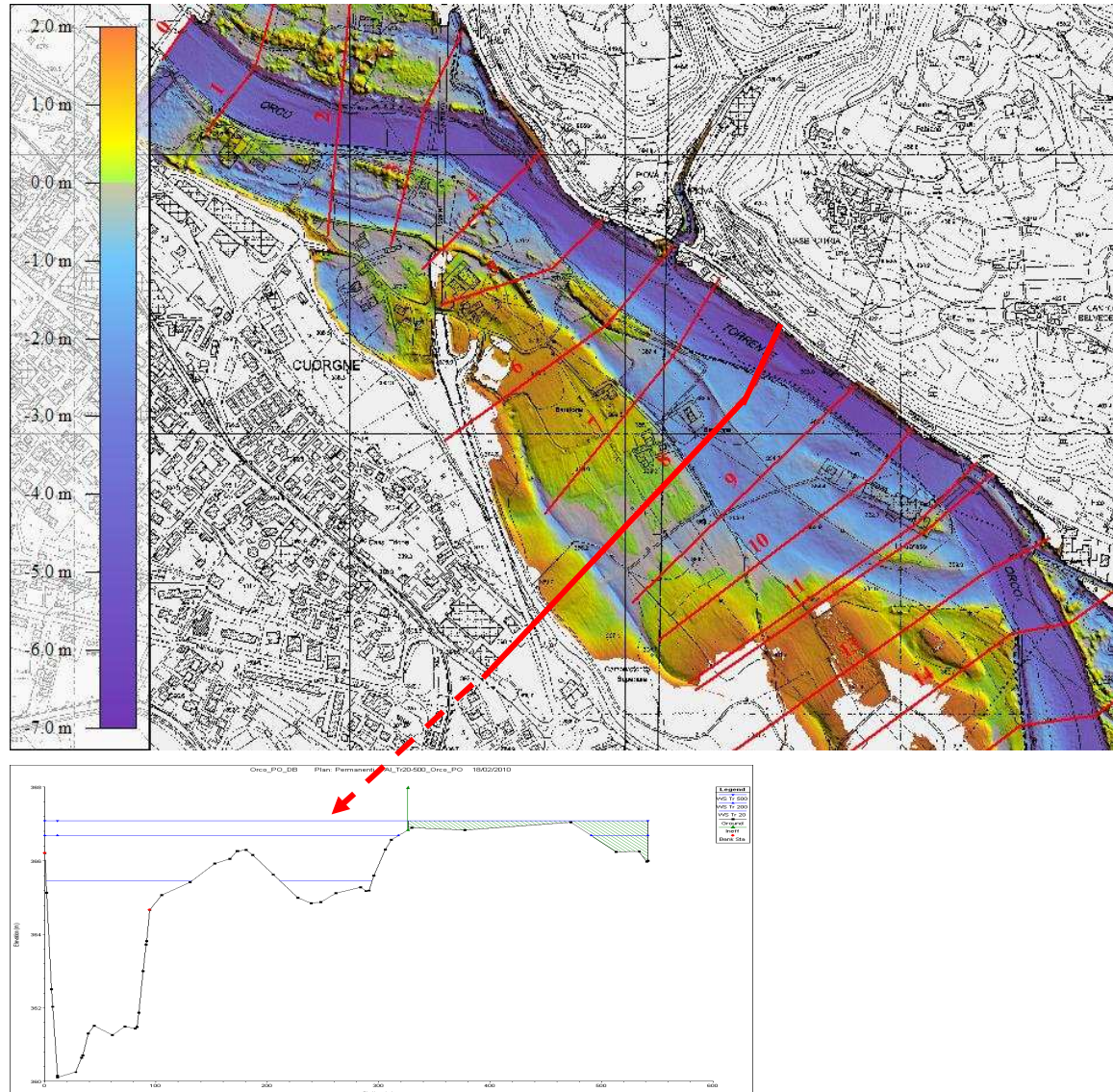


Figura 1: Soggiacenza del terreno rispetto ai livelli della piena TR 200 anni (T. Orco)

Nell'ambito della medesima attività di analisi idraulica, è definito inoltre il **livello di confidenza associato alla stima dei livelli idrici** in funzione della disponibilità e qualità degli elementi conoscitivi utilizzati per l'implementazione del modello, della tipologia del modello medesimo e della complessità dei processi di allagamento simulati. Tale livello di confidenza è definito per ciascun corso d'acqua o tratto omogeneo secondo tre classi (Elevata, Moderata e Scarsa) e descrivendo in termini qualitativi gli elementi principali che hanno concorso a tale caratterizzazione.

Tale valutazione risulta di fondamentale importanza sia per le attività di mappatura dell'estensione dell'inondazione oggetto della presente attività che in relazione alle attività di miglioramento della qualità dei modelli implementati che saranno sviluppate nell'ambito dei successivi cicli di gestione sessennali previsti dalla Direttiva Alluvioni per il riesame e l'aggiornamento del Piano.



FASE 2: ANALISI DELL'ASSETTO PLANOALTIMETRICO (MORFOLOGIA, INFRASTRUTTURE E OPERE DI DIFESA) E DELIMITAZIONE DEL LIMITE DELLE AREE INONDABILI

La disponibilità di recenti modelli digitali del terreno (DTM) derivanti da rilievi laser scanner e di ortofoto digitali, consente di effettuare un'analisi estremamente dettagliata dell'assetto piano altimetrico della regione fluviale ed in particolare degli elementi che la caratterizzano sia naturali (forme e processi morfologici) che artificiali (opere di difesa, infrastrutture, ecc.).

