



## 1. PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto l'illustrazione di carattere generale degli studi e delle problematiche idrauliche connesse con le opere previste in progetto definitivo della nuova linea ferroviaria Torino-Lione, sezione transfrontaliera nel tratto italiano compreso tra il tunnel di base e l'interconnessione con la linea storica a Bussoleno.

Il Progetto Preliminare della Parte Comune, la cui procedura è stata avviata il 10 agosto 2010, è stato approvato in linea tecnica dal Comitato Interministeriale per la Programmazione Economica (CIPE) il 3 agosto 2011 (Delibera n. 57), attraverso i seguenti passaggi :

- Pubblicazione delle integrazioni richieste dalla Commissione VIA : 24 gennaio 2011
- Regione Piemonte : DGR n. 18-1954 del 29 aprile 2011, pubblicata sul B.U. n. 18 del 5 maggio 2011
- Ministero per i Beni e le Attività Culturali : Parere del 30 maggio 2011
- Ministero dell'Ambiente / Commissione Speciale VIA : Parere n. 760 del 29 luglio 2011

Il 20 dicembre 2011 a Parigi, la Commissione Intergovernativa ha approvato il testo del nuovo Accordo binazionale (I/F), attualmente in corso di perfezionamento, che stabilisce la realizzazione della Nuova Linea Torino Lione per fasi funzionali.

Tra gli altri aspetti trattati, l'accordo formalizza i risultati dello studio di fasaggio con la definizione all'interno della parte comune italo-francese della «*Sezione transfrontaliera*» (1<sup>a</sup> tratta funzionale) tra Saint-Jean de Maurienne in Francia e Susa-Bussoleno in Italia che comprende:

- Il Tunnel di Base
- Le Stazioni di Susa e Saint-Jean de Maurienne
- Le opere di raccordo alle attuali linee

Per identificare una possibile fasizzazione, la NLTL è stata divisa in 5 tratte in corrispondenza delle possibilità di interconnessione a Susa-Bussoleno e di quelle già previste nella Piana delle Chiuse, ad Avigliana ed a Bivio Pronda/Orbassano.

Questo ha consentito di identificare una prima Tratta Funzionale Transfrontaliera da St. Jean de Maurienne a Susa-Bussoleno che comprende il Tunnel di Base, oggetto della progettazione definitiva e quindi del presente studio idraulico.

Pertanto, da un punto di vista idraulico, rispetto al progetto preliminare, lo studio si limita al tratto compreso tra l'uscita del tunnel di base e l'interconnessione con la linea storica a Bussoleno, rimandando ad una seconda fase l'analisi delle problematiche connesse con il tratto relativo alla Piana delle Chiuse, oggetto di approfondimento invece in fase di progetto preliminare.

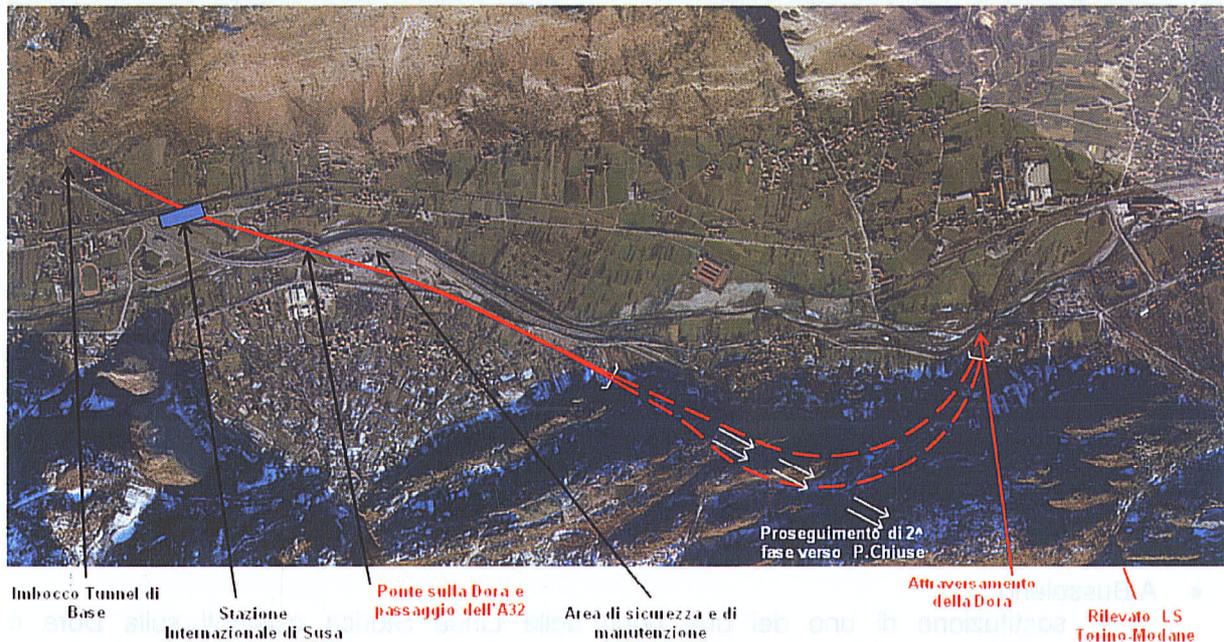
La presente relazione ha per oggetto la descrizione complessiva dell'ambito di studio, l'approccio metodologico complessivo e la descrizione delle principali tematiche oggetto di analisi, rimandando invece alle relazioni specialistiche l'illustrazione e la descrizione delle metodologie di calcolo e l'analisi dei risultati degli stessi.

