



# COMUNE DI LODI

## STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO DEL TRATTO DI F. ADDA INSERITO NEL TERRITORIO COMUNALE

MARZO 2005 – AGGIORNAMENTO GENNAIO 2010

	NOME	FIRMA	DATA
REDAZIONE	O.W. Cella		
VERIFICA	S. Rossetti		
APPROVAZIONE	S. Rossetti		

Il professionista incaricato  
Dott. Ing. SILVIO ROSSETTI  
Calcoli idraulici  
Dott. Ing. OMAR WILLIAM CELLA  
Dott. Ing. VERONICA LODIGIANI

**STUDIO PAOLETTI**  
INGEGNERI ASSOCIATI  
20133 MILANO – via Bassini, 23 – tel.(02) 26681264  
fax (02) 26681553 – E-Mail: Studiopaoletti@etatec.it

TITOLO

### RELAZIONE TECNICA GENERALE

Revisioni	N°	Descrizione	Data
	1	AGGIORNAMENTO PER OPERE REALIZZATE E PER ADEGUAMENTO DELL'ALLEGATO 4 DELLA D.G.R. DELLA LOMBARDIA 22 DICEMBRE 2005, n° 8/1566	
	2		
	3		

  

Numero elaborato	TIPOLOGIA SI	COMMESSA 278-17	DOCUMENTO RT	NUMERO A.01.00
------------------	-----------------	--------------------	-----------------	-------------------

# INDICE

1. PREMESSA.....	1
2. CARATTERISTICHE GENERALI DEL FIUME E DEL BACINO IDROGRAFICO .....	13
3. CARATTERISTICHE IDRAULICHE ED IDROGEOLOGICHE DEL TERRITORIO LODIGIANO .....	15
4. TENDENZE EVOLUTIVE DELL'ALVEO .....	18
4.1 ANALISI DELL'EVOLUZIONE IDROGRAFICA.....	18
5. INTERPRETAZIONE DELL'EVENTO DI PIENA DEL NOVEMBRE 2002 A LODI .....	23
6. PERIMETRAZIONE DELLE AREE A RISCHIO DI ESONDAZIONE ....	28
6.1 FASCIA "A" .....	28
6.2 FASCIA "B".....	30
6.3 FASCIA "C" .....	34
6.4 PROPOSTE DI VARIANTE DEI LIMITI DI PROGETTO INDICATI DAL PAI .....	35
6.5 DEFINIZIONE DELLE ZONE AD ELEVATO RISCHIO IDROGEOLOGICO (ZONE B-PR) .....	38
6.6 DELIMITAZIONE DELLE AREE DI FASCIA "C" SITUATE A TERGO DEI LIMITI DI PROGETTO TRA LE FASCE "B" E "C" .....	39
7. OPERE PROPOSTE PER LA DIFESA IDRAULICA DI LODI.....	43
7.1 GENERALITÀ.....	43
7.2 DESCRIZIONE DELLE OPERE DI DIFESA IDRAULICA E STATO DELLA PROGETTAZIONE E DEL FINANZIAMENTO.....	44
7.3 COSTO DELLE OPERE.....	47
7.3.1 Opere già realizzate .....	47
7.3.2 Opere in corso di realizzazione .....	48
7.3.3 Opere progettate o in fase di progettazione.....	48
7.3.4 Opere non ancora progettate.....	48
7.3.5 Riepilogo .....	48
7.4 PRIORITÀ D'INTERVENTO.....	49
7.4.1 Interventi a monte del ponte vecchio.....	50
7.4.2 Interventi a valle del ponte vecchio.....	50
7.5 ULTERIORI RISULTATI DELLA MODELLAZIONE.....	50
7.6 REGIMAZIONE D'ALVEO.....	52
8. SEQUENZA DELL'INTERESSAMENTO DELLE DIVERSE ZONE DEL TERRITORIO COMUNALE DA PARTE DELLE ACQUE DI PIENA.....	59

## RELAZIONE TECNICA GENERALE

### 1. PREMESSA

La Legge 24/11/1997 n° 41 “Prevenzione del rischio geologico, idrogeologico e sismico mediante strumenti urbanistici generali e loro varianti”, prevede che, ai fini della prevenzione del rischio geologico, idrogeologico e sismico, i Comuni provvedano a verificare la compatibilità tra le previsioni urbanistiche e le condizioni geologiche dei territori interessati e che a tal fine debbono dotarsi di Studio geologico, idrogeologico e idraulico, secondo quanto disposto dall’art. 2 della stessa Legge.

Nell’ottica di ottemperare a quanto disposto dalla citata Legge n° 41/97, l’Amministrazione comunale di Lodi incaricò lo Studio Paoletti Ingegneri Associati, nella persona dello scrivente professionista ing. Silvio Rossetti, iscritto all’Ordine degli Ingegneri della Provincia di Lodi al n° 171, per lo studio degli aspetti idrologici e idraulici ed il Dott. Geol. Giovanni Bassi per studiare gli aspetti geologici ed idrogeologici.

Le attività di predisposizione dei due studi si svolsero in stretta correlazione con numerose verifiche e adeguamenti. In particolare, i risultati dello Studio idrologico-idraulico, in termini di aree di esondazione e di livelli idrici connessi con gli eventi di piena di riferimento, costituirono la base conoscitiva per la suddivisione del territorio comunale in zone, ripresa nell’ambito dello Studio geologico-idrogeologico, e per la definizione delle norme tecniche di attuazione cui ci si deve attenere operando nelle singole zone.

Lo Studio idrologico-idraulico fu articolato in due fasi: la prima fase, conclusasi nell’ottobre 1999, fu approntata con lo scopo di definire, in prima approssimazione, utilizzando un modello idraulico monodimensionale di simulazione dei fenomeni di piena, le aree ad elevato rischio idraulico ai sensi della Legge n° 267/98, cioè quelle aree comprese tra i *limiti di progetto* di cui al “Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico (PAI)” redatto dall’Autorità di Bacino del fiume Po ed i limiti di esondazione associati ad una piena

caratterizzata da tempo di ritorno pari a 50 anni individuati in assenza dei suddetti limiti di progetto di PAI; la seconda fase, conclusasi nel luglio 2001, ha avuto lo scopo di definire con maggiore precisione tutti i complessi fenomeni connessi con gli eventi di piena e di esondazione, basandosi sull'applicazione di un modello idraulico bidimensionale di simulazione dei fenomeni di propagazione delle piene, con cui si ottengono precisioni maggiori rispetto ad un modello monodimensionale, per contro di più rapida e semplice applicazione. In particolare, con la seconda fase dello Studio furono determinate, sulla base di un'attenta indagine idrologica, volta all'interpretazione della serie storica delle portate di piena alla confluenza tra i fiumi Adda e Brembo ed a Lodi, con riferimento ad eventi di piena del F. Adda associati a differenti tempi di ritorno (segnatamente 50, 200 e 500 anni), le aree del territorio comunale di Lodi soggette ad allagamento.

Durante le fasi di realizzazione dello studio idraulico sopracitato, con Deliberazione n. 1 in data 11 maggio 1999 l'Autorità di Bacino del Fiume Po adottò il “*Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico*” PAI - pubblicato sulla G.U. n. 175 del 28 luglio 1999 ed inviò ai Comuni interessati il Progetto di Piano per l'applicazione delle norme di salvaguardia. In seguito, al termine di una complessa procedura di approvazione, con la pubblicazione del DPCM del 24/05/2001 sulla G.U. n. 183 dell' 8/8/2001, il PAI entrò definitivamente in vigore, dispiegando tutti i suoi effetti normativi.

Più in particolare, con riferimento ai principali corsi d'acqua (tra cui il F. Adda), il PAI individua n. 3 Fasce di competenza fluviale (denominate “A”, “B” e “C”) a differente grado di pericolosità idraulica e individua le aree urbanizzate che è necessario proteggere dalle esondazioni per gli eventi di piena di riferimento, contrassegnandole con l'apposito segno grafico “*limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C*”.

Ai sensi dell'art. 31, comma 5 delle Norme di PAI, i Comuni nei quali ricadono aree classificate come “*limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C*”, in sede di adeguamento degli strumenti urbanistici sono tenuti a valutare le condizioni di rischio e, al fine di minimizzare le stesse, ad applicare, anche

parzialmente, fino all'avvenuta realizzazione e collaudo delle opere, gli articoli delle norme relative alla Fascia B.

Lo Studio del luglio 2001, oltre a verificare nel dettaglio il limite tra le fasce "A" e "B", tra le fasce "B" e "C" ed il limite esterno di fascia "C", ha permesso di valutare le condizioni di rischio delle aree del territorio comunale classificate come "*limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C*" così come richiesto dalle Norme di PAI. Nel Settembre 2001 tale studio venne approvato in Consiglio Comunale e valse quale documento tecnico allegato alla Variante di PRG.

A seguito di un gravosissimo evento di piena verificatosi tra il 26 ed il 29 novembre 2002 e allo scopo di aggiornare alcuni dettagli topografici non rappresentati nella base aerofotogrammetrica utilizzata originariamente (rampa di accesso alla tangenziale Est non ancora costruita all'epoca della levata aerofotografica di base, esistenza di fornicirrigui nel corpo del rilevato stradale della S.P. n° 23 Lodi – Boffalora d'A., introduzione delle corrette quote terreno del Quartiere Martinetta e di V.le Milano, con riferimento ai quali si sono potuti verificare errori significativi nella restituzione cartografica) e, oltre alla necessità di aggiornamento dovuta alla modifica delle portate idriche di riferimento apportata nel frattempo dall'Autorità di Bacino del Po, lo studio del 2001 venne aggiornato nel marzo 2005 a cura della Società ETATEC S.r.l.

Infatti, l'attenta analisi dei dati raccolti durante l'evento di piena del Novembre 2002 ha permesso un affinamento dei modelli già utilizzati nello studio precedente, l'aggiornamento delle aree di allagamento associate ai diversi livelli di rischio idraulico e, soprattutto, un'ulteriore verifica dell'efficacia degli interventi di mitigazione proposti con lo studio 2001.

Per cui, con l'aggiornamento dello studio del marzo 2005, venne definitivamente redatto il quadro complessivo degli interventi necessari per la difesa idraulica dell'abitato di Lodi.

Tale quadro generale venne discusso con tutti gli Enti interessati ed, in particolare, con l'Autorità di Bacino del Po, l'Agenzia per il Po (AIPO) e la

Regione Lombardia, che lo condivisero completamente, ritenendolo compatibile con la pianificazione a scala di bacino.

Il suddetto quadro generale degli interventi prevede, oltre ad interventi diffusi di difesa spondale in destra ed in sinistra idrografica, a monte e a valle del Ponte Vecchio, l'abbassamento della briglia esistente a valle del Ponte Vecchio di circa  $1 \div 1,5$  m e la ristrutturazione del corazzamento dell'esistente isolotto.

Allo stato attuale, tra le opere definite nello studio del Marzo 2005, sono state realizzate e collaudate le chiaviche sulle Rogge Gaetana e Gelata e le paratoie sulla Roggia Valentina, sono stati ultimati i lavori ed è in corso la fase di collaudo sia degli interventi di arginatura in sponda sinistra idraulica a monte del Ponte Storico (area ex SICC), sia di quelli di arginatura in sponda destra idraulica a valle del Ponte Storico, mentre sono in corso di avanzata realizzazione le opere di abbassamento della quota di coronamento dell'esistente briglia fluviale posta a valle dello stesso Ponte Storico.

Inoltre, il Comune di Lodi ha recentemente avviato le procedure per la realizzazione di una paratoia sulla roggia Sandona, nei pressi del sottopasso di viale Dalmazia, e la costruzione delle opere di sistemazione di un muretto a nord di viale Milano; entrambi gli interventi, data la loro modesta entità, saranno realizzati in tempi brevi.

A seguito di tutte tali opere, il grado di rischio idraulico a carico di porzioni consistenti del territorio comunale è stato considerevolmente ridotto. Tali variazioni, nell'ambito della predisposizione del PGT (Piano di Governo del Territorio), hanno indotto l'Amministrazione comunale di Lodi a procedere all'ulteriore aggiornamento dello Studio Idrologico – Idraulico del tratto di F. Adda compreso nel territorio comunale, allo scopo di valutare la compatibilità idraulica delle previsioni degli strumenti urbanistici e territoriali ed adeguarlo a quanto indicato nell'Allegato 4 alla D.G.R. della Lombardia del 28 maggio 2008 n. 8/7374.

In particolare, l'Amministrazione comunale ha conferito incarico al sottoscritto ing. Silvio Rossetti, afferente all'Associazione Professionale STUDIO PAOLETTI Ingegneri Associati di redigere l'aggiornamento dello studio citato. Tale aggiornamento, cui si riferisce la presente relazione, prevede l'adeguamento

della classificazione delle aree esondabili in funzione del rischio idraulico ad esse associato a seguito della realizzazione sul territorio comunale di alcune tra le opere di difesa contemplate nel Piano degli interventi necessari per la difesa idraulica dell'abitato di Lodi, nonché l'aggiornamento della tabella propedeutica alla redazione del piano di protezione civile, che definisce, in funzione della portata idrica in transito (o di presunto transito), le aree allagate e quelle di più imminente allagamento.

Le analisi sono state effettuate basandosi sulle considerazioni ed i risultati riportati nei seguenti studi:

- *“Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Adda nel tratto da Olginate alla confluenza in Po, del fiume Brembo nel tratto da Lenna alla confluenza in Adda e del fiume Serio nel tratto da Parre alla confluenza in Adda”* redatto per conto dall'Autorità di Bacino del fiume Po (Giugno 2003)
- Studio idrologico-idraulico in termini di aree di esondazione e di livelli idrici connessi con gli eventi di piena di riferimento del Fiume Adda a Lodi – Studio Paoletti Ingegneri Associati (2001).
- Aggiornamento dello Studio idrologico-idraulico in termini di aree di esondazione e di livelli idrici connessi con gli eventi di piena di riferimento del Fiume Adda a Lodi del 2001– ing. Silvio Rossetti - ETATEC S.r.l. (2005).

Il metodo di lavoro utilizzato nell'ambito del presente aggiornamento è consistito nell'iniziale raccolta dei dati relativi all'evento di piena del novembre 2002 e nella sua interpretazione, dalla quale è disceso lo scenario ottimale di taratura del modello mono – bidimensionale utilizzato per la simulazione degli eventi più gravosi e la riproduzione delle caratteristiche di allagamento in termini di aree, tiranti idrici e velocità dell'acqua.

La calibrazione dei parametri di taratura tale da generare una sostanziale corrispondenza tra lo scenario di allagamento riprodotto dal modello e l'inondazione prodotta dalla piena di fine 2002, è stata considerata la migliore possibile e, pertanto, utilizzata per la simulazione degli effetti conseguenti a piene di differente tempo di ritorno (50, 200 e 500 anni).

In funzione degli interventi di difesa idraulica ad oggi realizzati sono stati aggiornati i modelli mono e bidimensionali implementati negli studi precedenti ed utilizzati in questa sede per le simulazioni idrauliche di aggiornamento.

I risultati ottenuti da tali simulazioni in termini di aree, tiranti idrici e velocità dell'acqua sono stati posti alla base della definizione dei limiti di allagamento e si sono confrontati i risultati ottenuti con i limiti di fascia di cui al PAI.

Tale confronto, intrecciato con la conoscenza di dettaglio della realtà locale, sia da un punto di vista della morfologia del territorio, sia per quanto riguarda le infrastrutture esistenti, in corso di realizzazione e previste, ha portato all'individuazione delle aree allagabili ed alla loro classificazione in funzione del rischio ad esse associato.

I risultati ottenuti non hanno fatto emergere la necessità di proporre varianti ulteriori al limite tra le fasce "A" e "B", tra le fasce "B" e "C", il limite esterno di fascia "C" e dei limiti di progetto tra le fasce "B" e "C" di cui al PAI, oltre a quelle già proposte negli studi di dettaglio precedenti.

In particolare, per quanto riguarda le varianti ai limiti di progetto tra le fasce "B" e "C", la nuova edizione del PAI (pubblicata con G.U. n° 183 del 08/08/01) ha tenuto conto delle proposte fatte a seguito dei risultati della prima fase dell'ottobre 1999. In particolare, le varianti proposte ed accolte riguardano tre zone.

Zona esistente impianto di depurazione comunale: è prevista un'opera di difesa atta a salvaguardare l'impianto nei confronti delle piene di 200 anni di tempo di ritorno. L'impianto viene infatti a trovarsi all'interno della fascia "B", in prossimità del limite con la fascia "C", mentre il PAI non prevede alcuna opera in questa zona.