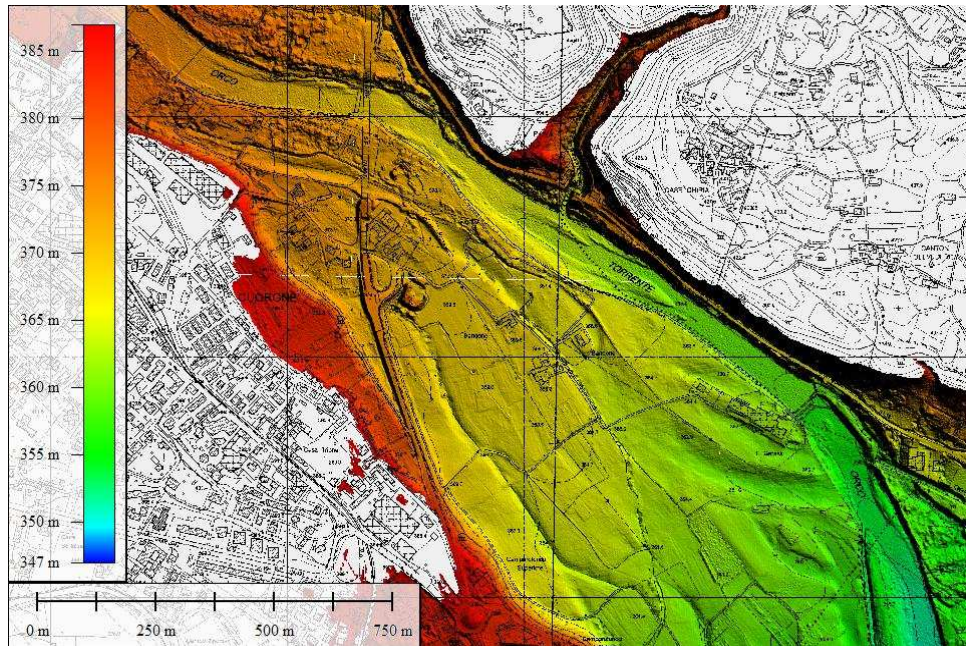


Figura 2: Rappresentazione del DTM sovrapposto alla carta tecnica (T. Orco)



Figura 3: Ortofoto (T. Orco)



A tale analisi, ad oggi effettuata mediante i più recenti strumenti GIS di visualizzazione del DTM e dell'ortofoto, può inoltre essere affiancata la più tradizionale analisi stereoscopica di foto aeree sia attuali che storiche.

Su buona parte dei principali corsi d'acqua del bacino del Po, sono inoltre disponibili atlanti delle caratteristiche morfologiche e catasti delle opere di difesa che consentono una immediata lettura ed interpretazione dell'assetto planoaltimetrico della regione fluviale.

Inoltre su numerosi corpi idrici sono disponibili od in corso di predisposizione le attività di inquadramento e valutazione dello stato morfologico funzionali alla definizione dell'indice di qualità morfologica (IQM) secondo le metodologie messa a punto da ISPRA nel manuale IDRAIM. La disponibilità di tali valutazioni è di estrema importanza sia per la presente attività di mappatura della pericolosità sia per la successiva fase di definizione delle misure di gestione del Piano.

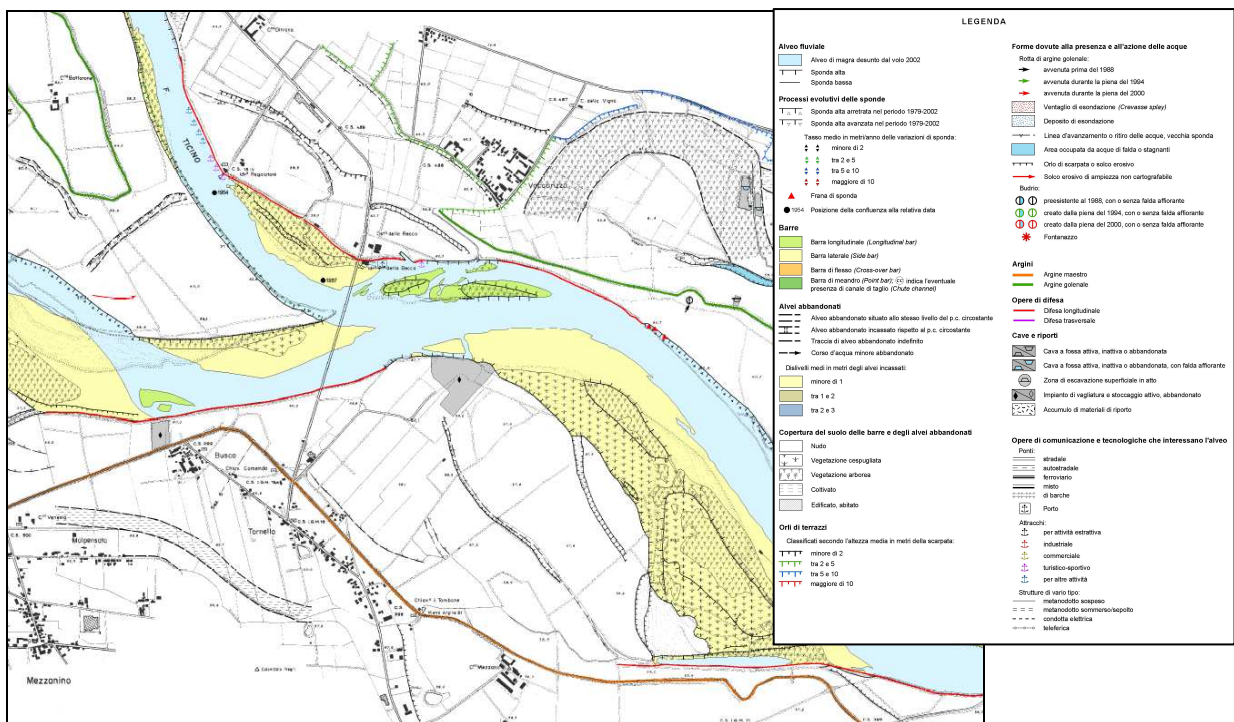


Figura 4: Cartografia dell'assetto morfologico (fiume Po)