## 2. INQUADRAMENTO DI SINTESI DELLE PRINCIPALI OPERE INTERFERENTI RELATIVE ALLA PRIMA TRATTA FUNZIONALE

La prima tratta funzionale risulta quindi così composta dai seguenti interventi principali:

- Opere nella piana di St. Jean de Maurienne : interconnessione con la Linea Storica, stazione e impianti vari per l'esercizio, la gestione e la manutenzione (L = 3,8 km circa, nessuna variazione rispetto al PP)
- Tunnel di Base (L = 57,2 km circa, nessuna variazione rispetto al PP)
- Piana di Susa : stazione internazionale e impianti vari per l'esercizio, la gestione e la manutenzione (L = 3,0 km circa, nessuna variazione rispetto al PP)
- Interconnessione di Bussoleno : due gallerie di circa 1,5 km che si distaccano dal primo tratto del tunnel dell'Orsiera (che viene rimandato ad una fase successiva) e terminano in corrispondenza agli attuali ponti della Linea Storica a monte della stazione di Bussoleno. L'interconnessione attraversa quindi la Dora con due nuovi ponti in affiancamento a quello attuale del binario pari (direzione Francia) e quindi si innestano sulla attuale Linea Storica Bussoleno-Modane allargando il rilevato esistente (L= 2,9 km circa, opere nuove)

Come detto vengono rinviate ad una seconda fase il Tunnel dell'Orsiera e le opere nella piana delle Chiuse