Zona in sponda destra del F. Adda immediatamente a valle del Centro Sportivo Isola Bella: è previsto l'avvicinamento del limite di progetto tra le fasce "B" e "C" alla sponda destra del corso d'acqua, tranne nella zona immediatamente a ridosso dell'esistente Centro Sportivo dove ne è previsto l'allontanamento.

Zona ex stabilimento SICC: è previsto l'allontanamento di parte del limite di progetto tra le fasce "B" e "C" a salvaguardia di un'area parzialmente

urbanizzata dall'attuale argine sinistro del Fiume, in modo che venga rispettata la distanza minima di 150 m di cui alla Legge Galasso.

A seguito dei risultati dell'applicazione del modello bidimensionale di simulazione idraulica, con la seconda fase dello Studio rassegnata all'Amministrazione comunale nel luglio 2001 ed approvata in Consiglio comunale nel settembre 2001, è stata proposta un'integrazione ai limiti di progetto tra le fasce "B" e "C" previsti dal PAI. In particolare, dall'applicazione del modello è emersa una situazione di rischio riguardante tutta la zona abitata in sinistra Adda compresa tra il ponte ottocentesco ed il rilevato della nuova tangenziale est.

Allo scopo di difendere tale zona si è previsto un limite di progetto che collega la spalla sinistra di valle del ponte con il rilevato della nuova tangenziale est in prossimità di Molino Contarico. E', inoltre, proposta la realizzazione di un limite di progetto a difesa dell'esistente isolato condominio situato immediatamente alle spalle del Circolo "Canottieri Adda".

A seguito dello Studio del marzo 2005, infine, è emersa la necessità di proporre ulteriori modifiche ai limiti di progetto tra le fasce "B" e "C" riguardanti tre zone.

Zona in sponda destra del F. Adda immediatamente a valle del Centro Sportivo Isola Bella: è stato proposto l'arretramento del limite di progetto tra le fasce "B" e "C" rispetto alla sponda destra del corso d'acqua, seguendo un percorso che lambisce il parcheggio dell'ospedale e che si congiunge con la scarpata della rampa di risalita alla tangenziale est. Inoltre, è stata proposta l'eliminazione del limite di progetto a protezione dell'impianto di depurazione e di provvedere alla difesa dell'impianto stesso mediante la realizzazione di una chiavica sulla *Roggia Molina* ed il rialzamento del terreno in corrispondenza degli esistenti fornicci lungo il rilevato stradale della tangenziale. Tali opere, di cui l'Amministrazione comunale ha già redatto il Progetto Definitivo, saranno ubicate lungo il tracciato del detto rilevato, che, pertanto, materializzerà il nuovo limite di progetto tra le fasce "B" e "C" proposto.

Zona in sponda destra del F. Adda a monte della località “Capanno”

La correzione delle quote di campagna del Quartiere “Martinetta” ha fatto emergere le condizioni di rischio in cui versa tutto il quartiere, come peraltro evidenziato dagli allagamenti verificatisi durante l’alluvione del novembre 2002. Allo scopo di proteggere tale zona residenziale e sede di alcune attività produttive, è stato proposto il prolungamento verso monte del limite di progetto già previsto dal PAI in sponda destra a monte del ponte ottocentesco, fino alla S.P. n°202 Lodi – Montanaso Lombardo secondo un tracciato che si allontana progressivamente dall’Adda, seguendo la Roggia Roggione.

Zona in sponda sinistra a monte del ponte ottocentesco

Le simulazioni idrauliche condotte nell’ambito dell’aggiornamento del 2005 hanno fatto emergere la possibilità che, in occasione di eventi di piena estremi, la S.P. n° 25 possa essere scavalcata dall’acqua in più punti. Per questo motivo è stato proposto, nell’ambito del coordinamento tra i vari Enti interessati, il prolungamento verso monte del limite di progetto tra le fasce “B” e “C” fino all’ex *Colonia Fluviale “Caccialanza”*. L’opera di prolungamento, interamente finanziata dalla Provincia di Lodi, è stata approvata in Conferenza dei Servizi nell’ottobre 2004 ed è attualmente in corso la fase di progettazione esecutiva. Nell’ambito del citato coordinamento tra i vari Enti interessati, inoltre, l’Amministrazione comunale ha proposto l’ulteriore arretramento del limite di progetto nella zona ex SICC. L’opera, finanziata in parte dalla Regione Lombardia ed in parte dall’Amministrazione comunale di Lodi, è stata approvata in Conferenza dei Servizi nel gennaio 2004 ed attualmente sono stati ultimati i lavori di realizzazione ed è in corso la fase di collaudo.

Per quanto riguarda le proposte di variante dei limiti tra le fasce “A” e “B”, tra le fasce “B” e “C” ed esterno di fascia “C”, conseguenti ai risultati dell’applicazione del modello bidimensionale di simulazione idraulica, è stata proposta la modifica dei limiti di cui al PAI come di seguito descritto.

***Limite tra le fasce “A” e “B”***

I risultati dello studio hanno confermato completamente l’andamento dei limiti tra le fasce “A” e “B” determinati dal PAI.

### ***Limite tra le fasce “B” e “C”***

Con riferimento alla sponda destra, i risultati dello studio del 2005 hanno confermato quasi completamente, tenuto conto dei limiti di progetto e salvo modestissime puntualizzazioni locali nella zona di valle, l’andamento dei limiti tra le fasce “B” e “C” determinati dallo stesso PAI. L’unica differenza è stata rilevata nella porzione più di monte del territorio comunale, dove è stato proposto di includere in fascia “B” tutta la località *Belgiardino*, che – di fatto – anche in occasione dell’evento alluvionale del novembre 2002, venne pesantemente e completamente invasa dalle acque.

Anche in sponda sinistra, a monte del ponte ottocentesco, tenuto conto dei nuovi limiti di progetto tra le fasce “B” e “C”, non si propongono varianti. Per quanto riguarda, viceversa, la sponda sinistra a valle del vecchio ponte, emerge la necessità di proporre l’ampliamento della fascia “B” con l’allontanamento del limite tra le fasce “B” e “C” dal corso d’acqua. In particolare, la fascia “B” dovrà comprendere tutta la zona del Circolo “Canottieri Adda” e di *C.na Nuova* e, a valle del rilevato stradale della tangenziale est, inviluppare alcuni antichi meandri ben evidenti dall’esame della documentazione fotografica aerea. In località “Tre Cascine”, dove esiste una porzione di terreno sopraelevata rispetto alla campagna circostante, il limite tra le fasce “B” e “C” dovrà girare attorno alla zona abitata seguendo il limite del terrapieno. In sostanza la zona abitata risulterà in fascia “C”, mentre l’allevamento suinicolo rimarrà in fascia “B”.

### ***Limite esterno di fascia C***

Per quanto riguarda la sponda destra il presente studio conferma il limite esterno di fascia “C” determinato dal PAI, salvo le seguenti locali differenze, dovute al miglior dettaglio topografico a disposizione di chi scrive (vedi Tavv. D20.00, D22.02):

- nelle zone del “Pratello” e di via Defendente, la fascia “C” deve essere considerata un po’ più ampia di quella indicata dal PAI;
- lungo la S.S. n. 9 (Emilia), nelle zone del nuovo tribunale e della rotatoria per Montanaso Lombardo, la fascia “C” deve essere considerata meno ampia di quella indicata dal PAI.

Con riferimento alla sponda sinistra risulta quanto segue:

- a monte del cimitero in *Fraz. Riolo* la fascia “C” deve essere considerata meno ampia di quella indicata dal PAI;
- a valle del cimitero in *Fraz. Riolo* (cimitero compreso) la fascia “C” deve essere considerata un po’ più ampia di quella indicata dal PAI ad eccezione della zona di alcuni edifici industriali ubicati tra *C.na Spolverera* e *C.na Incantonata*;

E’ da segnalare che le sostanziali differenze riscontrate tra i limiti calcolati negli studi precedenti e quelli di PAI possono presumibilmente ricondursi alle maggiori informazioni a disposizione degli scriventi rispetto all’Autorità di Bacino, che avendo lavorato alla scala 1:10.000, non ha potuto scendere nel dettaglio della morfologia dei luoghi ed alla maggiore precisione dei risultati ottenuti dal presente studio, per via dell’utilizzo di un modello di simulazione bidimensionale, che ha potuto essere convenientemente calibrato anche grazie alle ulteriori preziose informazioni ricavate dalla campagna di integrazione topografica e batimetrica svoltasi nella primavera 2000 a cura del sottoscritto professionista incaricato, oltre che ai puntuali riscontri a seguito dell’evento alluvionale di fine novembre 2002.

A completamento degli elaborati grafici allegati al presente studio sono state predisposte tavole di aggiornamento della suddivisione del territorio comunale in aree a differente grado di rischio e di rappresentazione delle aree per le quali viene eliminato il rischio idraulico a seguito della realizzazione dei limiti di progetto tra le fasce “B” e “C”.

Inoltre, i risultati ottenuti dalle simulazioni idrauliche degli eventi di piena di riferimento hanno confermato la validità e, soprattutto, la necessità delle opere di protezione idraulica definite negli studi precedenti e, ad oggi, non ancora realizzate, delle quali si è proposta anche una scala di priorità per la loro realizzazione. In questa sede sono anche state riproposte le tipologie d’intervento, già esaminate negli studi precedenti, che sono risultate essere inopportune, inutili, o addirittura dannose, quali l’abbassamento dell’esistente

briglia a valle del vecchio ponte per più di 1÷1,5 m e l'eliminazione dell'isolotto posto immediatamente a valle della briglia.

E' stata, infine, redatta una tavola, con l'indicazione di tutte le opere di difesa idraulica realizzate, in fase di realizzazione o previste, di una serie di scenari di progressiva realizzazione di tali opere e di numerosi punti di controllo identificati con le lettere dell'alfabeto. Sulla stessa tavola sono riportate due tabelle: la prima definisce, per ciascun punto di controllo e per ciascuno scenario di realizzazione delle opere di difesa, il livello idrico massimo di piena duecentennale; la seconda, per così dire propedeutica alla redazione del piano di protezione civile, definisce, in funzione della portata idrica in transito (o di presunto transito), le aree allagate e quelle di più imminente allagamento.

E' utile segnalare che, in accordo con l'Amministrazione comunale, nei calcoli idraulici atti alla definizione delle condizioni di rischio ed alla definizione degli scenari di realizzazione delle opere di difesa e della tabella propedeutica alla redazione del piano di protezione civile si è ritenuto di considerare eseguite anche quelle opere di difesa (la paratoia sulla roggia Sandona e la sistemazione del "muretto" a nord di viale Milano) la cui realizzazione, come detto, è già stata avviata.

Ciò per due principali ragioni:

1. l'entità contenuta degli interventi per estensione, tempi di realizzazione e costo delle opere ne garantisce l'ultimazione in tempi brevi;
2. la dotazione di piani di emergenza, sia da parte del servizio provinciale di Protezione Civile che da parte dell'Amministrazione comunale stessa, che prevedono – in caso di piena – il posizionamento di sacchi di sabbia in corrispondenza della prevista paratoia sulla roggia Sandona e lungo viale Milano nella zona di piazza Mons. Savarè, quartiere Martinetta.

La presente relazione si articola su una serie di capitoli, i primi dei quali hanno lo scopo di introdurre alle caratteristiche generali del fiume Adda, del relativo bacino idrografico e, più nel dettaglio, del territorio lodigiano. Di seguito viene effettuata un'analisi delle tendenze evolutive dell'alveo. Successivamente viene analizzato l'evento alluvionale del novembre 2002 ed, infine, sulla scorta

dei risultati dei calcoli idraulici descritti nell'allegata Relazione idrologico – idraulica (Atto A.02.00), viene descritta la perimetrazione delle aree esondabili per differente tempo di ritorno, la suddivisione del territorio comunale in zone a differente grado rischio idraulico, nonché l'insieme delle opere idrauliche previste per la difesa delle aree esondabili sedi di quartieri residenziali e di attività produttive.

## 2. CARATTERISTICHE GENERALI DEL FIUME E DEL BACINO IDROGRAFICO

Il Fiume Adda trae origine dalle sorgenti situate a monte dei laghi artificiali di S. Giacomo (1.949 m s.m.) e Cancano (1.900 m s.m.) in Val di Fraele. A partire da quest'ultimo, l'Adda si sviluppa per circa 110 km lungo la Valtellina fino a raggiungere il Lago di Como (200 m s.m.) dove si racchiude un bacino di circa 2.600 km<sup>2</sup>. All'uscita del Lago di Como, a valle della diga di Olginate, la superficie del bacino complessivo comprendente la porzione lacuale raggiunge i 4.572 km<sup>2</sup>.

A valle di Olginate (rapida di Lavello), ha inizio l'Adda emissario del Lago di Como, che percorre circa 28 km da Lavello fino alla confluenza con il Brembo a Vaprio d'Adda. Subito a monte della citata confluenza il bacino dell'Adda ha una superficie complessiva pari a 4.679 km<sup>2</sup>; se si aggiungono i circa 940 km<sup>2</sup> corrispondenti al bacino del Brembo, la superficie sottesa alla sezione immediatamente a valle della confluenza con il Brembo raggiunge 5.619 km<sup>2</sup>.

Da Vaprio d'Adda il fiume prosegue per altri 36 km fino a Lodi, racchiudendo alla sezione di interesse un bacino di 5.989 km<sup>2</sup> di estensione.

La presenza del Lago di Como segna una netta divisione del bacino imbrifero dell'Adda in due parti idraulicamente ed idrologicamente distinte.

La parte prelacuale si distingue dal resto del bacino per le sue caratteristiche fisiche tipicamente montane in cui il corso d'acqua assume una configurazione morfologica ed un comportamento idraulico di tipo torrentizio. Nel tratto prelacuale, infatti, il regime idraulico del fiume è caratterizzato da una grande variabilità delle portate, impetuosità, brevi tempi di formazione delle onde di piena e rapida propagazione delle onde stesse lungo il fiume.

Nella parte sublacuale si ha una minore piovosità rispetto a quella del bacino prelacuale e la permeabilità delle superfici è ben maggiore a causa dei diversi tipi di suolo e di copertura vegetale che caratterizzano l'alta, la media e la bassa pianura padana.

Il regime idraulico del corso d'acqua è nettamente diverso da quello relativo al tratto prelacuale. In particolare, nel tratto di interesse compreso tra Lavello e

Lodi, il comportamento del fiume è strettamente connesso alla dinamica del Lago di Como che, come è noto, regola i deflussi allo sbarramento di Olginate. La regolazione dei deflussi e le notevoli dimensioni dell'invaso fanno sì che le onde di piena in uscita dal lago siano assai lunghe nel tempo e con portate poco variabili durante i periodi di piena.

Oltretutto, essendo il lago regolato, le vicende relative al bacino prelacuale sono scarsamente interessanti ai fini della valutazione delle portate di piena a valle.

Per la valutazione delle portate di piena di cui all'allegata Relazione idrologico – idraulica (Atto A.02.00) conviene, infatti, riferirsi al bacino sublacuale e al regime dei deflussi regolati che vengono immessi nell'Adda all'uscita del lago.

A valle di Lavello, il corso d'acqua scorre inizialmente tra i rilievi pedemontani della Brianza collinare in destra e quelli della Bergamasca in sinistra per poi proseguire inciso nell'alta pianura fino alla confluenza con il Brembo. Il tratto citato sottende un bacino proprio relativamente modesto (circa 125 km<sup>2</sup>) che comprende praticamente una stretta fascia lungo il fiume, ha un tracciato planimetrico abbastanza regolare ed è caratterizzato da pendenze superiori rispetto al tratto di valle fino a Lodi. L'alveo è generalmente molto profondo e incassato tra le pareti di conglomerato che caratterizzano i terreni della zona.

A valle di Vaprio d'Adda, il regime idraulico del fiume subisce l'influenza del regime del Brembo, specialmente durante le piene quando l'onda proveniente dal Lago di Como si somma con quella prodotta dal bacino del Brembo. Contrariamente a quanto avviene nel tratto emissario a monte di Vaprio d'Adda, in cui le onde di piena sono molto piatte, quelle in arrivo dal Brembo, prodotte da un bacino in cui prevalgono le aree montane e dove la piovosità è alta, sono caratterizzate da notevoli e rapide variazioni di portata.