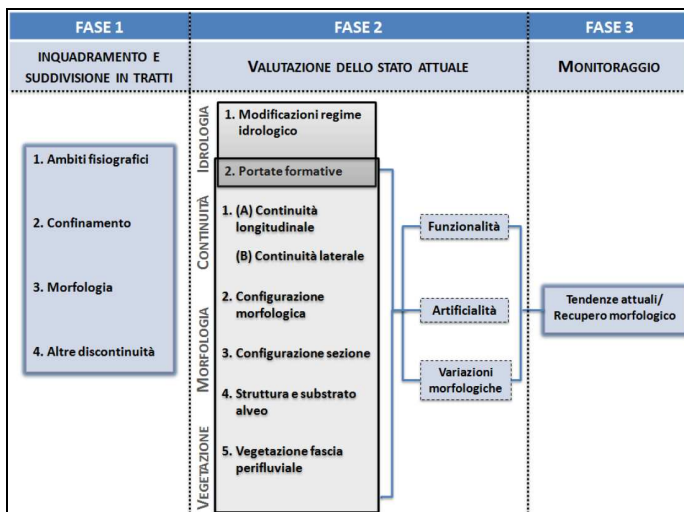


Figura 5: Schema della struttura metodologica di IDRAIM (ISPRA, 2011)



Nell'ambito di questa fase di attività, utilizzando le informazioni sopradescritte e le risultanze del modello idraulico di cui alla precedente fase 1, è tracciato il limite delle aree inondabili per le piene con diverso tempo di ritorno.

In particolare la digitalizzazione del limite è effettuata visualizzando ed analizzando in primo luogo le aree soggiacenti ai livelli di piena, il DTM e l'ortofoto nonché a seconda dei casi le ulteriori informazioni cartografiche relative alle caratteristiche morfologiche e alle opere e infrastrutture presenti nella regione fluviale.

La visualizzazione e l'analisi delle sezioni del modello idraulico, con indicazione dei livelli idrici, e di ulteriori sezioni topografiche estratte dal DTM consente di poter disporre delle informazioni necessarie all'interpretazione delle dinamiche di piena e alla delimitazione dell'estensione delle aree inondabili in funzione dell'assetto planoaltimetrico della regione fluviale. Tale limite delle aree inondabili è in particolare tracciato in corrispondenza dei diversi elementi fisici, naturali e antropici, presenti nella regione fluviale e descritti nel dettaglio al successivo paragrafo 4.1.2.

In particolare per la delimitazione dell'estensione dell'allagamento devono essere analizzati ed interpretati gli aspetti specifici di seguito riportati:

- Nei tratti fluviali dove è implementato un modello monodimensionale, deve essere verificata la continuità laterale e longitudinale dell'allagamento sui piani golenali. In Figura 6, è illustrato con alcuni esempi il significato e l'importanza di tale valutazione.
- Nell'associare il limite delle aree inondabili ad un determinato elemento fisico deve essere effettuata una valutazione della capacità dell'elemento medesimo di contenere in quota il livello di piena con un adeguato franco. Tale franco deve essere definito in funzione delle conoscenze specifiche sul corso d'acqua e tenuto conto dell'incertezza connessa alla stima dei livelli definita nell'ambito della modellazione idraulica. In relazione a tale valutazione potrà essere preso in considerazione anche il criterio di verificare, nel caso di piena TR 200 anni, il franco della piena con TR 500 anni, mentre nel caso della piena con TR 20 anni il franco della piena con TR 200 anni. Nel caso in cui, le risultanze delle analisi sopra indicate evidenziano la possibilità di sormonto dell'elemento e di propagazione della piena a tergo del medesimo, il limite delle aree allagabili è delimitato in posizione retrostante; ciò non implica, nel caso di rilevati artificiali, la necessità che nella modellazione idraulica sia simulata la tracimazione e la conseguente rottura del rilevato medesimo, che può pertanto essere effettuata solamente in casi particolari e significativi.
- In corrispondenza di ponti e manufatti in alveo (traverse di derivazione, ecc.) di significativo ostacolo al deflusso delle piene, devono essere valutate le modalità di inserimento dei medesimi nel modello idraulico. Nel caso in cui nel modello idraulico non si tenga conto di tali elementi o se ne tenga conto in modo parziale (ad esempio in alcuni modelli possono essere stati inseriti i rilevati di accesso al ponte ma non l'impalcato e le pile del medesimo) valutazioni specifiche, se disponibili, sull'inadeguatezza del manufatto devono essere tenute in conto nell'ambito della delimitazione delle aree inondabili.