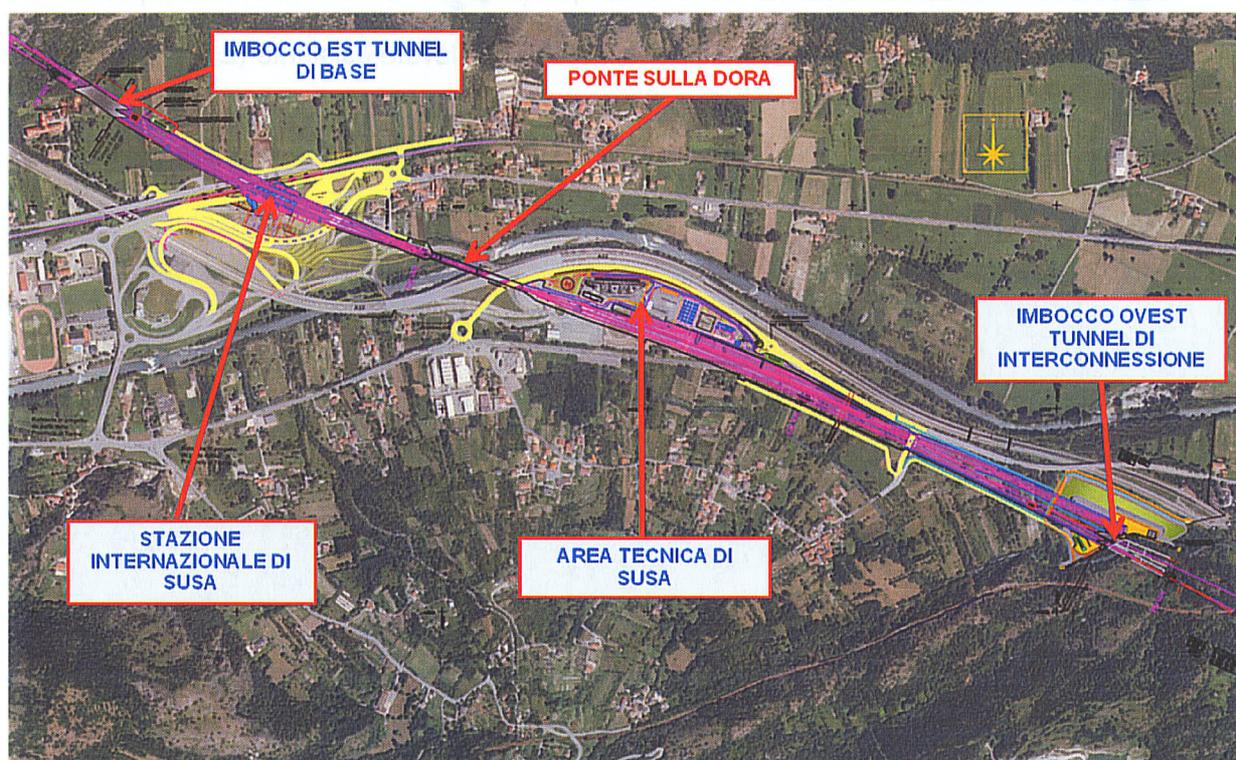


Tra gli altri fattori, si evidenzia nel presente documento che l'Interconnessione a Bussoleno che ha caratteristiche definitive, limita fortemente in fase 2 l'estensione del manufatto di Piana delle Chiuse, che viene ad avere le sole funzioni di Area di Sicurezza, e non più di Interconnessione, e consente anche di eliminare l'interferenza con la Linea Storica; in questo modo tale manufatto risulta di dimensioni decisamente minori e presenta una notevole riduzione delle problematiche di interferenza sotto il profilo idraulico con la dinamica della Dora e del reticolo minore a tergo. La trattazione di tale tema tuttavia esula dal presente studio, e viene rimandata alla progettazione di fase 2.

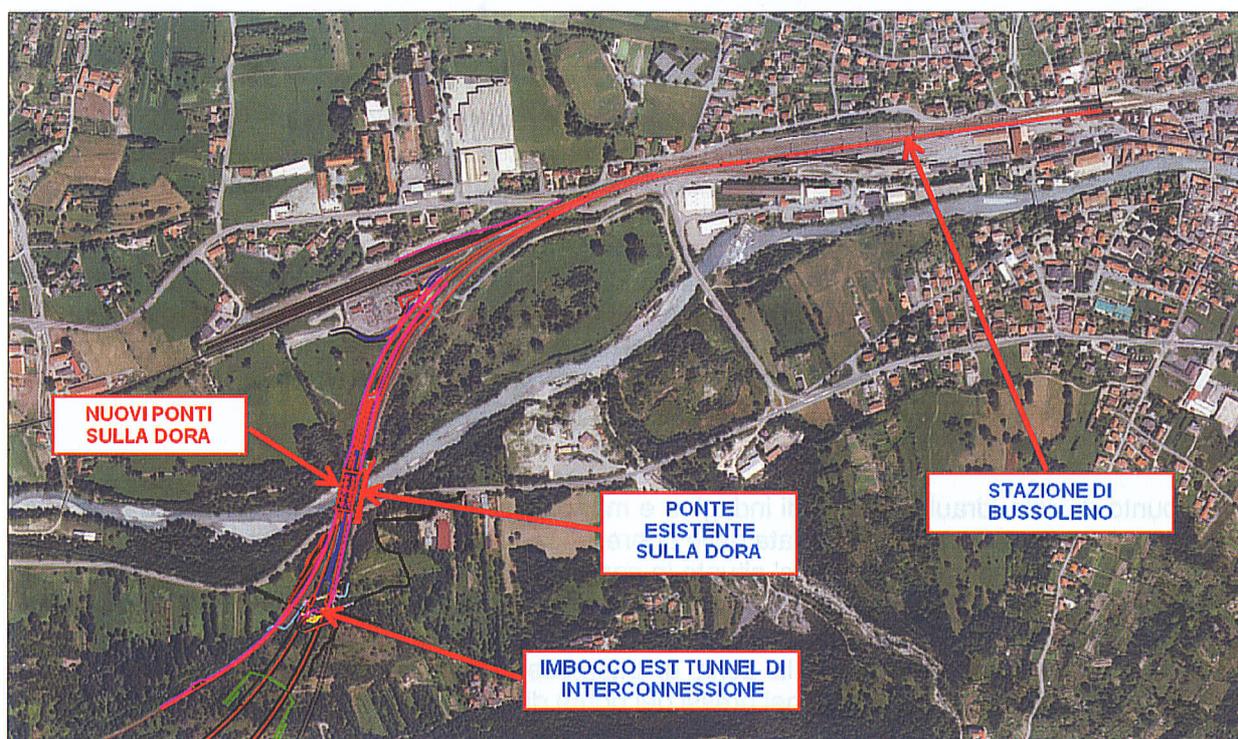
### 3. MODIFICHE DEL PD RISPETTO AL PROGETTO APPROVATO DAL CIPE RILEVANTI SOTTO L'ASPETTO IDRAULICO

