



AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO
PARMA

Progetto di Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)

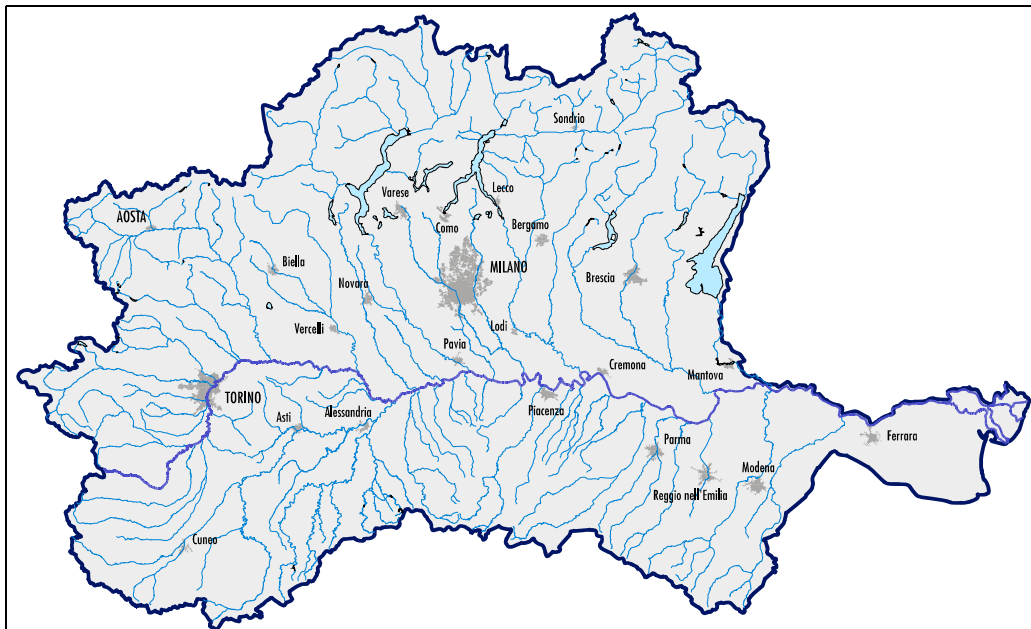
Interventi sulla rete idrografica e sui versanti

Legge 18 Maggio 1989, n. 183, art. 17, comma 6-ter

Adottato con deliberazione del Comitato Istituzionale n.1 in data 11.05.1999

3. Linee generali di assetto idraulico e idrogeologico

3.1. Asta Po



Indice

1. Criteri e modalità di formazione delle linee di intervento	1
1.1 Il sistema territoriale di riferimento per l'analisi dei fenomeni, delle condizioni in atto e per l'individuazione delle linee di intervento	1
1.2 Gli ambiti fisici e amministrativi considerati nel Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico	14
1.3 I contenuti dell'Elaborato di Piano n. 3 «Linee generali di assetto idraulico e idrogeologico»	16
1.4 Documentazione tecnica di supporto	26
2. Linee generali di assetto idraulico e idrogeologico nel bacino del Po piemontese	27
2.1 Caratteristiche generali	27
2.1.1 Inquadramento fisico e idrografico	27
2.1.2 Caratteri generali del paesaggio naturale e antropizzato	29
2.1.3 Aspetti geomorfologici e litologici	32
2.1.4 Aspetti idrologici	33
2.1.4.1 <i>Caratteristiche generali</i>	33
2.1.4.2 <i>Portate di piena e piene storiche principali</i>	34
2.1.4.3 <i>Trasporto solido</i>	35
2.1.5 Assetto morfologico e idraulico	37
2.1.5.1 <i>Caratteristiche generali</i>	37
2.1.5.2 <i>Fenomeni di erosione spondale</i>	41
2.1.5.3 <i>Tendenza evolutiva del fondo alveo</i>	41
2.2 Quadro dei dissesti	42
2.2.1 Quadro dei dissesti sull'asta del Po	42
2.2.2 Quadro dei dissesti sui versanti e sulla rete idrografica minore	43
2.2.3 Stima della pericolosità a livello comunale	44
2.3 Livello di protezione esistente sull'asta del Po	45
2.4 Individuazione degli squilibri	46
2.4.1 Gli squilibri sul corso d'acqua principale e nei territori di fondovalle	46
2.4.2 Gli squilibri nei territori collinari e montani	47
2.4.3 Stima del rischio totale a livello comunale	49
2.5 Linee di intervento sull'asta piemontese del Po	49

2.5.1	Linee di intervento strutturali.....	49
2.5.1.1	<i>Tratto montano, dalla sorgente a Martiniana Po</i>	49
2.5.1.2	<i>Tratto Martiniana Po - confluenza Pellice</i>	50
2.5.1.3	<i>Tratto confluenza Pellice - confluenza Chisola</i>	50
2.5.1.4	<i>Tratto confluenza Chisola - S. Mauro (tratto urbano torinese)</i>	52
2.5.1.5	<i>Tratto S. Mauro - confluenza Dora Baltea</i>	52
2.5.1.6	<i>Tratto confluenza Dora Baltea - confluenza Sesia</i>	53
2.5.1.7	<i>Tratto confluenza Sesia - Isola S. Antonio</i>	54
2.5.2	Linee di intervento non strutturali	55
2.6	Linee di intervento su i versanti e sulla rete idrografica minore	59
2.7	Fattori naturalistici, storico-culturali ed ambientali	62
3.	Linee generali di assetto idraulico e idrogeologico sull'asta del Po (tratto confluenza Tanaro - Delta)	63
3.1	Caratteristiche generali.....	63
3.1.1	Inquadramento fisico e idrografico	63
3.1.2	Caratteri generali del paesaggio naturale e antropizzato.....	65
3.1.3	Aspetti idrologici.....	68
3.1.3.1	<i>Caratteristiche generali</i>	68
3.1.3.2	<i>Portate di piena al colmo</i>	69
3.1.3.3	<i>Livelli idrometrici al colmo</i>	75
3.1.3.4	<i>Assunzione della piena di progetto</i>	82
3.1.3.5	<i>Profilo di piena di progetto</i>	84
3.1.3.6	<i>Capacità di trasporto solido dell'alveo</i>	87
3.1.4	Piène storiche principali.....	89
3.1.4.1	<i>Altezze idrometriche al colmo delle massime piène storiche</i>	89
3.1.4.2	<i>Portate al colmo delle massime piène storiche</i>	91
3.1.4.3	<i>Modalità di formazione delle piène lungo l'asta del Po sulla base della distribuzione spazio-temporale degli eventi meteorici</i>	92
3.1.4.4	<i>Rotte dell'arginatura maestra del Po in occasione delle massime piène storiche e relative inondazioni</i>	94
3.1.4.5	<i>Inondazioni in provincia di Pavia, Lodi e Piacenza</i>	96
3.1.4.6	<i>Inondazioni nel tratto terminale (province di Mantova, Rovigo, Ferrara)</i>	101
3.1.4.7	<i>Quadro evolutivo sulla base delle osservazioni storiche</i>	107
3.1.5	Assetto morfologico e idraulico dell'asta fluviale	110
3.1.5.1	<i>Caratteristiche generali</i>	110
3.1.5.2	<i>Tendenza evolutiva del fondo alveo</i>	115

3.1.5.3	<i>Sistemazione dell'alveo di magra del Po</i>	117
3.1.5.4	<i>Sbarramento idroelettrico di Isola Serafini</i>	119
3.1.5.5	<i>Attività estrattiva in alveo</i>	119
3.2	Individuazione degli squilibri.....	120
3.3	Linee di intervento	121
3.3.1	Premessa.....	121
3.3.2	Profilo della piena di progetto in rapporto alla quota degli argini maestri	123
3.3.3	Linee di intervento strutturali	127
3.3.3.1	<i>Tratto Isola S. Antonio - Ticino</i>	127
3.3.3.2	<i>Tratto Ticino - Piacenza (A1)</i>	128
3.3.3.3	<i>Tratto Piacenza (A1) - Cremona (A21)</i>	130
3.3.3.4	<i>Tratto Cremona (A21) - Oglio</i>	131
3.3.3.5	<i>Tratto Oglio - Pontelagoscuro</i>	133
3.3.3.6	<i>Tratto Pontelagoscuro - incile Po di Goro</i>	135
3.3.3.7	<i>Assetto morfologico dell'alveo nel tratto da foce Adda a foce Mincio</i>	136
3.3.3.8	<i>Funzioni in piena delle golene chiuse</i>	138
3.3.4	Linee di intervento non strutturali	142
3.4	Fattori naturalistici, storico-culturali ed ambientali	149

Linee generali di assetto idraulico e idrogeologico

1. Criteri e modalità di formazione delle linee di intervento

1.1 Il sistema territoriale di riferimento per l'analisi dei fenomeni, delle condizioni in atto e per l'individuazione delle linee di intervento

Il Piano considera il bacino idrografico come sistema di riferimento per l'analisi dei fenomeni e delle condizioni in atto e per l'individuazione delle linee di intervento. L'approccio è pertanto condotto a livello di bacino idrografico complessivo e di sottobacini idrografici degli affluenti principali.

La Tab. 1.1 presenta l'elenco dei sottobacini idrografici di riferimento con l'indicazione dei tratti della rete idrografica principale e dei sottobacini montani considerati nel presente elaborato di Piano. Il riferimento alla numerazione dei capitoli ha lo scopo di agevolarne la consultazione.

Tab. 1.1. Sottobacini idrografici di riferimento.

No Prog.	Numerazione Elaborati e Capitoli	Bacino	Tratti della rete idrografica principale	Sottobacini montani
Elaborato 3.1				
1	Capitolo 2	Asta Po piemontese (sorgente-confluenza Tanaro)	Asta del Po <ul style="list-style-type: none"> • Tratto dalla sorgente a Martiniana Po • Tratto Martiniana Po - confluenza Pellice • Tratto confluenza Pellice - confluenza Chisola • Tratto confluenza Chisola - S. Mauro (tratto urbano torinese) • Tratto S. Mauro - confluenza Dora Baltea • Tratto confluenza Dora Baltea - confluenza Sesia • Tratto confluenza Sesia - Isola S. Antonio 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto Po • Craviola • Stura del Monferrato • Rotaldo • Ricchiardo • Banna
2	Capitolo 3	Asta Po (confluenza Tanaro-Delta)	Asta del Po <ul style="list-style-type: none"> • Tratto Isola S. Antonio - Ticino • Tratto Ticino - Piacenza (A1) • Tratto Piacenza (A1) - Cremona (A21) • Tratto Cremona (A21) - Oglio • Tratto Oglio - Pontelagoscuro • Tratto Pontelagoscuro - incile Po di Goro 	
Elaborato 3.2				
3	Capitolo 4	Sarca - Mincio	• Tratto Valeggio sul Mincio - Mantova	• Sarca

No Prog.	Numerazione Elaborati e Capitoli	Bacino	Tratti della rete idrografica principale	Sottobacini montani
			<ul style="list-style-type: none"> • Nodo di Mantova • Tratto Mantova - Immissione in Po 	
2	Capitolo 5	Oglio	<p>Asta dell'Oglio</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tratto dalla sorgente a Cividate Camuno • Tratto da Cividate Camuno al Lago d'Iseo • Tratto dal lago d'Iseo a Soncino • Tratto da Soncino alla confluenza in Po <p>Asta del Mella</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tratto dalla sorgente a Concesio • Tratto da Concesio a Corticelle Pieve • Tratto da Corticelle Pieve alla confluenza in Oglio <p>Asta del Chiese</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tratto dalla sorgente a Tormini • Tratto da Tormini a Montichiari • Tratto da Montichiari alla confluenza in Oglio 	<ul style="list-style-type: none"> • Oglio • Mella • Chiese
5	Capitolo 6	Adda Sottolacuale	<p>Asta dell'Adda Sottolacuale</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tratto da Brivio alla confluenza del Brembo • Tratto dalla confluenza del Brembo a Lodi. • Tratto da Lodi alla confluenza in Po <p>Asta del Brembo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tratto dalla sorgente a Villa d'Almé • Tratto da Villa d'Almé a Ponte S. Pietro • Tratto da Ponte S. Pietro a confluenza in Adda <p>Asta del Serio</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tratto dalla sorgente ad Alzano Lombardo • Tratto da Alzano Lombardo a Mozzanica • Tratto da Mozzanica alla confluenza in Adda 	<ul style="list-style-type: none"> • Brembo • Serio
6	Capitolo 7	Lambro - Olona (sud Milano)	<ul style="list-style-type: none"> • Tratto: Merone – Villasanta • Tratto: Villasanta - Linate • Tratto: Linate - confluenza Po • Nodo di Milano 	<ul style="list-style-type: none"> • Lambro
7	Capitolo 8	Olona	<ul style="list-style-type: none"> • Tratto da Varese a Torba • Tratto da Torba a Olgiate Olona • Tratto da Olgiate Olona a Pero 	<ul style="list-style-type: none"> • Olona
8	Capitolo 9	Ticino	<ul style="list-style-type: none"> • Tratto da Miorina a Turbigo • Tratto Turbigo all'attraversamento autostradale A7 • Tratto da attraversamento autostradale A7 alla confluenza in Po 	<ul style="list-style-type: none"> • Ticino
9	Capitolo 10	Toce	<ul style="list-style-type: none"> • Tratto dalla sorgente alla confluenza dell'Isorno • Tratto dalla confluenza Isorno a Piedimulera • Tratto da Piedimulera a Ornavasso • Tratto da Ornavasso alla confluenza nel Lago Maggiore 	<ul style="list-style-type: none"> • Toce
10	Capitolo 11	Terdoppio	<ul style="list-style-type: none"> • Tratto da Suno a Cameri • Tratto da Cameri a Cerano 	<ul style="list-style-type: none"> • Terdoppio
11	Capitolo 12	Agogna	<ul style="list-style-type: none"> • Tratto dalla sorgente a Briga • Tratto da Briga a Cureggio • Tratto da Cureggio al ponte dell'autostrada A4 a Novara • Tratto dal ponte dell'A4 al ponte della S.S. 11 a Novara 	<ul style="list-style-type: none"> • Agogna

No Prog.	Numerazione Elaborati e Capitoli	Bacino	Tratti della rete idrografica principale	Sottobacini montani
			<ul style="list-style-type: none"> • Tratto dal ponte della strada statale 11 alla confluenza in Po 	
Elaborato 3.3				
12	Capitolo 13	Sesia	<p>Asta del Sesia</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tratto dalla sorgente a Romagnano Sesia • Tratto da Romagnano Sesia alla confluenza del Cervo • Tratto dalla confluenza del torrente Cervo all'immissione in Po <p>Asta del Cervo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tratto dalla sorgente a Biella • Tratto da Biella alla confluenza in Sesia <p>Asta dell'Elvo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tratto dalla sorgente a Occhieppo • Tratto da Occhieppo alla confluenza in Cervo 	<ul style="list-style-type: none"> • Sesia • Cervo • Elvo
13	Capitolo 14	Dora Baltea	<ul style="list-style-type: none"> • Tratto dalla sorgente fino a Verres • Tratto da Verres a Mazzé • Tratto da Mazzé alla confluenza in Po 	<ul style="list-style-type: none"> • Evancon - Marmore • Lys • Dora di Verney e Dora di Valgrisenche • Dora di Rhemes, Savara, Grand Eyvia • Dora Baltea, Tratto Valdostano • Dora Baltea, Tratto Piemontese • Buthier - Artanavaz • Chiusella • Saint Marcel, Clavalité, Chalamy, Ayasse • Dora di Ferret e Dora di Veny
14	Capitolo 15	Orco	<ul style="list-style-type: none"> • Tratto dalla sorgente a Courgné • Tratto Cuorné-Rivarolo Canavese • Tratto Rivarolo Canavese-S. Benigno Canavese • Tratto S. Benigno Canavese-confluenza Po (Chivasso) 	<ul style="list-style-type: none"> • Orco
15	Capitolo 16	Stura di Lanzo	<ul style="list-style-type: none"> • Tratto dalla sorgente a Lanzo Torinese • Tratto da Lanzo Torinese a Cirié • Tratto da Cirié a Venaria (confluenza Ceronda) • Tratto Venaria (confluenza del Ceronda) - Torino (confluenza in Po) 	<ul style="list-style-type: none"> • Strura di Lanzo
16	Capitolo 17	Dora Riparia	<ul style="list-style-type: none"> • Asta della Dora Riparia 	<ul style="list-style-type: none"> • Dora Riparia
17	Capitolo 18	Sangone - Chisola	<ul style="list-style-type: none"> • Asta del Sangone • Asta del Chisola 	<ul style="list-style-type: none"> • Sangone • Chisola
18	Capitolo 19	Pellice	<p>Asta del Pellice</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tratto dalla sorgente a Bibiana • Tratto da Bibiana a Cavour (confluenza del Chisone) • Tratto da Cavour a Faule (confluenza in Po) <p>Asta del Chisone</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tratto dalla sorgente a S. Secondo di Pinerolo • Tratto da S. Secondo di Pinerolo a Cavour (confluenza nel Pellice) 	<ul style="list-style-type: none"> • Pellice • Chisone • Germanasca
19	Capitolo 20	Varaita	<ul style="list-style-type: none"> • Tratto dalla sorgente a Costigliole Saluzzo 	<ul style="list-style-type: none"> • Varaita

No Prog.	Numerazione Elaborati e Capitoli	Bacino	Tratti della rete idrografica principale	Sottobacini montani
			<ul style="list-style-type: none"> • Tratto Costigliole Saluzzo-Savigliano • Tratto Savigliano-Villanova Solaro • Tratto Villanova Solaro-Casalgrasso (confluenza in Po) 	
20	Capitolo 21	Maira	<ul style="list-style-type: none"> • Trattodalla sorgente a Dronero • Tratto Dronero - Busca • Tratto Busca-Savigliano • Tratto Savigliano-Cavallermaggiore • Tratto Cavallermaggiore - Lombriasco (confluenza in Po) 	<ul style="list-style-type: none"> • Maira
21	Capitolo 22	Tanaro	<p>Asta del Tanaro</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tratto dalla sorgente ad Alba • Tratto da Alba a Felizzano • Tratto da Felizzano alla confluenza <p>Asta del Belbo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tratto dalla sorgente a Bosia • Tratto da Bosia a Cossano Belbo • Trattoda Cossano Belbo alla confluenza in Tanaro <p>Asta della Stura di Demonte</p> <p>Asta del Bormida</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bormida di Millesimo, dalla sorgente alla confluenza con il Bormida di Spigno • Bormida di Spigno, dalla sorgente fino alla confluenza con il Bormida di Millesimo • Tratto dalla confluenza del Bormida di Millesimo e del Bormida di Spigno a Strevi • Tratto da Strevi a Cassine • Tratto da Cassine all'attraversamento autostradale A26 • Tratto dall'attraversamento autostradale A26 alla confluenza in Tanaro <p>Asta dell'Orba</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tratto dalla sorgente a Silvano d'Orba • Tratto da Silvano d'Orba al raccordo autostradale A26/A7 • Tratto dal raccordo autostradale A26/A7 alla confluenza in Bormida 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto Tanaro • Medio Tanaro • Pesio • Ellero • Corsaglia • Rea • Basso Tanaro • Talloria • Cherasca • Ridone e Mellea • Bobore • Versa • Stura di Demonte • Gesso • Vermenagna • Belbo • Tinella • Tiglione • Bormida di Spigno • Bormida di Millesimo • Basso Bormida • Erro • Orba • Lemme • Piota
22	Capitolo 23	Scivia	<ul style="list-style-type: none"> • Asta dello Scivia 	<ul style="list-style-type: none"> • Scivia
Elaborato 3.4				
23	Capitolo 24	Oltrepo Pavese		<ul style="list-style-type: none"> • Tidone • Staffora • Coppa • Scuropasso • Versa • Bardonezza
24	Capitolo 25	Trebbia	<ul style="list-style-type: none"> • Asta del Trebbia 	<ul style="list-style-type: none"> • Trebbia
25	Capitolo 26	Nure	<ul style="list-style-type: none"> • Asta del Nure 	<ul style="list-style-type: none"> • Nure
26	Capitolo 27	Chiavenna	<ul style="list-style-type: none"> • Tratto dalla confluenza del torrente Ottesola a San Protaso • Tratto da San Protaso a Saliceto • Tratto da Saliceto alla confluenza in Po 	<ul style="list-style-type: none"> • Chiavenna
27	Capitolo 28	Arda	<ul style="list-style-type: none"> • Asta dell'Arda • Asta dell'Ongina 	<ul style="list-style-type: none"> • Arda