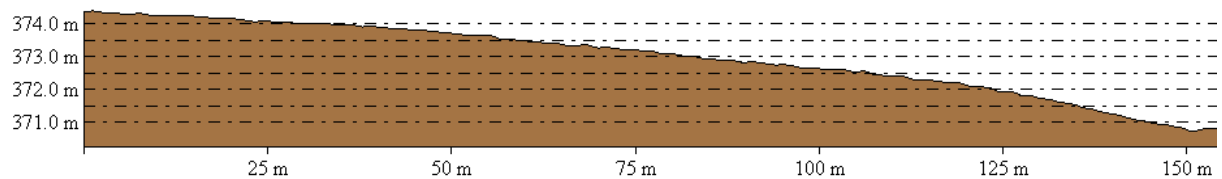
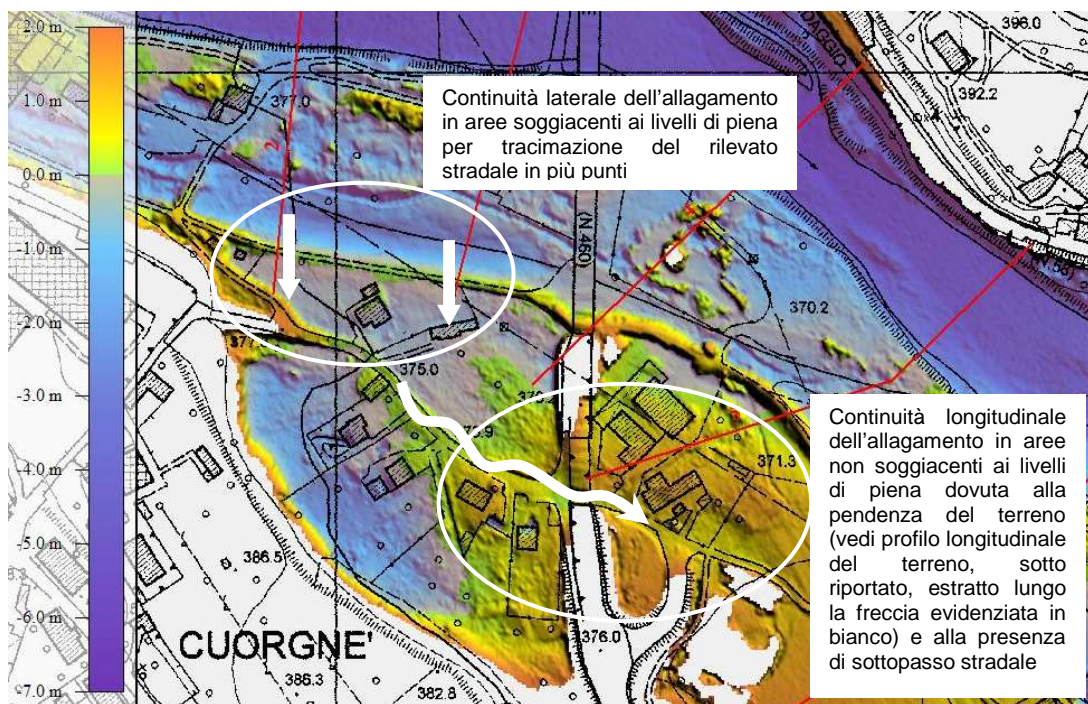
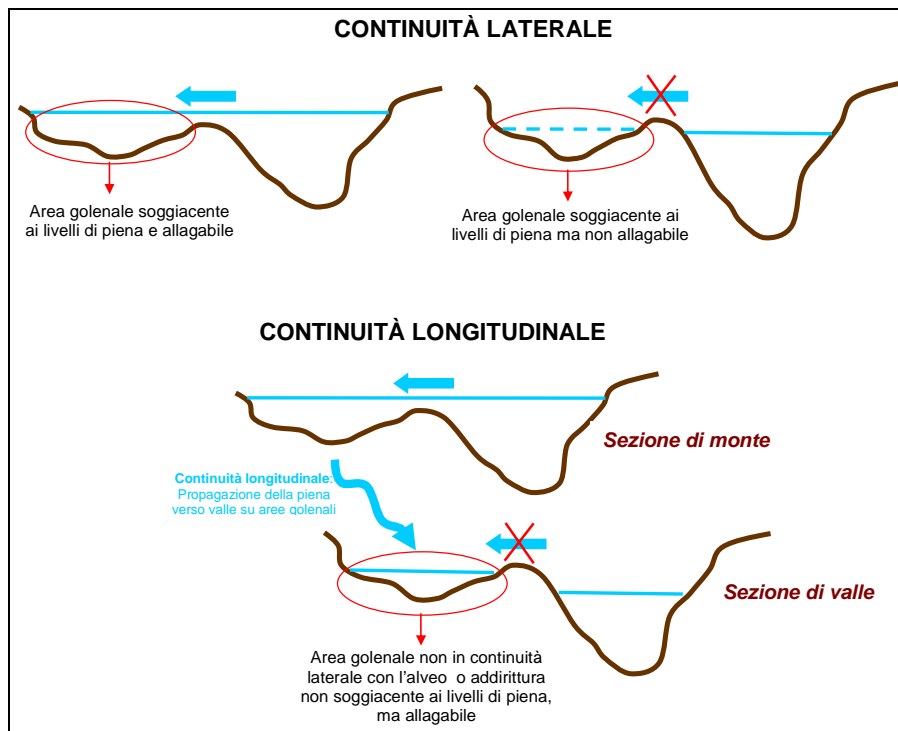


Figura 6: Continuità laterale e longitudinale nei processi di allagamento sui piani golenali

FASE 3: ANALISI DEGLI EFFETTI DEGLI EVENTI DI PIENA STORICI

La delimitazione dell'estensione delle aree allagabili effettuata nell'ambito della fase 2 precedentemente descritta deve essere verificata con la documentazione disponibile sui processi di allagamento che si sono verificati nell'ambito di eventi di piena passati. Su numerosi corsi d'acqua sono disponibili cartografie rappresentanti i campi di allagamento e gli effetti dei più recenti eventi alluvionali o foto aeree realizzate con voli post piena. Nell'ambito di tale attività devono essere tenute in conto sia l'entità (in termini di portata massima) dell'evento alluvionale storico rispetto allo scenario di piena in questione che le modificazioni del sistema delle opere e delle infrastrutture intercorse nel periodo di tempo in esame.