Le principali modifiche introdotte nel Progetto Definitivo rispetto al Progetto Preliminare approvato dal CIPE sono le seguenti:

- Nella piana di Susa :
  - piccoli adeguamenti di tracciato per minimizzare l'impatto sull'edificato
  - adeguamenti di viabilità in corrispondenza all'inserimento della nuova stazione
  - modifica del ponte ferroviario sulla Dora per problemi di compatibilità impiantistica con gli scambi del tracciato ferroviario
  - demolizione del ponte autostradale Dora 1



- A Bussoleno :
  - sostituzione di uno dei due ponti della Linea Storica esistenti sulla Dora e realizzazione di un nuovo ponte
  - allargamento del rilevato della Linea Storica esistente tra il Ponte sulla Dora e l'ingresso nella stazione di Bussoleno, per ospitare i binari della Linea Nuova.



#### 4. ARTICOLAZIONE STUDI IDRAULICI

Lo studio si rende necessario per poter caratterizzare da punto di vista idraulico la porzione di territorio interessata dal tratto italiano della nuova linea ferroviaria di collegamento Torino-Lione in corrispondenza dello sbocco del Tunnel di Base fino al termine della tratta internazionale e nel suo raccordo con la linea storica. Interessa la media valle di Susa, nei comuni di Susa e Bussoleno.

L'obiettivo è pertanto:

- 1) valutare l'impatto dell'opera rispetto allo stato di fatto del corso d'acqua,
- 2) valutare l'impatto dell'opera rispetto all'assetto di progetto previsto nel PAI
- 3) fornire le indicazioni per un corretto dimensionamento delle opere necessarie a garantire le condizioni di sicurezza della linea (e del territorio circostante) in seguito alla realizzazione dell'infrastruttura; con riferimento alle problematiche connesse con la dinamica della Dora Riparia e del reticolo minore interessato

Lo studio pertanto è stato condotto sviluppando le seguenti tematiche:

- Definizione dell'assetto idraulico e infrastrutturale esistente e delle opere in progetto
- Analisi della situazione pianificatoria, in particolare delle previsioni del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI)
- Definizione e redazione dei rilievi topografici e aerofotogrammetrici integrativi
- Studio idraulico della Dora Riparia in moto stazionario
- Studio idraulico della Dora Riparia in moto vario per la determinazione di tiranti, velocità e variazione dell'idrogramma di piena
- Valutazioni in merito al trasporto solido e alla tendenza evolutiva dell'alveo

- Assetto progettuale - focus per area (confronto con situazione ante-operam e pianificatoria):

Sono inoltre oggetto di studio idraulico le caratteristiche e le modificazioni indotte al reticolo minore interferito, costituito principalmente da un fitto reticolo di canali irrigui nella piana di Susa, dalla presenza di una canale idroelettrico (canale Coldimosso) e dal sistema di regimazione delle acque meteoriche, sia naturale sia artificiale.

A questo proposito si rileva come dalle analisi condotte non risultano interferiti conoidi torrentizi di maggiore rilevanza, poiché non risultano interessati dalla linea o da opere temporanee porzioni di canali attivi o di conoidi morfologicamente attive. Nelle relazioni specialistiche sono illustrati i criteri in base ai quali sono stati presi in considerazioni gli elementi interferenti e dettagliatamente illustrati i limiti di studio.