No Prog.	Numerazione Elaborati e Capitoli	Bacino	Tratti della rete idrografica principale	Sottobacini montani
28	Capitolo 29	Taro	<p>Asta del Taro</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tratto dalla sorgente a Fornovo di Taro • Tratto da Fornovo di Taro all'autostrada A1 • Tratto dall'autostrada A1 alla confluenza in Po <p>Asta dello Stirone</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tratto da Scipione di Salsomaggiore Terme a Fidenza • Tratto da Fidenza alla confluenza nel fiume Taro 	<ul style="list-style-type: none"> • Taro
29	Capitolo 30	Parma	<p>Asta del Parma</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tratto dalla sorgente a Torrechiara di Langhirano • Tratto da Torrechiara di Langhirano a Parma • Tratto da Parma alla confluenza in Po <p>Asta del Baganza</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tratto dalla sorgente a Sala Baganza • Tratto da Sala Baganza alla confluenza in Parma 	<ul style="list-style-type: none"> • Parma
30	Capitolo 31	Enza	<ul style="list-style-type: none"> • Tratto dalla sorgente a San Polo • Tratto da San Polo a Montecchio Emilia • Tratto da Montecchio Emilia alla confluenza in Po 	<ul style="list-style-type: none"> • Enza
31	Capitolo 32	Crostolo	<ul style="list-style-type: none"> • Tratto dalla sorgente fino a Reggio Emilia • Tratto da Reggio Emilia alla confluenza in Po 	<ul style="list-style-type: none"> • Crostolo
32	Capitolo 33	Secchia	<ul style="list-style-type: none"> • Tratto dalla sorgente a Castellarano • Tratto da Castellarano a Rubiera • Tratto da Rubiera alla confluenza in Po 	<ul style="list-style-type: none"> • Secchia
33	Capitolo 34	Panaro	<p>Asta del Panaro</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tratto dalla sorgente a Marano • Tratto da Marano all'attraversamento dell'autostrada A1 • Tratto dall'attraversamento dell'autostrada A1 alla confluenza in Po <p>Asta del torrente Tiepido</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Panaro
	Elaborato 3.5	Arno – Rile - Tenore	<ul style="list-style-type: none"> • Arno • Rile • Tenore 	<ul style="list-style-type: none"> • Arno • Rile • Tenore
	Elaborato 3.6	Adda Sopralacuale (Valtellina)	<p>Asta dell' Adda</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tratto da Premadio alla confluenza con il torrente Frodolfo • Tratto da Tola a Le Prese • Tratto Le Prese - Tirano • Tratto Tirano - Masino • Tratto Masino - lago di Como <p>Asta del Mera</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tratto a monte di Villa di Chiavenna • Tratto da Villa di Chiavenna a Samolaco • Tratto da Prati Meriggi a Gera Lario <p>Nodi critici</p> <ul style="list-style-type: none"> • Area di Val Pola • Area Torreggio-Mallero • Bacino del Torreggio • Frana di Spriana • Area di Pian della Selvetta 	<ul style="list-style-type: none"> • Spoel di Livigno • Viola Bormina • Frodolfo • Mallero • Masino • Tartano • Bitto • Versanti e tributari minori dell'Adda tra Bormio e Tirano • Versanti e tributari minori dell'Adda tra Tirano e Sondrio • Versanti e tributari minori dell'Adda tra Sondrio e la confluenza in Lario • Liro • Versanti e tributari minori del Mera e del lago di Mezzola

No Prog.	Numerazione Elaborati e Capitoli	Bacino	Tratti della rete idrografica principale	Sottobacini montani
			<ul style="list-style-type: none"> • Area di Pian di Spagna • Settore di conoide della Val Tartano • Settori di conoide 	<ul style="list-style-type: none"> • Versanti e tributari minori dell'alto Lario occidentale • Versanti e tributari minori dell'alto Lario orientale

All'interno del sistema idrografico Il Piano opera una schematizzazione del territorio in ambiti, in funzione dell'importanza delle componenti, della gravità dei fenomeni di natura idraulica e idrogeologica connessi e delle relazioni funzionali tra i diversi fenomeni, che vede i seguenti livelli:

- a) *l'asta fluviale del Po*, suddivisa nei tronchi di alto Po (dalle sorgenti alla confluenza del Tanaro) e di media-bassa pianura (dalla confluenza del Tanaro all'incile del Po di Goro), quale sistema principale; l'alto Po è simile ai suoi affluenti principali per caratteristiche morfologiche, idrologiche e idrauliche mentre il Po medio-basso ha caratteristiche uniche nel bacino, trattandosi di un corso d'acqua a caratteri strettamente fluviali, con bacino sotteso di grandi dimensioni, completamente arginato in tutto il percorso. Anche per le condizioni di rischio idraulico il tronco alto manifesta fenomeni di esondazione in tratti non arginati, erosioni e modificazioni della morfologia dell'alveo; nel tronco medio-basso il rischio è esclusivamente legato ai fenomeni di cedimento per rotta dei rilevati arginali;
- b) *la rete idrografica principale di pianura e dei fondovalle alpini*, che dà luogo a condizioni di rischio idraulico collegate esclusivamente alla dinamica fluviale: e interferisce in misura generalmente significativa per gli aspetti idrologici e idraulici con il sistema principale;
- c) *i nodi critici nell'area di pianura o montana*, caratterizzati generalmente da condizioni di rischio collegate a fenomeni di dissesto particolarmente complessi e normalmente interagenti con insediamenti e infrastrutture di importanza rilevante;
- d) *la rete idrografica secondaria di pianura*, con caratteri di rischio idraulico normalmente modesto ma diffuso e con interferenze ridotte con la rete idrografica principale;
- e) *il reticolo idrografico collinare e di montagna e i versanti*, che danno luogo a un rischio idraulico o idrogeologico correlato a fenomeni di dissesto

gravitativo sui versanti (frane, valanghe) e di dinamica torrentizia sui corsi d'acqua.

Le analisi conoscitive e le elaborazioni sono state condotte con riferimento alla schematizzazione gerarchica sopra indicata, al livello di dettaglio necessario all'individuazione dei fenomeni, degli elementi di criticità e alla definizione delle linee di intervento.

Nella documentazione di Piano gli elementi riportati rispondono in generale alla seguente logica:

- *le analisi delle caratteristiche del territorio* sono riportate a livello sintetico, generalmente alla scala 1:250.000. Le informazioni analitiche sono disponibili a diversi livelli di dettaglio, in funzione dello schema gerarchico sopra menzionato, nella documentazione tecnica di supporto al Piano stesso;
- *l'individuazione delle criticità* è riportata in forma analitica in tutti quei casi che hanno rilievo a scala di bacino, in cui cioè la soluzione comporta interventi che incidono sull'assetto idraulico e idrogeologico del bacino idrografico. Per tutte le situazioni che hanno rilevanza unicamente puntuale e la cui soluzione richiede interventi modesti e comunque non incidenti sulle condizioni generali del sistema, gli elementi analitici vengono proposti nel Piano in forma sintetica per situazioni tipologiche; anche in questo caso, la documentazione tecnica di supporto permette di acquisire gli eventuali approfondimenti;
- *la definizione delle linee di intervento*, in analogia al punto precedente, individua in maniera analitica gli interventi strategici che determinano l'assetto idraulico e idrogeologico del bacino idrografico; gli interventi puntuali, che non hanno incidenza a scala di bacino, le cui esigenze sono fortemente condizionate da fatti locali sono invece considerati a livello tipologico e per aree omogenee, unitamente alle esigenze di manutenzione, ordinaria o straordinaria dei corsi d'acqua o dei versanti.

In dettaglio, con riferimento ai diversi livelli gerarchici sopra individuati, il grado di conoscenza e di definizione è rappresentato nei punti seguenti:

- *Asta del Po*. In relazione alla grande importanza che riveste il sistema nell'ambito del bacino idrografico in relazione al rischio di piena sulla pianura, il Piano definisce in dettaglio le condizioni di progetto relative all'assetto idraulico e delle opere di difesa, individuate dai seguenti elementi:
 - la portata di progetto, per tratti omogenei;

- il profilo idrico (alle scale 1:100.000, 1:100) corrispondente alla piena di progetto, a cui commisurare l'assetto del sistema arginale continuo per il contenimento dei livelli idrometrici;
- la delimitazione delle fasce fluviali (A e B alla scala 1:25.000, C alla scala 1:50.000), con la fascia B coincidente con il tracciato degli argini maestri e la fascia C a rappresentare le aree di possibile inondazione in caso di cedimento o tracimazione degli argini;
- gli interventi strutturali di adeguamento del sistema arginale;
- gli interventi strutturali di adeguamento delle opere di sponda con funzioni di difesa idraulica.

a) Rete idrografica principale di pianura e dei fondovalle alpini.

Gli elementi conoscitivi sono rappresentati nel Piano in forma sintetica alla scala 1:250.000 e mediante informazioni numeriche tabellari relative alle grandezze più significative che ne rappresentano le condizioni di assetto: elementi geometrici e morfologici, grandezze idrauliche, estensione, caratteristiche e stato di funzionamento delle opere idrauliche, aree inondabili per i diversi eventi di piena. Lo stato di pericolosità per esondazione e di rischio è rappresentato utilizzando come unità elementare il territorio comunale.

La documentazione tecnica di supporto al Piano contiene un livello informativo sulle stesse grandezze costituito da rappresentazioni cartografiche alla scala 1:50.000 e da una banca dati alfanumerica, organizzata per tronchi elementari omogenei, sulle variabili sopra indicate. La delimitazione delle aree inondabili è alla scala 1:50.000, con valutazioni di vulnerabilità e rischio riferite a celle elementari di 2 km di lato.

Il quadro degli interventi è individuato nel Piano dai seguenti elementi:

- la delimitazione delle fasce fluviali alla scala 1:25.000 o 1:10.000 (per alcuni corsi d'acqua per cui si è reso necessario un notevole livello di dettaglio), che riporta anche l'indicazione cartografica delle opere idrauliche in progetto che determinano l'assetto del corso d'acqua (sostanzialmente gli argini, le casse di espansione, i diversivi e gli scolmatori);
- l'individuazione delle altre opere idrauliche di difesa, a completamento di quelle strategiche, è effettuata a livello descrittivo, di schemi grafici per singola asta e di cartografia di sintesi.

b) *Nodi critici*. Il Piano affronta in dettaglio gli interventi strutturali di messa in sicurezza, in relazione al rilievo strategico che rivestono alla scala di bacino e alla complessità generalmente connessa ai fenomeni presenti. La definizione degli interventi strutturali è rappresentata alla scala 1:25.000.

c) *Rete secondaria di pianura*. Il Piano fornisce criteri di intervento per fenomeni caratteristici e soluzioni di intervento a livello tipologico, definendo le condizioni di compatibilità rispetto all'assetto della rete idrica principale.

Nella documentazione tecnica di supporto i fenomeni di dissesto segnalati e le relative necessità di intervento sono rappresentati su schede monografiche alla scala 1:10.000, organizzate per provincia.

d) *Reticolo idrografico collinare di montagna e versanti*.

Gli elementi conoscitivi rappresentati nel Piano in forma sintetica alla scala 1:250.000 e mediante informazioni numeriche tabellari relative allo stato di dissesto: centri abitati instabili, parametri caratterizzanti il dissesto per le diverse tipologie di fenomeno. Lo stato di pericolosità e rischio è rappresentato con riferimento al territorio comunale.

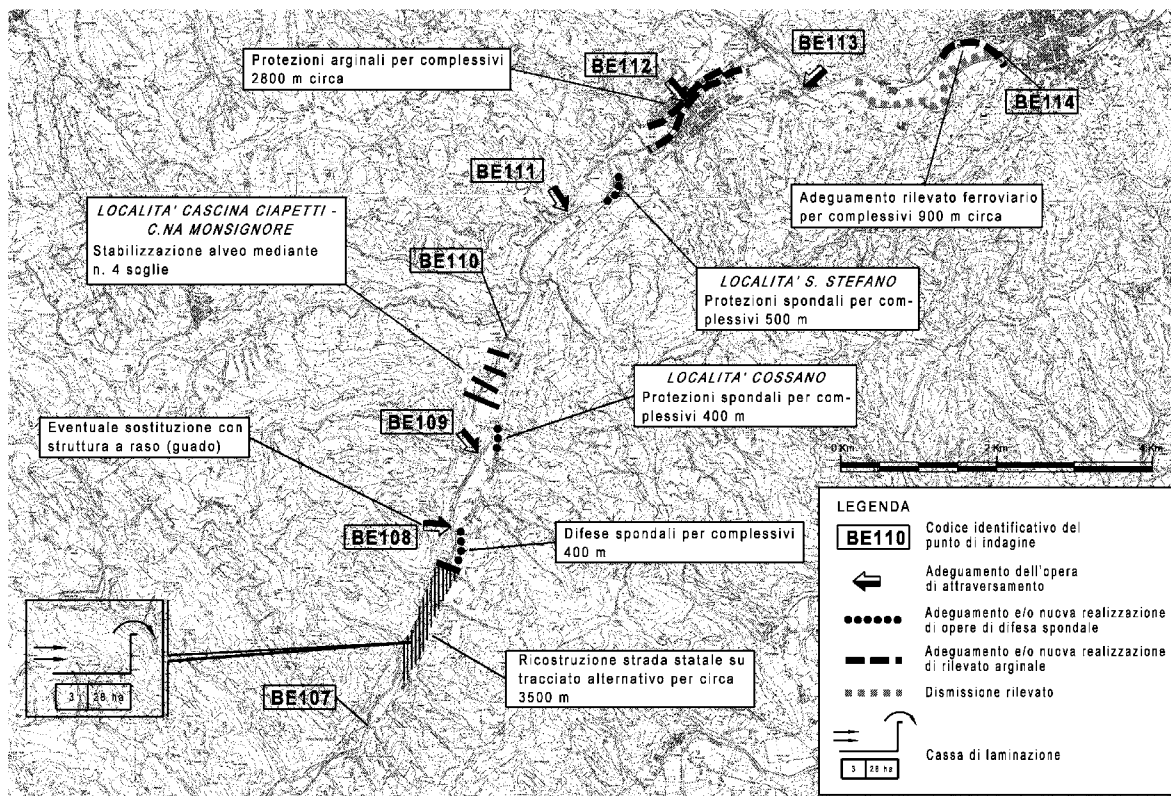
La documentazione tecnica di supporto contiene un livello informativo che discende da una indagine diretta condotta sulle stesse grandezze alla scala 1:50.000, costituito da rappresentazioni cartografiche e da una banca dati alfanumerica relativa allo stato di dissesto.

Il quadro degli interventi è individuato per sottobacini omogenei, per i quali vengono definite le soluzioni di intervento di maggiore importanza per il reticolo idrografico e per i versanti in rapporto agli abitati e alle infrastrutture potenzialmente coinvolti. La rappresentazione cartografica è fornita a livello di sintesi alla scala 1:250.000.

Nella documentazione tecnica di supporto gli interventi sono analizzati e riportati alla scala 1:50.000, distinguendo tre tipologie: dissesto diffuso o areale, dissesto puntuale e dissesto lineare (lungo le aste torrentizie).

Le figure seguenti hanno lo scopo, con riferimento agli interventi a carattere strutturale, di esemplificare i diversi livelli in cui è organizzata l'informazione nel Piano e nella relativa documentazione tecnica di supporto.

Fig. 1.1. Esempio di definizione delle opzioni di intervento proposte nell'ambito del Sottoprogetto «Piene e naturalità degli alvei» (Scala 1:50.000)



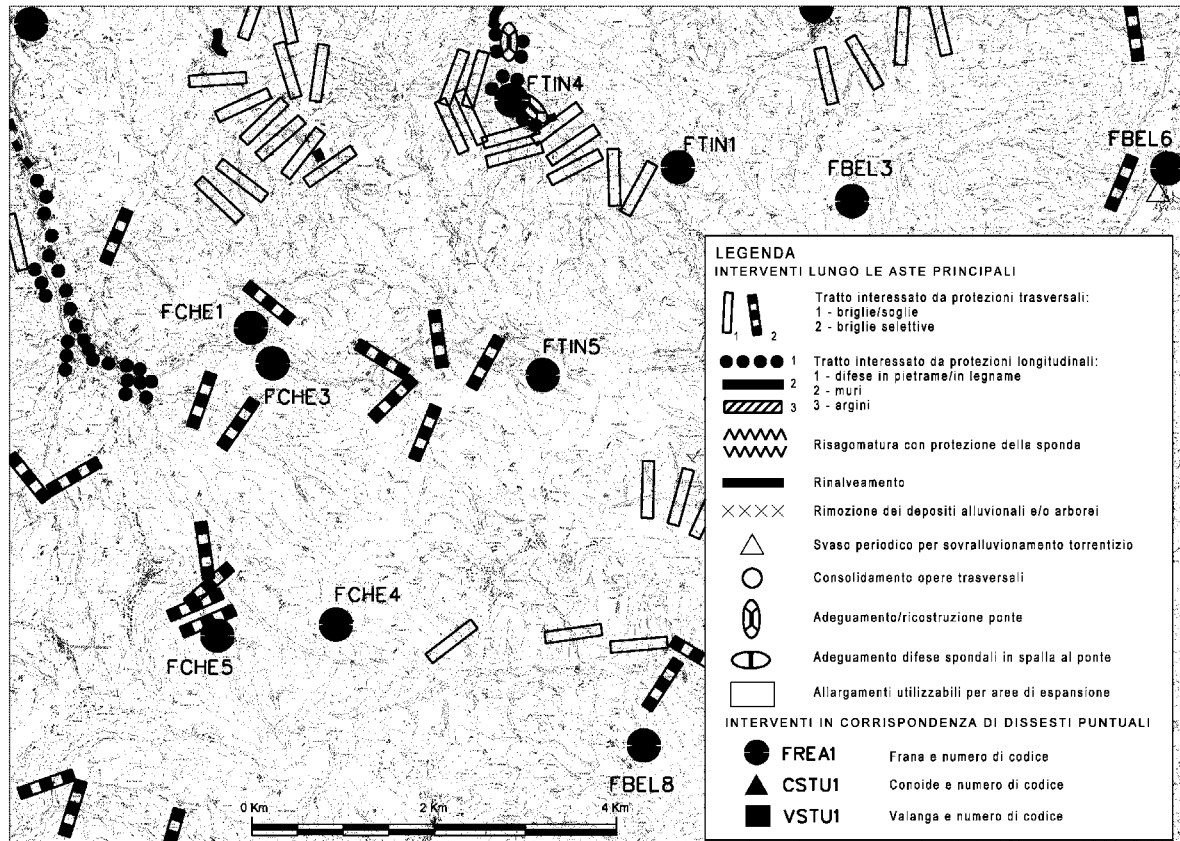
Il *Progetto Po* ha prodotto, nell'ambito dei Sottoprogetti SP 1.1. "Piene e naturalità degli alvei fluviali" e SP 1.2. "Stabilità dei versanti", l'informazione di dettaglio utilizzata nelle elaborazioni e nelle rappresentazioni di Piano.