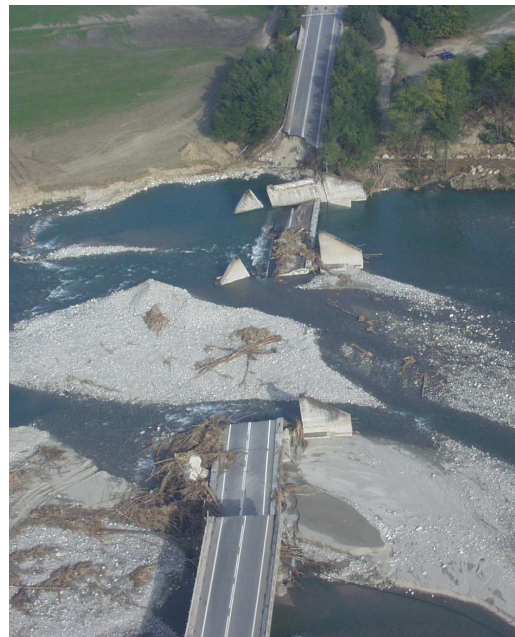
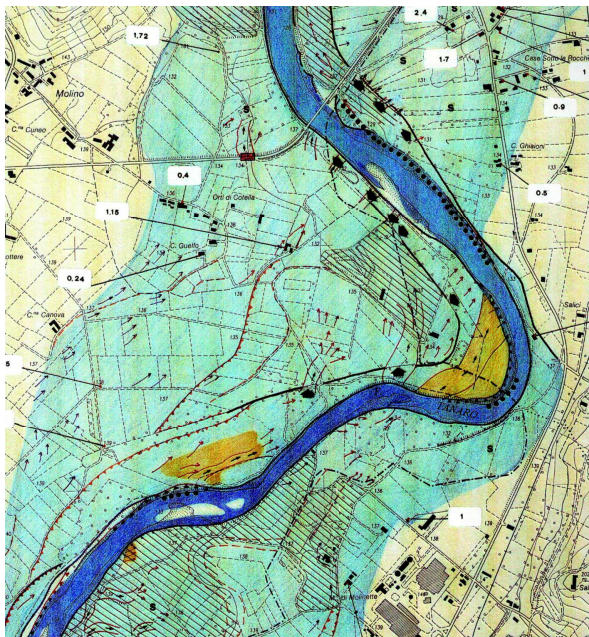


Figura 7: Cartografia delle aree allagate e foto aerea (F. Tanaro 1994, T. Orco 2000)



FASE 4: VERIFICHE LOCALI (ANALISI FOTO, SOPRALLUOGHI, SEGNALAZIONI)

In ultima fase la delimitazione del limite delle aree inondabili è verificata nei casi maggiormente significativi con l'aiuto dell'informazione fotografica (foto da terra o da elicottero) già disponibile o con indicazioni di campo derivanti da sopralluoghi mirati. Sempre in tale fase saranno prese in carico e verificate eventuali segnalazioni di criticità locali pervenute da parte di enti locali, associazioni, privati.

A tal riguardo su molti corsi d'acqua numerosi e di estremo dettaglio è l'informazione fotografica già disponibile e riconducibile sia a studi effettuati da AdbPo, Regioni e AIPO che a sopralluoghi mirati condotti ad esempio in seguito ad eventi alluvionali.



Figura 8: Foto da terra (T. Orco)



Figura 9: Foto da elicottero (F. Po)



4.1.2. Caratterizzazione del limite delle aree inondabili

Il limite delle aree inondabili è differenziato, per tratti omogenei, in funzione delle seguenti caratteristiche principali:

- elemento fisico naturale o antropico sul quale si attesta il limite dell'inondazione;
- livello di confidenza associato alla delimitazione dell'inondazione;
- franco idraulico sugli argini principali o maestri.

Come di seguito specificato, ciascun tratto omogeneo della polilinea rappresentante il limite dell'inondazione è caratterizzato da due campi di informazioni per ciascuna delle tre caratteristiche sopra elencate: un campo consente l'inserimento di un codice, l'altro l'inserimento di eventuali ed ulteriori dettagli ritenuti di significativo interesse.

CARATTERIZZAZIONE DEL LIMITE FISICO

L'analisi ed interpretazione dell'assetto planialtimetrico della regione fluviale effettuata sulla scorta del DTM, dell'ortofoto e di tutte le ulteriori informazioni sopradescritte, consente di caratterizzare per tratti omogenei il limite delle aree inondabili in funzione dell'elemento fisico naturale o antropico sul quale si attesta il limite medesimo.

Di seguito si riportano i diversi elementi fisici definiti e distinti in funzione sia della loro natura che dell'entità della loro discontinuità altimetrica.

A. Il limite delle aree inondabili si attesta in corrispondenza di opere di contenimento delle piene (argini principali o maestri e argini secondari o golenali):

- A1. **argini principali o maestri:** sono gli argini individuati nel PAI per il contenimento della piena di riferimento, il loro tracciato planimetrico coincide generalmente con il limite fra fascia B e fascia C.
- A2. **argini secondari o golenali:** sono strutture arginali interne a quelle precedenti e difendono aree golenali per eventi di piena inferiori a quello di riferimento; il loro tracciato planimetrico è interno alla fascia B.