Da un punto di vista idraulico i limiti di indagine e morfologici scelti sono connessi con la porzione del bacino della Dora Riparia interessata dalle opere.

In particolare l'intervento progettuale e' situato in comune di Susa e Bussoleno, territori in cui sono ubicati i nuovi manufatti (tre nuovi ponti) di attraversamento della Dora Riparia; verso monte la traversa di Coldimosso determina uno svincolo idraulico a valle del quale inizia un tratto ad esondazione confinata; verso valle la zona di interesse del ponte ferroviario viene svincolata dall'influenza idraulica dalla traversa nei pressi del ponte di collegamento tra la SS24 e la SS25.

Da un punto di vista pianificatorio, con riferimento agli aspetti di interesse idraulico, gli elementi normativi alla base dello studio sono costituiti dal "Piano stralcio delle fasce fluviali" e dal "Piano di assetto idrogeologico" (PAI); sono inoltre di interesse i seguenti documenti:

- Direttiva sulla piena di progetto – Autorità di Bacino
- Studio di fattibilità della sistemazione idraulica:- del fiume Dora Riparia nel tratto da Oulx alla confluenza in Po: (in particolare: attività' 3.2 : "analisi idrologica ed idraulica" 2003; attività' 3.2.1: "definizione delle portate di piena di riferimento"; attività' 3.2.2: "relazione metodologica e di analisi dell'attività"
- Relazione tecnica allegata alla deliberazione n° 9 /2007 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po

L'articolazione dello studio specialistico ha comportato la scelta dell'assetto modellistico progettuale di analisi bidimensionale in moto stazionario e in moto vario, ponendosi di conseguire i risultati utili per definire i parametri progettuali e valutare le eventuali modifiche indotte dalle nuove opere sull'assetto complessivo.

A questo proposito ad esempio gli studi idraulici 1D e 2D stazionari consentono di effettuare:

- il calcolo del franco dei ponti
- l'analisi delle azioni del corso d'acqua rispetto ai nuovi manufatti (scalzamenti, etc,)
- la simulazione di dettaglio delle modifiche geometriche apportate dalle opere
- la possibilità di studio di molteplici geometrie in diverse condizioni di portata
- la valutazione degli effetti dovuti alla curvatura dell'alveo, alla biforcazione del flusso, alla presenza di manufatti ecc..

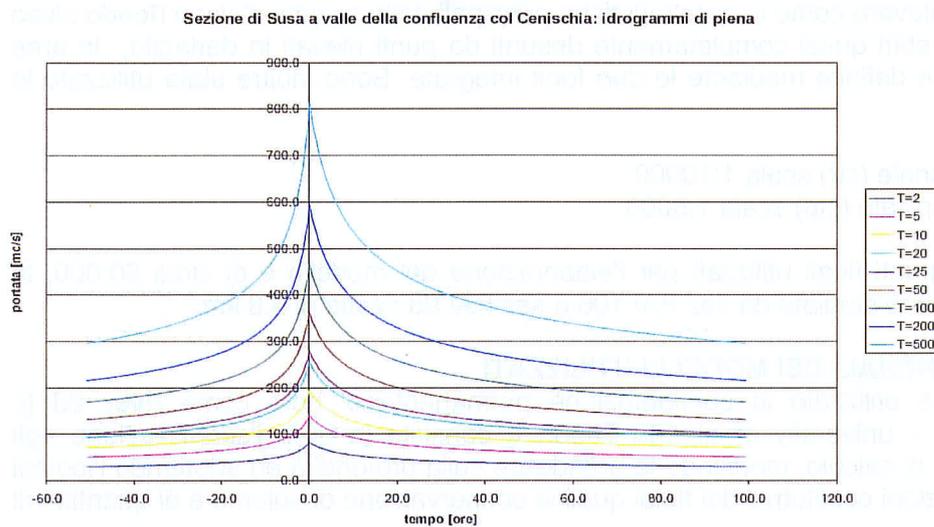
l' approccio di analisi bidimensionale in moto vario è poi in grado di consentire ad esempio, la definizione dell'influenza delle opere sulla forma dell'idrogramma, la valutazione delle variazioni sul valore al colmo e sulla capacità di laminazione dell'alveo a seguito dell'inserimento delle opere, la valutazione della celerità dell'onda di piena.