Per ciascuna asta fluviale e sottobacino sono state formulate delle "Schede di progetto" contenenti:

- l'assetto morfologico e idraulico di progetto;
- le linee di intervento;
- gli interventi individuati.

In conclusione ogni scheda fornisce, unitamente ad una sintesi delle opere proposte, una valutazione estimativa dei costi di intervento.

Fig. 1.2. Esempio di definizione delle opzioni di intervento proposte nell'ambito del Sottoprogetto «Stabilità dei versanti» (Scala 1:50.000)



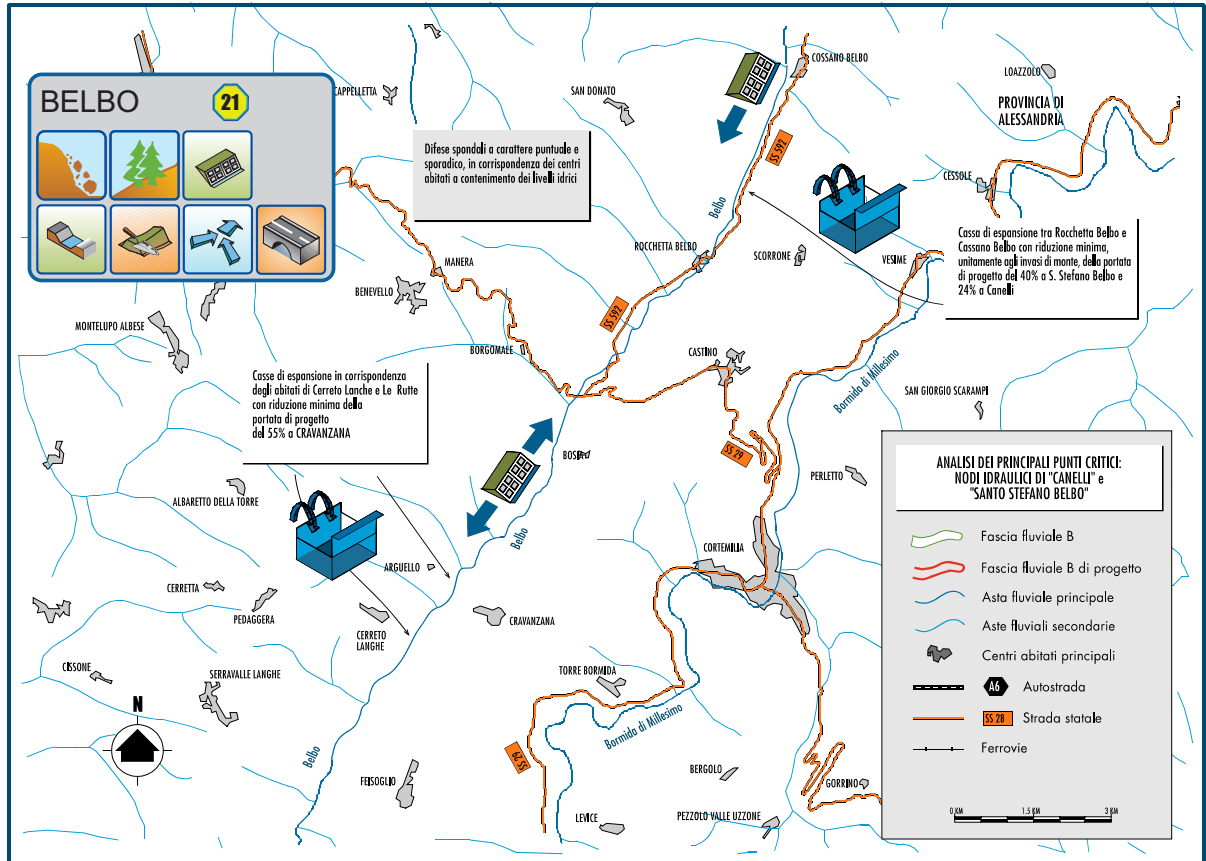
Le indicazioni riportate nelle schede trovano riscontro sugli elaborati planimetrici (Fig. 1.1 e Fig. 1.2) e fanno riferimento alle tipologie realizzative definite nel Quaderno delle Opere Tipo.

Prendendo in carico tale base di studio, il Piano ha rielaborato una classificazione tipologica omogenea di tutti gli interventi (vedi legenda di Fig. 1.3).

Su questa base informativa sono state analizzate le opzioni ed è stato condotto il lavoro di consultazione e successiva definizione delle linee di intervento che il Piano propone.

La successiva Fig. 1.4 esemplifica il livello di sintesi a cui sono ricondotte le analisi di Piano stante la necessità di facilitarne la lettura, evidenziando nel contempo gli interventi di maggiore urgenza e necessità.

Fig. 1.4. Esempificazione del quadro di sintesi degli interventi proposto nell'ambito del Piano Stralcio (Scala 1:250.000)



Nella definizione del quadro degli interventi sono state tenute in considerazione le problematiche connesse alla salvaguardia dei beni di interesse naturalistico, paesaggistico e storico-culturale, che sono state affrontate mediante un'attività di:

- individuazione, caratterizzazione e classificazione dei beni presenti nell'ambito di studio;
- valutazione della sensibilità dei beni agli interventi, tenendo conto dei "fattori d'impatto" associati agli interventi stessi.

Queste analisi sono state recepite dal Piano nella fase di *inquadramento ambientale preventivo* degli interventi. Valutazioni più approfondite devono essere condotte, come prescritto nelle Norme di attuazione del Piano, in fase di progettazione preliminare del Parco progetti.

1.2 Gli ambiti fisici e amministrativi considerati nel Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico

La pianificazione di bacino, sviluppata attraverso questo Piano stralcio, è riferita e applicata a un contesto territoriale costituito dal "bacino idrografico", come definito all'art. 1, comma 3, lettera d) della legge 183/89. L'Autorità di bacino, nella seduta del Comitato Istituzionale del 12/12/1994, ha adottato il "Progetto di delimitazione del bacino del fiume Po", ai sensi del D.P.R. 14/04/1994, rappresentato sulla cartografia I.G.M. alla scala 1:250.000.

Le attività di analisi conoscitiva, di elaborazione, di individuazione delle linee di intervento, che sono a supporto del Piano stralcio, sono quindi riferite al territorio costituente il bacino idrografico come individuato nel suddetto "Progetto di delimitazione" in attesa dell'approvazione della delimitazione definitiva di cui all'art. 1 del D.P.R. 14.04.1994.

L'attuazione delle linee d'azione del Piano coinvolge, secondo le rispettive competenze, le Regioni (Valle d'Aosta, Piemonte, Liguria, Lombardia, Emilia-Romagna, Veneto) la Provincia Autonoma di Trento e i Comuni, per le porzioni di territorio all'interno del bacino idrografico.

L'identificazione dei comuni ricadenti all'interno del bacino idrografico costituisce pertanto un elemento necessario al Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI). Sono considerati appartenenti al bacino idrografico tutti i comuni che hanno una porzione di territorio all'interno del bacino stesso individuabile alla scala di riferimento 1:250.000. Si hanno pertanto comuni il cui territorio rientra per intero nel bacino e, lungo il confine idrografico, comuni compresi per una porzione più o meno estesa di territorio.

Costituiscono eccezioni al criterio enunciato le seguenti situazioni:

- i Comuni di Alto e Caprauna e il Comune di Gressio (Regione Piemonte, Provincia di Cuneo), che sono rispettivamente completamente al di fuori del bacino idrografico e parzialmente al di fuori dello stesso, sono considerati all'interno del bacino per l'intera estensione territoriale;
- i Comuni di Livigno, Piuro e Vadidentro (Regione Lombardia, Provincia di Sondrio), che sono parzialmente al di fuori del bacino idrografico, sono considerati all'interno del bacino per l'intera estensione territoriale.

Tali eccezioni derivano da esigenze di semplificazione amministrativa relative alle due regioni indicate, trattandosi per il Piemonte degli unici tre comuni al di fuori del bacino idrografico del Po e per la Lombardia dei soli tre comuni compresi tra il confine idrografico e quello di Stato.

I comuni appartenenti al bacino idrografico sono elencati nelle “Norme di attuazione per l’assetto idrogeologico”, rispettivamente agli Allegati:

1. Comuni interessati dal Piano per l’intero territorio comunale;
2. Comuni interessati dal Piano per parte del territorio comunale.

Con specifico riferimento al Piano stralcio per l’Assetto Idrogeologico” l’ambito territoriale di riferimento è costituito dal bacino idrografico del fiume Po chiuso all’incile del Po di Goro, con esclusione quindi territorio del Delta del Po.

La delimitazione idrografica assunta per il Delta è rappresentata rispettivamente a nord dall’argine sinistro del Po di Venezia e successivamente da quello del Po di Maistra e a sud dall’argine destro del Po di Goro.

I comuni interessati dal PAI di conseguenza coincidono con quelli appartenenti al bacino idrografico a meno dei 7 (Provincia di Rovigo) che appartengono al Delta: Porto Tolle, Taglio di Po, Ariano nel Polesine e Corbola (totalmente interni) e Adria, Loreo, Porto Viro (parzialmente interni).

Il metodo di valutazione del rischio e di classificazione adottato nell’ambito del PAI utilizza come unità territoriale di riferimento il confine amministrativo comunale. Per tale ambito sono stati individuate e quantificate le condizioni di dissesto, in atto e potenziale, la relativa pericolosità, i beni e i valori esposti al manifestarsi dei fenomeni di dissesto e la relativa vulnerabilità.

In ragione del fatto che il territorio oggetto delle indagini e delle elaborazioni propedeutiche alla pianificazione è rappresentato, come detto in precedenza, dal bacino idrografico, la classificazione del rischio è stata effettuato con riferimento ai comuni per i quali la porzione prevalente del territorio ricade all’interno del bacino idrografico stesso.

I comuni classificati in funzione del livello di rischio rappresentano pertanto un sottoinsieme di quelli del PAI e sono indicati nell’elaborato “Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici”.

La Tab. 1.2 di seguito riportata rappresenta in sintesi la distribuzione dei comuni considerati.

La Tab. 1.3 riporta i comuni interessati dal PAI che, per le motivazioni anzidette, non hanno la classificazione del rischio.

Tab. 1.2. Distribuzione dei comuni complessivamente considerati e specificamente interessati dalla classificazione di rischio

Regione	Numero comuni interessati dal PAI			
	Complessivo	Totalmente interni al bacino	Parzialmente interni al bacino	Interessati dalla classificazione di rischio
Valle d'Aosta	74	74	0	74
Piemonte	1.209	1.209	0	1.209
Liguria	61	45	16	48
Lombardia	1.541	1.533	8	1.541
Emilia-Romagna	225	211	14	216
Toscana	2	0	2	0
Veneto	29	4	25	28
Provincia Autonoma di Trento	62	56	6	59
Totale	3.203	3.132	71	3.175

Tab. 1.3. Comuni interessati dal PAI che non hanno classificazione del rischio

Regione	Provincia	Comune
Liguria	Genova	Borzonasca, Campomorone, Ceranesi, Favale di Malvaro, Lorsica, Moconesi, Neirone, Orero
	Imperia	Pornassio, Triora
	La Spezia	Varese Ligure
	Savona	Calice Ligure, Castelvecchio di Rocca Barbena
Emilia-Romagna	Bologna	Anzola dell'Emilia, Bazzano, Castel d'Aiano, Castello di Serravalle, Cresepellano, Lizzano in Belvedere, Molinella, Monteveglio,
	Ravenna	Alfonsine
Toscana	Massa Carrara	Comano
	Pistoia	Abetone
Veneto	Verona	Affi
Provincia Autonoma di Trento	Trento	Cavedago, Mori, Terlago

1.3 I contenuti dell'Elaborato di Piano n. 3 «Linee generali di assetto idraulico e idrogeologico»

Questo elaborato di Piano, perseguendo gli obiettivi e le strategie definite nella Relazione generale enuclea gli elementi progettuali mediante:

- a) la definizione delle linee di intervento di difesa strutturale;
- b) la definizione delle linee di intervento di difesa non strutturale

L'elaborazione delle diverse sezioni (Tab. 1.4) è avvenuta secondo i criteri e gli indirizzi esposti nello Schema di progetto di piano di bacino del fiume Po, per

conferire al progetto di piano la valenza di piano integrato di settore e per dargli i contenuti e il carattere di strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo che l'articolo 17 della stessa legge prevede.

In particolare l'Allegato recepisce le determinazioni precedentemente assunte dall'Autorità mediante l'adozione di altri stralci di piano (il PS 45 e i suoi successivi aggiornamenti, il Piano Stralcio Fasce Fluviali) o di misure di salvaguardia.

Tab. 1.4. Struttura dell'indice dell'Elaborato di Piano n. 3 «Linee generali di assetto idraulico e idrogeologico»

-
- 1. Caratteristiche generali**
 - 2. Quadro dei dissesti**
 - 3. Livello di protezione esistente sulle aste principali**
 - 4. Individuazione degli squilibri**
 - 5. Linee di intervento sulle aste**
 - **Linee di intervento strutturali**
 - **Linee di intervento non strutturali**
 - 6. Linee di intervento sui versanti e sulla rete idrografica minore**
 - 7. Fattori naturalistici, storico-culturali e ambientali**
-

La sezione «**Caratteristiche generali**» fornisce una sintesi dell'informazione disponibile, debitamente selezionata e aggregata alla scala di singolo sottobacino, da porre a base delle analisi dei fenomeni sui quali si esprimono le successive linee di intervento. Costituisce un quadro di riferimento conoscitivo contenente:

- Inquadramento fisico e idrografico
- Caratteri generali del paesaggio
- Sistema fisico di riferimento
- Aspetti geomorfologici e litologici
- Aspetti idrologici
- Assetto morfologico e idraulico

La ricostruzione delle "caratteristiche" del territorio è, ovviamente, selettiva essendo funzionale alla caratterizzazione e alla interpretazione di problematiche e criticità del bacino riferite all'assetto idraulico e idrogeologico.

In particolare è opportuno ricordare che, per quanto riguarda gli aspetti geomorfologici e litologici, vengono descritte le principali caratteristiche geolitologiche, con particolare attenzione ai litotipi che per le proprie caratteristiche geomeccaniche manifestano alti gradi di erodibilità e/o propensione a dissesti gravitativi. Fra parentesi, all'interno del paragrafo, si indicano, caso per caso, le sigle del litotipo i cui significati sono desumibili dalla Tab. 1.5 ovvero dalla cartografia geolitologica alla scala 1:250.000 contenuta nell'elaborato di Piano n. 6.

Tab. 1.5. Sigle dei litotipi rappresentati nella cartografia geolitologica di Piano

Sigla	Litotipo	Sublitotipo
LMI	Litotipi massivi: Ignei.	graniti, sieniti, dioriti, porfidi, ecc.
LMS	Litotipi massivi: Sedimentari.	dolomie, calcari, conglomerati.
LMM	Litotipi massivi: Metamorfici.	gneiss, kinzigiti, ecc.
LDI	Litotipi con frequenti discontinuità per stratificazione o scistosità: Ignei.	diabasi, tufi litoidi stratificati.
LDS	Litotipi con frequenti discontinuità per stratificazione o scistosità: Sedimentari.	arenarie, siltiti, calcari e dolomie stratificate, ecc.
LDM	Litotipi con frequenti discontinuità per stratificazione o scistosità: Metamorfici.	gneiss tabulari, micascisti, filladi, calcescisti, quarziti, ecc.
RTE	Rocce tenere prevalentemente incoerenti.	marne, argilliti, arenarie e conglomerati poco cementati, ecc.
ADM	Alternanza di litotipi eterogenei a diverso comportamento meccanico.	calcari/marne, arenarie/argilliti, ecc.
CSC	Complessi strutturali caotici e tettonizzati.	argille scagliose, cataclasiti, ecc.
DCG	Depositi derivanti dall'alterazione di rocce e terreni.	sabbioni, limi, argille, lateriti.
DGL	Depositi glaciali e fluvio-glaciali.	coltri e cordoni morenici, ecc.
DEV	Depositi eterogenei di versante e di trasporto torrentizio.	detriti di falda, accumuli di frana, conoidi, ecc.
TCP	Terreni a comportamento plastico.	limi, argille, ecc.
TCO	Terreni ad abbondante componente organica.	torbe.
AFL	Alluvioni fluviali e lacustri fiancheggianti i principali corsi d'acqua.	ghiaie, sabbie e limi.

La sezione successiva è specificamente dedicata alla interpretazione dei fenomeni, cioè alla identificazione delle relazioni causa-effetto, delle interdipendenze e interrelazioni fra i processi che, da un lato, definiscono i fattori naturali limitanti le possibili utilizzazioni del territorio, e, dall'altro, i fattori artificiali di degrado.

La definizione dei criteri di intervento sarà sequenziale seguendo un duplice percorso: quello della descrizione del quadro dei dissesti da cui discende

l'individuazione degli squilibri e quello della stima della pericolosità da cui discende una oggettivazione media del rischio a livello comunale.

L'indice in dettaglio definisce:

- Quadro dei dissesti
 - Quadro dei dissesti sui corsi d'acqua principali
 - Quadro dei dissesti sui versanti e sulla rete idrografica minore
 - Stima della pericolosità a livello comunale
- Livello di protezione esistente sulle aste principali
- Individuazione degli squilibri
 - Squilibri sui corsi d'acqua principali e nei territori di fondovalle
 - Squilibri nei territori collinari e montani
 - Stima del rischio totale a livello comunale

Il *quadro dei dissesti* definisce l'insieme dei fenomeni di tipo idraulico e geologico in grado di determinare condizioni di pericolosità a diversi livelli di intensità (bassa, media, alta).