Pertanto, le onde di piena a valle della confluenza con il Brembo ed in particolare a Lodi, presentano intumescenze più sensibili rispetto al tratto emissario di monte, con minori durate dei colmi e portate sensibilmente maggiori.

### **3. CARATTERISTICHE IDRAULICHE ED IDROGEOLOGICHE DEL TERRITORIO LODIGIANO**

Un accenno alle caratteristiche generali (morfologiche, idrauliche, idrogeologiche, ecc.) risulta indispensabile per il corretto inquadramento delle problematiche e per una valida impostazione degli studi da condurre e delle soluzioni da adottare.

Il territorio lodigiano, che – idrograficamente parlando – non coincide con la provincia di Lodi, ha un'estensione di circa 75.000 ettari e corrisponde alla porzione di Pianura Padana compresa tra Cassano d'Adda a Nord, i Fiumi Adda e Lambro ad Est e ad Ovest rispettivamente ed il F. Po a Sud.

Il sistema di distribuzione idrica e di drenaggio di tale territorio è uno dei più antichi e consolidati del mondo e, pur mantenendo sostanzialmente intatte morfologia e caratteristiche originarie, svolge più funzioni diversificate. Alla tradizionale pratica irrigua e al drenaggio del territorio, si sono, infatti, progressivamente aggiunti altri utilizzi: industriale, idroelettrico, ittigenico, ambientale, ricreativo e civico.

L'approvvigionamento idrico del lodigiano, che avviene per il 90% dall'Adda attraverso il Canale Muzza, è reso possibile da una serie di impianti di sollevamento e da circa 400 canali (oltre al Muzza) per uno sviluppo di circa 4.000 km. Il sistema idrico è idealmente suddiviso in due zone, comunque strettamente interconnesse, corrispondenti alla parte alta e bassa del territorio.

La parte alta è interamente sottesa dal Canale Muzza, che – insieme alla fitta rete idrografica minore – svolge un servizio promiscuo (irriguo – idraulico) sostituendosi, di fatto, alla rete di scolo.

A Sud del “gradone” naturale, lungo la grande depressione geologica che si estende fino al Po, è ubicata - invece - la parte bassa, in tempi remoti sede naturale e perenne di acquitrini ravvivati dalle frequenti alluvioni. La giacitura dei terreni, più bassi rispetto all'altopiano di circa 10 m, è soggiacente di diversi metri al livello di piena dei fiumi Po, Adda e Lambro.

L'irrigazione della parte bassa avviene, per lo più, mediante sollevamento da Adda e Po, o con riutilizzo delle colature irrigue dell'altopiano. Quando i

deflussi dei fiumi sono contenuti, è possibile scaricare a gravità; in caso contrario entrano in funzione idonei impianti di sollevamento, che evitano l'impaludamento della parte bassa.

In sostanza, il corretto governo delle acque consente di far fronte ai periodi di carenza e di eccesso d'acqua nel comprensorio: con la pratica irrigua si copre il deficit idrico nei periodi siccitosi; con la rete di scolo si smaltisce l'eventuale eccesso in occasione dei periodi di abbondanza d'acqua, che può essere dovuto ad eventi meteorici, oppure a livelli di falda che debbono essere mantenuti a quote che consentano l'uso dei suoli.

Oltre ai due scopi appena descritti (irrigazione, smaltimento degli eccessi idrici), il fitto reticolo idrografico presente nel territorio lodigiano, consente altri importantissimi obiettivi, quali: la difesa del suolo; la produzione di energia idroelettrica; l'uso industriale; la produzione ittica intensiva; la raccolta degli afflussi pluviali provenienti dal drenaggio di molti centri urbani; la raccolta delle acque trattate da numerosi impianti di depurazione.

In aggiunta a tutte le finalità di cui sopra, è stata prospettata da più parti la possibilità che, in caso di piena dell'Adda, vengano effettuati – tramite il Canale Muzza – prelievi dal fiume in modo da ridurre gli afflussi verso Lodi.

Ebbene, innanzi tutto – affinché ciò risulti possibile – occorre che si verifichino due condizioni essenziali:

- ✓ che non siano in corso piene del T. Molgora e di coli minori recapitanti in Muzza;
- ✓ che non sia in corso alcun fenomeno pluviometrico di particolare intensità ed estensione tale da impegnare pesantemente il reticolo.

Ma anche qualora tali due condizioni fossero verificate, la diminuzione di portata idrica a Lodi è stimata in ragione di circa il 4÷5% della portata al colmo della piena di riferimento, il che si tradurrebbe in un beneficio trascurabile in termini di riduzione dei livelli idrici di piena a Lodi.

Solo con il contemporaneo e sinergico prelievo anche da parte di tutto il sistema dei grandi canali irrigui oltre al Canale Muzza (Pasinetti, Vailata, Martesana, Ritorto, Rivoltana, Vacchelli), la diminuzione degli afflussi a Lodi potrebbe raggiungere l'8÷10% del colmo di piena.

Una percentuale maggiore (probabilmente attorno al 15%) potrebbe essere raggiunta solo con l'aggiunta di una regolazione programmata dei grandi invasi idroelettrici della Valtellina e della Val Chiavenna, peraltro estremamente difficile da raggiungere, dati gli ingenti interessi economici connessi (come ha purtroppo dimostrato la crisi idrica dell'estate 2003).

## **4. TENDENZE EVOLUTIVE DELL'ALVEO**

### **4.1 ANALISI DELL'EVOLUZIONE IDROGRAFICA**

Il movimento dell'acqua negli alvei naturali induce complessi processi di rimozione, trasporto e deposizione del materiale solido, la cui conoscenza costituisce la base teorica essenziale per una corretta comprensione di importanti fenomeni di evoluzione morfologica dei corsi d'acqua. La complessità e la varietà dei fenomeni fisici coinvolti rende ancora lontana una loro completa comprensione e i diversi aspetti della problematica sono attualmente oggetto di numerosi studi di ricerca in tutto il mondo.

La lenta evoluzione naturale del corso d'acqua è intrinsecamente protesa verso una condizione di equilibrio dinamico tra le capacità di erosione, di trasporto e di sedimentazione.

In particolare, la dinamica di un corso d'acqua si manifesta con un'incessante, seppur lenta, modifica sia del tracciato fluviale, sia dell'andamento e delle pendenze del fondo alveo.

In presenza di forme meandriche molto accentuate si assiste ad una migrazione dei meandri verso valle dovuta all'erosione delle sponde in curva esterna (sponde concave o sovracorrente) ed ai contemporanei fenomeni di deposizione nelle zone di curva interna (sponde convesse o sottocorrente).

Con riferimento alla Carta dell'evoluzione fluviale (atto A.04.00) l'evoluzione dei meandri fluviali vede, in successione: l'accentuazione del meandro ed il conseguente avvicinamento dei lobi di monte e di valle; il salto del meandro con successiva formazione di una lanca detta anche meandro morto o relitto; la morte del meandro con il prosciugamento del relitto.

Va da sé che da una tale dinamica deriva una caratteristica di marcata instabilità dei tratti fluviali meandrici e, di conseguenza, un grado di rischio piuttosto elevato connesso alla realizzazione di opere ad essi adiacenti. Ciò anche in considerazione del fatto che le tendenze evolutive di un corso d'acqua sono irreversibili e che, pertanto, gli interventi di difesa spondale e di regimazione fluviale pur modificando, rallentandola, l'evoluzione fluviale, non

sembrano in grado di contrastarla in senso assoluto impedendo che il corso d'acqua stesso si evolva verso l'equilibrio.

La ricostruzione dell'andamento fluviale durante l'ultimo secolo nella zona in studio, l'interpretazione delle tendenze evolutive del corso d'acqua e la previsione della probabile evoluzione futura sono state condotte esaminando attentamente sia la cartografia storica, sia la documentazione fotografica aerea esistente. Si è in particolare esaminata la successione delle tavolette IGM in scala 1:25.000, 60 IV NO (Lodi) e 60 IV NE (Cavenago d'Adda), edite circa un secolo fa (1889), mezzo secolo fa (1921 - 1959) e recentemente (1986), nonché le fotografie aeree eseguite nel 1994.

L'analisi di tale documentazione ha condotto alle seguenti conclusioni:

- a valle del confine tra i territori comunali di Boffalora d'Adda e Lodi il F. Adda presenta un chiaro andamento meandriforme molto accentuato, con generale andamento del fiume stesso e della fascia meandrica NO-SE; la fascia meandrica presenta, in particolare, larghezza pari a 3,5-4 km;
- all'interno della fascia meandrica i meandri migrano verso la foce con velocità che, nella zona dell'abitato di Lodi, ha subito negli ultimi decenni, in seguito ad importanti interventi antropici di difesa spondale, significativi rallentamenti;
- immediatamente a monte di Lodi si è assistito, dalla fine del secolo scorso ad oggi: alla rettifica del corso d'acqua nel tratto compreso tra Spino d'Adda e Boffalora d'Adda; all'abbandono, da parte del fiume, dei meandri di C.na Gelsomina e, più a valle, di Montanaso Lombardo; all'accentuazione del meandro di C.na Cremosazza, oggi contrastata da importanti opere di difesa spondale; alla semplificazione del tracciato fluviale, nella zona di C.na Bel Giardino, un tempo caratterizzato da due rami ben distinti e, all'incirca, della medesima importanza, ed oggi costituito da un unico filone; all'abbandono, poco a monte della zona del previsto nuovo attraversamento, del meandro di C.na Mozzanica;
- nel tratto cittadino del fiume, a valle del previsto nuovo attraversamento, non ci sono stati significativi mutamenti del tracciato

fluviale durante l'ultimo secolo. La tendenza all'erosione in corrispondenza delle sponde concave, peraltro poco accentuate, è stata decisamente contrastata da opere di difesa spondale, che hanno conferito a questo tratto del corso d'acqua notevole stabilità dal punto di vista delle divagazioni planimetriche;

- a sud dell'abitato di Lodi, limitatamente al tratto Lodi-Cavenago d'Adda, si è avuta l'accentuazione dei due meandri in corrispondenza delle confluenze in Adda della Roggia Squintana e, rispettivamente, della Roggia Molina (località Morona) oggi contrastata dalla realizzazione di opere di difesa spondale; il salto dell'importante meandro di Soltarico; il definitivo abbandono dell'antico meandro di Cavenago d'Adda; l'accentuazione del meandro in località Cà de' Vagni oggi contrastata dall'esecuzione di opere di difesa spondale; il salto del meandro nella zona di C.na Contarana a sud di Cavenago d'Adda.

Tale intensa e rapida evoluzione della dinamica fluviale ha indotto importanti modifiche delle caratteristiche del fiume nella zona di interesse.

In particolare, come accennato, il meandro di C.na Mozzanica, ancora attivo in occasione del rilievo del 1889, appare praticamente abbandonato a metà secolo. Dall'ultimo rilievo (1986), dalle fotografie aeree del 1994 e dai sopralluoghi condotti nel dicembre 95-gennaio 96 risulta chiara una nuova inversione di tendenza nella zona, con la corrente che esercita una chiara attività erosiva in sponda sinistra e accentua progressivamente il nuovo meandro, quasi a voler ridisegnare il vecchio percorso. Le cause di una tale inversione di tendenza sono, con tutta probabilità, da ricercarsi nell'intensa attività antropica verificatasi in questo tratto del corso d'acqua. A monte della zona della citata sponda sinistra in erosione, infatti, il fiume si presentava, in occasione sia del rilievo della fine del secolo scorso, sia del rilievo di metà secolo, ramificato, con due filoni di corrente: il principale, in direzione NO-SE, più interno, nel quale si concentrava la maggior parte della portata e, quindi, della corrente di piena e che è da considerarsi all'origine del salto del vecchio meandro di C.na Mozzanica; il secondario, più esterno, completamente attivo alla fine del XIX secolo e ridotto a lanca, attiva solo in occasione delle piene, a metà del secolo

scorso. Una volta avvenuto il salto di meandro la predominanza del filone principale sul secondario fece sì che, durante le piene, non risultasse significativa l'azione della corrente convogliata da quest'ultimo in termini di erosione della sponda sinistra a valle della ricongiunzione dei due rami.

Successivamente al 1959, data dell'aggiornamento topografico di metà secolo scorso, in occasione di un importante evento di piena, il fiume ruppe l'argine naturale in sponda destra in località Bel Giardino e tornò ad alimentare in modo significativo il ramo secondario.

In seguito a tale evento l'attività antropica venne rivolta a privilegiare, dal punto di vista del convogliamento idrico, il ramo secondario, con la costruzione di argini atti ad impedire l'alimentazione idrica del vecchio ramo principale da parte del fiume, il cui tracciato venne così semplificato e rettificato.

Allo scopo, inoltre, di impedire che l'azione della corrente di piena provocasse l'accentuazione progressiva del meandro corrispondente al ramo secondario, a questo punto unico filone di corrente, venne realizzata un'importante ed estesa protezione spondale in destra.

Tale nuova conformazione del tracciato fluviale, con la creazione di un nuovo meandro a valle di Bosco Bel Giardino, provocò l'accentuazione della velocità e la modifica della direzione della corrente che, in uscita da tale nuovo meandro, venne ad incidere, quasi perpendicolarmente, la sponda sinistra del fiume.

L'azione di erosione conseguente è tuttora ben riscontrabile e risulta inequivocabile la progressiva accentuazione della curva verso destra e, quindi, del nuovo meandro formatosi.

A valle del ponte esistente, invece, le modifiche delle caratteristiche del fiume non sono relative alla divagazione planimetrica dell'alveo (le esistenti opere di difesa spondale hanno conferito una sostanziale stabilità planimetrica a tale zona, anche se sono evidenti diffusi segni di cedimento delle antiche scogliere per via dell'azione erosiva della corrente in sponda concava), quanto al mutamento delle pendenze e delle quote di fondo alveo.

In particolare, un ruolo predominante è certamente da attribuirsi al salto di meandro di Soltarico, avvenuto nel 1976, per effetto del quale si è avuta la riduzione della lunghezza del F. Adda tra l'esistente ponte di Lodi e la località Casellario da circa 14 km a circa 7,5 km, con una diminuzione di tale lunghezza pari a circa 6,5 km.

Il conseguente aumento della pendenza ha comportato un incremento delle velocità idriche e l'innescò di fenomeni di erosione che, per richiamo idraulico, si sono propagati verso monte fino alla zona dell'abitato di Lodi, in corrispondenza della quale si è avuto, in quasi trent'anni, un abbassamento del fondo alveo dell'ordine di 2,5 m.

A causa di tali fenomeni erosivi è stata costruita una traversa in c.a. ciclopico a valle del ponte esistente allo scopo di vincolare la quota di fondo alveo ed impedire lo scalzamento delle fondazioni delle pile del ponte stesso.

E' importante segnalare in questa sede che, negli anni, l'azione della corrente fluviale e delle dinamiche di deflusso, inevitabilmente rivolte alla ricerca della condizione di equilibrio, hanno prodotto condizioni di instabilità della traversa di cui sopra. Ne sono inequivocabili testimonianze sia la buca rilevata dai sottoscritti professionisti incaricati in occasione della campagna di integrazione topografica e batimetrica della primavera 2000, sia il recente crollo a più riprese di un'importante porzione dell'esistente scogliera a protezione dell'isola su cui si intesta la struttura della stessa traversa.

La necessità di un intervento di consolidamento e di ripristino delle condizioni di stabilità e di sicurezza della traversa appare, quindi, inevitabile, dato che il possibile malaugurato collasso della stessa provocherebbe l'immediata crisi delle strutture fondazionali del ponte esistente, a salvaguardia del quale venne costruita la traversa.

## 5. INTERPRETAZIONE DELL'EVENTO DI PIENA DEL NOVEMBRE 2002 A LODI

Come più dettagliatamente esposto nell'allegata Relazione idrologico – idraulica (Atto A.02.00), in seguito ad un intenso flusso di correnti meridionali umide, associato ad una vasta area depressionaria, dal 14 Novembre 2002 si verificarono copiose precipitazioni su Piemonte e Lombardia occidentale, che provocarono elevati afflussi al Lago di Como ed il conseguente aumento dei livelli dello stesso, tanto che fin dal 15 Novembre le opere di regolazione del lago vennero completamente aperte per favorire le massime condizioni di deflusso. In data 24 Novembre 2002 sopraggiunse una seconda perturbazione, con precipitazioni complessivamente meno intense della prima, ma caratterizzate da un picco violento e concentrato, che creò un intenso picco di portata del F. Brembo. Tale picco di portata si sovrappose all'onda di piena in uscita dal Lago di Como, già pieno al sopraggiungere della seconda perturbazione.