L'opera arginale è generalmente costituita da un rilevato in terra; in alcuni casi, riconducibili a contesti particolarmente antropizzati, l'opera di contenimento dei livelli può essere costituita da muri in cemento armato.

L'individuazione delle arginature ed in particolare di quelle costituite da un rilevato in terra avviene tramite fotointerpretazione e/o analisi GIS del DTM e dell'ortofoto. Su numerosi corsi d'acqua è possibile inoltre utilizzare specifici catasti delle opere in cui è stato già digitalizzato con strumenti GIS il tracciato delle opere arginali. In alcuni casi, come ad esempio sull'asta del fiume Po, tali catasti distinguono le arginature principali o maestre da quelle secondarie o golenali; diversamente, tale distinzione deve essere effettuata analizzando la delimitazione delle fasce fluviali o mediante conoscenze specifiche del corso d'acqua in esame.

Il limite delle aree inondabili è classificato in categoria A1 o A2 solo nei casi in cui si è certi della natura e delle finalità idrauliche dell'opera. Possono infatti presentarsi dei casi in cui il limite delle aree inondabili si attesta in corrispondenza di elementi antropici di cui non si è certi della loro natura di opera idraulica (rilevati in terra, muri di recinzione); in tali casi il limite delle aree inondabili deve essere associato alle altre categorie di seguito riportate.

B. Il limite delle aree inondabili si attesta in corrispondenza di limiti morfologici:

- B1. **limiti morfologici ben definiti e caratterizzati da un'altezza significativa (mediamente maggiore di circa 1 - 1.5 m);**
- B2. **limiti morfologici non ben definiti e/o caratterizzati da una modesta altezza (mediamente inferiore a circa 1 - 1.5 m).**

Gli elementi morfologici principali sono: orli di terrazzo, orli di scarpata o solchi erosivi, sponde di alvei abbandonati e sponde dell'alveo.



L'individuazione di tali limiti morfologici avviene tramite fotointerpretazione e/o analisi GIS del DTM e dell'ortofoto. Su numerosi corsi d'acqua è possibile inoltre utilizzare cartografie geomorfologiche in cui è stato già digitalizzato con strumenti GIS il tracciato dei limiti morfologici distinti, in alcuni casi, sia per caratteristiche morfologiche che per altezza.

Nel caso in cui il limite di allagamento si attesta in corrispondenza di sponde alte dell'alveo attivo soggette a fenomeni di erosione, è necessario qualificare tale informazione nel campo note associato. Medesima necessità si pone anche nel caso in cui il limite di allagamento si attesta in corrispondenza della sponda dell'alveo attivo protetta da un'opera di difesa spondale (attenzione: opera di difesa da processi erosivi e non caratterizzata da discontinuità altimetrica rispetto al piano campagna retrostante).

C. Il limite delle aree inondabili si attesta in corrispondenza di rilevati ferroviari, stradali e autostradali:

C1. di altezza significativa sul piano campagna circostante (mediamente maggiore di circa 1 - 1.5 m);

C2. di altezza modesta sul piano campagna circostante (mediamente inferiore a circa 1 - 1.5 m);

L'individuazione dei rilevati avviene tramite fotointerpretazione e/o analisi GIS del DTM e dell'ortofoto.

L'analisi fotointerpretativa consente inoltre di individuare i fornici più importanti e significativi per una eventuale propagazione delle acque di piena a tergo dei rilevati medesimi. Con riferimento in particolare a tale aspetto, si rappresenta che, in linea generale, l'analisi idraulica sia monodimensionale che bidimensionale non può tenere conto di tutti i fornici presenti nei rilevati stradali, con particolare riguardo a quelli di piccole dimensioni funzionali ad esempio al passaggio delle strade interpoderali o di fossi di scolo. Nell'ambito delle attività di analisi ed interpretazione dei risultati del modello idraulico, dovrà pertanto essere valutata, nei casi più significativi e laddove possibile sulla scorta dei dati conoscitivi disponibili, l'eventuale estensione del limite di inondazione a tergo dei fornici.

D. Il limite delle aree inondabili si attesta su strutture sovramontanti artificiali di diversa natura (muri, terrapieni, ecc.), generalmente di carattere locale, e di significativa altezza sul piano campagna (mediamente maggiore di circa 1 - 1.5 m);

L'individuazione dei rilevati avviene tramite fotointerpretazione e/o analisi GIS del DTM e dell'ortofoto. Se ritenuto significativo può essere precisata la tipologia di struttura di contenimento. Fra questi casi vi è sicuramente quello dei contesti particolarmente antropizzati dove il limite delle aree allagabili è posto in corrispondenza dei muri delle abitazioni prospicienti il corso d'acqua.

E. Il limite delle aree inondabili si attesta in corrispondenza di elementi sottomontanti artificiali o naturali costituiti da canali o reticolo idrografico minore.

L'individuazione dei rilevati avviene tramite fotointerpretazione e/o analisi GIS del DTM e dell'ortofoto. A tale reticolo è spesso associata la presenza di sponde rialzate rispetto al piano campagna o in alcuni casi di piccoli arginelli.

F. Il limite delle aree inondabili si attesta in corrispondenza di elementi di diversa natura non caratterizzati da discontinuità altimetriche significative.

L'individuazione di tali limiti avviene tramite analisi dell'ortofoto o di foto aeree mentre l'analisi del DTM conferma la non significatività altimetrica del limite medesimo. Il limite può coincidere ad esempio con strade interpoderali, cambi uso del suolo, piccoli fossi di scolo, ecc. Rientrano in questa categoria inoltre i casi in cui il limite è delimitato in corrispondenza di centri abitati dove non sono presenti discontinuità altimetriche significative e pertanto il limite medesimo viene generalmente attestato in corrispondenza di strade, limite degli edifici, ecc. Nel campo note associato alla caratterizzazione può inoltre essere descritto con maggior dettaglio il limite.