Il *quadro degli squilibri* è definito dall'insieme di quei fenomeni di dissesto relativi ai corsi d'acqua e ai versanti che non sono compatibili con le condizioni di uso in atto o progettate del territorio.

I fenomeni in questione fanno parte dei naturali processi di evoluzione della morfologia del territorio, anche se in alcuni casi possono essere condizionati o determinati da interventi antropici. Sono fenomeni che si innescano in relazione al manifestarsi di condizioni di precipitazioni intense e sono raggruppabili nelle seguenti categorie:

- per i corsi d'acqua:
 - esondazioni e allagamenti di aree adiacenti all'alveo;
 - modificazioni dell'assetto planimetrico e altimetrico dell'alveo connesse alla dinamica del trasporto solido: erosioni di sponda e di fondo, sovralluvionamento, divagazione trasversale dell'alveo.
- Per i versanti:
 - fenomeni di trasporto di massa sulle conoidi;
 - fenomeni di instabilità gravitativa;

- valanghe.

Rispetto al fenomeno naturale, si parla di squilibrio quando il suo manifestarsi va ad interferire, in modo irreversibile, con l'assetto antropico attuale e di progetto del territorio, provocando danni a diversa scala di gravosità. Il quadro che viene fornito punta pertanto a presentare, ad un primo livello di analisi, le condizioni di rischio "non compatibile" espresse come *interferenza* tra fenomeni di instabilità e aspetti antropici che ne sono soggetti: insediamenti, infrastrutture, attività di uso del suolo.

Nell'individuazione degli squilibri viene considerato anche il *livello di protezione esistente*, cioè il suo grado di adeguatezza.

A partire dal censimento dei dissesti, tanto in termini tipologici che geometrici e geografici, viene stimata la *pericolosità* dei territori del bacino utilizzando il confine comunale come unità di riferimento¹.

L'analisi delle interferenze fra i dissesti e le componenti del contesto socio-economico investito, consente la valutazione del parametro *vulnerabilità* (V) inteso come quota di decurtamento del valore complessivo a scala comunale, ovvero del danno².

Il *rischio* a scala comunale è stato pertanto calcolato come indicatore numerico derivante dal prodotto della *pericolosità* P del fenomeno di dissesto per il *danno* D possibile, ricavato a sua volta dal prodotto del *valore economico* per la *vulnerabilità* V.

La procedura di valutazione descritta consente l'assegnazione di classi di rischio di alle unità elementari su cui è stato suddiviso il territorio del bacino idrografico; è evidente che la caratterizzazione è di tipo qualitativo, anche se fondata su una procedura di quantificazione numerica, e prevalentemente a carattere relativo.

In via qualitativa il significato fisico delle classi di rischio individuate è riconducibile alle seguenti definizioni che esprimono le conseguenze attese a seguito del manifestarsi dei dissesti:

¹ Si rinvia all'Elaborato di Piano 2 «Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici» per ciò che concerne l'impostazione metodologica che consente la stima della pericolosità.

² Si rinvia, anche in questo caso, all'Elaborato di Piano 2 «Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici» per ciò che riguarda l'impostazione metodologica, di dettaglio, che porta alla valutazione del rischio a partire dalla pericolosità e della vulnerabilità.

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 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 economiche;
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, la distruzione di attività economiche.

L'esposizione consente, a questo livello di analisi, più punti di osservazione o di riferimento: quello dei fenomeni e della loro prevedibile evoluzione, quello dei fattori naturali limitanti per le utilizzazioni potenziali (ad esempio geomorfologici e idrologici), quello dei fattori artificiali interferenti (ad esempio le grandi infrastrutture di comunicazione), quello relativo allo stato di pericolosità e di rischio idrogeologico.

I passaggi salienti di questa impostazione metodologica sono illustrati in (Fig. 1.5).

Segue la sezione dedicata alle linee di intervento.

I criteri di intervento strutturali e non strutturali tengono conto, ovviamente, di tutti gli elementi elaborati nelle sezioni precedenti, ma non solo essendo d'obbligo una coerenza, anche formale, alle linee definite nello Schema di progetto di piano (obiettivi, procedure e contenuti)¹, e alla gradualità del processo di pianificazione in corso (Schemi Previsionali e Programmatici e Misure di salvaguardia).

Con l'espressione linee di intervento si intende il successivo e coerente "percorso" finalizzato al raggiungimento degli obiettivi di piano, mediante interventi diretti (ad esempio di tipo strutturale) o l'emanazione di disposizioni

¹ Lo Schema di progetto di Piano del bacino del fiume Po, sottoposto al Comitato Istituzionale nel Dicembre 1994, individua i metodi e gli obiettivi generali e di settore della pianificazione di bacino delineando una azione di pianificazione e programmazione di tipo strategico finalizzata al recupero dell'integrità fisica e della stabilità del territorio, attraverso il riconoscimento e il controllo dei fenomeni degenerativi, e al riordino dell'esistente.

normative (ad esempio interventi non strutturali associati alla definizione delle fasce fluviali).

Fig. 1.5. Formazione delle linee di intervento del progetto di piano stralcio

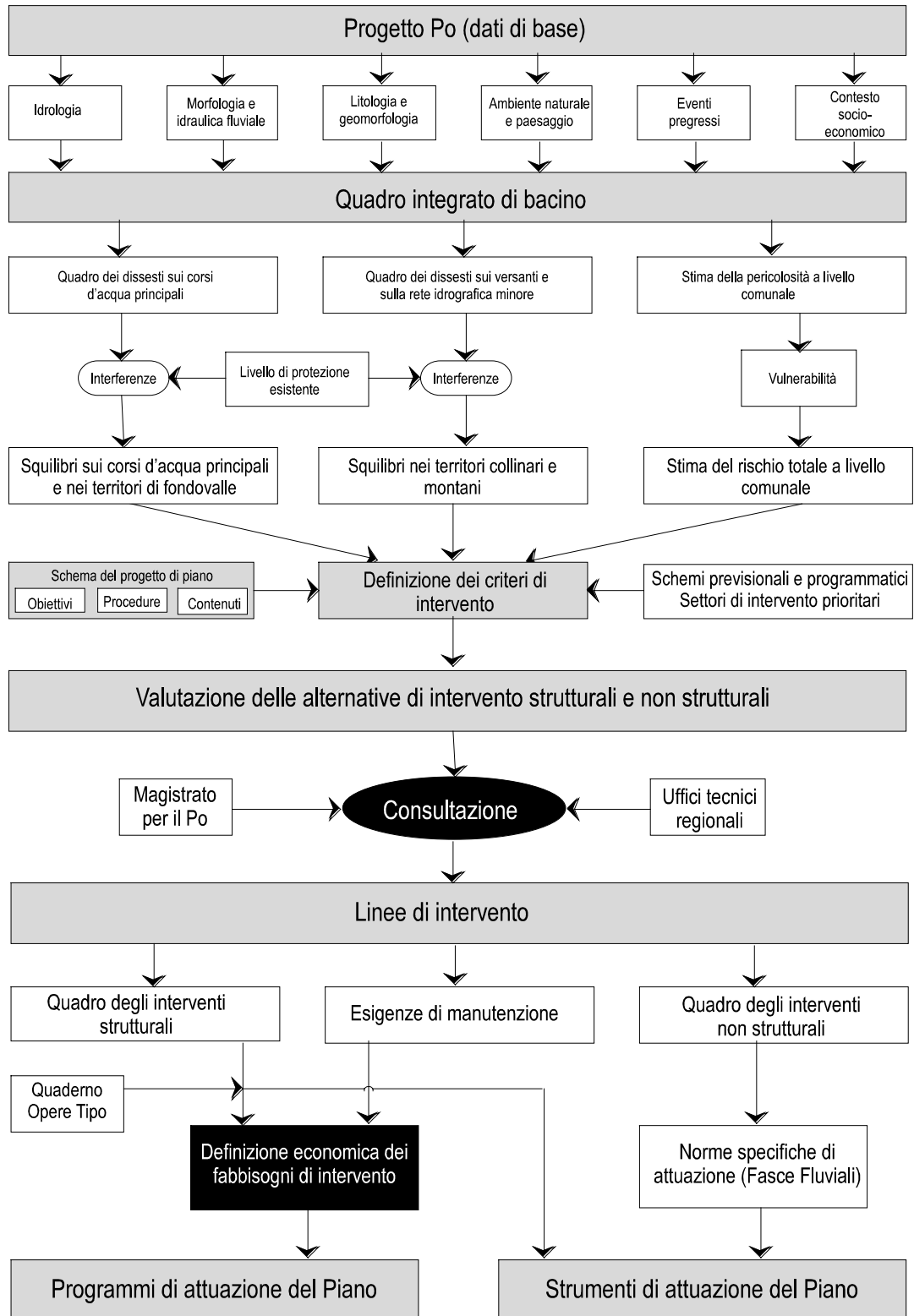


Fig. 1.6 Tipologie di intervento

I MISURE NON STRUTTURALI

- Attività di previsione e sorveglianza
- Regolamentazione dell'uso del suolo nelle aree a rischio
- Fasce Fluviali
- Mantenimento delle condizioni di assetto del territorio e dei sistemi idrografici

II MISURE STRUTTURALI DI TIPO ESTENSIVO

- Interventi di riforestazione
- Interventi di miglioramento dell'uso agricolo del suolo
- Interventi integrati di rinaturazione e recupero di suoli
- Opere di idraulica forestale sul reticolo idrografico minore

III MISURE STRUTTURALI DI TIPO INTENSIVO

- Opere di consolidamento delle frane e di sistemazione dei versanti
- Opere di protezione dalle valanghe
- Briglie o soglie di stabilizzazione del fondo alveo
- Briglie di trattenuta del trasporto solido
- Difese spondali longitudinali e trasversali
- Difese arginali
- Opere di impermeabilizzazione e intercettazione delle filtrazioni nelle difese arginali
- Modellamento dell'alveo
- Diversivi e scolmatori
- Bacini o casse di laminazione
- Opere di regolazione e di sostegno
- Tecniche di ingegneria naturalistica

Tali scelte vengono proposte dopo una fase di consultazione che ha coinvolto, nella valutazione delle alternative, Il Magistrato per il Po e gli uffici tecnici regionali. È ben noto, infatti, che il raggiungimento di determinati obiettivi può avvenire lungo percorsi alternativi, adottando cioè soluzioni diverse che, seppur condizionate da vincoli di varia natura (fisici, economici, politico-istituzionali), sono caratterizzati da gradi diversi di efficacia e di fattibilità.

Le linee generali di assetto idraulico e idrogeologico proposte perseguono i seguenti obiettivi:

- *garantire un livello di sicurezza adeguato* sul territorio;
- conseguire un *recupero della funzionalità dei sistemi naturali* (anche tramite la riduzione dell'artificialità conseguente alle opere di difesa), il ripristino, la riqualificazione e la tutela delle caratteristiche ambientali del territorio, il recupero delle aree fluviali a utilizzi ricreativi;
- conseguire il *recupero degli ambiti fluviali e del sistema idrico quale elementi centrali dell'assetto territoriale* del bacino idrografico;

- raggiungere *condizioni di uso del suolo compatibili* con le caratteristiche dei sistemi idrografici e dei versanti, funzionali a conseguire effetti di stabilizzazione e consolidamento dei terreni e di riduzione dei deflussi di piena.

Le *linee di intervento strategiche* tendono in particolare a:

- proteggere centri abitati, infrastrutture, luoghi e ambienti di riconosciuta importanza rispetto a eventi di piena di gravosità elevata, in modo tale da ridurre il rischio idraulico a valori compatibili;
- mettere in sicurezza abitati e infrastrutture interessati da fenomeni di instabilità di versante;
- salvaguardare e, ove possibile, ampliare le aree naturali di esondazione dei corsi d'acqua;
- limitare gli interventi artificiali di contenimento delle piene a scapito dell'espansione naturale delle stesse, e privilegiare, per la difesa degli abitati, interventi di laminazione controllata, al fine di non aumentare il deflusso sulle aste principali e in particolare sull'asta del Po;
- limitare i deflussi recapitati nella rete idrografica naturale da parte dei sistemi artificiali di drenaggio e smaltimento delle acque meteoriche delle aree urbanizzate;
- promuovere interventi diffusi di sistemazione dei versanti con fini di aumento della permeabilità delle superfici e dei tempi di corrivazione;
- promuovere la manutenzione delle opere di difesa e degli alvei, quale strumento indispensabile per il mantenimento in efficienza dei sistemi difensivi e assicurare affidabilità nel tempo agli stessi;
- promuovere la manutenzione dei versanti e del territorio montano, con particolare riferimento alla forestazione e alla regimazione della rete minuta di deflusso superficiale, per la difesa dai fenomeni di erosione, di frana e dai processi torrentizi;
- ridurre le interferenze antropiche con la dinamica evolutiva degli alvei e dei sistemi fluviali.

Sulla rete idrografica principale gli obiettivi sopra indicati costituiscono il riferimento rispetto al quale il Piano definisce l'*assetto di progetto dei corsi d'acqua*; la loro trasposizione alle singole situazioni è funzione dalle specifiche condizioni degli stessi, determinate prevalentemente da:

- caratteristiche geomorfologiche e di regime idraulico attuali e loro tendenza evolutiva;

- livello di sistemazione idraulica presente;
- condizionamenti determinati dal sistema infrastrutturale e urbano circostante;
- condizioni di uso del suolo nella regione fluviale e di naturalità della stessa.

Per ciascun corso d'acqua della rete idrografica principale l'assetto di progetto è individuato dai seguenti elementi:

- il limite dell'alveo di piena e delle aree inondabili rispetto alla piena di riferimento;
- l'assetto del sistema difensivo complessivo: argini e opere di sponda, eventuali dispositivi di laminazione controllata, diversivi o scolmatori;
- le caratteristiche morfologiche e geometriche dell'alveo;
- le caratteristiche di uso del suolo della regione fluviale e dei sistemi presenti di specifico interesse naturalistico.

Sul reticolo idrografico montano e sui versanti gli obiettivi di Piano vengono riferiti a un'analisi dei fenomeni geologici e idrologici e ad una identificazione dei dissesti e del rischio condotti a livello di sottobacino idrografico; l'individuazione delle azioni fa riferimento alle condizioni di assetto complessive da conseguire e, in rapporto a esse, agli aspetti significativi alla scala di bacino.

La parte montana e collinare di ogni bacino idrografico principale è stata suddivisa, ai fini dell'individuazione degli interventi di Piano nei singoli sottobacini. Le linee di intervento indicate sono pertanto riferite sia a opere strutturali a carattere preventivo sia a opere che, pur non avendo caratteristiche di pronto intervento, si propongono di conseguire un riassetto del sistema idrografico e delle porzioni instabili dei versanti, in relazione alle condizioni di dissesto.

Le tipologie di intervento, in funzione degli obiettivi di controllo dello stato di dissesto in atto ai fini del conseguimento di un livello di rischio compatibile per gli abitati, le infrastrutture e in generale il territorio antropizzato sono sinteticamente elencate in Tab. 1.6.

Nell'individuazione delle opzioni di intervento si è tenuto in conto delle rilevanze naturalistiche, paesaggistiche ed ambientali di cui si riferisce con maggior dettaglio nell'elaborato di Piano n. 4. Ciò con il duplice scopo, da una parte di proteggere e valorizzare gli ecosistemi più fragili e le emergenze storico-culturali esposte a dissesto dall'altro scegliere interventi il più possibile compatibili con le peculiarità paesistico-ambientali del contesto territoriale nel quale essi si collocano.

Tab. 1.6 Tipologie di intervento sui versanti e sulla rete idrografica minore

No	Tipologia di intervento	Finalità	Sistema interessato
1	Opere strutturali su movimenti franosi puntuali	Stabilizzazione fenomeno	Versante
2	Interventi di forestazione e/o di regimazione del reticolo idrografico minuto	Stabilizzazione e contenimento dei fenomeni di erosione diffusa	Versante
3	Opere strutturali di protezione da valanghe	Protezione	Versante
4	Opere strutturali di contenimento dei livelli idrici	Controllo dei fenomeni di esondazione	Rete idrografica
5	Scolmatori o diversivi	Controllo dei fenomeni di esondazione	Rete idrografica
6	Aumento della capacità di deflusso tramite ricalibrature e opere di sistemazione dell'alveo	Controllo dei fenomeni di esondazione	Rete idrografica
7	Invasi per la laminazione controllata delle piene	Controllo dei fenomeni di esondazione	Rete idrografica
8	Interventi per migliorare la laminazione naturale delle piene	Controllo dei fenomeni di esondazione	Rete idrografica
9	Opere di protezione spondale	Controllo delle erosioni di sponda a contenimento della divagazione dell'alveo e/o a fini di stabilizzazione al piede di frane	Rete idrografica
10	Opere di controllo del profilo di fondo e del trasporto solido	Controllo di fenomeni di sovralluvionamento e di trasporto in massa torrentizio	Rete idrografica
11	Manutenzione straordinaria dell'alveo e delle opere idrauliche anche tramite interventi di ripristino, adeguamento e completamento di opere esistenti	Mantenimento delle condizioni di funzionalità dell'alveo	Rete idrografica
12	Sistemazione idraulica di nodi di confluenza o tratti specifici tramite opere di sponda e ricalibratura dell'alveo	Miglioramento delle condizioni di deflusso e di stabilità in piena	Rete idrografica
13	Adeguamento dei manufatti di attraversamento e/o relativi rilevati di accesso	Controllo dei fenomeni di dissesto sia sulle opere che indotti dalle stesse sul territorio circostante	Rete idrografica

1.4 Documentazione tecnica di supporto

Le analisi esposte sulle condizioni di dissesto del bacino e l'individuazione delle opzioni di intervento strutturali e non, sono contenute in forma dettagliata nei Sottoprogetti, SP 1.1 (Piene e naturalità degli alvei fluviali), SP 1.2 (Stabilità dei versanti) e SP 1.3 (Compatibilità delle attività estrattive).

A partire dagli elaborati prodotti nell'ambito di questi Sottoprogetti, che costituiscono importanti elementi di supporto tecnico al Progetto di Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico, è stato redatto un documento tecnico denominato "**Quadro del fabbisogno di interventi**" sulla base del quale, nonché dei successivi aggiornamenti, saranno formulati i programmi triennali di intervento in conformità con le procedure individuate nelle norme di attuazione di cui all'Elaborato di piano n. 2.

2. Linee generali di assetto idraulico e idrogeologico nel bacino del Po piemontese

2.1 Caratteristiche generali

2.1.1 Inquadramento fisico e idrografico

Viene considerata l'asta del Po nel tratto piemontese, comprensiva del bacino montano proprio (alto Po) e delle aree afferenti interessate dagli affluenti secondari in sponda destra a valle del Maira (bacini idrografici del Ricchiardo e del Banna, collina Torinese, bacini del Monferrato casalese: Stura del Monferrato, Grana); non vengono considerati invece i territori facenti parte dei bacini idrografici degli affluenti di sinistra; con tale delimitazione il bacino afferente all'asta del Po nel tratto piemontese ha una superficie complessiva di circa 3.540 km² (5,1% dell'intero bacino del Po), di cui il 34% in ambito montano.