In sostanza, si verificarono le uniche condizioni per le quali possa prodursi un evento alluvionale nel tratto di Adda a valle della confluenza col Brembo e cioè la sovrapposizione delle onde di piena provenienti dal Lario e dal Brembo. I livelli idrici del F. Adda, già elevati nei giorni precedenti per via delle abbondanti precipitazioni che fin dalla metà di novembre si abbatterono sull'Italia centro – settentrionale, salirono ulteriormente nella notte tra il 25 e il 26 Novembre 2002, tanto che nella mattinata del 26 Novembre cominciarono a verificarsi fenomeni di rigurgito del reticolo idrografico minore ed i primi allagamenti dei terreni agricoli delle zone “*Concoreggia*” e “*Capanno*”. I livelli idrici continuarono a salire per tutta la giornata del 26 Novembre, provocando progressivamente l'allagamento delle zone basse della città: Capanno, Bersaglio, Pratello, Pulignano, Concoreggia, Isola Carolina, Piarda Ferrari, Via Defendente Lodi e Via Mattei, Isola Bella, Borgo Adda, Martinetta, Revellino, Campo Marte, Curletto, Tre Cascine, Val Grassa.

Il colmo della piena raggiunse Lodi tra le ore 01.00 e le ore 2.00 del 27 Novembre 2002 facendo registrare un'altezza idrica massima

all'idrometrografo posto immediatamente a valle del vecchio ponte pari a 3,43 m sullo zero idrometrico. Essendo la quota assoluta dello zero idrometrico dell'idrometrografo del vecchio ponte pari a 64,60 m s.l.m., la massima quota raggiunta dall'acqua in corrispondenza del punto di misura fu pari a 68,00 m s.l.m.

Nella notte tra il 26 ed il 27 Novembre 2002, pur nell'ambito di una situazione drammatica e caotica al tempo stesso, chi scrive si recò nei quartieri allagati e segnò il massimo livello raggiunto dall'acqua su muri, alberi e pali dell'illuminazione pubblica. Nei giorni seguenti venne eseguito, sempre da chi scrive, il rilievo topografico delle massime quote raggiunte dall'acqua, anche integrando le informazioni con le preziose testimonianze dette dei cittadini.

Questo lavoro ha consentito di tracciare con grande precisione la mappa degli allagamenti massimi di piena, non solo con riferimento alle aree interessate dalle acque, ma anche in termini di massimi tiranti idrici raggiunti nelle varie zone.

Le informazioni raccolte hanno consentito la verifica degli elaborati prodotti nell'ambito dello Studio del Luglio 2001, dalla quale è emersa un'ottima corrispondenza con le aree allagate durante la piena del Novembre 2002. In particolare, così come previsto, l'acqua di piena ha scavalcato e la S.P. n° 23 Lodi – Boffalora d'Adda, provocando l'allagamento del Quartiere "Campo Marte" ed ha superato V.le Milano all'altezza dell'incrocio semaforico con Via Cadamosto.

In sostanza, lo scenario d'inondazione previsto dallo Studio del luglio 2001 si è discostato dall'effettivo allagamento verificatosi a fine novembre 2002 solo con riferimento alle seguenti tre zone:

### **Zona Laghi**

Lo Studio del Luglio 2001 prevedeva l'allagamento di tutta la zona "Laghi" situata in sponda destra, a valle del ponte ottocentesco; zona che non è stata interessata dalle acque per due motivi. In primo luogo perché essendo stata nel frattempo costruita la rampa di accesso alla nuova tangenziale Est, essa ha funzionato da argine nei confronti dell'acqua di esondazione ed ha impedito lo scavalco di Via Massena. Inoltre, l'esame della piena di fine 2002 ha

consentito di associare a tale evento un tempo di ritorno inferiore a 200 anni (tra 100 e 150 anni); al verificarsi di una piena duecentennale, caratterizzata da livelli idrici un po' più alti rispetto a quelli del 2002, l'acqua scavalcherebbe ugualmente la Via Massena in corrispondenza del parcheggio dell'ospedale, all'inizio della rampa d'accesso alla tangenziale ed invaderebbe la zona "Laghi", che, pertanto, rimane una zona a rischio.

### **Quartiere "Campo Marte"**

Come già accennato in precedenza l'interessamento del Quartiere "Campo Marte" da parte delle acque di esondazione era stato previsto dallo Studio del luglio 2001. Durante la piena di fine Novembre 2002, però, l'allagamento di questa zona è stato più pesante del previsto, interessando tutto il quartiere e non solo una porzione di esso e con livelli d'acqua maggiori del previsto. Tali differenze sono dovute alla presenza di alcuni fornicci irrigui nel corpo della S.P. n° 23 Lodi – Boffalora d'Adda, la cui esistenza, ignorata fino ad allora e non rilevabile dall'informazione cartografica, ha provocato l'allagamento dei terreni agricoli situati tra la S.P. n° 23, del Quartiere "Campo Marte" e di quelli posti a monte di "Campo Marte" prima che le acque dell'Adda scavalcassero la provinciale. Al momento della tracimazione della provinciale, detti terreni, depressi rispetto alla zona abitata, erano già pieni d'acqua ed in pochi minuti sono stati a loro volta tracimati, provocando l'allagamento di "Campo Marte". In sostanza, se all'atto della tracimazione della provinciale i terreni agricoli fossero stati già allagati, le acque di esondazione avrebbero trovato sfogo nei terreni stessi prima di giungere nelle zone abitate, che, quindi, sarebbero state interessate da volumi idrici inferiori (così come previsto dallo Studio del Luglio 2001).

### **Quartiere "Martinetta"**

Lo Studio del Luglio 2001 non prevedeva l'inondazione del Quartiere "Martinetta", che invece, durante la piena di fine 2002, è stato allagato con tiranti idrici compresi tra 30 e 60 cm. In questo caso la causa della mancata corrispondenza tra realtà e previsione modellistica è dovuta ad errori nelle quote riportate sulla cartografia disponibile relativamente al Quartiere

“Martinetta”, che pertanto, è stato introdotto nel modello digitale del terreno (DTM) a quote più alte rispetto alla realtà di circa 70 cm.

### **Zona a sud di V.le Milano**

Così come previsto nello Studio del Luglio 2001, durante la piena di fine 2002, la zona posta a sud di V.le Milano è stata pesantemente allagata.

Dall'esame dell'evento di piena, però, è emerso che tale allagamento non è stato causato solo dal rigurgito idraulico delle acque dell'Adda attraverso le rogge che sottopassano V.le Milano (Gaetana, Gelata, Sandona), ma anche dal travalicamento dello stesso V.le Milano in corrispondenza dei massimi livelli idrici registrati.

Le verifiche topografiche eseguite hanno dimostrato che anche in questo caso, come per il Quartiere “Martinetta”, l'inconveniente è stato prodotto da errori nelle quote riportate sulla cartografia disponibile, che – in particolare – indica quote più alte rispetto alla realtà per la porzione centrale di V.le Milano.

Pur non modificandosi lo scenario di allagamento della zona, è stato necessario prevedere un'opera aggiuntiva per la messa in sicurezza, in quanto le chiaviche e le paratoie già previste dallo Studio del 2001 eliminano il rischio di allagamento indiretto (per rigurgito dalle rogge), ma non il travalicamento di V.le Milano da parte delle acque in corrispondenza dei massimi livelli idrici di piena di riferimento (200 anni di tempo di ritorno).

Più in particolare, è stata prevista la sistemazione di un muretto e la realizzazione di una serie di opere accessorie nella zona posta immediatamente a nord della porzione centrale di V.le Milano.

Il rilievo eseguito nei giorni immediatamente susseguenti la piena è risultato, inoltre, fondamentale per la più corretta calibrazione del modello di simulazione idraulica utilizzato nell'aggiornamento del 2005, i cui parametri sono stati tarati progressivamente fino ad ottenere la migliore corrispondenza tra risultato del modello e scenario reale. Nella tavola n° D.04.00 sono rappresentate le aree allagate in occasione della piena di fine Novembre 2002 come riprodotte dal modello bidimensionale utilizzato nell'aggiornamento del 2005 nella configurazione dello scenario allora denominato “Stato Attuale”. In corrispondenza di alcuni punti detti di controllo, sono riportate le differenze tra

i tiranti idrici forniti dal calcolo dello “Stato Attuale” riferito al 2005 e quelli misurati in campo durante l’evento del Novembre 2002. Come si vede le differenze sono davvero modestissime ed assolutamente trascurabili, rientrando completamente nelle tolleranze ammesse per questo tipo di elaborazioni.

La taratura così ottenuta è stata utilizzata sia per le simulazione degli eventi di piena sintetici di riferimento effettuate per lo studio del Marzo 2005, sia per le simulazioni effettuate in questa sede, basate su DTM aggiornato con le opere realizzate ad oggi. Tali simulazioni hanno consentito il tracciamento dei limiti di esondazione per differente tempo di ritorno, la classificazione delle aree esondate in funzione del grado di rischio associato, di congegnare la proposta di modifica dei limiti di fascia di cui al PAI e, in questa sede, di confermare la validità e necessità delle opere proposte negli studi precedenti.

## **6. PERIMETRAZIONE DELLE AREE A RISCHIO DI ESONDAZIONE**

Sulla base dei calcoli idraulici eseguiti (vedi elaborato n. A.02.00 – Relazione idraulica), che hanno consentito, in tutto il dominio di calcolo, la determinazione delle quote della superficie del pelo libero e delle velocità della corrente in corrispondenza di piene di assegnato tempo di ritorno, si sono predisposte le seguenti serie di carte: tavole di rappresentazione dei tiranti idrici; tavole di rappresentazione dei livelli d'acqua; tavole di rappresentazione del campo delle velocità (vedi Tavv. allegate dalla D.05.00 alla D.13.00).

Il confronto tra le aree di esondazione risultanti dalla modellazione con i limiti definiti dal PAI, ha riguardato sia il limite tra le fasce "A" e "B", sia quello tra le fasce "B" e "C", sia, infine, quello esterno di fascia "C" ed ha consentito di confermare le proposte di variante dei limiti di progetto tra la fascia "B" e la fascia "C" definiti dal PAI, avanzate nello studio di aggiornamento del 2005.

Inoltre, in funzione delle opere di difesa ad oggi realizzate lungo il territorio comunale, sono state aggiornate le zone ad elevato rischio idrogeologico determinate negli studi precedenti, definite come le aree comprese tra i limiti di progetto tra le fasce "B" e "C", ed il limite delle aree di esondazione in corrispondenza di una piena di 50 anni di tempo di ritorno.

A seguito dell'approvazione dell'ultima edizione del PAI con D.P.C.M. 24/05/01 in G.U. 08/08/01 si sono, infine, delimitate le aree di fascia "C" situate a tergo dei limiti di progetto tra la fascia "B" e la fascia "C", nonché le aree a differente classe di rischio, allo scopo di fornire all'Amministrazione un criterio oggettivo per la valutazione del rischio nelle diverse aree del territorio comunale ed al fine di determinare, per ciascuna di queste, le modalità di applicazione anche parziale, fino all'avvenuta realizzazione delle opere di difesa idraulica, degli articoli presenti nelle N.T.A. del PAI relativi alla fascia "B".

### **6.1 FASCIA "A"**

Si è analizzato il campo di moto relativo alla piena di tempo di ritorno di 200 anni, individuando il tubo di flusso che convoglia una portata idrica pari ad

almeno l'80% del totale e la velocità risulta non inferiore a 0,4 m/s. Dal confronto tra tale zona ed il limite di PAI tra le fasce "A" e "B", emerge quanto segue:

- resta confermato che in corrispondenza del centro abitato la fascia "A" rimane confinata nell'alveo inciso;
- in sponda sinistra, lungo il tratto di fiume a monte del centro abitato, emerge chiaramente come, nelle condizioni attuali, tale fascia tenda ad ampliarsi rispetto all'alveo inciso interessando le aree golenali, dove non sono individuabili consistenti arginature naturali o artificiali. La fascia si appoggia, infatti, al rilevato costituito dalla S.P. n. 25 Lodi-Boffalora d'Adda, staccandosi da questo solo nelle immediate vicinanze del ponte esistente, alla cui spalla sinistra si raccorda. L'avvenuta realizzazione dell'argine nella zona dell'ex stabilimento SICC, atto a difendere e salvaguardare gli insediamenti esistenti nelle immediate vicinanze del fiume, fa sì che la fascia "A" si addossi a tale opera, raccordandosi alla spalla sinistra del ponte esistente secondo l'andamento arginale. A valle del tratto urbano, invece, data l'estrema vicinanza del limite di frontiera del dominio di calcolo con la zona in esame, che comporta influenze inaccettabili delle condizioni al contorno con il campo di moto in output, si è deciso di mantenere il limite tra le fasce "A" e "B" di cui al PAI. Esso segue indicativamente, in un primo tratto, il percorso della Roggia Squintana, seguendo anche l'ansa da essa disegnata, ripercorrendo il limite esterno di un antico meandro del fiume a valle della località Tre Cascine. Successivamente, a valle di tale antico meandro, la fascia "A" si allarga fino alla Cascina Ciribina, per tornare a seguire l'andamento dell'alveo inciso;
- in sponda destra la situazione che si delinea nelle condizioni attuali, mette in luce come, a monte del centro abitato, il deflusso attivo della corrente si estenda fino a via dei Pescatori e via Vecchio Bersaglio. Tuttavia, data la prevista realizzazione "dell'argine di progetto" atto a difendere e salvaguardare gli insediamenti esistenti nelle immediate vicinanze del fiume nella zona compresa tra il ponte esistente e la località "Martinetta", la fascia "A" rimane addossata a tale argine di progetto. A valle del tratto urbano,

nelle condizioni attuali, la fascia “A” si allarga rispetto all’alveo inciso, interessando l’area compresa tra l’alveo e la via Massena, per poi rimanere ben aderente al corso d’acqua. Tuttavia, data la realizzazione dell’argine destro che collega il Ponte Storico con via Battaglia di Cassano, atto a difendere e salvaguardare gli insediamenti nella zona di via Secondo Cremonesi, la fascia “A” rimane addossata a tale argine sino alla nuova rotatoria realizzata prima della rampa di raccordo alla nuova tangenziale e, a valle di essa, rimane addossata alla proposta di nuovo limite di progetto tra la fascia B e C, previsto nello studio di aggiornamento del 2005, atto a salvaguardare gli insediamenti posti in località “Barbina”.

In definitiva i risultati della modellazione 2-D confermano quasi completamente, tenuto conto della previsione dei limiti di progetto di cui al PAI, l’andamento dei limiti tra le fasce “A” e “B” determinati dallo stesso PAI ad eccezione delle zone poste in prossimità di Via Secondo Cremonesi e la località “Barbina” dove si propone di seguire il tracciato del nuovo argine realizzato in sponda destra e la proposta di nuovo limite di progetto tra la Fascia B e C.

## **6.2 FASCIA “B”**

Dal confronto delle aree di esondazione per tempo di ritorno di 200 anni risultanti dalle modellazioni 1-D e 2-D rispettivamente e dei limiti di cui al PAI tra le fasce “B” e “C” riportato nelle Tav. D.20.00 e successive, emerge quanto segue:

- in sponda destra, a monte del centro abitato, l’area di esondazione per T = 200 anni comprende una zona molto vasta, che interessa la località “Capanno” estendendosi al di là della S.S. n. 9 (Emilia), fino al terrazzo morfologico, ricomprendendo la zona della ex caserma dei VV.FF., l’area adiacente viale Dalmazia fino a via Bocconi e Scacchi, il Parco “Isola Carolina”, la parte alta del quartiere “Pratello” da via Giovanni Fe e continuando per via Marco Polo, via Cadamosto e l’area della Ex Marzagalli.

Allo scopo di proteggere questa vasta zona interessata dalle piene duecentennali, il PAI prevede la realizzazione di un’opera di difesa lungo il

cosiddetto limite di progetto tra fascia “B” e fascia “C”, in corrispondenza dell’argine fluviale. Il limite tra le fasce “B” e “C” segue, pertanto, il limite di progetto, mentre nella zona più a monte, dove non è previsto il limite di progetto, si allarga allontanandosi dall’argine fluviale. Le motivazioni che hanno portato alla previsione del limite di progetto vengono confermate dalle verifiche eseguite nello studio del 2005, che, anzi, misero in luce una situazione ancora più critica in sponda destra, a monte del centro abitato. Lo studio di maggior dettaglio, infatti, consentì di definire a rischio idraulico anche tutta la località *Belgiardino*, che – di fatto – anche in occasione dell’evento alluvionale del novembre 2002, venne pesantemente e completamente invasa dalle acque.