## 5. SCELTA DELL'ASSETTO IDROLOGICO

Come illustrato nella specifica relazione, la definizione dell'assetto idrologico è stato effettuato con riferimento alle valutazioni contenute nel PAI e nelle Direttive emanate successivamente dall'Autorità di Bacino ; in estrema sintesi i valori di portata di piena al colmo utilizzati per l'analisi stazionaria risultano i seguenti :

tempo di ritorno 500 anni:                800 mc/s,  
tempo di ritorno 200 anni:               580 mc/s,  
tempo di ritorno 50 anni :                360 mc/s.

Per quanto riguarda invece le valutazioni in moto vario si è fatto riferimento all' l'attività 3.2.1 : "Definizione delle portate di piena di riferimento", che fornisce un idrogramma sintetico alla sezione di Susa a valle confluenza Cenischia (simulazione tratto IV da confluenza Cenischia a S. Antonino - immissione su sezione PAi n°109.1 (colmo tr 500 814 mc/s, colmo tr 200 594.1 mc /s)



L'area analizzata nei modelli implementati ha origine approssimativamente sulla sezione PAI. n ° 106; tra la sezione 109 e la sezione 106 vi sono 1.4 km.

Per quanto riguarda il moto vario 2d si è utilizzato un idrogramma dalle caratteristiche seguenti:

tempo di ritorno 500 anni - colmo 811 mc/s,  
durata 150 ore  
volume  $160 \cdot 10^6$  mc

Per quanto riguarda il reticolo minore e le acque di piattaforma, la definizione dei parametri idrologici è stata effettuata con riferimento alle celle pluviometriche individuate nel PAI.

## 6. ARTICOLAZIONE DELLO STUDIO SPECIALISTICO – MODELLO BIDIMENSIONALE IN MOTO STAZIONARIO E MOTO VARIO

### ASSETTO GEOMETRICO

Per quanto riguarda la definizione dell'assetto geometrico di rilievo sono stati utilizzati i seguenti elementi:

- rilievo di dettaglio costituito da 36 sezioni rilevate da versante a versante realizzato specificatamente per il presente studio;
- rilievo di manufatti e geometrie singolari – attraversamenti, sezioni di canali, rilevati, etc.,
- carta tecnica LTF, rilevata con proprio volo e restituita in coordinate LTF alla scala 1:2000; file vettoriale dei limiti fisici.

A questo proposito si fa rilevare come le caratteristiche principali delle sezioni d'alveo (fondo alveo e forma dell'alveo) sono stati quasi completamente desunti da punti rilevati in dettaglio, le aree golenali invece sono state definite mediante le due fonti integrate. Sono inoltre state utilizzate le seguenti ulteriori fonti:

- carta tecnica regionale (ctr) scala 1:10000
- carta tecnica provinciale (ctp) scala 1:5000

In definitiva il totale dei punti finali utilizzati per l'elaborazione del modello è di circa 60.000, la lunghezza complessiva alveo studiato da sez PAI 106 a sez PAI 98 risulta di 5.8 km

### CARATTERISTICHE GENERALI DEI MODELLI UTILIZZATI

Il modello bidimensionale utilizzato in configurazione permanente e' noto come **river 2d** (j. blackburn, p. m. steffler – university of alberta 2006.) e consiste in una discretizzazione agli elementi finiti del dominio di calcolo, mediando le grandezze sulla profondità ed adottando l'ipotesi di fondo fisso, delle equazioni costitutive dei fluidi quali la conservazione di volume e di quantità di moto.

Il modello bidimensionale in moto vario proposto e' noto come **flo 2d** (garcia r., o brien j.s.) e consiste in una discretizzazione alle differenze finite su celle quadrate di dimensione costante delle medesime equazioni costitutive dei fluidi in forma completa.

Si rimanda alla specifica relazione per l'illustrazione di dettaglio, ricordando che la stabilità del modello si basa su un robusto controllo della conservazione del volume e su una scelta molto raffinata del passo temporale di integrazione delle equazioni

### DEFINIZIONE DEGLI SCENARI DI CALCOLO DI MOTO BIDIMENSIONALE STAZIONARIO

Il fine dei differenti scenari è poter valutare l'effetto di differenti geometrie sulle variabili idrauliche. Con riferimento agli scenari di calcolo adottati per le valutazioni di moto permanente monodimensionale si sono individuate 4 configurazioni geometriche principali alle quali si sono affiancate di volta in volta altre configurazioni geometriche al fine di meglio comprendere risultanze e conseguenze idrauliche delle opere introdotte.