Le sorgenti del Po sono localizzate presso il lago Fiorenza, a quota 2.100 m s.m., ai piedi del massiccio del Monviso. Il bacino montano (alto Po), con una superficie di circa 363 km² termina poco a valle di Sanfront, dove il corso d'acqua alimenta l'acquifero, formato da materiale alluvionale grossolano, che in prossimità di Staffarda, genera numerosi fontanili.

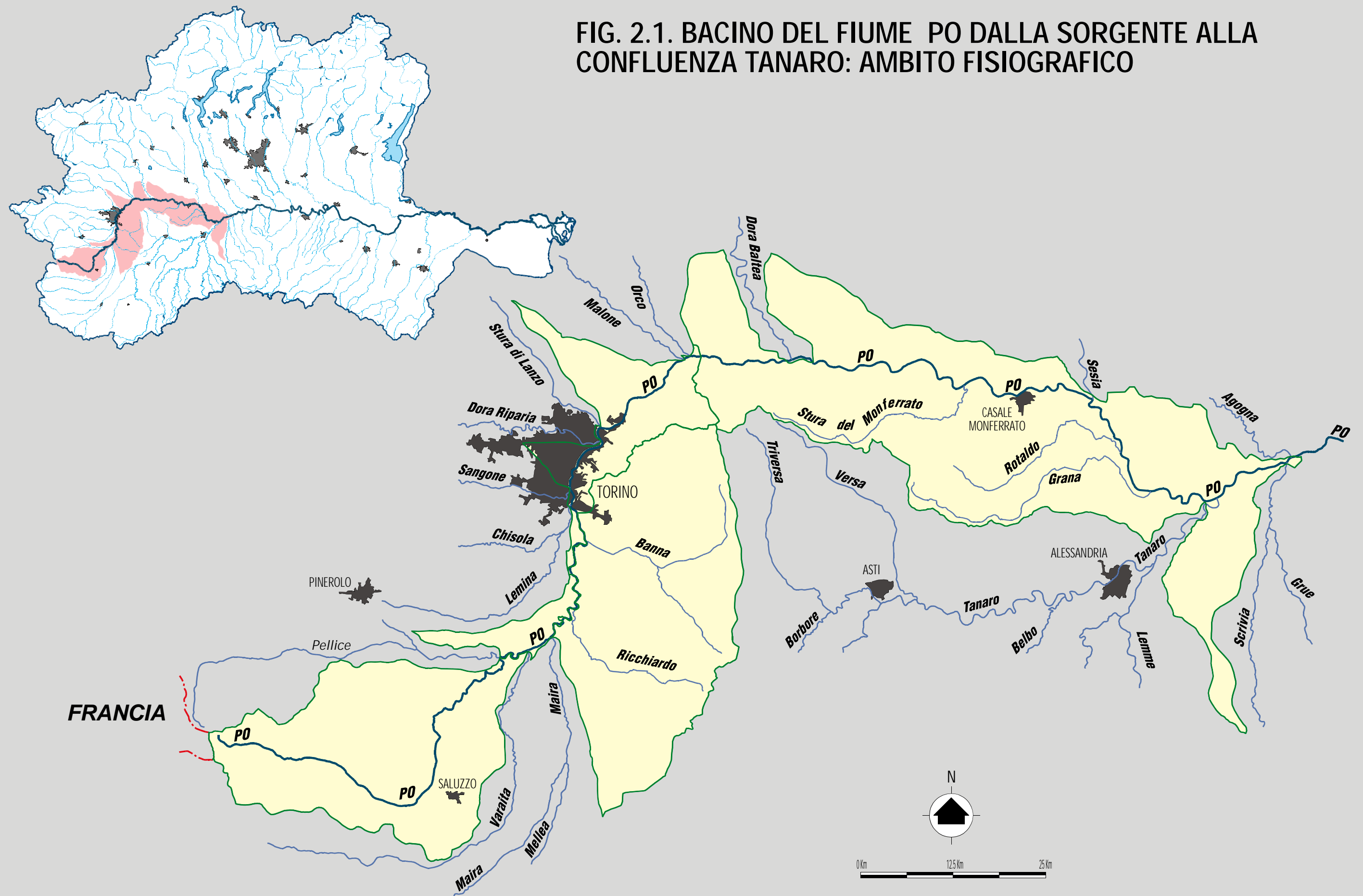
Il corso del fiume è diretto dapprima verso nord, fino circa a Chivasso, dove converge a est fino a Casale Monferrato, per poi ripiegare a sud verso Valenza e infine nuovamente rivolgersi a est.

Tra Moncalieri e Valenza l'alveo scorre ai piedi delle colline torinesi e del Monferrato, in ragione dei grandi accumuli alluvionali formati dagli affluenti di sinistra.

Tra Revello e Moncalieri gli affluenti principali in sinistra sono i torrenti Pellice, Chisola; in destra i torrenti Varaita, Maira, Ricchiardo e Banna. Tra Moncalieri e Chivasso in sinistra, i torrenti Sangone, Dora Riparia, Stura di Lanzo, Malone e Orco. Infine tra Chivasso e Valenza in sinistra, la Dora Baltea e il Sesia in sinistra e la Stura del Monferrato, il Rotaldo e il Grana in destra. A valle di Valenza, in prossimità di Bassignana in destra confluisce il Tanaro.

La superficie del bacino idrografico complessivo, sotteso a Isola S. Antonio, a valle della confluenza con il Tanaro e a monte di quella dello Scrivia, è di 25.320 km². La lunghezza dell'asta fino a Isola S. Antonio è di circa 270 km.

FIG. 2.1. BACINO DEL FIUME PO DALLA SORGENTE ALLA CONFLUENZA TANARO: AMBITO FISIOGRAFICO



L'asta del Po è suddivisibile in due tratti distinti per caratteristiche morfologiche, morfometriche e per comportamento idraulico: il tratto montano, fino a Martiniana Po, di circa 68 km, e il tratto di pianura fino Isola di S. Antonio per ulteriori 202 km.

A partire da Martiniana Po la tipologia dell'alveo è a canali intrecciati fino alla confluenza del rio Torto, monocursale sinuoso fino a Staffarda, meandriforme fino a Carmagnola, monocursale sinuoso fino a Valenza e infine torna meandriforme fino a Isola S. Antonio.

Ai fini delle analisi conoscitive e della successiva delineazione degli interventi di Piano, il bacino viene suddiviso nelle seguenti componenti:

a) l'asta del fiume Po, dalle sorgenti a Isola di S. Antonio, suddivisa secondo i tratti elementari di seguito elencati:

- dalla sorgente a Martiniana Po,
- da Martiniana Po a Staffarda,
- da Staffarda alla confluenza del torrente Pellice,
- dal torrente Pellice a La Loggia,
- da La Loggia a San Mauro Torinese,
- da San Mauro Torinese alla confluenza della Dora Baltea,
- dalla Dora Baltea a Cornale,
- da Cornale al Sesia,
- dal Sesia a Isola S. Antonio;

b) i sottobacini montani alto Po, Ricchiardo, Banna e del Monferrato.

Il quadro conoscitivo e di valutazione dei dissesti sui versanti e sulla rete idrografica minore è stato definito, in maggior dettaglio, separatamente per i sottobacini Alto Po, Ricchiardo - Banna, Area Torinese, Monferrato.

2.1.2 Caratteri generali del paesaggio naturale e antropizzato

Il bacino montano del Po è caratterizzato da rilievi anche molto elevati, tra cui spicca il Monviso, con valli laterali piuttosto incise dove scorrono affluenti di discreta entità, mentre il fondovalle principale presenta un modesto grado di antropizzazione.

Nel tratto pianiziale il fiume scorre in un ambito con scarse variazioni altimetriche - qual'è la pianura piemontese - in cui prevalgono terreni alluvionali recenti, ampiamente sfruttati per l'uso agricolo. Il corso d'acqua in pianura è caratterizzato morfologicamente dalla confluenza dei primi importanti affluenti, dalla presenza in prossimità di Torino del comprensorio terziario della Collina di Torino e del Monferrato, e poi dalla confluenza degli altri affluenti fra cui Dora Baltea, Sesia e Tanaro.

Nel tratto montano si può riscontrare un grado di conservazione delle componenti naturalistiche sostanzialmente ancora buono, in misura maggiore per quel che riguarda i versanti rispetto al fondovalle. La componente forestale nel tratto in valle è costituita da boschi misti di latifoglie a prevalenza di castagno, alle quote inferiori, e con presenza di faggio e frassino più in alto. Da rilevare la mancanza pressoché totale delle conifere sia per motivi climatici che antropici.

Un elevato grado di antropizzazione caratterizza il percorso del Po nel tratto di pianura, dove è possibile riscontrare un costante abbassamento del suo stato di naturalità. La vegetazione arborea infatti scompare quasi completamente, spesso ridotta a una stretta fascia ripariale o ad aree isolate, come il Colle di San Colombano e il Bosco della Partecipanza. Da considerare a carattere residuale la presenza dei boschi pianiziali lungo il corso del Po piemontese e proprio per questo di ancora più elevato valore naturalistico.

Il Parco Naturale Bosco della Partecipanza si estende su un'area di quasi 1.000 ha, con una zona molto estesa che costituisce un relitto naturale della grande selva che nel medioevo si estendeva dalla Dora Baltea sino all'altezza di Ligna-Trino. La vegetazione del bosco è costituita da numerosi esemplari d'alto fusto di farnia e di roverella, e, negli strati più bassi, da altre specie arboree ed arbustive quali il biancospino, il nocciolo, il carpino, ecc.

Alla stessa stregua dei boschi pianiziali sono da considerare le ormai rare lanche, che rivestono grande importanza per molteplici forme di vita che nelle acque ferme trovano rifugio e risorse vitali.

Il Sistema delle Aree Protette della Fascia Fluviale del Po costituisce un ecosistema di grande rilevanza, in alcuni tratti con un buono stato di conservazione, anche se la qualità biologica delle acque è in parte carente.

Nel tratto iniziale del Po la vegetazione è caratterizzata da formazioni irregolari di latifoglie, in cui si inseriscono delle radure a vegetazione pioniera e xerofila. Nelle acque la vegetazione è limitata a frammenti di cenosi idrofite natanti. Sono presenti in modo sporadico boschi ripariali d'alto fusto, costituiti essenzialmente dai saliceti con la partecipazione di altre specie pianiziali.

Soggetto alle grandi inondazioni del fiume, e quindi occupato su vaste zone da acquitrini e paludi, l'ambiente naturale della pianura restò per millenni pressoché inalterato dall'azione umana. L'opera di bonifica, di sistemazione dei corsi d'acqua e di colonizzazione agraria della pianura, che è stata condotta nell'ultimo millennio non solo ha quasi cancellato la presenza delle foreste planiziali, delle boscaglie e delle paludi, ma ne ha mutato la struttura vegetazionale (già a partire dal XVIII secolo si era diffusa la robinia).

Nel campagne le specie arboree oggi più comuni sono l'ontano, il salice, il pioppo bianco e il pioppo nero, che oltre a essere piantati in filari lungo il reticolo idrografico minore, si sviluppano anche in piantagioni a fini produttivi prevalentemente lungo il Po e gli affluenti principali.

I filari di alberi, ai limiti dei campi e soprattutto delle proprietà terriere, così tipici del paesaggio agrario di pianura, si sono molto ridotti negli ultimi trent'anni con l'intensificarsi della meccanizzazione e con l'introduzione di nuove tecniche agricole.

Anche la fauna è stata fortemente impoverita e oggi nella pianura non restano che riserve di caccia e alcune limitate zone umide di rilevante interesse naturalistico.

Il bacino del Po piemontese, data l'ampiezza del territorio attraversato, presenta caratteri storico culturali e paesaggistici estremamente diversificati.

Ai caratteri tipicamente di montagna dell'insediamento umano dell'alta valle del Po fa riscontro, già nel territorio di Saluzzo, il paesaggio pianeggiante dell'alta pianura, dove si trovano centri di grande interesse storico (Saluzzo, Carmagnola, Villafranca Piemonte, ecc.) e beni storico culturali di rilevante interesse architettonico.

L'uniformità del paesaggio agricolo è interrotto dalla vasta agglomerazione torinese, collocata proprio là dove la pianura si stringe tra le morene di Rivoli e la Collina di Torino.

La topografia urbana di Torino è profondamente segnata dal corso del Po, a est del quale si eleva la Collina, che raggiunge i 716 m s.m. del Colle della Maddalena, mentre una divisione meno evidente è operata dalla Dora Riparia.

Dopo Torino la pianura del Po, stretta tra i monti o gli anfiteatri morenici e la collina di Torino, si apre sempre più, e va ad assumere maggiore regolarità di forme e i caratteri tipici del paesaggio che contraddistinguono la pianura padana.

Da Crescentino fino al Ticino si diffonde con sostanziale continuità la zona risicola nelle campagne a nord del Po, mentre a sud si ha la transizione tra la grande pianura irrigua e le colline vitifere nel Monferrato, in particolare tra Chivasso e Casale Monferrato, caratterizzate dalla presenza di piccoli centri storici d'altura, generalmente di impianto medioevale, castelli ed edifici religiosi.

La presenza degli ordini monastici ha qui strutturato storicamente il territorio di pianura, attraverso la costruzione di edifici religiosi e opere di bonifica.

Nel basso Vercellese molte delle attuali grandi dimore rurali, dette localmente cassine, come anche alcuni centri abitati, sorgono nel luogo di insediamenti e possedimenti monastici

In questo tratto di pianura un altro elemento di grande interesse architettonico è rappresentato dall'insediamento rurale isolato, al centro delle grandi proprietà, che diviene tra il XVIII e il XIX secolo una vera e propria azienda produttiva, con grandi edifici destinati alla mano d'opera stagionale, aie, stalle, mulini e laboratori. Molti di questi insediamenti mostrano oggi i segni di un certo abbandono dovuto alla rapida sostituzione del lavoro manuale con quello meccanico.

2.1.3 Aspetti geomorfologici e litologici

Nel seguito si descrivono le principali caratteristiche geolitologiche del bacino con particolare attenzione verso quei litotipi che per le proprie caratteristiche geomeccaniche manifestano alti gradi di erodibilità e/o propensione a dissesti gravitativi; fra parentesi si indica la sigla del litotipo riportata nella cartografia geolitologica alla scala 1:250.000 allegata al presente Piano stralcio.

La distribuzione percentuale dei dissesti dovuti a movimenti gravitativi è legata alle caratteristiche geotecniche delle litologie affioranti; le rocce cristalline, con buone caratteristiche di resistenza e durezza (LMM), sono talora sede di frane di crollo, anche di grandi dimensioni, quando interessate da sistemi di frattura. Calcescisti, scisti argillosi e filladici (LDM) e rocce debolmente metamorfosate presentano requisiti meno ottimali e sono generalmente interessati più profondamente dai processi di alterazione, disgregazione fisico-meccanica e soluzione; in queste formazioni sono presenti frane complesse più o meno profonde.

Dove le formazioni sono fortemente alterate e ricoperte da una coltre detritica eluviale, i versanti possono divenire particolarmente instabili e soggetti alla formazione di soil slip in occasione di eventi pluviometrici particolarmente intensi. I bacini che presentano percentualmente la maggiore superficie

soggetta a tale fenomenologia sono quelli del Grana, del Rotaldo, della Stura di Monferrato e del Craviola e i bacini del Banna e del Ricchiardo.

Il bacino dell'Alto Po può essere suddiviso in due aree: quella di monte, dove i litotipi maggiormente rappresentati sono i termini litoidi metamorfici fratturati (LDM), seguiti da formazioni litoidi massicce (LMM, LMS), formazioni sedimentarie fratturate (LDS), depositi glaciali (DGL) e depositi alluvionali e lacustri (AFL); l'area di valle, ove sono presenti depositi clastici alterati (DCG) e depositi alluvionali fluviali e lacustri (AFL).

I litotipi maggiormente rappresentati nei sottobacini montani del Grana, del Rotaldo, della Stura di Monferrato e del Craviola, sono le formazioni litoidi ad alternanze di termini a diverso comportamento meccanico (ADM), rocce tenere (RTE) e in subordine termini litoidi metamorfici fratturati (LDM).

In prossimità dello sbocco in pianura, i bacini del Grana e del Rotaldo sono interessati da depositi clastici alterati (DCG) e in alcune zone da complessi strutturali caotici (CSC). Sono presenti sia lateralmente che in profondità depositi alluvionali terrazzati (AFL) di origine quaternaria in cui si innestano alcuni coni di deiezione.

Nei bacini del Banna e del Ricchiardo due sono i litotipi rappresentati: in testata le rocce tenere (RTE), mentre nel resto dei bacini i depositi clastici alterati (DCG). I depositi di origine quaternaria (AFL) interessano tutto il corso dei torrenti, con esclusione del primo tratto del bacino del Banna.

2.1.4 Aspetti idrologici

2.1.4.1 Caratteristiche generali

Per il bacino del Po si riconoscono tre caratteristiche idrologiche distinte che ne permettono la classificazione in altrettante aree omogenee.

Il bacino dell'alta valle del Po rientra tra i bacini alpini pedemontani; la piovosità intensa è piuttosto consistente, determinando portate specifiche abbastanza elevate. Le piene si verificano generalmente in autunno e in misura minore a fine primavera o a fine estate.

Le zone montane e prossime allo spartiacque italo-francese presentano caratteristiche intermedie tra bacini pedemontani e bacini interni: le piogge arrivano già mitigate e i rilievi elevati fanno sì che per buona parte dell'anno si abbiano precipitazioni nevose.

Il tratto di pianura assume connotazioni diverse sia per la scarsa probabilità che le piene straordinarie si verificano contemporaneamente in tutti gli affluenti principali, sia grazie all'effetto di laminazione dei colmi di piena.

Gli eventi di maggiore rilevanza non sono necessariamente provocati dalle piogge estreme in qualche porzione del suo bacino, quanto piuttosto da piogge elevate e uniformi su tutto il territorio. Le piene straordinarie nel tratto a monte di Torino risultano in genere disgiunte da quelle del tratto di valle, in cui gli eventi eccezionali sono provocati da eventi concomitanti dei bacini compresi tra la Stura di Lanzo e il Sesia.

Gli affluenti minori di destra Ricchiardo, Banna e Stura del Monferrato, Rotaldo, Grana, hanno bacini formati da rilievi non molto elevati con pluviometria caratterizzata da un massimo principale in primavera e un massimo secondario in autunno; le precipitazioni intense sono piuttosto elevate.

L'influenza delle precipitazioni nevose è trascurabile e fenomeni meteorici intensi sono possibili in tutte le stagioni, con maggiore incidenza nel periodo primaverile e autunnale, ma con possibilità di frequenti fenomeni temporaleschi isolati nei mesi estivi. Nel bacino le precipitazioni medie variano da 700 mm/anno in pianura a circa 1600 mm/anno.

2.1.4.2 Portate di piena e piene storiche principali

Le stazioni di misura per le quali sono disponibili valori storici delle portate di piena sono elencate in Tab. 2.1.