Con il presente aggiornamento si conferma quanto messo in luce nello studio del 2005 e si conferma la proposta in esso definita, di includere in fascia “B” tutta la località *Belgiardino*. Inoltre, vengono confermati anche i risultati che hanno permesso la migliore definizione del tracciato del limite di progetto, che dovrà garantire la difesa anche del Quartiere “*Martinetta*” e della zona “*Belgiardino*”. Pertanto, si è ipotizzato che, in località “*Capanno*”, tale limite si debba staccare dall’alveo inciso dell’*Adda* e proseguire verso monte seguendo il percorso della R. *Roggione*, fino ad intersecare la S. P. n° 202 *Lodi – Montanaso Lombardo*.

Nel tratto di attraversamento del centro abitato il PAI prevede la continuazione del limite di progetto di monte, che segue l’argine attuale fino al Centro Sportivo “*Isola Bella*”, per poi allargarsi fino a raggiungere via *Massena*, e successivamente seguire un’esistente strada vicinale fino a valle di C.na *Barbina*. A monte del ponte, in assenza di tale limite di progetto (vedi Tav. D10) l’area di esondazione per  $T = 200$  anni si estende fino al terrazzo morfologico interessando le aree comprese tra il fiume e la via *Defendente*. A valle del ponte, visto che è stato realizzato l’argine destro, che segue *Lungo Adda Napoleone Bonaparte* fino all’*Isola Bella*, allargandosi poi sino alla rotatoria di via *Battaglia di Cassano*, il quartiere del *Borgo Adda* non risultano più allagato mentre sono interessate da allagamenti indiretti le aree poste a tergo di Via *Secondo Cremonesi*.

A valle del centro abitato, in corrispondenza dell'estremo di valle del dominio di calcolo, il limite tra le fasce "B" e "C" individuato dal PAI si allontana dal fiume fino ad appoggiarsi al terrazzo morfologico, includendo l'esistente impianto di depurazione di cui si dirà nel seguito;

- in sponda sinistra, a monte del centro abitato, l'area di esondazione per  $T = 200$  anni si estende fino al rilevato della S.P. n. 25 Lodi-Boffalora d'Adda, superandolo in diversi punti e provocando l'allagamento di alcune aree nelle zone di C.na Pesalupo, località Curletto e C.na Negrina, oltre a tutto il Quartiere "Campo Marte". Tali superamenti non venivano evidenziati nei risultati della modellazione 1-D e non erano previsti dal PAI, il cui limite coincideva con il rilevato della S.P. n. 25. Allo scopo di proteggere la zona compresa tra tale rilevato ed il corso dell'Adda Morta (zona ex stabilimento SICC), parzialmente già urbanizzata e sede di espansione prevista dal PRG comunale, il PAI ha individuato un limite di progetto, che dal ponte esistente segue sostanzialmente il tracciato dell'Adda Morta fino ad appoggiarsi al rilevato della S.P. n. 25. Allo scopo di evitare il superamento della S.P. n. 25 da parte dei livelli idrici di piena di riferimento, con il presente studio si confermano le proposte di nuovi limiti di fascia individuate nello studio del 2005. In particolare, si propone quale nuovo limiti tra la fascia B e C l'argine realizzato in area ex SICC e si conferma la proposta di nuovo limite di progetto lungo la stessa S.P. n. 25 fino alla località dell'ex Colonia Fluviale "Caccialanza".

A valle del ponte ottocentesco l'inesistenza del piano campagna terrazzato fa sì che anche piccole differenze nella determinazione dei livelli idrici si riflettano in significativi scostamenti nel tracciamento dei limiti delle aree di esondazione. L'area di esondazione per  $T = 200$  anni comprende tutta la zona del quartiere "Revellino", fino al Club "Canottieri Adda" ed al rilevato stradale della nuova tangenziale est di Lodi, includendo un'area più ampia rispetto a quanto previsto dal PAI, che indica il limite tra le fasce "B" e "C" in corrispondenza dell'argine fluviale fino al confine di proprietà del citato Club "Canottieri Adda". A valle della nuova tangenziale est la fascia di esondazione risultante dalla modellazione 2-D è più ampia rispetto a quella

di cui al PAI, involupando antichi meandri ben evidenti dall'esame della documentazione fotografica aerea.

La sostanziale maggiore ampiezza delle aree di esondazione rispetto a quanto previsto dal PAI era già stata evidenziata dai risultati della modellazione 1-D della prima fase dello studio del 2005, confermati da questo aggiornamento. E' da segnalare che la località "Tre Cascine" risulta esterna all'area di esondazione essendo ad una quota superiore ai livelli idrici di piena calcolati (è in area esondabile l'allevamento di suini), mentre è compresa tutta una vasta area individuata grosso modo tra C.na Spolverera e l'abitato di Cadilana.

In definitiva, con riferimento alla sponda destra, i risultati della modellazione 2-D confermano completamente, tenuto conto della previsione dei limiti di progetto di cui al PAI, delle proposte di modifica di detti limiti di progetto individuate negli studi precedenti ed ivi confermate e delle opere di difesa ad oggi realizzate, l'andamento del limite tra le fasce "B" e "C" determinati dallo stesso PAI. L'unica differenza si ha nella porzione più di monte del territorio comunale, dove si propone di includere in fascia "B" tutta la località *Belgiardino*, che – di fatto – anche in occasione dell'evento alluvionale del novembre 2002, venne pesantemente e completamente invasa dalle acque.

Anche per quanto riguarda la sponda sinistra, limitatamente alla zona posta a monte del ponte ottocentesco, tenuto conto della previsione dei limiti di progetto di cui al PAI, delle opere di difesa ad oggi realizzate e delle proposte di modifica di detti limiti di progetto, l'andamento del limite tra le fasce "B" e "C" viene confermato. Viceversa, emerge la necessità di proporre alcune variazioni del limite tra le fasce "B" e "C" a valle del vecchio ponte (vedi Tav. D.21.00 e D.22.01-02). Più in particolare, il limite deve seguire un tracciato più lontano dal corso d'acqua, involupando antichi meandri ben evidenti dall'esame della documentazione fotografica aerea e comprendendo la vasta area individuata grosso modo tra C.na Spolverera e l'abitato di Cadilana. Dalla fascia "B" deve, inoltre, essere esclusa la zona della località "Tre Cascine", posta ad una quota sopraelevata rispetto a quella della campagna circostante.

La zona dell'allevamento di suini deve, invece, essere ricompresa in fascia "B".

Le sostanziali differenze riscontrate tra i limiti calcolati e quelli di PAI possono presumibilmente ricondursi alle maggiori informazioni a disposizione degli scriventi rispetto all'Autorità di Bacino, che, avendo lavorato alla scala 1:10.000, non ha potuto scendere nel dettaglio della morfologia dei luoghi ed alla maggiore precisione dei risultati ottenuti dal presente studio, per via dell'utilizzo di un modello di simulazione bidimensionale, che ha potuto essere convenientemente calibrato anche grazie alle ulteriori preziose informazioni ricavate dalla citata campagna di integrazione topografica e batimetrica svoltasi nella primavera 2000 ed aggiornato in funzione delle opere di difesa ad oggi realizzate.

### **6.3 FASCIA "C"**

Dal confronto eseguito emerge che il limite esterno di fascia "C" di cui al PAI ed il limite di esondazione calcolato per  $T = 500$  anni sostanzialmente coincidono tra loro aderendo al terrazzo morfologico, ad eccezione che nelle seguenti zone:

#### **Sponda destra**

- nelle zone del "Pratello" e di via Defendente, la fascia "C" deve essere considerata un po' più ampia di quella indicata dal PAI;
- lungo la S.S. n. 9 (Emilia), nelle zone del nuovo tribunale e della rotatoria per Montanaso Lombardo, la fascia "C" deve essere considerata meno ampia di quella indicata dal PAI.

#### **Sponda sinistra**

Come già detto con riferimento al limite tra le fasce "B" e "C", l'inesistenza del piano generale terrazzato fa sì che anche piccole differenze nella determinazione dei livelli idrici si riflettano in significativi scostamenti nel tracciamento dei limiti delle aree di esondazione. Tenuto conto di questa circostanza, si può senz'altro affermare che non vi sono grandi differenze tra il limite esterno di fascia "C" di cui al PAI ed il limite delle aree di esondazione per  $T = 500$  anni, pur dovendo considerare come più preciso il limite calcolato con il presente studio. In particolare, risulta che:

- a monte del cimitero in *Fraz. Riolo* la fascia “C” deve essere considerata meno ampia di quella indicata dal PAI;
- a valle del cimitero in *Fraz. Riolo* (cimitero compreso) la fascia “C” deve essere considerata un po’ più ampia di quella indicata dal PAI ad eccezione della zona di alcuni edifici industriali ubicati tra *C.na Spolverera* e *C.na Incantonata*;

#### **6.4 PROPOSTE DI VARIANTE DEI LIMITI DI PROGETTO INDICATI DAL PAI**

In questa sede vengono riportate le proposte di variante dei limiti di progetto indicati dal PAI individuate nello studio del 2005 e confermate dai risultati del presente studio di aggiornamento, determinati in funzione delle opere di difesa ad oggi realizzate sul territorio comunale.

Dal confronto tra il limite delle aree di esondazione per  $T = 200$  anni e limite tra le fasce “B” e “C” di cui al PAI (vedi Tav. D.22.01), è emersa la necessità di proporre alcune modifiche ed integrazioni ai limiti di progetto previsti dall’Autorità di Bacino.

E’ da segnalare che già a conclusione della prima fase sono state proposte alcune varianti ai limiti di progetto previsti dal PAI. Tali modifiche ed integrazioni, che sono state accolte e recepite dall’ultima edizione del PAI pubblicata in G.U. n° 183 del 08/08/01, sono, in sintesi, le seguenti:

- in sponda destra, a valle del centro abitato, il PAI comprende all’interno della fascia “B” l’esistente impianto di depurazione comunale. Allo scopo di proteggere una struttura di tale rilevanza, stanti i gravi rischi di ordine strutturale e, soprattutto, ambientale cui sarebbe esposta la struttura stessa in occasione di inondazioni, è stato previsto un limite di progetto tra le fasce “B” e “C” che segue il percorso della Roggia Molina ricongiungendosi al limite di PAI a valle del rilevato della nuova tangenziale, seguendone l’andamento;
- sempre in sponda destra, nella zona sottostante al terrazzo morfologico compresa tra l’impianto di depurazione e le aree urbanizzate, allo scopo di consentire la realizzazione della prevista nuova strada di PRG, è stato previsto un leggero arretramento del limite di progetto tra le fasce “B” e “C”;

- ancora in sponda destra, immediatamente a valle del Centro Sportivo “Isola Bella”, è stato previsto che il limite di progetto tra le fasce “B” e “C” difenda l’area compresa tra la nuova tangenziale est ed il Centro Sportivo “Isola Bella”, dove il PRG comunale prevedeva futuri sviluppi. In parte alcune zone a valle del ponte storico sono attualmente poste in sicurezza grazie alla realizzazione del nuovo argine destro, compreso tra il ponte e la rotatoria posta a valle dell’Isola Bella. Quindi lungo il tracciato del nuovo argine viene proposto il nuovo limite tra la Fascia B e C;
- in sponda sinistra, a monte del ponte esistente, è stata prevista la rettifica del limite originario già previsto dal PAI, al fine di rispettare il limite del vincolo paesaggistico di 150 m definito dal D.L. 27.06.85 n. 312, convertito dalla legge 8.8.85 n. 431 (legge Galasso). In parte tale limite è già stato definito con la realizzazione del nuovo argine in zona ex SICC, per cui lungo il suo tracciato viene proposto il nuovo limite tra la Fascia B e C.

A seguito dei risultati dell’applicazione del modello bidimensionale di simulazione idraulica, con la seconda fase dello Studio rassegnata all’Amministrazione comunale nel luglio 2001 ed approvata in Consiglio comunale nel settembre 2001, è stata proposta un’integrazione ai limiti di progetto tra le fasce “B” e “C” previsti dal PAI. Tale proposta viene confermata anche dai risultati emersi da questo studio di aggiornamento.

In particolare, dall’applicazione del modello è emersa una situazione di rischio riguardante tutta la zona abitata in sinistra Adda compresa tra il ponte ottocentesco ed il rilevato della nuova tangenziale est.

Allo scopo di difendere tale zona si è previsto un limite di progetto che, secondo il tracciato evidenziato nell’allegata tav. D.22.01, collega la spalla sinistra di valle del ponte con il rilevato della nuova tangenziale est in prossimità di Molino Contarico. Inoltre, a differenza dello Studio del 2001, in cui veniva proposta la realizzazione di un limite di progetto a difesa dell’esistente isolato condominio situato in Via Po, immediatamente alle spalle del Circolo “Canottieri Adda”, si è deciso di inglobare tale condominio nel limite di progetto di cui sopra (spalla sx del ponte – Molino Contarico).

A seguito dell'aggiornamento del 2005, infine, è emersa la necessità di proporre ulteriori modifiche ai limiti di progetto tra le fasce "B" e "C" riguardanti tre zone. Queste proposte sono state confermate dai risultati di questo studio di aggiornamento, nel quale sono state anche evidenziate le proposte di limite di progetto che, a causa della realizzazione di alcune opere di difesa, si sono tramutate in limite tra la Fascia B e C.

Zona in sponda destra del F. Adda immediatamente a valle del Centro Sportivo

Isola Bella: nello studio del 2005 si propose l'arretramento del limite di progetto tra le fasce "B" e "C" rispetto alla sponda destra del corso d'acqua, seguendo un percorso che lambisce il parcheggio dell'ospedale e che si congiunge con la scarpata della rampa di risalita alla tangenziale est. L'Amministrazione comunale, infatti, decise di non procedere all'urbanizzazione di tale zona. La realizzazione dell'argine destro, che si estende dal ponte storico alla rotatoria lungo la rampa di raccordo alla tangenziale est, modifica in parte tale proposta rendendo di fatto il tracciato della nuova opera una proposta di nuovo limite tra la Fascia B e C. Il rimanente tratto di nuovo limite di progetto proposto rimane comunque inalterato.

Si propone, inoltre, l'eliminazione del limite di progetto a protezione dell'impianto di depurazione e di provvedere alla difesa dell'impianto stesso mediante la realizzazione di due chiaviche sulle rogge *Molina* e *Molinetta* ed il rialzamento del terreno in corrispondenza degli esistenti fornicci lungo il rilevato stradale della tangenziale. Tali opere saranno ubicate lungo il tracciato del detto rilevato che, pertanto, materializzerà il nuovo limite di progetto tra le fasce "B" e "C" proposto.

Zona in sponda destra del F. Adda a monte della località "Capanno"

La correzione delle quote di campagna del Quartiere "Martinetta" effettuata nello studio del 2005 ha fatto emergere le condizioni di rischio in cui versa tutto il quartiere, come peraltro evidenziato dagli allagamenti verificatisi durante l'alluvione del novembre 2002 e confermato dai risultati del presente studio. Allo scopo di proteggere tale zona residenziale e sede di alcune attività produttive, si propone il prolungamento verso monte del limite di progetto già previsto dal PAI che si estende in sponda destra da monte del ponte

ottocentesco, fino alla S.P. n°202 Lodi – Montanaso Lombardo, secondo un tracciato che si allontana progressivamente dall’Adda, seguendo la Roggia Roggione.

Zona in sponda sinistra a monte del ponte ottocentesco

Le simulazioni idrauliche condotte nell’ambito dello studio del 20054 e confermate dal presente aggiornamento hanno fatto emergere la possibilità che, in occasione di eventi di piena estremi, la S.P. n° 23 possa essere scavalcata dall’acqua in più punti. Per questo motivo è stato già proposto, nell’ambito del coordinamento tra i vari Enti interessati, il prolungamento verso monte del limite di progetto tra le fasce “B” e “C” fino all’ex *Colonia Fluviale “Caccialanza”*. L’opera di prolungamento, interamente finanziata dalla Provincia di Lodi, è stata approvata in Conferenza dei Servizi nell’ottobre 2004 ed è attualmente in corso la fase di progettazione esecutiva. Nell’ambito del citato coordinamento tra i vari Enti interessati, inoltre, l’Amministrazione comunale ha proposto l’ulteriore arretramento del limite di progetto nella zona ex SICC. L’opera, finanziata in parte dalla Regione Lombardia ed in parte dall’Amministrazione comunale di Lodi, è stata approvata in Conferenza dei Servizi nel gennaio 2004 ed è attualmente realizzata ma non collaudata.