**1.1 Simulazione delle condizioni di rilievo o stato attuale:** risulta essenziale per poter avere un termine di paragone sia rispetto agli interventi in progetto che al grado di dissesto già previsto a livello di PRGC o di PAI.

**1.2 Simulazione delle condizioni di rilievo con aggiunta della fascia B di progetto vigente a protezione dell'abitato di San Giuliano (Susa):** è da considerarsi una simulazione di rilievo nel senso che si fa l'ipotesi che venga realizzata la sola vigente fascia B di progetto prevista dal PAI ma null'altro; è utile per poter valutare se le modifiche idrauliche nella configurazione di progetto,

accoppiato alla protezione di San Giuliano, (che comporta una limitata modifica della fascia B di Progetto vigente) siano imputabili al progetto o piuttosto se la componente legata alla necessità di protezione dell'abitato risulti preponderante nel modificare le variabili idrauliche in primo luogo tiranti e velocità.

**2.1 Simulazione delle condizioni di progetto LTF:** sono inserite sulla geometria di rilievo le modifiche dovute alla realizzazione del progetto LTF ovvero per quanto riguarda l'attraversamento di Susa una generale riprofilatura delle sezioni (in allargamento parziale verso la sponda sinistra) nel tratto compreso tra gli attuali ponti autostradali Dora 1 e Dora 2. L'eliminazione del rilevato di spalla sinistra del ponte Dora 1 collocato a valle del nuovo ponte LTF, la protezione delle spalle del nuovo ponte (in particolare la destra ha comportato un leggero avanzamento della sponda verso l'alveo), la realizzazione dei forni di accesso e fruizione in sinistra, il mantenimento invariato dell'opera di presa e della traversa a valle del Dora 1.

**2.2 Simulazione delle condizioni di progetto LTF con argine in sinistra a garanzia dell'invarianza di dissesto verso l'abitato di San Giuliano:** l'eliminazione del rilevato del ponte Dora 1 a valle dell'attraversamento LTF comporta anche una riduzione della protezione, che indirettamente (e impropriamente da un punto di vista prettamente idraulico) il rilevato forniva, nell'impedire l'esondazione sulla sponda sinistra verso la frazione di san Giuliano; la simulazione è impostata specificatamente al fine di determinare la conformazione di una adeguata arginatura sulla sponda sinistra atta a non peggiorare le condizioni di esondazione attuale verso l'abitato di San Giuliano. L'arginatura sarà impostata in modo da raccordare correttamente le spalle del Ponte LTF a monte con il tracciato del futuro limite della protezione della fascia B di progetto del PAI a valle della quale, l'intervento proposto, costituisce per così dire un lotto funzionale. In altre parole la protezione prevista nel presente scenario è costituita proprio da quella porzione arginale che risulta in buona parte in variazione rispetto alla prevista fascia B di progetto del PAI ed è da considerarsi indispensabile al fine di non peggiorare le condizioni di esondazione attuale nei confronti delle aree a tergo.

**3.1 Simulazione delle condizioni di progetto LTF con realizzazione completa della fascia B di progetto del PAI:** rappresenta la condizione finale di lungo termine pertanto quella rispetto alla quale determinare i franchi degli attraversamenti, il fine è quindi comprendere le interazioni tra l'intervento proposto e le protezioni dal dissesto previste dal PAI.

**3.2 Simulazione delle condizioni di progetto LTF con fascia B di progetto del PAI completata nell'ipotesi di otturazione completo dei forni di fruizione della sponda sinistra, accesso e trasparenza idraulica del rilevato in corrispondenza del ponte LTF di Susa:** è una simulazione significativa per il ponte LTF di Susa finalizzata a determinare la consistenza del franco e della capacità di deflusso del ponte anche nell'ipotesi di completa ostruzione delle luci laterali. È stata valutata per il solo tempo di ritorno di 500 anni.