Tab. 2.1. Valori delle portate di piena storiche nel bacino dell'Alto Po

Sezione	Superficie km ²	Hmedia m s.m.	Hmin m s.m.	Qmax m ³ /s	qmax m ³ /s km ²	Data
Banna a Santena	360	408	224	430	1.19	11/11/51
Po a Crissolo	36.7	2235	1250	134	3.65	26/09/47
Po a Moncalieri	4885	950	214	2230	0.46	04/05/49
Po a S. Mauro	7408	1097	200.3	3750	0.51	01/11/45
Po a Casale(*)	13940		107.2	6000	0.43	06/11/94

(*) piena del sett. 1993: 5600 m³/s

I principali eventi alluvionali che hanno interessato questo bacino idrografico sono evidenziati in sintesi nella Tab. 2.2.

Tab. 2.2. Principali eventi alluvionali che hanno interessato il bacino dell'asta del Po piemontese

Piena	Caratteristiche	Aree interessate	Note
Feb.-nov. 1951	Piene sulla Stura del Monferrato.		
Nov. 1951	La piena supera i massimi storici precedenti a partire da Casale Piena nel bacino del Banna, con rotte degli argini e vaste inondazioni	Chieri, Poirino, Santena	Portata massima del Po: a Torino 1.300 m ³ /s; a Casale 3.740 m ³ /s
Lug. 1952- giu., set. Ott. 1953	Piena sulla Stura del Monferrato		
Mar. 1956- apr. 1957- nov. 1957- ott. 1966- apr. 1969- feb. 1972, giu., set. 1973- feb. 1974	Eventi alluvionali di notevole gravità nel settore collinare del Monferrato		
Nov. 1968	Diffusi franamenti si manifestano nella collina di Torino, in particolare modo sul versante settentrionale da Moncalieri a San Raffaele Cimena. Colpito in particolare il bacino della Stura Del Monferrato.	Moncalieri, Torino	
Feb. 1974	Riattivazione frane sulla Collina Torinese		
Giu., ago. 1982	Nubifragi interessano il settore collinare a Castagneto Po, Casalborgone.		
Apr. 1986	Nubifragi e attivazione frane collina di Torino		
Ott. 1992	Piena lungo l'asta di Po, con allagamenti nei tratti Torino-Chivasso, vercellese e fino alla confluenza Tanaro con dissesti ed erosioni di sponda.		
Sett. 1993	Piena lungo l'asta di Po particolarmente gravosa a valle di Torino, per gli apporti degli affluenti in sinistra (Stura di L., Orco, Malone, Dora B., Sesia) con allagamenti e dissesti dell'alveo		Portata massima del Po: a Cardè 122 m ³ /s, a Carignano 400 m ³ /s, a Torino 500 m ³ /s; a Casale 5.600 m ³ /s
Nov. 1994	Piena lungo l'asta di Po: <ul style="list-style-type: none"> • tra <i>Martiniana-Carmagnola</i> elevato trasporto solido ed esondazioni su aree a superficie contenuta; • tra <i>S. Mauro-Dora Baltea (Crescentino)</i>, allagamenti di centri abitati in sponda destra.; cedimento di ponti; • <i>confluenza Dora B - confluenza Sesia</i>, allagati gli abitati in destra.; risulta gravemente danneggiato il sistema arginale; • tra <i>confluenza Sesia -confluenza Scrivia</i> livelli idrici al limite delle arginature maestre con dissesti e tracimazioni in corrispondenza degli abitati 	Crescentino, Trino Palazzolo, Morano, Balzola, Villanova M. Casale M.	Portata massima del Po: a Carignano 1.200 m ³ /s, a Torino 1.500 m ³ /s; a Chivasso 3.500 m ³ /s, a Casale 6.000 m ³ /s, a Isola S. Antonio circa 10.000 m ³ /s

2.1.4.3 Trasporto solido

La caratterizzazione del bacino in rapporto al trasporto solido nell'asta principale è definita dai seguenti elementi:

- la quantità di sedimenti mediamente prodotta dal bacino montano in funzione delle specifiche caratteristiche geologico-geomorfologiche e climatiche,

- la capacità media di trasporto solido dell'asta principale in funzione delle caratteristiche idrologiche, geometriche, granulometriche del materiale d'alveo e idrauliche.

Tab. 2.3. Asta del Po piemontese; caratteristiche del trasporto solido dei bacini montani affluenti

Sottobacino montano	Superficie km ²	Quota media m s.m.	Precipitaz. media annua mm	Trasporto solido 10 ³ m ³ /anno	Erosione specifica mm/anno
Alto Po	342	1.200	998	37,1	0,11
Varaita	441	1.500	866	35,9	0,08
Maira	715	1.600	922	50,2	0,07
Pellice	867	1.634	999	84,2	0,09
Ricchiardo	121	350	709	34,2	0,28
Sangone	221	900	1.003	12,5	0,06
Dora Riparia	1.208	1.450	858	121,6	0,10
Stura di Lanzo	680	1.700	1.216	106,5	0,16
Collina valle Torino	146	400	795	10,2	0,07
Malone	84	800	1.260	35,3	0,42
Orco	854	1.850	1.170	148,5	0,17
Dora Baltea	3.330	2.000	818	375,6	0,11
Sesia	1.404	1.157	1.535	107,7	0,07
Stura/Collina Casalese	595	300	808	25,0	0,04
Tanaro	6.665	756	933	428,0	0,06
Totale	17.673	1.244	974	1612,5	0,09

Per il primo punto si fa riferimento alla formulazione teorico-sperimentale di Gavrilovich, che permette di stimare il volume del sedimento prodotto in funzione delle caratteristiche geometriche e fisiografiche del bacino, dell'erodibilità dei versanti (in relazione a litologia, copertura forestale, uso del suolo, stato di dissesto in atto e relativa tipologia) e delle caratteristiche climatiche.

Per il secondo parametro il valore medio annuo è stato stimato impiegando la formulazione di Englund-Hansen sulla base della scala di durata delle portate, delle caratteristiche idrauliche (larghezza dell'alveo attivo, pendenza di fondo, scabrezza) e della granulometria del materiale d'alveo.

La Tab. 2.3. rappresenta i dati numerici relativi alla quantità di sedimento media prodotta dai bacini montani affluenti.

Rispetto a un valore totale di produzione del trasporto solido a scala di intero bacino montano del Po (superficie considerata di 28.440 km²) pari a 3,35 milioni di m³/anno, il trasporto solido prodotto dal bacino piemontese rappresenta il 48,13%, a fronte di un 62,14% di estensione territoriale; nel complesso quindi il bacino si colloca su valori medio-bassi di erosione, come per altro illustrato dal

valore di erosione specifica rispetto al valore medio a scala di intero bacino pari a 0,12 mm/anno.

La Tab. 2.4. riporta la capacità di trasporto dell'asta riferita ai valori medi caratteristici di tratti omogenei.

Tab. 2.4. Asta del Po piemontese; caratteristiche del trasporto solido dell'asta fluviale

Asta fluviale	Capacità di trasporto al fondo	Capacità di trasporto in sospensione	Capacità di trasporto totale
	10 ³ m ³ /anno	10 ³ m ³ /anno	10 ³ m ³ /anno
Alto Po (sorg.-confl. Pellice)	7,8	30,1	37,8
Po (Pellice-Stura L.)	78,7	152,0	230,7
Po (Stura L.-Sesia)	350,5	467,5	818,0
Po (Sesia-Tanaro)	480,4	772,1	1252,5

Il confronto tra la capacità di trasporto solido dell'asta e il volume di materiale solido prodotto dal bacino montano permette di valutare, pur nell'approssimazione dei valori medi utilizzati e della scala di dettaglio delle valutazioni stesse, la tendenza al deposito ovvero all'erosione.

2.1.5 Assetto morfologico e idraulico

2.1.5.1 Caratteristiche generali

Nel *tratto dalla sorgente a Martiniana Po* l'alveo scorre fino a Paesana inciso in un fondovalle stretto in buone condizioni di stabilità dei versanti (boscati e non), a meno di alcune porzioni di pareti rocciose interessate da crolli. Successivamente la valle si amplia notevolmente, con un forte sviluppo di terrazzi alluvionali; le difese di sponda sono piuttosto diffuse e in buono stato di conservazione.

Nel *tratto Martiniana Po-Staffarda* la morfologia dell'alveo, tipica dello sbocco in pianura, è caratterizzata da un letto largo, a canali intrecciati, molto instabile; nell'area golenale si hanno canali secondari abbandonati sia in destra che in sinistra. Le caratteristiche prevalenti sono quelle di un alveo torrentizio con accentuati fenomeni di trasporto solido anche connessi alla formazione di banchi e/o isole. Verso la parte finale del tratto il corso d'acqua assume caratteri di transizione tra alveo torrentizio e alveo fluviale. La sezione ha geometria molto variabile, con larghezza mediamente compresa tra 20 e 100 m e profondità modesta (1.5-2.0 m); diventa maggiormente incassata, restringendosi, man mano che si procede verso il ponte della SS 589, in prossimità

dell'Abbazia di Staffarda. Le opere di difesa spondale sono presenti solo nel tratto terminale, tra i ponti di Revello e di Staffarda dove si hanno di instabilità di sponda.

Nel *tratto Staffarda-confluenza Pellice* l'alveo è monocursale sinuoso, con tratti a tendenza meandriforme; in prossimità dell'immissione del Pellice vi sono diversi meandri fortemente irregolari, con una maggiore instabilità. La golena è interessata da numerosi paleoalvei, sia in sinistra che in destra. I processi erosivi di sponda sono di entità relativamente modesta a eccezione della zona di confluenza del Pellice. La geometria è piuttosto regolare, salvo situazioni localizzate dovute principalmente all'immissione di tributari (torrenti Ghiandone e Pellice), con larghezza media di 30-40 m e profondità di 4-5 m. Le opere di difesa spondale sono limitate alla protezione di alcune infrastrutture viarie e delle curve più pronunciate.

Nel *tratto confluenza Pellice-La Loggia* l'alveo è monocursale meandriforme fino alla confluenza del Varaita, caratterizzato da una marcata instabilità parzialmente controllata da difese spondali, in particolare immediatamente a valle della confluenza del Pellice, confermata dalla rapida evoluzione a cui sono andati soggetti i meandri. La sezione si mantiene di dimensioni pressoché uniformi, con larghezza compresa tra 60 e 100 m e profondità di 5-7 m.

A valle dell'immissione del Varaita l'alveo diventa monocursale prevalentemente rettilineo, a seguito del taglio artificiale di numerose anse e meandri attuato nel secolo scorso, per allontanare il corso d'acqua dai centri abitati. L'alveo è stabile e ha mantenuto l'andamento rettilineo assegnatogli, pur in mancanza di consistenti opere di difesa spondale. Conseguentemente sono moderati i fenomeni erosivi di sponda osservabili, in particolare modo nelle zone di foce Varaita e di foce Maira. Opere di difesa spondale sono presenti nelle curve più pronunciate. La sezione ha una geometria abbastanza regolare; con quote di fondo vincolate da una briglia a valle del ponte di Casalgrasso. In tutto il tratto non vi sono argini, a parte modesti rilevati di estensione limitata.

A valle dell'immissione del Maira in sinistra e in destra vi sono rami disattivati e meandri tagliati da eventi recenti (1957, 1977). I meandri attuali sono caratterizzati da un lobo piuttosto ristretto che determina una forte predisposizione ai fenomeni di taglio. Forti instabilità si manifestano anche in prossimità dell'immissione del Ricchiardo, dove l'alveo del Po ha cambiato sede due volte tra il 1819 e il 1964, nell'ambito di fenomeni erosivi relativamente intensi a carico delle sponde, generalmente controllate da opere di difesa (primate e pennelli). La sezione d'alveo, sempre per effetto dei recenti tagli di meandro, ha

subito un significativo abbassamento di fondo che ha determinato, come conseguenza diretta, un aumento della capacità di portata limitando le possibili esondazioni. In prossimità del ponte di Carignano si ha un ampio meandro abbandonato, il cui taglio risale al 1949; le forme più recenti sono state riattivate nel corso della piena del 1977 e sono attivabili per piene elevate. Le aree golenali sono interessate quasi con continuità da laghi di cave estrattive, parzialmente ancora in funzione, di notevoli dimensioni e profondità; tale situazione determina condizioni di criticità per la stabilità morfologica dell'alveo, in rapporto all'esiguità dei setti di separazione tra sponda e bacini di cava e alle possibilità di interazione con la dinamica evolutiva dell'alveo secondo meccanismi difficilmente prevedibili; punti particolarmente critici per questo aspetto sono localizzati in prossimità dell'abitato di Faule, alla confluenza del Varaita, a monte del ponte della SS 20.

Nel tratto *La Loggia-San Mauro Torinese* l'alveo ha andamento monocursale sub-rettilineo. La regione fluviale è interessata da numerose forme relitte, in particolare in sinistra, costituenti tracce di antichi meandri abbandonati in seguito a tagli avvenuti fino alla fine del secolo scorso. La rettilineità del tratto è artificiale, frutto di una serie di interventi a difesa dell'abitato di Moncalieri. Non si hanno fenomeni diffusi di erosione intensa a carico delle sponde; l'alveo è globalmente stabile, quasi totalmente condizionato da interventi antropici: tra la traversa di derivazione di La Loggia e la confluenza del Chisola vi sono argini di seconda categoria continui e paralleli. A tergo delle arginature vi sono laghi di cava di dimensioni ragguardevoli. Il tratto urbano, nella città di Torino, ha caratteristiche determinate prevalentemente dalla presenza di opere di sponda, di soglie e di traverse. Nel tratto confluiscono il Sangone e la Stura di Lanzo.

Nel tratto *San Mauro Torinese-confluenza Dora Baltea* l'alveo è monocursale debolmente sinuoso, generalmente parallelo al bordo collinare. L'assetto idraulico è fortemente condizionato dalla presenza di infrastrutture, quali la diga Cimena a S. Mauro, l'omonimo canale in destra, la SS 11. Le opere di difesa spondale sono prevalentemente locali, di protezione delle infrastrutture presenti. A valle di Settimo Torinese il corso d'acqua è limitato, in destra, dalle pendici collinari del Monferrato. Riceve in sinistra importanti affluenti quali il Malone, l'Orco e la Dora Baltea. Vi sono infrastrutture di notevole importanza (SS 11, 31 bis, 590, ferrovie Chivasso-Asti e Chivasso-Casale Monferrato, canale Cimena, canale Cavour), nonché centri abitati e insediamenti produttivi che interessano le vaste aree golenali sia in destra che in sinistra. Le arginature, poste a difesa di nuclei abitati importanti, sono spesso discontinue e poco consistenti.

Nel *tratto confluenza Dora Baltea-Cornale* l'alveo ha andamento debolmente sinuoso condizionato, in destra, dal bordo collinare da Verrua Savoia a Palazzolo Vercellese, con estese zone di esondazione, localizzate soprattutto in sponda sinistra. Il sistema arginale è essenzialmente costituito da rilevati non continui e in molti casi poco consistenti; le difese di sponda, in condizioni di parziale dissesto, sono abbastanza numerose. Le aree golenali sono interessate da infrastrutture (SS 31bis, 590, ferrovia Chivasso-Casale M.to).

A valle di Palazzolo l'alveo diventa monocursale sinuoso; le difese spondali interessano prevalentemente la sponda sinistra e ne controllano l'evoluzione; lungo la sponda sinistra corre un sistema arginale a tratti discontinuo.

Nel *tratto Cornale-confluenza Sesia* l'alveo è monocursale sinuoso, confinato in destra dal versante collinare. Le difese spondali sono pressoché continue in sinistra; il sistema arginale è discontinuo e a tratti poco consistente. A valle del ponte della SS 455 si ha l'immissione, in destra, del torrente Stura; a monte di Casale Monferrato vi è la traversa di derivazione del Canale Lanza, danneggiata dalla piena del novembre '94. La confluenza del Sesia, in sinistra, attualmente in prossimità di Frassineto Po, molto arretrata rispetto alla sua precedente posizione in corrispondenza di Valmacca, rappresenta una zona altamente instabile; la zona di confluenza interessa anche il rio Stura e il rio Marcova. Si ha in questo tratto una presenza diffusa di difese spondali e di rilevati arginali con funzioni sia di contenimento che di indirizzamento della corrente. A valle di Casale Monferrato, l'alveo si allontana dal bordo collinare, acquistando una maggiore libertà di divagazione, anche in destra idrografica.

Nel *tratto confluenza Sesia-Isola S. Antonio* l'alveo è prevalentemente monocursale sinuoso, con depositi laterali, con elevata instabilità morfologica; la caratteristica più importante è la spiccata tendenza alla ramificazione da porre in relazione al rilevante apporto solido e idrico del Sesia. Le difese spondali e le arginature risultano pressoché continue solo in destra orografica, con tracciato irregolare, mentre in sinistra, da Frassineto a Valenza, le arginature non sono continue. A tratti si ha la presenza di centri abitati e di costruzioni di interesse storico rilevante a ridosso dell'argine destro (Valmacca, Rivalba, Bozzole).

A valle di Valenza le opere di sponda sono presenti in maniera diffusa soprattutto in destra e svolgono prevalentemente una funzione di contenimento dei fenomeni di divagazione; solo a tratti sono anche di protezione delle arginature. Sono frequenti e ampie le aree golenali aperte, mentre le golene chiuse sono di scarsa significatività, sia come numero, che come ampiezza. Gli

argini maestri sono discontinui in sinistra, mentre in destra vi è una sponda alta, costituita dal bordo collinare.

2.1.5.2 Fenomeni di erosione spondale

Fino alla confluenza del torrente Pellice, i fenomeni erosivi sono limitati e non coinvolgono abitati o infrastrutture. Dal Pellice al Varaita vi è una marcata instabilità, parzialmente controllata dalle difese spondali, con possibilità di taglio dei meandri, ulteriormente aggravata dalla presenza dei laghi di cava in golena.

Più stabile risulta il tratto a valle del Varaita; le limitate difese spondali sono sufficienti a stabilizzarne l'andamento planimetrico.

A valle di Torino, tra la confluenza dell'Orco e Verolengo, si ha un'intensa e generalizzata erosione che ha determinato consistenti arretramenti spondali; fenomeni erosivi diffusi, localmente molto intensi, si riscontrano ancora più a valle, fino alla confluenza con la Dora Baltea.

Tra la Dora Baltea e Casale i fenomeni di dissesto sono meno frequenti, anche per la presenza diffusa di opere di difesa. In questo tratto l'erosione interessa talvolta anche il versante collinare in destra, innescando più o meno diffusi fenomeni di crollo. La diffusa presenza di difese a valle della confluenza del Sesia riesce generalmente a contrastare la naturale tendenza all'instabilità trasversale; per alcuni chilometri si osservano comunque significativi fenomeni erosivi.

2.1.5.3 Tendenza evolutiva del fondo alveo

Fino ad alcuni chilometri a valle di Saluzzo si registra una presenza rilevante di depositi e una sezione incisa non sempre definita, dando spesso luogo a fenomeni di instabilità del fondo alveo. Più a valle, fino alla confluenza con il Pellice, l'alveo risulta stabile.