**6.5 DEFINIZIONE DELLE ZONE AD ELEVATO RISCHIO IDROGEOLOGICO  
(ZONE B-PR)**

La definizione delle zone ad elevato rischio idrogeologico è stata condotta individuando le aree di esondazione in corrispondenza di eventi alluvionali associati ad un tempo di ritorno pari a 50 anni (vedi Tav. D.05.00-D.06.00-D.07.00) eccedenti i limiti di progetto tra le fasce B e C.

Tali aree sono state rappresentate nella Tav. D.22.03 e sono, in sintesi, le seguenti:

- in sponda sinistra, a monte del ponte esistente, l’area compresa tra il limite tra le fasce “B” e “C” ed il rilevato della S.P. n. 25 Lodi-Boffalora d’Adda. Tale zona risulta meno ampia rispetto a quella risultante dallo studio del 2005, non comprendendo l’area posta a tergo del nuovo argine realizzato in zona ex SICC;

- in sponda destra, a monte del ponte esistente, la zona di via Defendente, la zona del “Capanno” (via del Capanno, via V. Bersaglio, via dei Pescatori, ecc.), il Quartiere “Martinetta” e tutti i campi compresi tra questo, viale Milano e la zona “Capanno”. Tutta tale area risulta meno ampia rispetto a quella indicata nell’ambito dello studio del 2005, per via della realizzazione di alcune opere di difesa tra cui: le chiaviche sulle Rogge Gaetana e Gelata.
- in sponda destra, a valle del ponte esistente, l’area di esondazione per  $T = 50$  anni è molto più ampia rispetto a quella calcolata nell’ambito dello studio del 2001 e prima fase dello studio del 2005, per via sia della più volte richiamata maggior aderenza alla realtà dei fenomeni fisici del modello 2-D rispetto a quello 1-D, sia del maggior dettaglio topografico disponibile rispetto alla stessa prima fase grazie ai risultati della campagna di integrazione topografica condotta nella primavera 2000. comunque, risulta meno ampia dell’area calcolata nello studio del 2005 a causa della realizzazione dell’argine destro che si estende dal Ponte Storico alla nuova rotonda lungo Via Battaglia di Cassano, a valle dell’Isola Bella. In sostanza, appartengono alla zona B-PR tutte le zone ad est di via S. Cremonesi e l’area dell’impianto di depurazione comunale. Rispetto allo studio del 2005 non risulta più appartenere alla zona B-PR l’area del quartiere Borgo Adda.

#### **6.6 DELIMITAZIONE DELLE AREE DI FASCIA “C” SITUATE A TERGO DEI LIMITI DI PROGETTO TRA LE FASCE “B” E “C”**

L’art. 31 comma 4 delle Norme Tecniche di Attuazione del PAI, approvato con D.P.C.M. 24/05/01 IN G.U. 08/08/01, stabilisce che *“competete agli strumenti di pianificazione territoriale ed urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti per i territori ricadenti in fascia C”*.

Inoltre, al successivo comma 5 dello stesso art. 31 delle N.T.A. – PAI, si legge che *“Nei territori di fascia “C”, delimitati con segno grafico indicato come limite di progetto tra la fascia “B” e la fascia “C” nelle tavole grafiche, (omissis) i Comuni competenti, in sede di adeguamento degli strumenti urbanistici, (omissis), sono tenuti a valutare le condizioni di rischio e, al fine di minimizzare le stesse ad applicare anche parzialmente, fino all’avvenuta*

*realizzazione delle opere, gli articoli delle presenti Norme relative alla fascia “B”, (omissis)”.*

Allo scopo di classificare le condizioni di rischio si sono seguite le indicazioni di cui alla D.G.R. 11 dicembre 2001 – n° 7/7365 pubblicata sul B.U.R.L. – 2° Suppl. Straordinario al n° 51 – 20 dicembre 2001 e ripreso dall’Allegato 4 alla D.g.r. del 28 maggio 2008 n. 8/7374.

In particolare, gli Allegati 2 e 3 alla citata D.G.R. 02/12/2001, n° 7/7365 definiscono, rispettivamente, *il metodo semplificato* ed *il metodo di approfondimento* per l’effettuazione delle verifiche riguardanti le aree di esondazione situate a tergo del *limite di progetto tra la fascia “B” e la fascia “C”* e per procedere alla classificazione delle aree stesse in termini di rischio idraulico.

Le diverse condizioni di rischio sono definite come segue:

- |                    |  |
|--------------------|--|
| moderato (R1)      | per il quale sono possibili danni sociali ed economici marginali;  |
| medio (R2)         | per il quale sono possibili danni minori agli edifici e alle infrastrutture che non pregiudicano l’incolumità delle persone, l’agibilità degli edifici e lo svolgimento delle attività socio-economiche;   |
| elevato (R3)       | per il quale sono possibili problemi per l’incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi e l’interruzione delle attività socio-economiche, danni al patrimonio culturale; |
| molto elevato (R4) | per il quale sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici e alle infrastrutture, danni al patrimonio culturale.  |

La citata D.G.R. 11 dicembre 2001 – n° 7/7365, ripreso dall’Allegato 4 alla D.g.r. del 28 maggio 2008 n. 8/7374 stabilisce che la quantificazione del rischio debba essere effettuata sulla base di diversi parametri, quali: la probabilità di esondazione, i livelli idrici, le velocità di scorrimento, l’analisi

delle tipologie insediative attuali e di quelle previste dallo strumento urbanistico.

Le aree caratterizzate da un livello di rischio R1 o R2 possono ritenersi generalmente in condizioni di compatibilità, mentre quelle caratterizzate da livelli di rischio R3 ed R4 sono da ritenersi in condizioni di non compatibilità.

In particolare, le aree caratterizzate da livelli di rischio R3 vengono definite come aree urbanizzabili con accorgimenti costruttivi che impediscano danni a beni e strutture e/o che consentano la facile ed immediata evacuazione dell'area inondabile da parte di persone e beni mobili; le aree caratterizzate da livelli di rischio R4 vengono, invece, definite come aree pericolose ed incompatibili con qualunque tipo di infrastruttura di urbanizzazione (edifici, industrie, depositi, parcheggi, ecc.).

Allo scopo di distinguere, all'interno dei territori di fascia "C" delimitati con segno grafico indicato come limite di progetto tra la fascia B e la fascia C", le aree a rischio elevato (R3) dalle aree a rischio molto elevato (R4), si è utilizzato il grafico riportato nell'Allegato 3 alla citata D.G.R. 11 dicembre 2001 – n° 7/7365 e ripreso dall'Allegato 4 alla D.g.r. del 28 maggio 2008 n. 8/7374.

Tale grafico consente, per ciascuna porzione del territorio, noti il battente idrico di piena (differenza tra il livello di piena ed il piano campagna) e la velocità della corrente, di stabilirne l'appartenenza all'una o all'altra classe di rischio.

Nella tavola D.23.01 sono riportate, con campiture di differente colorazione le aree a rischio elevato (R3) e le aree a rischio molto elevato (R4) calcolate nello studio del 2005, prima che venissero realizzate alcune opere di difesa idraulica ad oggi presenti sul territorio comunale. Nella tavola D.23.02 sono riportate, con campiture di differente colorazione le aree a rischio elevato (R3) e le aree a rischio molto elevato (R4) calcolate nel presente studio di aggiornamento. La tavola D.23.01 (Stato Attuale al 2005) è stata allegata al presente studio per consentirne il confronto con la tavola D.23.02 (Stato Attuale ad oggi), in modo da mettere in risalto il beneficio ottenuto, in termini di sicurezza, dal territorio comunale dopo la realizzazione di alcune opere di difesa.

Per evitare un eccessivo appesantimento della tavola non sono state campite le altre aree, quelle cioè caratterizzate da un livello di rischio R1 o R2 e, pertanto, ritenute in condizioni di compatibilità.

Allo scopo, inoltre, di comprendere intuitivamente il beneficio, in termini di difesa idraulica, conseguente alla realizzazione di tutti i limiti di Progetto tra la fascia “B” e la fascia “C”, si sono prodotte le tavole D.25.00 e D.26.00, nelle quali sono evidenziate, con campiture di differente colorazione, le aree R3 ed R4 residue. Sulla stessa tavola sono anche evidenziate le ulteriori aree che vengono poste in sicurezza idraulica mediante la realizzazione dei limiti di progetto aggiuntivi, non ancora realizzati, proposti con il presente studio, nonché le aree che verrebbero poste in sicurezza idraulica mediante la realizzazione dei limiti di progetto indicati dal PAI, di cui si propone l’abolizione.

E’ stata, infine, prodotta la tavola D.27.00, nella quale si sono associate le diverse opere denominate “limiti di progetto” con le aree che vengono poste in sicurezza idraulica o sono già state poste in sicurezza attraverso la loro realizzazione.

L’utilità di tale tavola è soprattutto gestionale, in quanto la sua consultazione potrà fornire all’Amministrazione importanti indicazioni sulle priorità d’intervento, che potranno essere stabilite in funzione del rapporto costi-benefici associato alla realizzazione delle singola opere.

A puro titolo esemplificativo si segnala come la realizzazione delle due chiaviche sulle Rogge Gelata e Gaetana e delle paratoie sulla Roggia Valentina abbia consentito, a fronte di una spesa tutto sommato molto contenuta, la messa in sicurezza di un’ampia zona corrispondente a tutto il territorio a sud del vecchio tracciato della S.S. n° 9 (Emilia), oggi Viale Milano.

## **7. OPERE PROPOSTE PER LA DIFESA IDRAULICA DI LODI**

### **7.1 GENERALITÀ**

In funzione dei risultati ottenuti dalla simulazione idraulica degli eventi di piena di riferimento, sono state confermate le opere, realizzate e non ancora realizzate, definite nello studio del 2005 e necessarie per la protezione delle aree urbanizzate attualmente soggette a rischio, proponendo anche una scala di priorità per l'esecuzione dei relativi interventi.

A questo proposito è bene sottolineare che la definizione delle opere di difesa è stata condotta con riferimento al solo ambito locale (Comune di Lodi) e non all'intero bacino dell'Adda. In altri termini, non si sono fatti ragionamenti relativi all'abbattimento delle massime portate di piena mediante laminazioni a monte da effettuarsi sull'Adda e/o sul Brembo; interventi senz'altro opportuni, che potranno essere pianificati dall'Autorità di Bacino del Po e che, probabilmente, potranno essere realizzati in tempi piuttosto lunghi. Si sono, invece, immaginati interventi che, dati i più contenuti costi ed estensioni (circoscritte al solo ambito comunale), potranno essere realizzati in tempi relativamente brevi ed offrire, pertanto, in attesa della realizzazione degli interventi che verranno pianificati a scala di bacino, un idoneo grado di protezione alle popolazioni attualmente a rischio.

Le opere ritenute necessarie per la difesa idraulica di Lodi in parte ricalcano quelle previste dall'originaria stesura del PAI e in parte costituiscono variante ad esse, in aggiunta, o modifica. Le aggiunte e/o modifiche, in particolare, si sono rese necessarie sia perché suggerite dal maggior grado di dettaglio in termini di conoscenza e caratterizzazione del territorio che contraddistingue lo studio effettuato rispetto alla scala di bacino del PAI, sia allo scopo di difendere zone, che l'evento calamitoso del Novembre 2002 e/o i risultati della modellazione idraulica bidimensionale hanno classificato a rischio, a differenza delle ipotesi iniziali di PAI.

E' stato, inoltre, possibile definire, sebbene solo in linea di larga massima, il costo di ciascuna delle opere previste, nonché una graduatoria di priorità da

seguire nella realizzazione degli interventi, in modo da dar precedenza alle opere caratterizzate da un più basso rapporto costi/benefici.

La modellazione ha consentito, infine, di fare chiarezza sull'opportunità o meno di procedere a determinati interventi, quali l'asportazione dell'isolotto esistente a valle della briglia, l'escavazione generalizzata in alveo per l'abbassamento del fondo, ecc.

E' bene, infine, sottolineare come il quadro di tutte le opere previste per il raggiungimento delle condizioni di compatibilità in termini di difesa idraulica della città di Lodi siano state, a seguito di specifici incontri, condivise a tutti i livelli, tanto che alcune di tali opere risultano allo stato attuale realizzate ed altre in fase di realizzazione o già finanziate e approvate nell'ambito di apposite Conferenze dei Servizi.

## **7.2 DESCRIZIONE DELLE OPERE DI DIFESA IDRAULICA E STATO DELLA PROGETTAZIONE E DEL FINANZIAMENTO**

La simulazione idraulica effettuata ha permesso di definire una serie di opere per la difesa idraulica delle porzioni di territorio comunale di Lodi urbanizzate e soggette ad esondazione. Tali opere sono le seguenti:

- 1) realizzazione di n° 2 chiaviche sulle Rogge Gelata e Gaetana e di una paratoia di chiusura sulla Roggia Sandona, all'altezza degli attraversamenti di V.le Milano, di una paratoia sulla Roggia Valentina a nord di V.le Milano e di un muretto di contenimento in corrispondenza della porzione più depressa di V.le Milano, grosso modo all'altezza dello svincolo semaforico di Via Cadamosto. Tali opere sono in grado di risolvere definitivamente i problemi di rischio idraulico di tutto il Quartiere "Pratello" dovuti ad allagamenti diretti da Adda e da rigurgiti delle rogge, senza provocare apprezzabili peggioramenti, valutati nell'ordine di circa 3÷5 cm di incremento di livello idrico (in condizioni di piena duecentennale), nelle altre zone a rischio poste a monte del ponte vecchio (per esempio le zone della "Martinetta", del "Capanno" e della ex "SICC", ma non, ad esempio, le zone del "Borgo Adda" e della "Selvagrega"). Tali opere, ad eccezione di una porzione del muretto di contenimento lungo V.le Milano, sono già state realizzate e collaudate;

- 2) realizzazione, in sponda sinistra idrografica, immediatamente a monte del ponte vecchio, dell'argine a protezione della zona ex "SICC". Tale opera, che si estende dalla spalla sinistra del vecchio ponte fino alla rotatoria viaria di C.na Negrina, è in grado di eliminare il rischio idraulico della porzione del Quartiere "Revellino" posta tra argine, Via Cavallotti e S.P. n° 25, senza provocare alcun un incremento del livello idrico di piena nelle altre zone. Tale opera è già stata realizzata ed è attualmente in corso il collaudo;
- 3) realizzazione, in sponda sinistra idrografica, a monte del ponte vecchio, dell'arginatura lungo la S.P. n° 25 Lodi-Boffalora d'Adda nel tratto compreso tra la rotatoria viaria di C.na Negrina e la Colonia fluviale "Caccialanza", nonché della chiavica sulla Roggia Mozzanica. Tale opera sarà in grado di ridurre significativamente il rischio idraulico dei Quartieri "Campo Marte" e "Revellino" e, più in generale, di tutto l'oltre Adda urbanizzato, provocando un incremento del livello idrico a monte del ponte vecchio, che il modello di simulazione idraulica valuta, in corrispondenza della piena di riferimento duecentennale, in ragione di circa 15 cm. Tale opera è già stata finanziata. Il progetto definitivo è stato redatto dall'Amministrazione provinciale ed approvato in sede di Conferenza dei Servizi. È attualmente in corso la fase di perfezionamento del passaggio dei documenti tecnici dall'Amministrazione Provinciale al Comune di Lodi, che redigerà il Progetto Esecutivo;
- 4) realizzazione, in sponda destra idrografica, a monte del ponte ottocentesco, dell'arginatura nel tratto compreso tra la spalla destra del ponte vecchio e la S.P. n° 202 Lodi-Montanaso Lombardo, nonché della chiavica sulla Roggia Roggione in corrispondenza della confluenza in Adda. Tale opera sarà in grado di risolvere definitivamente i problemi di rischio idraulico dei Quartieri "Martinetta", "Bersaglio", "Capanno", della zona di Via Defendente Lodi ed, in generale, di tutto il territorio posto in destra idrografica a monte del ponte vecchio, provocando un incremento del livello idrico a monte del ponte vecchio stesso, che il modello di simulazione idraulica valuta, in corrispondenza della piena di riferimento