G. Il limite delle aree inondabili non si attesta in corrispondenza di alcun elemento fisico.



Nel caso in questione il limite delle aree inondabili non può essere associato ad alcun elemento fisico rilevabile planimetricamente; il limite è pertanto tracciato tenendo conto solamente delle quote altimetriche del terreno e potrà ad esempio essere delimitato, senza alcun riscontro planimetrico, all'interno di aree con uso del suolo del tutto omogeneo.

CARATTERIZZAZIONE DEL LIVELLO DI CONFIDENZA

Il limite delle aree inondabili è inoltre caratterizzato, per tratti omogenei, in funzione del livello di confidenza associato alla delimitazione, distinto nelle seguenti tre classi:

1. ALTO
2. MEDIO
3. BASSO

Tale livello di confidenza è valutato nell'ambito delle diverse fasi di lavoro precedentemente descritte per la delimitazione dell'area inondabile ed è strettamente connesso:

- al livello di confidenza del modello idraulico con il quale è stimato il livello di piena;
- alle caratteristiche dell'elemento fisico sul quale si attesta il limite delle aree inondabili;
- al franco idraulico con il quale è contenuto il livello di piena.

Criteri specifici per l'attribuzione del livello di confidenza al limite dell'area inondabile saranno definiti sulle singole aste fluviali in funzione delle diverse caratteristiche idrauliche e morfologiche. Nel campo note associato a ciascun tratto omogeneo del limite delle aree inondabili, potranno essere se del caso specificate le valutazioni effettuate per attribuire il livello di confidenza al tratto medesimo.

A titolo di esempio si rappresenta il caso limite dove, sebbene il modello idraulico indichi un livello di confidenza basso nella stima dei livelli di piena, il fatto che l'inondazione si attesti su un limite morfologico continuo di altezza significativa (elemento B1) e caratterizzato da un adeguato franco idraulico, fa sì che il livello di confidenza associato al limite medesimo sia alto. Viceversa potrebbe presentarsi il caso in cui la stima del livello idrico è caratterizzata da un livello di confidenza alto e di contro il limite dell'inondazione è caratterizzato da un livello di confidenza basso in quanto lo stesso si attesta in corrispondenza di elementi fisici non caratterizzati da discontinuità altimetriche significative (elementi B2, C2, F e G).

Per lo scenario di piena di estrema intensità (TR 500 anni) il livello di confidenza è generalmente sempre basso in considerazione dell'incertezza connessa alla stima dei livelli e del fatto che l'estensione dell'allagamento è quasi sempre più ampia dell'ambito territoriale sul quale sono disponibili i principali elementi conoscitivi utilizzati per la mappatura (DTM, sezioni, cartografie morfologiche, ecc.).

CARATTERIZZAZIONE DEL FRANCO IDRAULICO SULLE ARGINATURE PRINCIPALI

Nel caso in cui il corso d'acqua è arginato con argini principali o maestri, il limite delle aree inondabili è posto sempre in corrispondenza dell'argine medesimo (elemento A1) indipendentemente dal valore del franco idraulico. In tal caso l'elemento A1, cui, come già sopra specificato, viene sempre associato un livello di confidenza alto, è ulteriormente distinto in funzione del franco idraulico secondo le seguenti classi:

1. $F > 1$ m;
2. $0.70 \text{ m} < F < 1$ m;
3. $0.30 \text{ m} < F < 0.7$ m;
4. $F < 0.3$ m.

Nel caso di franco negativo l'allagamento della pianura retrostante l'argine maestro viene ricompreso nello scenario di pericolosità residuale connesso alla rottura degli argini, di cui al paragrafo successivo.

Fra le possibili ulteriori informazioni da associare al tratto di argine, oltre alla classe relativa al franco idraulico medio, può essere inserita la presenza e la descrizione di finestre locali che pur non



modificando il franco medio dell'arginatura costituiscono una criticità idraulica che nei casi più significativi deve essere evidenziata.

SCENARI DI ROTTURA ARGINALE (PERICOLOSITÀ RESIDUALE)

Nello scenario di pericolosità residuale sono delimitate le aree inondabili retrostanti ai rilevati arginali principali o maestri, conseguenti a processi di rottura per sormonto, sifonamento, sfiancamento od erosione dei rilevati medesimi. La delimitazione delle aree inondabili avviene generalmente sulla scorta di metodi speditivi non distinti in funzione del tempo di ritorno della piena, che potranno aggiornare o meglio dettagliare, in funzione del quadro conoscitivo disponibili, la delimitazione della fascia C del PAI.

Nell'ambito di tale attività potrà essere valutata la possibilità di distinguere una prima zona immediatamente retrostante il rilevato arginale ed interessata dai forti processi dinamici conseguenti alla rotta (velocità elevate) e da una zona più lontana dal rilevato interessata da allagamento con modalità generalmente statiche.

La delimitazione dell'area inondabile può essere inoltre supportata, laddove disponibili, dai risultati di simulazioni idrauliche bidimensionali che in particolare consentono di stimare le ulteriori grandezze maggiormente significative dello scenario residuale (fra cui in particolare estensione dell'inondazione, stima dei volumi fuoriusciti e l'indicazione dei possibili tiranti massimi attesi, tempi di arrivo e di permanenza dell'acqua). Sull'asta del fiume Po ad esempio sono già disponibili modellazioni bidimensionali che simulano la rottura arginale e l'allagamento della pianura retrostante.