Nel tratto immediatamente a monte di Torino, l'assenza di rilievi topografici non consente la quantificazione delle variazioni del profilo di fondo; a livello qualitativo si osserva un significativo abbassamento, per effetto dei recenti tagli di meandro nel tratto tra la confluenza del Pellice e La Loggia. A valle del tratto urbano torinese, sostanzialmente stabile, e fino circa a Palazzolo V.se, si sono verificati diffusi e generalizzati fenomeni di abbassamento di fondo, evidenziati dalle variazioni degli indici morfometrici e dal confronto tra sezioni d'alveo rilevate in differenti periodi. Nel tratto successivo, fino circa a Casale M.to, si hanno condizioni di sostanziale equilibrio; a valle si sono verificati fenomeni di abbassamento del profilo di fondo, dell'ordine di circa 2 m.

2.2 Quadro dei dissesti

2.2.1 Quadro dei dissesti sull'asta del Po

L'asta del Po, soprattutto nel tratto a valle di Torino, è stata interessata dalle piene straordinarie del '93 e del '94, che hanno notevolmente superato per gravosità tutti gli eventi storici censiti; i dissesti riscontrati derivano pertanto in prevalenza dagli effetti di tali eventi e sono particolarmente gravi; le indagini condotte a seguito dell'ultimo evento di piena hanno inoltre permesso una precisa identificazione in campo dei dissesti stessi, cosa non sempre possibile nei casi in cui si abbiano corsi d'acqua interessati da eventi di piena remoti.

Il tratto alto dell'asta fluviale, fino a Martiniana Po, non manifesta situazioni di dissesto particolarmente critiche, limitate principalmente a frane per crollo in prossimità del corso d'acqua.

Da foce Pellice a Moncalieri il problema principale è rappresentato dalle potenziali condizioni di instabilità morfologica dell'alveo nei tratti interessati dai bacini di cava presenti in adiacenza all'alveo attivo nel caso di cedimento dei setti di separazione. Altro aspetto rilevante è costituito dal tratto arginato tra la Loggia e Moncalieri, per l'eccessiva vicinanza degli argini stessi all'alveo inciso.

Il tratto di attraversamento urbano di Torino non presenta particolari condizioni di rischio.

Da S. Mauro Torinese all'immissione della Dora Baltea si manifestano fenomeni di instabilità morfologica dell'alveo, per lo più localizzati, ma che generano interferenze con infrastrutture e opere presenti, e fenomeni di esondazione che raggiungono porzioni di territorio interessate da insediamenti e infrastrutture. Le maggiori criticità si localizzano in prossimità delle confluenze del Malone, dell'Orco e della Dora Baltea.

Dalla Dora Baltea al Sesia i fenomeni di dissesto sono rappresentati da una più marcata instabilità dell'alveo inciso, con tendenza alla divagazione trasversale parzialmente controllata da opere di sponda e da una potenzialità di esondazione che interessa, prevalentemente in sinistra, estese porzioni di territorio, con coinvolgimento di abitati e infrastrutture viarie e ferroviarie, parzialmente contenuta dal sistema arginale di protezione. Nel corso della piena del novembre '94 gli argini sono stati sormontati e danneggiati in diversi punti, determinando l'allagamento di vaste aree abitate a Palazzolo e Trino Vercellese. La traversa del Canale Lanza, a monte di Casale Monferrato, è stata parzialmente dissestata.

Particolarmente critica è la confluenza del Sesia in Po, in prossimità di Frassineto Po, molto arretrata rispetto alla precedente in seguito a molteplici processi evolutivi, che interessa anche la roggia Stura, e comporta notevoli problemi di instabilità morfologica e di esondazione delle aree circostanti, soprattutto in sinistra.

Dal Sesia a Isola S. Antonio l'alveo denota, per buona parte del tratto, una elevata instabilità morfologica. I fenomeni di dissesto sono da collegare a una potenzialità di esondazione solo parzialmente controllata dal sistema arginale presente. In occasione della piena del novembre 1994 gli argini maestri hanno funzionato in condizioni limite di ritenuta, manifestando dissesti di varia natura in prossimità degli abitati di Frascarolo, Suardi, Gambarana, Pieve del Cairo, Mezzana Bigli; fenomeni di filtrazione nel corpo arginale si sono verificati in corrispondenza dei comuni di Breme, Sartirana, Torreberetti, Pieve del Cairo; gravosi allagamenti hanno interessato gli abitati di Sartirana, Frascarolo, Pieve del Cairo, Balossa Bigli.

2.2.2 Quadro dei dissesti sui versanti e sulla rete idrografica minore

Come indicatori di dissesto vengono presi in considerazione i fenomeni gravitativi che interessano i versanti e i processi fluvio-torrentizi che interessano i corsi d'acqua; rientrano nel primo caso le frane e le valanghe mentre per il secondo caso si fa riferimento alle esondazioni, ai processi di erosione lungo i corsi d'acqua e ai fenomeni di sovralluvionamento e/o di trasporto di massa in corrispondenza delle conoidi.

La consultazione delle fonti informative disponibili restituisce un quadro di dissesti che coinvolge i sottobacini in modo non molto marcato.

I fenomeni franosi maggiormente rappresentati sono frane con meccanismo evolutivo complesso e frane per saturazione e fluidificazione di terreni sciolti superficiali (complessivamente circa i due terzi dei casi) seguiti da colate in roccia (circa il 20% dei casi).

Tali fenomeni sono predominanti sui versanti del sottobacino dell'Alto Po, nel settore centro-occidentale e lungo il margine settentrionale del Monferrato lambito dal Po.

La Tab. 2.5 evidenzia i valori che esprimono, in sintesi, e caratterizzano i diversi fenomeni di dissesto.

Tab. 2.5. Superfici in dissesto relative a conoidi, esondazioni, frane, corsi d'acqua soggetti ad erosione e/o sovralluvionamento, numero dei corridoi di valanga (valori riferiti al settore montano)

Sottobacino	Superficie	Superficie settore montano	Conoide	Esondazione	Erosione Sovralluvion. aste	Franosità osservata	Franosità potenziale	Valanghe
	km ²	km ²	km ²	km ²	km	km ²	km ²	Numero
Alto Po	786	361	3	1	87	27	15	69
Ricchiardo-Banna	876	296	0	3	36	7	12	0
Area Torinese	287	101	0	0	0	2	6	0
Monferrato - Vercelli - Alessandria	1.590	446	0	17	32	21	34	0
Totale	3.539	1.204	3	21	155	57	67	69

Le esondazioni interessano soprattutto il basso settore dell'Alto Po, gran parte dell'asta nel tratto di pianura e il margine settentrionale del Monferrato.

I fenomeni di trasporto di massa in corrispondenza delle conoidi sono riscontrabili sul settore occidentale dell'Alto Po.

2.2.3 Stima della pericolosità a livello comunale

La Tab. 2.6 riporta il numero e la percentuale di Comuni soggetti alle diverse classi di pericolosità: moderata, media, elevata e molto elevata.

Tab. 2.6. Numero e percentuale di Comuni per classe di pericolosità

Classe di pericolosità	Sottobacino	Moderata		Media		Elevata		Molto elevata		
		No Comuni	No	%	No	%	No	%	No	%
Po piemontese		164	7	4,3	86	52,4	57	34,8	14	8,5

La valutazione delle diverse pericolosità rispecchia la situazione che deriva dal censimento e dall'analisi dei dissesti: circa il 40% dei Comuni è soggetto a elevati gradi di pericolosità da esondazione che si concentrano quasi esclusivamente sull'asta del Po, a partire dal settore di pianura del sottobacino dell'Alto Po fino a Isola Sant'Antonio, mentre i Comuni soggetti ad alta pericolosità per frane sono localizzati perlopiù nei sottobacini Craviola, Stura del Monferrato, Rotaldo, Grana.

Valori molto elevati di pericolosità da esondazione sono riscontrabili lungo l'asta del Po su tutti i Comuni compresi nel tratto Martiniana Po-confluenza del Banna in Po, in corrispondenza della confluenza della Dora Baltea e di Morano sul Po, nel tratto Casale Monferrato-Valenza e in corrispondenza della confluenza del Tanaro.

2.3 Livello di protezione esistente sull'asta del Po

Nel primo tratto, dalle sorgenti a Martiniana Po, le opere idrauliche presenti, limitate a difese di sponda, sono piuttosto diffuse e in soddisfacente stato di conservazione. Da Martiniana Po alla confluenza del Pellice opere di difesa spondale, sporadiche, sono presenti tra Revello e Staffarda, con finalità di controllo della stabilità trasversale dell'alveo, e tra Staffarda e il Pellice anche per la protezione di infrastrutture viarie. A meno di modesti rilevati a carattere discontinuo, il tratto non è protetto da argini.

Tra la traversa di La Loggia e la confluenza del Chisola gli argini di II categoria presenti possono avere problemi di tenuta idraulica, anche in ragione della vicinanza di laghi di cava sul lato campagna.

Il tratto urbano della città di Torino è completamente regimato con muri di sponda, soglie e di traverse e presenta buone caratteristiche di stabilità.

Tra San Mauro T.se e l'immissione della Dora Baltea le opere di difesa spondale sono sporadiche e ubicate in corrispondenza delle infrastrutture; gli argini, a difesa di abitati, sono spesso discontinui e poco consistenti.

Da Verrua Savoia a Palazzolo V.se, le difese spondali a contenimento della divagazione trasversale, sono parzialmente dissestate; il sistema arginale è costituito da rilevati non continui e localmente prossimi alle sponde incise.

A valle di Palazzolo V.se le opere di difesa spondale sono ubicate prevalentemente in sinistra; i rilevati arginali esistenti appaiono non adeguati al contenimento delle massime piene. Da Cornale all'immissione del Sesia le opere idrauliche sono ubicate prevalentemente in sinistra: gli argini sono discontinui e non garantiscono un adeguato livello di protezione; le difese di sponda sono pressoché continue. In corrispondenza di Casale M.to la soglia di fondo in prossimità del ponte ferroviario e la traversa di derivazione del canale Lanza condizionano le quote di fondo.

Diffusa la presenza di difese spondali e di argini alla confluenza del Sesia, contraddistinta da elevata instabilità morfologica; tale caratteristica è presente anche a valle in relazione al rilevante apporto solido e idrico del Sesia. Le opere di sponda e le arginature sono continue solo in destra e denotano un mediocre stato di conservazione e una inadeguatezza di quota.

A valle di Valenza gli argini maestri sono discontinui e in sinistra, soprattutto a monte dell'abitato di Mugarone, presentano problemi di inadeguatezza in quota e rispetto ai fenomeni di filtrazione in corrispondenza di Breme, Sartirana, Torreberetti, Pieve del Cairo.

2.4 Individuazione degli squilibri

2.4.1 *Gli squilibri sul corso d'acqua principale e nei territori di fondovalle*

La grande estensione del tratto fluviale considerato induce a una valutazione per tronchi in funzione delle caratteristiche morfologiche e idrauliche e in relazione alla consistenza dei sistemi difensivi presenti.

Nel tratto torrentizio fino a Martiniana il corso d'acqua non presenta problemi rilevanti, in relazione a un sistema difensivo frammentario, costituito da opere di sponda con funzioni locali.

Nel tratto di pianura a monte di Torino, gli squilibri presenti sono da ricondurre ai seguenti punti principali:

- assetto morfologico tendenzialmente instabile dell'alveo in ragione di fenomeni di erosione di fondo e di sponda e della tendenza alla modificazione del tracciato planimetrico da porre in connessione al bilancio del trasporto solido che interessa il tratto stesso; a valle della confluenza del Varaita le condizioni sono più gravose in ragione della presenza di numerosi laghi di cava nell'area golenale in posizioni adiacenti alle sponde; i fenomeni di instabilità hanno incidenza soprattutto sulle infrastrutture presenti;
- condizioni di regime idraulico localmente critiche, da collegare prevalentemente ai vincoli esterni, costituiti da infrastrutture, dagli stessi laghi di cava e in casi più rari da abitati, che condizionano il tracciato dell'alveo inciso e di quello di piena;
- condizioni di degrado della porzione golenale dell'alveo di piena, per gli aspetti naturalistici e ambientali, da porre in relazione soprattutto alla elevata intensità dell'insediamento estrattivo che caratterizza una estesa porzione del tratto dalla confluenza del Varaita a Moncalieri;
- problemi di esondazione che coinvolgono in misura limitata abitati o infrastrutture, soprattutto dall'altezza di Carignano; sotto questo aspetto particolare attenzione merita il livello di sicurezza garantito dal tratto arginato tra La Loggia e Torino; i fenomeni appaiono di modesta entità anche in ragione della maggiore incisione dell'alveo rispetto al passato a causa dei fenomeni di abbassamento del fondo che si sono manifestati.

Il tratto di attraversamento urbano di Torino non ha problemi particolari in ordine sia alle esigenze di contenimento idraulico dei livelli di piena che al mantenimento delle caratteristiche morfologiche dell'alveo. Gli aspetti più

importanti appaiono connessi alle caratteristiche ambientali della regione fluviale, senz'altro migliorabili anche in relazione all'importanza rivestita dal fiume nell'ambito dell'insediamento urbano torinese.

Nel tratto a valle di Torino, fino alla confluenza della Dora Baltea, gli squilibri sono da ricondurre prevalentemente alle vaste aree golenali parzialmente interessate dalle infrastrutture e/o da centri abitati che vengono a essere coinvolte in misura significativa sia da allagamenti in caso di piena sia da fenomeni di erosione locale di fondo o di sponda; le confluenze del Malone, dell'Orco e della Dora Baltea rappresentano punti particolarmente critici in ragione anche della dinamica del trasporto solido che interagisce sia con le modalità di deflusso in piena sia con l'assetto dell'alveo.

Dalla Dora Baltea al Sesia i problemi principali riguardano i seguenti punti:

- un sistema arginale in destra discontinuo e inadeguato alle esigenze di sicurezza degli abitati e delle infrastrutture, con particolare rilevanza nel tratto tra la Dora Baltea e Trino;
- i fenomeni di instabilità morfologica dell'alveo, con tendenza alla erosione di sponda e alla maggiore incisione e unicursalità, che svolgono funzioni negative rispetto alle esigenze di laminazione della piena;
- l'attraversamento urbano di Casale M.to in cui l'alveo è strettamente vincolato e la capacità di portata massima limitata dai condizionamenti causati dagli abitati e dalle infrastrutture di attraversamento; il problema è correlato in particolare alla capacità di deflusso e al contenimento dei livelli idrici nel tratto di monte in termini di coerenza delle portate massime convogliate.

Dalla confluenza del Sesia a Isola S. Antonio gli squilibri sono prevalentemente connessi a un apparato difensivo, costituito da argini che assumono progressivamente caratteri di maggiore continuità e consistenza e da opere spondali abbastanza diffuse, non completamente adeguato alle esigenze di protezione. Gli squilibri sono pertanto da ricondurre a rischi di allagamento ancora presenti che possono interessare anche aree abitate di dimensioni significative, a problemi di efficienza funzionale delle opere esistenti di ritenuta dei livelli idrici, alla carenza di arginature in alcuni tratti.

2.4.2 *Gli squilibri nei territori collinari e montani*

Le principali condizioni di squilibrio connesse ai fenomeni di dissesto che interessano *il reticolo idrografico minore* sono connesse a fenomeni di dissesto

diversificati in relazione alle caratteristiche dei diversi sottobacini montani che sono considerati:

- *Sottobacino dell' Alto Po*: In generale i corsi d'acqua secondari hanno limitati problemi riferibili a fenomeni di trasporto solido, spesso alimentato dal dissesto di versante, e a insufficiente capacità di deflusso dell'alveo da ricondurre a carenze di manutenzione. I corsi d'acqua più interessati sono i torrenti Croesio e Bronda e il rio Agliasco.
- *Sottobacini del Craviola, della Stura del Monferrato, del Rotaldo, del Ricchiardo*: I corsi d'acqua scorrono in gran parte distanti da centri abitati e insediamenti produttivi; i problemi presenti sono limitati a erosioni di sponda e a carenze di manutenzione dell'alveo con conseguente insufficiente capacità di deflusso delle piene.
- *Sottobacino del Banna*: Le condizioni di maggiore criticità sono costituiti dagli elevati rischi di esondazione che caratterizzano il tratto di pianura del Banna, con in particolare il coinvolgimento dell'abitato di Santena, entro cui scorre il corso d'acqua con sezione fortemente condizionata dagli insediamenti urbani circostanti.

Problemi prevalentemente connessi a esigenze di manutenzione dell'alveo e delle opere riguardano il Rioverde, maggiore tributario del Banna, e i rii minori.

Per *i versanti* gli squilibri significativi riguardano:

- nel *sottobacino dell'Alto Po* frane, prevalentemente crolli a livello diffuso, che interferiscono con brevi tratti della viabilità (tra Calcinere e Vallone di Oncino e a Pagno);
- nei *sottobacini del Craviola, della Stura del Monferrato, del Rotaldo e del Grana* i versanti, a debole pendenza, poco boscati e in gran parte coltivati o mantenuti a prativo, non sono soggetti a dissesti di entità significativa; qualche movimento, localizzato o limitato, è da mettere in relazione al cattivo drenaggio delle aree coltivate. La limitata estensione boschiva dei versanti rappresenta però una potenziale causa di innesco di dissesto, costituito prevalentemente da frane con meccanismo evolutivo complesso e frane per saturazione e fluidificazione di terreni sciolti superficiali. Le aree maggiormente interessate sono ubicate all'estremità orientale dei sottobacini; sul Grana i fenomeni sono anche riscontrabili in testata; particolarmente interessata è la viabilità lungo la direttrice Torino-Casale Monferrato;
- nel *sottobacino del Banna* l'elemento di maggiore criticità è rappresentato dal movimento franoso, per saturazione e fluidificazione dei terreni, che

interessa il rilevato della diga in terra del lago della Spina; fenomeni di dissesto locale interessano anche il territorio del comune di Bra.

Nel settore montano del bacino si contano circa 200 situazioni puntuali di dissesto che interessano poco meno di un terzo dei Comuni dell'intero bacino; circa 60 sono i centri abitati interessati da tali dissesti i quali danno anche luogo a più di un centinaio di interferenze con infrastrutture di viabilità di cui una ventina con ferrovie. Questa situazione è in particolar modo presente nei sottobacini Ricchiardo-Banna (più del 40% dei Comuni in dissesto) e l'area del Craviola, Stura del Monferrato, Rotaldo, Grana.

2.4.3 Stima del rischio totale a livello comunale

La Tab. 2.7 riporta il numero dei Comuni soggetti a rischio. Si osserva che poco meno della metà dei Comuni del bacino risultano a rischio elevato. In particolare risultano a rischio i territori comunali di pianura attraversati dalla Po, su tutto il tratto Martiniana Po e Isola S. Antonio, soggetti a fenomeni di esondazione. Condizioni di rischio elevato interessano tutta la fascia pedecollinare dei sottobacini Craviola, Stura del Monferrato, Rotaldo, Grana.