- duecentennale, in ragione di 4÷5 cm. Tale opera è già stata finanziata ed è attualmente in corso di progettazione da parte di AIPO;
- 5) realizzazione, a valle del ponte vecchio, in sponda destra idrografica, dell'arginatura/ muratura, che si estende dalla spalla destra del ponte all'esistente rampa di accesso di Via G. Massena alla nuova Tangenziale Est. Tale opera, in aggiunta a quanto previsto al successivo punto 6), sarà in grado di risolvere definitivamente i problemi di rischio idraulico dei Quartieri "Selvagrega", "Isola Bella" e "Borgo Adda", senza provocare alcun un incremento del livello idrico di piena nelle altre zone. Tale opera è già stata realizzata ed è attualmente in corso il collaudo;
  - 6) realizzazione, a valle del ponte vecchio, in sponda destra idrografica, delle chiaviche sulle Rogge Molina e Molinetta in corrispondenza degli attraversamenti del rilevato della tangenziale e dei dossi viari all'altezza delle intersezioni tra detto rilevato e le esistenti strade campestri. Di tali opere, che saranno in grado di risolvere definitivamente i problemi di rischio idraulico dell'esistente impianto di depurazione, è stato redatto il Progetto Definitivo da parte del Comune di Lodi;
  - 7) realizzazione, a valle del ponte vecchio, in sponda sinistra idrografica, dell'arginatura, che si estenderà dalla spalla sinistra del ponte all'esistente rilevato della nuova Tangenziale Est in zona "Molino Contarico". Tale opera, che sarà in grado di risolvere definitivamente i problemi di rischio idraulico della porzione del Quartiere "Revellino", senza provocare alcun un incremento del livello idrico di piena nelle altre zone, non ha attualmente copertura finanziaria e non è in corso alcuna attività progettuale;
  - 8) realizzazione, a valle del ponte vecchio, in sponda sinistra idrografica, di un modesto rilevato attorno all'esistente condominio di Via Po. Tale opera, che sarà in grado di risolvere definitivamente i problemi di rischio idraulico del detto condominio di Via Po, senza provocare alcun un incremento del livello idrico di piena nelle altre zone, non ha attualmente copertura finanziaria e non è in corso alcuna attività progettuale;

- 9) formazione, in corrispondenza della sponda sinistra del vecchio ponte, di una campata aggiuntiva, rettifica del coronamento della briglia esistente con abbassamento della porzione sinistra a livello di quella destra e pulizia d'alveo in sinistra idraulica sia a monte, che a valle del vecchio ponte. La formazione della campata aggiuntiva ha lo scopo di aumentare la sezione libera per il deflusso in corrispondenza del vecchio ponte, mentre la pulizia d'alveo e la rettifica della briglia serviranno ad incrementare l'efficacia idraulica delle campate in sinistra rispetto alla situazione attuale. Tali opere, che produrranno una diminuzione dei livelli idrici a monte del ponte vecchio dell'ordine di 5÷10 cm, non hanno attualmente copertura finanziaria, ma sono state inserite nel Progetto Preliminare dell'argine sinistro a protezione dell'area ex SICC già realizzato;
- 10) abbassamento della briglia esistente a valle del ponte vecchio di circa 1÷1,5 m e ristrutturazione del corazzamento dell'esistente isolotto. A tale abbassamento, che produrrà una diminuzione dei livelli idrici a monte della briglia (e del ponte vecchio) di circa 10 cm al massimo, si accompagnano il consolidamento delle fondazioni del ponte vecchio, in modo da evitare che la diminuzione delle quote di fondo alveo a monte della briglia provochi la crisi statica delle pile in alveo, il consolidamento dell'isolotto ed il corazzamento del fondo alveo immediatamente a valle del ponte. Tali opere sono attualmente in fase di realizzazione da parte del Comune di Lodi.

### 7.3 COSTO DELLE OPERE

#### 7.3.1 Opere già realizzate

Comprendendo in questa categoria sia le opere già collaudate, sia quelle realizzate ed ancora in corso di collaudo, si ha il seguente riepilogo (in milioni di euro):

• Chiaviche su Rogge Gaetana e Gelata e chiaviche su Roggia Valentina	M€ 0,80
• Argine in sponda sinistra a monte del ponte (ex SICC)	M€ 2,40
• Argine in sponda destra a valle del ponte	<u>M€ 1,15</u>
<b>Totale</b>	<b>M€ 4,35</b>

**7.3.2 Opere in corso di realizzazione**

Compongono questa categoria unicamente il consolidamento statico delle pile del ponte storico, l'abbassamento della briglia fluviale, il consolidamento dell'isolotto ed il corazzamento del fondo alveo, immediatamente a valle del ponte.

**Totale stimata a progetto complessiva pari a** **M€ 2,14**

**7.3.3 Opere progettate o in fase di progettazione**

Sono le seguenti:

- Argine in sponda destra a monte del ponte (AIPO) M€ 5,00
- Argine in sponda sinistra a monte del ponte e nel tratto tra la rotonda di Viale Piave ed il centro ricreativo "Colonia Caccialanza" (Provincia di Lodi – Comune di Lodi) M€ 3,00
- Chiavica sulla Roggia Molina in corrispondenza del rilevato della tangenziale Est e chiusura dei varchi esistenti (Comune di Lodi) M€ 1,26

**Totale** **M€ 9,26**

**7.3.4 Opere non ancora progettate**

Comprendono:

- arginatura in sponda sinistra a valle del ponte vecchio M€ 0,80
- rilevato attorno all'esistente condominio di Via Po M€ 0,10
- campata aggiuntiva in sinistra del ponte vecchio M€ 1,20

**Totale** **M€ 2,10**

**7.3.5 Riepilogo**

In definitiva l'impegno economico complessivo per la realizzazione di tutte le opere di difesa idraulica della città di Lodi è il seguente:

Totale Opere già realizzate	M€ 4,35
Totale in corso di realizzazione	M€ 2,14
Totale progettate o in fase di progettazione	M€ 9,26
Totale opere non ancora progettate	<u>M€ 2,10</u>
<b>Totale complessivo</b>	<b>M€17,85</b>

#### 7.4 PRIORITÀ D'INTERVENTO

Non considerando le opere già realizzate, che già attualmente esplicano la loro funzione di protezione di estese porzioni dell'abitato, la definizione di una scala di priorità per la realizzazione delle sopracitate opere di difesa deve tener conto di differenti criteri, tra cui:

- il numero di abitanti, l'estensione della superficie del territorio protetto e l'uso del suolo;
- il costo delle opere;
- l'eventuale aggravio, in termini di rischio idraulico complessivo delle aree/popolazioni non protette.

Per quanto riguarda il numero di abitanti e l'estensione della superficie di territorio protetto, possono desumersi informazioni dall'esame della cartografia. I metodi più moderni, in questo senso, prevedono di associare alle varie zone a rischio del territorio alcuni indicatori, che, opportunamente elaborati, consentono di ricavare un indice di richiesta di protezione.

Con riferimento al costo delle opere, vale quanto detto al paragrafo precedente.

Per quanto riguarda l'eventuale aggravio in termini di rischio idraulico complessivo (livelli idrici e velocità della corrente) delle aree/popolazioni non protette, va rilevato che, in caso di realizzazione di un'opera che comporti un tale aggravio, ad essa sarebbe auspicabile ed opportuno associare, o far precedere (o, al limite, far seguire a breve distanza di tempo) interventi che compensino l'aggravio stesso, in modo da avere, ad opere realizzate, lo stesso scenario in termini di livelli idrici di piena, con il vantaggio della protezione idraulica di intere porzioni di territorio.

Da questo punto di vista, le opere a valle del vecchio ponte – sia in destra, sia in sinistra idraulica – potranno essere realizzate a prescindere, in quanto la loro esecuzione non comporta aggravii in termini di aumento del rischio idraulico di alcuna porzione del territorio comunale.

Cercando, quindi, di schematizzare le priorità, è possibile stilare una sorta di graduatoria secondo la quale dovrebbero essere realizzati gli interventi. Dando, come detto, per eseguite le arginature in sponda sinistra a monte del ponte vecchio e l'abbassamento della briglia esistente con il consolidamento delle

fondazioni del vecchio ponte, si propone in questa sede la seguente scala di priorità redatta con riferimento ad esigenze di tipo idraulico.

#### **7.4.1 Interventi a monte del ponte vecchio**

1. campata aggiuntiva in sinistra del ponte vecchio;
2. arginatura in sponda destra a monte del ponte vecchio e chiavica sulla R. Roggione;

#### **7.4.2 Interventi a valle del ponte vecchio**

Da un punto di vista idraulico potranno essere realizzati secondo una sequenza qualsiasi, poiché la loro esecuzione non comporta aggravii in termini di aumento del rischio idraulico di alcuna porzione del territorio comunale.

### **7.5 ULTERIORI RISULTATI DELLA MODELLAZIONE**

Le simulazioni effettuate nell'ambito dello studio idraulico hanno messo in evidenza altre importanti circostanze, che vengono sinteticamente riassunte nel seguito.

- a) l'eventuale abbassamento della briglia esistente a valle del ponte vecchio per più di circa 1÷1,5 m rispetto alle quote attuali, non comporterebbe alcun beneficio aggiuntivo in termini di riduzione dei livelli idrici di piena a monte. Ciò è dovuto all'esistenza di un importante restringimento d'alveo a valle (in zona Isola Bella), che funziona da sezione limitante e provoca rigurgito idraulico verso monte, in grado, in condizioni di piena duecentennale, di "annegare" la briglia;
- b) per lo stesso motivo di cui al precedente punto a), risulterebbe praticamente priva di senso l'eliminazione dell'esistente isolotto posto immediatamente a valle della briglia. In sostanza, il vero "tappo idraulico" è costituito dal restringimento d'alveo di valle, che, provocando rigurgito a monte, determina – in piena – condizioni di dinamica fluviale relativamente lenta e favorisce la deposizione del materiale solido trasportato dalla corrente. L'isolotto, creatosi peraltro spontaneamente, non fa altro che anticipare di circa 150 m il restringimento dell'Isola Bella, senza modificare in modo sostanziale – se non localmente – il campo di moto di piena. Per tali motivazioni, anzi, è del tutto ipotizzabile che la sua eventuale asportazione

sarebbe seguita da nuovi depositi di materiale, fino, al limite, alla sua formazione ex novo;

- c) a differenza della briglia, il vecchio ponte risulta sconnesso dal citato restringimento dell'Isola Bella. Il rigurgito idraulico provocato dal restringimento, cioè, non è in grado di annegare il rigurgito provocato dal ponte. A questo proposito è stata effettuata la simulazione della piena duecentennale con riferimento alle condizioni attuali, ma togliendo il vecchio ponte dal modello digitale del terreno (DTM). Il risultato emerso è che il livello idrico a monte risulterebbe più basso di circa 1,20 m. In altri termini, la presenza del ponte, anzi delle otto ingombranti pile in alveo, provoca un incremento dei livelli idrici di monte di oltre un metro. Pertanto, un'eventuale demolizione del ponte vecchio e la realizzazione di un ponte senza pile in alveo (o con una, o due pile al massimo) ridurrebbe drasticamente il rischio idraulico di tutto il territorio posto a monte dello stesso ponte vecchio, con la necessità di realizzazione di opere meno impattanti ed onerose per la protezione passiva delle zone residenziali e/o produttive;
- d) un'altra possibilità per la significativa diminuzione dei livelli idrici di piena a monte del vecchio ponte senza ricorrere alla sua demolizione è costituita dalla realizzazione di un diversivo idraulico, cioè di una sorta di by-pass dello stesso vecchio ponte in grado di convogliare da monte a valle parte della portata di piena. In linea di larghissima massima, l'imbocco di tale canale di by-pass potrebbe essere previsto nella zona del "Curletto", a Sud di C.na Maggia ed il tracciato potrebbe raggiungere il rilevato della tangenziale, passando a Sud del cimitero di Riolo e a Nord-Est del Quartiere "Campo Marte". Lo sbocco del canale di by-pass potrebbe avvenire, a valle della tangenziale, nei terreni del paleomeandro a Sud di C.na Incantonata e ad Ovest delle "Tre Cascine". Ovviamente l'efficacia del canale di by-pass è funzione del dimensionamento dell'opera. A puro titolo orientativo, il canale, che dovrebbe essere in grado di smaltire verso valle una portata idrica non inferiore a 150÷200 m<sup>3</sup>/s, potrebbe consentire,

in corrispondenza della piena di riferimento duecentennale, la riduzione dei livelli idrici a monte del vecchio ponte pari ad almeno 50 cm.

## **7.6 REGIMAZIONE D'ALVEO**

Come è noto, negli ultimi anni, i temi dell'ecologia e del recupero ambientale e paesistico a tutti i livelli sono argomenti che riscuotono interesse sempre maggiore, tanto che è di dominio pubblico l'ampio dibattito in atto circa le modalità di conciliare le esigenze derivanti dalle diverse attività dell'uomo, con quelle – spesso contrastanti – legate alla naturale evoluzione di ecosistemi e ambienti naturali. Dibattito che coinvolge tutte le categorie sociali e politiche e che vede l'affermarsi, di volta in volta, anche sugli effetti di onde emotive, di numerose teorie, che vanno da quella più naturalistica, secondo cui dovrebbe essere bandita qualsiasi interferenza dell'uomo sulla natura, a quella completamente opposta, secondo la quale la natura è al servizio dell'uomo, che – pertanto – è abilitato in tutto e per tutto ed in qualunque momento ad intervenire in virtù di motivazioni di difesa e di utilità.

Ciò vale anche con riferimento alla regimazione degli alvei fluviali, interessati in passato da numerose cave in alveo, la cui asportazione di materiali, realizzata scavando buche profonde decine di metri, è risultata eccessiva rispetto alla capacità di ripascimento dei sedimenti dei corsi d'acqua e che oggi – viceversa – a circa 25 anni dal blocco dell'attività estrattiva, sono solo raramente oggetto delle normali attività di pulizia d'alveo (asportazione di tronchi d'albero e detriti dai luoghi di deposizione, ecc.).

Con riferimento a tutta la Valle Padana, è risaputo ed evidente il progressivo generale approfondimento che ha interessato il fondo alveo di tutti i corsi d'acqua tra la fine del XIX secolo e l'inizio degli anni '80 del secolo scorso. Ciò si è verificato sostanzialmente per due motivi.

Innanzitutto l'intensa attività estrattiva che ha interessato per un lunghissimo periodo i corsi d'acqua e in seguito alla quale si sono create buche profondissime negli alvei, che hanno accolto la quasi totalità della portata solida dei fiumi e che hanno prodotto pesanti disequilibri negli alvei (basti pensare alla scogliera in sponda sinistra di Adda, appena a monte della ex Cava

in Comune di Boffalora d'Adda, in località Cremosazza, franata per due volte nella buca formata dalla draga).

In secondo luogo l'altrettanto intensa attività antropica, rivolta da un lato a contrastare l'accentuazione e l'evoluzione dei meandri fluviali e dall'altra a consolidare e rendere irreversibili gli occasionali salti di meandro, mediante la realizzazione di opere di difesa passiva atte ad impedire al fiume di ripercorrere gli antichi tracciati ed, in sostanza, di divagare liberamente. A questo proposito, dall'esame del profilo longitudinale dell'alveo del F. Adda sottolacuale (allegato A.03.00.) emerge che nel periodo di circa cent'anni compreso tra fine del IX secolo (levata del 1889) e la fine del secolo scorso (levata del 1984) il profilo del fondo alveo dell'Adda si è pesantemente abbassato e che, contemporaneamente, il tracciato del corso d'acqua tra Rivolta d'Adda e la confluenza in Po si è decisamente accorciato, per via di tagli di meandro e rettifiche antropiche succedutesi nel tempo. Il percorso fluviale in questo tratto, lungo circa 88 km nel 1889, si è ridotto di circa 9 km ed è ben noto come in questa diminuzione abbia giocato un ruolo fondamentale il taglio di meandro di Soltarico (1976), a causa del quale la lunghezza del tracciato dell'Adda nel tratto compreso tra Lodi e la località Casellario si è quasi dimezzata, passando dai circa 14 km originari ai circa 7,5 km attuali.