**4.1 Simulazione delle condizioni di progetto LTF nelle condizioni transitorie di cantiere:** Il tempo di ritorno adottato risulta quello cinquantennale ed è finalizzato alla determinazione delle quote di sicurezza per le opere provvisorie di cantiere. Si sono scelte le configurazioni geometriche più severe per la verifica degli attraversamenti, in particolare per Susa si intende simulare la configurazione del nuovo ponte nell'ipotesi transitoria ante rimozione del rilevato del ponte Dora 1. Per quanto riguarda le restanti aree di cantiere in Bussoleno si tratta di verificare la compatibilità dell'area in destra Dora nei pressi ponte e di quelle in sinistra per accesso ai rilevati e nei pressi della centrale elettrica RFI. La geometria scelta a valle anche in tal caso risulta quella più cautelativa con il ponte ad archi di rilievo mantenuto e le dune di chiusura in sinistra già realizzate.

## **DEFINIZIONE DEGLI SCENARI DI CALCOLO DI MOTO BIDIMENSIONALE VARIO**

Anche nel caso del moto vario risulta essenziale definire gli scenari di riferimento al fine di poter valutare principalmente le variazioni dell'idrogramma di riferimento e le conseguenze connesse con la realizzazione delle opere. Nel caso in esame si ritiene sufficiente indagare due soli scenari geometrici utilizzando l'idrogramma cinquecentennale. Si sono scelti i due casi estremi di variazione della geometria e delle possibili variazioni nel volume di invaso, ovvero:

- caso 1 moto vario nelle condizioni attuali di rilievo
- caso 2 moto vario nelle condizioni progetto LTF + opere PAI realizzate

La scelta del caso 1 è dettata dall'interesse a valutare l'effettiva capacità di laminazione e nel tratto di interesse allo stato attuale, e come parametro di raffronto rispetto alle condizioni finali di progetto proposte nel caso 2.

Per quanto riguarda la scelta del caso 2 occorre invece prendere in considerazione alcuni fattori più articolati. In effetti, già da una valutazione meramente qualitativa (vedi successivo paragrafo 7.1.1), il progetto LTF non comporta una variazione significativa del volume invasato in alveo, anzi, a Susa, si ritiene che la rimozione del rilevato del Dora 1 con la necessità di agire sull'allargamento delle sezioni nel tratto dell'attraversamento LTF comporti addirittura un aumento, sebbene minimo, dell'invaso. Per Bussoleno invece il volume di invasato viene leggermente ridotto dall'ispessimento del rilevato ferroviario.

In generale quindi i volumi di invasato oggetto di variazione per causa del solo progetto LTF sono tali da non costituire una perturbazione significativa rispetto al volume complessivo del fenomeno di piena. In realtà la maggiore variazione, in riduzione, del volume di invasato è certamente costituita non dalla realizzazione dei due attraversamenti e dalle opere LTF, ma dalla realizzazione delle previsioni del PAI a protezione dell'urbanizzato, che comportano a monte le arginature a protezione della frazione San Giuliano, per quanto riguarda l'abitato di Susa, e a valle l'arginatura di fascia B di progetto da realizzare tra il rio di Foresto ed il rilevato ferroviario RFI a protezione dell'abitato di Bussoleno dalla vasta esondazione in sinistra. Per tale ragione tra le varie configurazioni di progetto risulta di particolare interesse valutare l'effetto massimo di riduzione di invasato costituito dalla realizzazione delle opere di arginatura longitudinale che nel caso potrebbero influenzare la dinamica dell'idrogramma.

In conclusione i due scenari indicati risultano le situazioni estreme di raffronto, mentre tutte gli altri casi sono situazioni con condizioni idrauliche intermedie tra i due casi estremi; pertanto, poiché si vedrà nel seguito che l'idrogramma di piena non subisce modifiche significative tra le due condizioni definite, si ritiene che questo tipo di analisi sia da ritenere esaustiva per quanto riguarda l'analisi di moto vario e le finalità di quest'ultimo ovvero la modifica dell'idrogramma.

In conclusione si rimanda alle relazioni specialistiche l'illustrazione di dettaglio delle valutazioni idrauliche effettuate e l'analisi dei risultati; in particolare nella relazione di compatibilità idraulica sono riassunti gli elementi salienti di valutazione dell'interferenza che le opere in progetto hanno rispetto all'assetto attuale e all'assetto di progetto previsto dal PAI per il corso d'acqua principale; gli elementi progettuali di dettaglio sono invece illustrati nella relazione relativa al moto vario bidimensionale per quanto riguarda i nuovi ponti e il dimensionamento delle opere sulla Dora, alle singole relazioni per le opere minori.