L'implementazione su tutti i corsi d'acqua arginati di modelli idraulici mono o bidimensionali funzionali alla delimitazione delle aree allagabili in caso di rottura arginale potrà essere effettuata solamente nell'ambito delle attività di cui al livello di analisi massimo definito al paragrafo 4.3 della Relazione Generale.

4.2. Rappresentazione dell'altezza idrica o livello

L'elemento "altezza idrica o livello" viene rappresentato, per ciascuno dei tre scenari di piena, associando alle sezioni trasversali i livelli idrici (slm).

Al fine di garantire il necessario raccordo con la Direttiva Piena di progetto del PAI, l'indicazione del livello idrico deve essere sempre associata alle sezioni del PAI e a loro eventuali infittimenti risultanti dalle sezioni del modello idraulico. In corrispondenza delle sezioni significative (confluenze, centri abitati, ecc.) già individuate nella suddetta Direttiva del PAI, saranno inoltre aggiornati i valori delle portate al colmo di piena.

Per i tratti sui quali è implementato il modello bidimensionale l'informazione del livello deve comunque essere rappresentata individuando le sezioni rappresentative (sez PAI più eventuali infittimenti in corrispondenza di ponti, manufatti e singolarità) e associando alle medesime i livelli massimi in alveo inciso risultanti dal modello bidimensionale. Su tali tratti inoltre l'informazione del livello idrico massimo (in quote assolute, slm) e del tirante o altezza idrica massima (in quote relative) è rappresentata anche puntualmente sulle singole celle.

Nel caso di modelli monodimensionali, la soggiacenza del terreno rispetto ai livelli di piena, seppure con i limiti descritti nel paragrafo 4.1.1, può fornire un'indicazione dei tiranti associati all'inondazione.

Nell'ambito delle attività che saranno sviluppate per il raggiungimento del livello di analisi massimo definito al paragrafo 4.3 della Relazione Generale, saranno delimitate all'interno dell'area allagabile superfici omogenee in relazione ai tiranti medi, alle modalità di allagamento e agli eventuali processi morfologici attesi. Tale attività sarà condotta mediante analisi geomorfologica supportata in particolare dall'esame del DTM, della carta di soggiacenza del terreno rispetto ai livelli di piena e delle informazioni relative agli eventi di piena storici e potrà fornire elementi utili anche per la rappresentazione delle caratteristiche del deflusso di cui la paragrafo successivo.



4.3. Rappresentazione delle caratteristiche del deflusso

Con riferimento all'elemento "caratteristiche del deflusso" è necessario premettere che solamente nel caso in cui sia implementato un modello bidimensionale è possibile rappresentare le caratteristiche della velocità della corrente sui piani golenali in termini di direzione e modulo sulle singole celle di calcolo.

Tuttavia, laddove sono sviluppate modellazioni monodimensionali, sarà definito, in corrispondenza delle sezioni trasversali per le quali è stato definito il livello idrico, anche il valore medio della velocità nella sezione medesima, distinto fra il valore medio in alveo e quello sulle aree golenali; ciò consente di caratterizzare mediamente la velocità lungo lo sviluppo longitudinale dell'asta.

In analogia con quanto già effettuato negli Studi di fattibilità dell'AdbPo ed al fine di poter disporre di utili elementi conoscitivi per l'aggiornamento della delimitazione della fascia A del PAI, che sarà effettuato al 2015, l'attività di modellazione idraulica restituirà, per il solo scenario di piena poco frequente (TR 100 o 200 anni), la distribuzione della velocità lungo lo sviluppo trasversale delle sezioni di calcolo del modello. Sulla base di tale caratterizzazione sarà individuata la porzione di sezione interessata dal deflusso con velocità mediamente superiori a 0.4 m/s che sarà utilizzata per la delimitazione della fascia A, unitamente alle ulteriori informazioni relative agli eventi di piena storici e alle caratteristiche morfologiche dell'alveo (transito di correnti veloci durante eventi di piena storici, alvei riattivabili su aree golenali di elevata pendenza, ecc.).



5. Scala di analisi e prime indicazioni sulle modalità di rappresentazione dei risultati

Le analisi per la delimitazione degli elementi rappresentativi della pericolosità idraulica sono condotte ad una scala compresa fra 1: 10.000 o 1:5.000.

Per quanto riguarda gli scenari di pericolosità residuale, le analisi sono condotte a scala 1: 25.000 o 1:50.000 a seconda delle caratteristiche del corso d'acqua.

I risultati sono predisposti in forma numerica nei seguenti formati principali:

- shape file delle polilinee delimitanti il limite delle aree inondabili con DB associato contenente i 6 campi definiti;
- shape file complessivo delle aree allagabili;
- tabelle e relative rappresentazioni grafiche (tabella sezioni, portate, livelli, velocità medie, ecc.);
- DEM nei formati definiti nella Specifica dell'analisi idraulica;

A titolo di esempio, nel caso in cui si rendesse necessaria anche la produzione di elaborati cartografici, la delimitazione delle aree inondabili potrebbe essere impostata secondo la seguente legenda:

Elemento fisico	Simbolo grafico in funzione del franco idraulico			
	$F > 1 \text{ m}$	$0.70 \text{ m} < F < 1 \text{ m}$	$0.30 \text{ m} < F < 0.7 \text{ m}$	$F < 0.3 \text{ m}$
A1				

Elemento fisico	Simbolo grafico in funzione del livello di confidenza		
	ALTO	MEDIO	BASSO
da A2 a G (differenziati per colore)			