Per quanto riguarda il fondo alveo si rilevano i seguenti abbassamenti:

▪ confluenza Adda / Po	5,5 m
▪ Crotta d'Adda – S.P. n° 47	5,5 m
▪ Pizzighettone	5,0 m
▪ Confluenza Serio / Adda	2,5 m
▪ Ponte Lodi a valle della briglia	5,5 m
▪ Ponte Lodi a monte della briglia	2,0 m
▪ Ponte Bisnate a valle della briglia	5,0 m
▪ Ponte Bisnate a monte della briglia	1,5 m
▪ Traversa Vacchelli a valle della briglia	5,0 m
▪ Traversa Vacchelli a monte della briglia	0,5 m
▪ Rivolta d'Adda S.P. 14	0,5 m

Una simile tendenza all'abbassamento del fondo alveo non è una caratteristica solo dell'Adda, ma, più in generale, riguarda tutti i fiumi padani (a questo proposito, vedi, ad esempio, lo "Studio di fattibilità per la regimazione del F. Serio nel tronco tra Seriate e Mozzanica" redatto dallo Studio Paoletti Ingegneri Associati nel luglio 1990). E' ben noto, infatti, come a causa dell'approfondimento del letto dei corsi d'acqua, si siano abbassate anche le superfici piezometriche delle falde acquifere sotterranee e che tale fenomeno costrinse gli operatori agricoli, in tempi non lontani, a ricorrere a pesanti sollevamenti dell'acqua di falda per rendere possibile una proficua pratica irrigua.

Il blocco della pratica estrattiva in alveo del 1980 fu motivata proprio dall'esigenza di fermare la tendenza all'approfondimento degli alvei; tendenza, oltretutto, pericolosa anche per la stabilità delle numerose opere in alveo, quali pile di ponti, prese irrigue, scogliere di protezione delle sponde, ecc.

Tale tendenza all'approfondimento risulta assolutamente indubitabile, dato che, proprio per opporsi agli effetti negativi connessi, si rese indispensabile negli anni '80 procedere alla realizzazione di opere trasversali, quali briglie e soglie di fondo, per vincolare le quote di fondo alveo a monte e preservare le opere esistenti.

Un esempio lampante è costituito dalla briglia realizzata all'inizio degli anni '80 a valle del ponte di Lodi a protezione delle fondazioni dello stesso. Ma anche non lontano da Lodi fu necessario realizzare opere simili per preservare le esistenti opere in alveo: ad esempio a Spino d'Adda ed a Rivolta d'Adda.

Mentre oggi, fortunatamente, l'attività estrattiva in alveo è bloccata (da circa 25 anni), gli effetti delle rettifiche fluviali sono ancora presenti ed attivi e non sono affatto compensati (globalmente) dall'apporto solido proveniente da monte.

Ancora con riferimento all'Adda sottolacuale e più in particolare al tratto a valle della confluenza Brembo/Adda, è noto che il materiale solido in transito e/o in deposito può provenire solo da due "fonti": o dall'Adda di monte, o dal F. Brembo, unico affluente dell'Adda nel tratto sottolacuale fino a Lodi.

Orbene, è ben noto che il materiale solido proveniente dall'Adda di monte è praticamente nullo, sostanzialmente per due motivi. Innanzi tutto il Lago di Como si comporta alla stregua di una grossa vasca di sedimentazione, per cui dal lago, nemmeno in condizioni di piena, escono quantitativi – neppure minimi – di materiale solido; in sostanza, all'Adda sottolacuale potrà giungere il materiale solido proveniente da monte (Val Tellina) solo una volta colmato il Lago di Como (il che, prima o poi, si verificherà, ma certamente in tempi geologici tra qualche millennio, o qualche decina di millenni). Inoltre, il tratto di Adda posto immediatamente a valle del lago e fino a Cassano d'Adda è costituito da una forra (un canyon), scavata nella roccia viva, che non consente, nemmeno in condizioni di piena, alcun fenomeno erosivo del fondo e delle sponde.

Pertanto, il materiale solido in transito e/o in deposito nel tratto di F. Adda compreso tra Cassano d'Adda e Lodi proviene unicamente dal F. Brembo ed è in permanente diminuzione, per via dei continui lavori di regimazione e di sistemazione del fiume. Anche recentemente sono state ultimate, o sono in corso di realizzazione, numerose opere di trattenuta del materiale solido (briglie, traverse, bacini d'accumulo, opere di consolidamento dei versanti, ecc.), utili ai fini del contenimento del rischio valanghivo e di colate detritiche e, quindi, della riduzione del rischio idrogeologico complessivo. E' evidente che tutto il materiale solido trattenuto a monte da tali opere non arriva più nelle zone di valle – come invece avveniva alcuni decenni or sono – ed, in particolare, non giunge più – se non in quantità più modesta – nel tratto di F. Adda in esame.

Tali considerazioni qualitative sono avvalorate da studi anche recenti (vedi per esempio *Autorità di Bacino del Fiume Po, Attività di studio e ricerca a supporto della redazione del Piano di Bacino, Progetto Po Area Assetto Idrogeologico, Sottoprogetto "Compatibilità attività estrattive", Hydrodata, 1995*, oppure *Università degli studi di Parma, Compatibilità dell'estrazione di inerti con l'assetto morfologico dei corsi d'acqua – caso studio di un tratto di F. Adda, Prof. P. Mignosa, 1995*) dai quali si evince che nel tratto di Adda compreso tra le traverse fluviali di Spino d'Adda e Lodi i quantitativi di

materiale solido transitato nel dodicennio di osservazione (1983-1995) sono modestissimi e dell'ordine di qualche centinaia di migliaia di metri cubi. Ancora più contenuti sono i volumi di materiale accumulato nelle zone di deposizione; ad esempio appena a monte di Lodi è calcolato un accumulo in 12 anni pari a circa 100.000 metri cubi.

Per quanto riguarda il tratto di Adda comprendente Lodi, il citato Studio di Mignosa afferma che *“è presente un trend chiaramente erosivo, con abbassamenti del fondo ..... E' probabile che in questo tratto si risenta ancora del taglio di meandro verificatosi in occasione della piena del 1976 (zona detta “del Casellario”), evidenziato anche dall'elevata pendenza del tratto in questione”*.

Con riferimento, più in particolare, al tratto lodigiano di Adda posto a valle della briglia esistente, a causa del salto di meandro di “Soltarico”, in località “Casellario”, avvenuto nel 1976, si è innescato un processo di erosione del fondo, che ha costretto, come già detto, alla costruzione della briglia a valle del ponte vecchio di Lodi allo scopo di preservarne la stabilità. Il fenomeno erosivo a valle della briglia è tuttora ben lontano dall'esaurirsi e, infatti, nel corso degli anni – e ancora recentemente – è stato necessario realizzare opere di consolidamento e di sostegno di arginature e di varie opere in frodo in modo da difenderle dal progressivo abbassamento del fondo alveo, che a Lodi, all'altezza della briglia, in quasi 25 anni, è risultato pari a circa 2,5 m (una media elevatissima pari a circa 10 cm l'anno). A valle della briglia di Lodi, pertanto, il fondo alveo si è abbassato e si sta ancora abbassando, come risulta da recenti misurazioni e rilievi eseguiti dall'Amministrazione comunale di Lodi e tale abbassamento non è dovuto alla presenza della briglia, ma – al contrario – è stata costruita la briglia in seguito all'innescarsi del fenomeno erosivo dovuto al salto di meandro.

Per quanto riguarda la zona posta a monte della briglia si è avuto l'innalzamento del fondo alveo nella zona compresa tra la briglia stessa ed il ponte vecchio, ma il fenomeno di innalzamento si è esaurito molto rapidamente procedendo verso monte, come è testimoniato dal fatto che in corrispondenza dell'ampia curva verso destra, che compie l'Adda circa 900 m a monte del

ponte vecchio, il fondo alveo non abbia subito modificazioni di quota. Ciò è evidente e facilmente rilevabile notando che i plinti in cemento armato che vennero posizionati in alveo dalla draga alcuni decenni or sono, sono ancora affioranti, come lo erano 25 anni fa al momento del blocco delle escavazioni. L'asportazione di materiale in questa zona, pertanto, risulterebbe assolutamente inutile, nel senso che il livello di fondo alveo è comandato dalla quota di coronamento della briglia. Escavazioni al di sotto di tale quota non verrebbero nemmeno apprezzate dal fiume. In altri termini, si costruirebbe una sorta di inutile catino a monte della briglia, che sarebbe costantemente, anche in condizioni di magra, pieno d'acqua anziché di detriti; una specie di lago in miniatura. Del resto, se bastasse una buca, o un lago per risolvere il problema delle piene fluviali, allora tutte le piene dell'Adda sopralacuale dovrebbero esaurirsi con l'ingresso nel lago di Como e, invece, ahinoi, così non succede.

L'analisi dell'Adda sottolacuale porta a concludere l'assoluta inopportunità di prevedere per il futuro escavazioni generalizzate del fondo alveo. Una simile operazione, infatti, oltre ad essere del tutto negativa con riferimento all'equilibrio fluviale, comporterebbe la necessità di verificare la stabilità delle opere in alveo (ponti, arginature, traverse, opere di presa, ecc.) ed il più delle volte intervenire con opere costosissime di consolidamento fondazionale. Inoltre, non potrebbero più essere alimentate le numerose derivazioni irrigue (una su tutte il Canale Vacchelli in località Marzano), che rimarrebbero prosciugate e vi sarebbero gravi difficoltà in termini di funzionamento e gestione delle centrali idroelettriche ad acqua fluente di produzione d'energia. Ancora, si creerebbero gravi problemi di approvvigionamento irriguo da pozzo, in seguito all'abbassamento dei livelli freatici, provocati dall'abbassamento dei livelli di magra e morbida del corso d'acqua.

Appare, viceversa, certamente utile – allo scopo di evitare eccessive riduzioni della sezione fluviale di deflusso – la pulizia d'alveo consistente nell'asportazione dei depositi in eccesso che si verificano in zone particolari del fiume, anche se ciò non risolverà il problema degli elevati livelli idrici di piena. In tali località può senz'altro proporsi la creazione di "campi prova" dove eseguire l'estrazione del materiale eccedente, asportando il *cappello* del

deposito (in modo da non creare disequilibri locali), comunque commisurata a quantità non superiori alla capacità di apporto solido del corso d'acqua. Quantità che dovranno essere stabilite con idonea frequenza sulla base di accurati monitoraggi dei quantitativi provenienti da monte.

Per quanto riguarda il tratto di Adda inserito nel territorio comunale di Lodi, l'unica pulizia d'alveo utile per un migliore deflusso delle piene è quello in sponda sinistra idrografica, appena a monte ed appena a valle del ponte ottocentesco, zona nella quale si è verificato un deposito di materiale a causa della maggiore altezza della porzione sinistra della briglia costruita a valle del ponte rispetto alla destra. Qualsiasi altra ipotesi di escavazione in alveo in Comune di Lodi risulterebbe del tutto inutile ai fini della riduzione del rischio idraulico e rischierebbe, al contrario, di diventare pericolosa per la stabilità delle sponde del fiume e delle opere esistenti in alveo e/o in frodo.

A monte di Lodi, l'asportazione controllata di sedimenti potrebbe essere proposta in località "Due Acque", dove l'esistente rottura della pendenza di fondo alveo favorisce fenomeni di deposito.

## **8. SEQUENZA DELL'INTERESSAMENTO DELLE DIVERSE ZONE DEL TERRITORIO COMUNALE DA PARTE DELLE ACQUE DI PIENA**

I risultati della modellazione idraulica hanno consentito la predisposizione di una tabella, dalla quale si desumono, per differenti punti del territorio comunale a rischio di esondazione, il livello idrico ed il battente (altezza d'acqua) in corrispondenza di differenti livelli idrici riscontrati all'idrometro del ponte vecchio.

Dall'esame incrociato di detta tabella e della cartografia comunale possono desumersi le zone del territorio comunale che vengono interessate dalle acque di piena prima di altre e, quindi, per le quali le procedure di protezione civile dovranno scattare prima. In sostanza, una determinata zona è da considerarsi allagata dal momento in cui il battente risulta diverso da zero.

Evidentemente non si desumono, invece, livelli idrici letti all'idrometro del ponte in corrispondenza dei quali far scattare tali procedure, poiché ciò dipende in modo imprescindibile dall'interpretazione dei dati idrometrici di monte circa l'andamento dei livelli. E' chiaro, per esempio, che un livello idrico elevato a Lodi associato ad un trend di abbassamento dei livelli ad Olginate e Ponte Briolo non dovrà far scattare nessun allarme; viceversa livelli idrici più bassi a Lodi associati a trend di crescita a monte potranno indurre a prendere provvedimenti di allerta, allarme, evacuazione, ecc.

Milano, gennaio 2010

**IL PROFESSIONISTA INCARICATO**

Dott. Ing. Silvio Rossetti

## ELENCO DEGLI ELABORATI

<u>Documenti descrittivi e di calcolo</u>	
A.01.00	Relazione tecnica generale
A.02.00	Relazione idrologica - idraulica
A.03.00	Carta dell'evoluzione fluviale dal 1889 ad oggi
A.04.00	Profilo longitudinale fondo alveo fiume Adda 1889-1984
A.05.00	Album tavole modello bidimensionale
<u>Elaborati grafici generali e di modellazione idraulica</u>	
D.01.00	Rappresentazione assonometrica del modello digitale del terreno
D.02.00	Modello degli elementi finiti del dominio di calcolo per lo studio idrologico bidimensionale
D.03.00	Reti a maglia triangolare irregolare (Digital Elevation Model, DEM) per l'algoritmo di interpolazione topografica nel dominio di calcolo
D.04.00	Planimetria scala 1:10.000 limiti di esondazione piena del novembre 2002
D.05.00	Rapp. dei tiranti idrici (m). Simulazione 2D in condizioni stazionarie di piena con T = 50 anni
D.06.00	Rapp. dei livelli (m s.l.m.). Simulazione 2D in condizioni stazionarie di piena con T = 50 anni
D.07.00	Rapp. del campo delle velocità (m/s). Simulazione 2D in condizioni stazionarie di piena con T = 50 anni
D.08.00	Rapp. dei tiranti idrici (m). Simulazione 2D in condizioni stazionarie di piena con T = 200 anni
D.09.00	Rapp. dei livelli (m s.l.m.). Simulazione 2D in condizioni stazionarie di piena con T = 200 anni
D.10.00	Rapp. del campo delle velocità (m/s). Simulazione 2D in condizioni stazionarie di piena con T = 200 anni
D.11.00	Rapp. dei tiranti idrici (m). Simulazione 2D in condizioni stazionarie di piena con T = 500 anni
D.12.00	Rapp. dei livelli (m s.l.m.). Simulazione 2D in condizioni stazionarie di piena con T = 500 anni
D.13.00	Rapp. del campo delle velocità (m/s). Simulazione 2D in condizioni stazionarie di piena con T = 500 anni
D.14.00	Planimetria scala 1:10.000 con l'indicazione dei limiti di esondazione risultanti dall'applicazione del modello bidimensionale
<u>Elaborati grafici di pianificazione</u>	
D.20.00	Planimetria scala 1:10.000 con l'indicazione dei limiti di fascia PAI dell'Autorità di Bacino
D.21.00	Planimetria scala 1:10.000 con l'indicazione dei limiti di fascia risultanti dall'applicazione del modello bidimensionale
D.22.01	Planimetria scala 1:10.000 di proposta di modifica del limite tra le fasce B e C e dei limiti di progetto
D.22.02	Planimetria scala 1:10.000 di proposta di modifica del limite esterno fascia C
D.22.03	Planimetria scala 1:10.000 dei nuovi limiti di fascia, con l'indicazione delle aree ad elevato rischio idrogeologico (zone B-PR)
D.23.01	Planimetria scala 1:5000 con l'indicazione del limite tra fasce B e C e delle aree a rischio elevato (R3) e molto elevato (R4)
D.23.02	Planimetria scala 1:5000 con l'indicazione del limite tra fasce B e C e delle aree a rischio elevato (R3) e molto elevato (R4) a seguito della realizzazione delle chiaviche sulle rogge Gelata e Gaetana
D.24.00	Scenari di intervento: confronto delle simulazioni di piena per differenti configurazioni di intervento e sequenza dell'interessamento delle diverse zone del territorio comunale da parte delle acque di piena in assenza delle difese spondali
D.25.00	Planimetria scala 1:10000 con l'indicazione del limite tra fasce B e C e delle rimanenti aree a rischio elevato (R3) e molto elevato (R4) a seguito della realizzazione di tutte le opere di difesa idraulica
D.26.00	Planimetria scala 1:10000 con l'indicazione del limite tra fasce B e C e delle aree per le quali viene eliminato il rischio di allagamento (T=200 anni) a seguito della realizzazione dei limiti di progetto previsti dal PAI e dei nuovi limiti di progetto aggiuntivi
D.27.00	Planimetria scala 1:10000 con l'indicazione delle aree per le quali viene eliminato il rischio di allagamento (per T=200 anni) a seguito della realizzazione dei limiti di progetto