Tab. 2.7. Numero e percentuale di Comuni per classe di rischio

Classe di rischio	No Comuni	Moderato		Medio		Elevato		Molto elevato	
		No	%	No	%	No	%	No	%
Sottobacino									
Po piemontese	164	10	6,1	76	46,3	77	47,0	1	0,6

2.5 Linee di intervento sull'asta piemontese del Po

2.5.1 Linee di intervento strutturali

2.5.1.1 Tratto montano, dalla sorgente a Martiniana Po

Le linee di intervento di seguito indicate rappresentano l'applicazione alla situazione dell'asta del Po piemontese e del bacino idrografico direttamente sotteso, quale emerge dalle analisi conoscitive e dalle elaborazioni condotte, dei criteri generali definiti a scala di intero bacino idrografico, espressi nella Relazione generale.

Gli interventi strutturali sull'asta principale sono peraltro coerenti con l'assetto di progetto definito nell'ambito del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali, cui si rimanda.

Nel tratto montano, dalla sorgente a Martiniana Po, le linee di intervento sono rivolte a confermare l'assetto attuale dell'alveo. Sono necessari modesti interventi di manutenzione straordinaria delle opere idrauliche e dell'alveo.

2.5.1.2 Tratto Martiniana Po - confluenza Pellice

La delimitazione della Fascia B ha tenuto conto prevalentemente delle caratteristiche geomorfologiche dell'alveo (inviluppo delle forme fluviali abbandonate) in connessione al limite delle aree esondabili.

L'assetto idraulico di progetto prevede il miglioramento della funzionalità delle opere di difesa spondale, ove necessaria una stabilità morfologica dell'alveo per la presenza di vincoli esterni (centri abitati, insediamenti produttivi e infrastrutture), il miglioramento delle condizioni di sicurezza per abitati e infrastrutture anche tramite argini locali, la tutela delle aree di espansione in piena.

Le opere strutturali sono di seguito individuate:

- a) consolidamento del rilevato arginale, per il contenimento dei livelli di piena con tempo di ritorno di 200 anni, localizzato in destra orografica, a valle del ponte della strada Revello-Saluzzo;
- b) adeguamento e/o nuova realizzazione di difese spondali a carattere locale;
- c) stabilizzazione del fondo alveo a carattere puntuale;
- d) manutenzione straordinaria dell'alveo e delle opere esistenti;
- e) recupero della funzionalità in condizioni di piena delle aree golenali e dell'alveo.

2.5.1.3 Tratto confluenza Pellice - confluenza Chisola

La delimitazione della Fascia B ha tenuto conto prevalentemente delle caratteristiche geomorfologiche dell'alveo (inviluppo delle forme fluviali abbandonate, quali meandri e paleoalvei, e dei laghi di cava, che rappresentano una criticità per la stabilità morfologica dell'alveo) in connessione all'estensione delle aree esondabili.

Le opere strutturali sono di seguito individuate:

- a) adeguamento del sistema arginale nel tratto La Loggia-Moncalieri per il contenimento dei livelli di piena con tempo di ritorno di 200 anni tramite:
 - adeguamento dell'argine di II categoria, in sinistra, a monte della traversa di derivazione A.E.M. di Torino;

- realizzazione di argine in arretramento, in destra, al limite delle infrastrutture esistenti (rilevato autostradale, canale di adduzione alla centrale termoelettrica in sinistra) anche per migliorare le capacità di invaso e laminazione a monte dell'abitato di Moncalieri;
- b) controllo delle modificazioni planimetriche dell'alveo tramite adeguamento e/o nuova realizzazione di difese spondali a carattere locale;
- c) controllo dell'assetto altimetrico del corso d'acqua mediante stabilizzazione del fondo alveo a carattere puntuale;
- d) manutenzione straordinaria dell'alveo e delle opere esistenti;
- e) recupero della funzionalità idraulica in condizioni di piena delle aree golenali e dell'alveo;
- f) interventi integrati di recupero della funzionalità della regione fluviale nei tratti interessati dai laghi di cava anche mediante rinaturazione e rimodellamento del piano golenale; presenti in adiacenza all'alveo attivo, tali bacini possono condizionare significativamente il regolare deflusso delle piene e, conseguentemente, rappresentare localizzate situazioni di rischio idraulico, ulteriormente aggravate laddove si riscontrano decisi condizionamenti dell'andamento planimetrico. In accordo con il citato P.T.O. e previe indagini idrauliche e idrogeologiche di dettaglio, la messa in sicurezza dal punto di vista idraulico dei tratti interessati è conseguibile tramite la riconnessione dei bacini di cava all'ambito fluviale. In subordine si può provvedere alla realizzazione di interventi di protezione spondale, finalizzati a un contenimento dei processi erosivi di sponda, che evitino il cedimento incontrollato dei setti di separazione;
- g) interventi di recupero di aree di interesse turistico-ambientale e rinaturazione complessiva delle fasce ripariali in località La Loggia e Moncalieri, anche in connessione all'inserimento dei laghi di cava di cui al precedente punto;
- h) intervento integrato di sistemazione del tratto di pianura del torrente Banna fino all'immissione in Po, a difesa dell'abitato di Santena, articolato nei seguenti punti:
 - realizzazione di invasi per la laminazione controllata a monte di Santena o in alternativa incremento della laminazione naturale nelle zone di espansione dell'alveo;
 - incremento della capacità di deflusso dell'alveo attivo tramite ricalibratura e contenimento dei livelli di piena per mezzo dell'adeguamento degli argini esistenti in tutto il tratto urbano di Santena;

- adeguamento delle opere di difesa spondale con funzione di contenimento dei fenomeni di divagazione trasversale dell'alveo inciso;
- revisione del profilo longitudinale del corso d'acqua e adeguamento delle opere trasversali.

2.5.1.4 *Tratto confluenza Chisola - S. Mauro (tratto urbano torinese)*

La delimitazione delle fasce è strettamente condizionata dall'assetto urbanistico: il limite delle fasce A e B coincide generalmente con le sponde dell'alveo e/o le opere di protezione, a eccezione, per la B, di alcune aree inondabili non edificate.

Le opere strutturali sono di seguito individuate:

- a) manutenzione straordinaria dell'alveo e delle opere esistenti, relativa a tratti dell'alveo nell'attraversamento urbano, con riferimento in particolare ai muri di sponda (Murazzi di Po);
- b) recupero di aree di interesse turistico-ambientale e rinaturazione complessiva delle fasce ripariali in corrispondenza delle confluenze dei torrenti Sangone e Stura di Lanzo mediante rinaturazione delle sponde, delle aree retrostanti e rimodellamento dell'affaccio urbano con fasce di bosco ripario e planiziale.

2.5.1.5 *Tratto S. Mauro - confluenza Dora Baltea*

In sinistra la fascia B coincide con limiti morfologici (zona di S. Mauro) o rilevati stradali con funzione arginale (zona di Settimo); da Settimo a Brandizzo è delimitata in parte da limiti morfologici e in parte da elementi di contenimento artificiali (argini o rilevati stradali); a valle di Verolengo comprende il sistema di lanche del Po rotto. In destra segue l'argine a protezione del canale Cimena; a valle di Settimo è limitata da brevi tratti arginali o da limiti morfologici.

Le opere strutturali sono di seguito individuate:

- a) adeguamento e/o nuova realizzazione di arginature locali a difesa di centri abitati, insediamenti produttivi e infrastrutture per il contenimento dei livelli di piena con tempo di ritorno di 200 anni: in corrispondenza di Chivasso, in arretramento al limite delle infrastrutture esistenti, in sinistra in fregio alla SS 11 e lungo la confluenza del torrente Orco; in destra in fregio alla SS 590;
- b) adeguamento e/o nuova realizzazione di difese spondali con funzioni di controllo delle modificazioni planimetriche dell'alveo a carattere puntuale;

- c) manutenzione straordinaria dell'alveo e delle opere esistenti;
- d) recupero ambientale e rinaturazione complessiva delle fasce ripariali:
 - ripristino della continuità idraulica in corrispondenza dello sbarramento di San Mauro;
 - in comune di San Mauro mediante bonifica e rinaturazione delle sponde, recupero dell'affaccio urbano e riqualificazione dei bacini di cava;
 - ripristino della continuità idraulica in corrispondenza della traversa del Canale Cavour;
- e) sistemazione dei nodi di confluenza mediante interventi di ricalibratura dell'alveo e miglioramento delle modalità di funzionamento delle aree golenali, con funzione di riduzione dei livelli idrici di piena a protezione degli abitati; confluenze dei torrenti Malone e Orco (località Brandizzo e Chivasso) e confluenza Dora Baltea (località Borgo Revel, Galli, Brusasco).

2.5.1.6 *Tratto confluenza Dora Baltea - confluenza Sesia*

In destra la fascia B è addossata prevalentemente al bordo collinare o alla sponda alta fino a Casale M.to; a valle della presa del Canale Lanza coincide con il rilevato o con la sponda alta di un paleoalveo. In sinistra segue prevalentemente il percorso degli argini maestri esistenti o di progetto a protezione degli abitati; a tratti comprende l'inviluppo di paleoalvei presenti.

Le opere strutturali sono di seguito individuate:

- a) adeguamento del sistema arginale in sinistra per tutto il tratto tramite sistemazione in sagoma e in quota degli argini esistenti e nuova realizzazione di arginature per il contenimento dei livelli di piena con tempo di ritorno di 200 anni. I tratti interessati sono compresi tra Galli e Crescentino, Crescentino - Fontaneto Po - Palazzolo Vercellese – Trino e in località Morano sul Po, Casale Monferrato e foce Sesia;
- b) adeguamento locale del sistema arginale in destra in località Verrua Savoia, Gabiano, Frassineto Po. La sistemazione dell'intero sistema difensivo arginale del tratto a monte di Casale Monferrato, di cui al presente punto e a quello precedente, va effettuata in modo congruente al limite massimo di deflusso possibile per il tratto di attraversamento urbano;
- c) controllo delle modificazioni planimetriche dell'alveo tramite adeguamento e/o nuova realizzazione di difese spondali a livello sporadico;

- d) manutenzione straordinaria dell'alveo e delle opere esistenti, anche mediante ricalibratura dell'alveo di piena in corrispondenza di tratti urbani;
- e) recupero ambientale e rinaturazione complessiva delle fasce ripariali e di aree golenali, in particolare delle lanche in sinistra in corrispondenza e a valle della Dora Baltea;
- f) ripristino della continuità idraulica del corso d'acqua per il miglioramento del deflusso in piena e la riduzione del deposito a monte delle opere trasversali di derivazione;
- g) intervento integrato di sistemazione del nodo di Casale M.to comprendente:
 - adeguamento della geometria dell'alveo, delle opere di sponda, dei manufatti di attraversamento e degli argini di contenimento al deflusso della piena di riferimento,
 - riqualificazione ambientale dell'alveo nel tratto urbano mediante rinaturazione delle fasce ripariali,
 - controllo della stabilità di fondo e delle modalità di deflusso in piena a monte e mediante revisione della traversa Lanza;
- h) intervento integrato di revisione del nodo di confluenza del Sesia comprendente:
 - adeguamento dei sistemi arginali in destra e in sinistra, a protezione degli abitati,
 - miglioramento delle modalità di deflusso dell'alveo inciso e nelle zone golenali tramite controllo dei fenomeni di instabilità morfologica dell'alveo e mantenimento di una ampia fascia disponibile ai fenomeni di divagazione dell'alveo stesso,
 - adeguamento della confluenza del rio Stura.

2.5.1.7 Tratto confluenza Sesia - Isola S. Antonio

Dalla confluenza del Sesia a Valenza Po la fascia B coincide generalmente con l'argine maestro. Tra Valenza e foce Tanaro in destra orografica il limite della fascia corrisponde in parte con il bordo collinare e in parte con tratti di sponda alta nella zona di Mugarone; tra foce Tanaro e Isola S. Antonio coincide con l'argine maestro. In sinistra il limite della fascia fluviale coincide in generale con la linea di argine, tranne che nella zona di Mugarone (dove l'argine si interrompe), dove coincide con la sponda esterna delle lanche di S. Michele.

Le opere strutturali sono di seguito individuate:

- a) adeguamento e/o nuova realizzazione di arginature per il contenimento dei livelli di piena con tempo di ritorno di 200 anni: in sinistra, da foce Sesia a Isola S. Antonio; in sponda destra, da Valmacca a Valenza Po e da Alluvioni Cambiò a Isola S. Antonio;
- b) controllo delle modificazioni planimetriche dell'alveo tramite adeguamento e/o nuova realizzazione di difese spondali a carattere locale per la difesa dei centri abitati.

2.5.2 Linee di intervento non strutturali

Il quadro degli interventi strutturali sopra evidenziato va integrato, ai fini del conseguimento del livello di rischio compatibile, che rappresenta l'obiettivo del Piano, da interventi a carattere non strutturale collegati allo specifico sistema di difesa progettato lungo l'asta fluviale.

Come detto in precedenza, le modalità di uso del suolo nelle aree costituenti la regione fluviale sono dettate dal Piano Stralcio delle Fasce Fluviali e sono coerenti con l'assetto difensivo individuato.

Va ricordato in proposito che i criteri generali di assetto del corso d'acqua adottati per la delimitazione delle fasce fluviali sono coerenti con le linee di pianificazione della Regione Piemonte espresse dal "P.T.O. - Progetto Territoriale Operativo - Tutela e valorizzazione delle risorse ambientali del Po" nell'ambito del "Sistema regionale delle aree protette della fascia fluviale del Po" (legge regionale 28/1990); in particolare la delimitazione della fascia B coincidere con la fascia definita dal P.T.O. a meno del tratto dalla confluenza del Chisola a S. Mauro (tratto urbano di Torino) e di alcune modifiche di modesta entità.

Nel tratto da Martiniana alla confluenza Chisola la delimitazione della Fascia B ha tenuto conto prevalentemente delle caratteristiche geomorfologiche dell'alveo (involuppo delle forme fluviali abbandonate) in connessione alle dimensioni delle aree esondabili, le quali sono interessate in maniera diffusa da bacini di cava di elevate dimensioni che comportano condizioni di dissesto a tratti gravose con pressanti esigenze di recupero.

Nel tratto urbano di Torino, dalla confluenza del Chisola a S. Mauro, la delimitazione delle fasce è viceversa strettamente condizionata dall'assetto urbanistico esistente. Il limite delle fasce A e B coincide generalmente con le

sponde dell'alveo e/o le opere di protezione ad eccezione, per la B, di alcune aree inondabili non edificate.

Per il tratto da S. Mauro a Isola S. Antonio la delimitazione della Fascia B si attesta prevalentemente sul limite delle aree esondabili, identificato di volta in volta con sponde alte naturali o rilevati arginali di contenimento, ovvero con il limite degli abitati e degli insediamenti produttivi.

A integrazione è necessaria la realizzazione di un sistema di monitoraggio con fini di previsione in tempo reale degli eventi di piena, funzionale a permettere una adeguata gestione delle opere nelle fasi critiche di piena. In merito alla consistenza delle reti di rilevamento si rileva come il tratto di Po in esame abbia un numero di stazioni idrometriche del tutto insufficiente alle necessità di previsione e di monitoraggio. Sono in funzione infatti le seguenti stazioni teleidrometriche facenti parte del "Sistema teleidrometrico padano" del Magistrato per il Po:

- Po a Cardè,
- Po a Carignano,
- Po a Casale,
- Po a Valenza.

Vi sono inoltre altre stazioni idrometriche, in gestione al Servizio Idrografico, non dotate di teletrasmissione (Villafranca, Casalgrasso, Carmagnola, Moncalieri, Meirano, Torino, S. Mauro, Chivasso, Crescentino). Esiste infine a Crescentino una stazione teleidrometrica gestita dall'Enel.

L'assenza di stazioni di misura di portata da valle di Cardè fino alla stazione di Becca comporta inoltre l'impossibilità di valutare i valori delle piene storiche recenti e di elaborare serie storiche a fini statistico-probabilistici.

La domanda di monitoraggio di previsione è individuata dai seguenti punti:

- previsione di eventi critici per il tratto alto dell'asta (fino a monte di Carmagnola) sulla base di valori di precipitazione e/o di portate;
- previsione del colmo in portata a partire da Moncalieri fino a valle di Torino (S. Mauro);
- previsione della traslazione del colmo in livelli idrici da S. Mauro a Isola S. Antonio, con punti di particolare importanza localizzati nel tratto Moncalieri-Torino, in corrispondenza di Casale M.to, a valle della confluenza del Sesia.

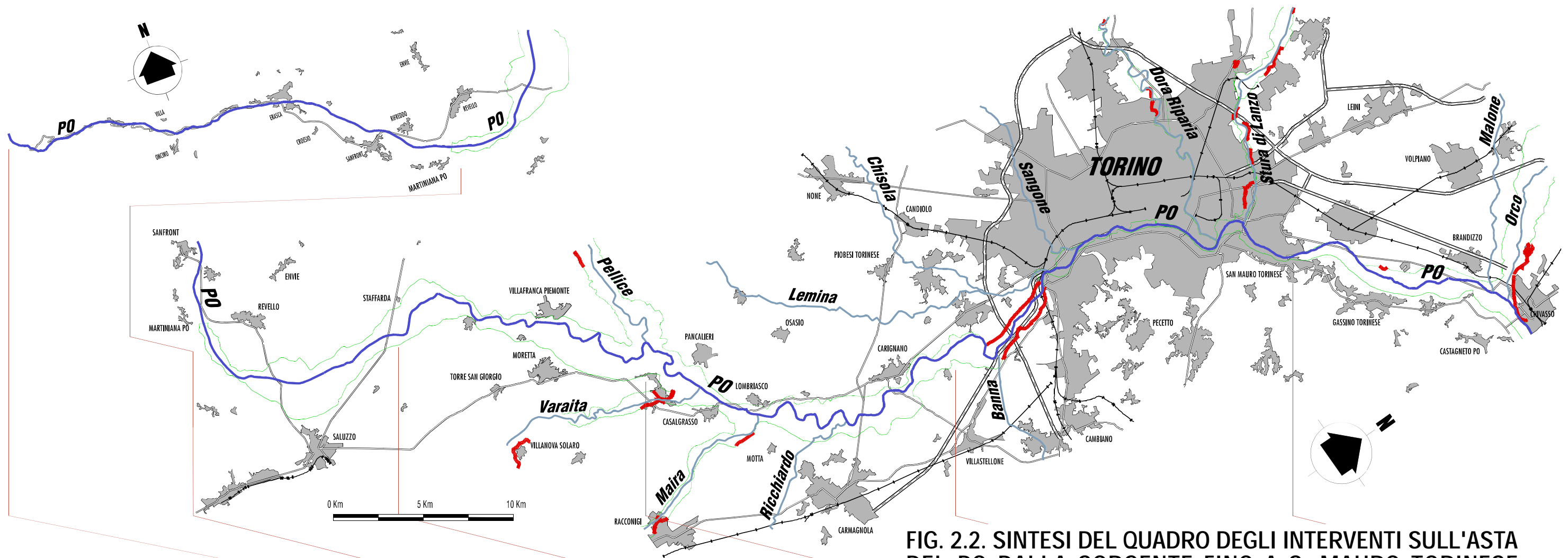
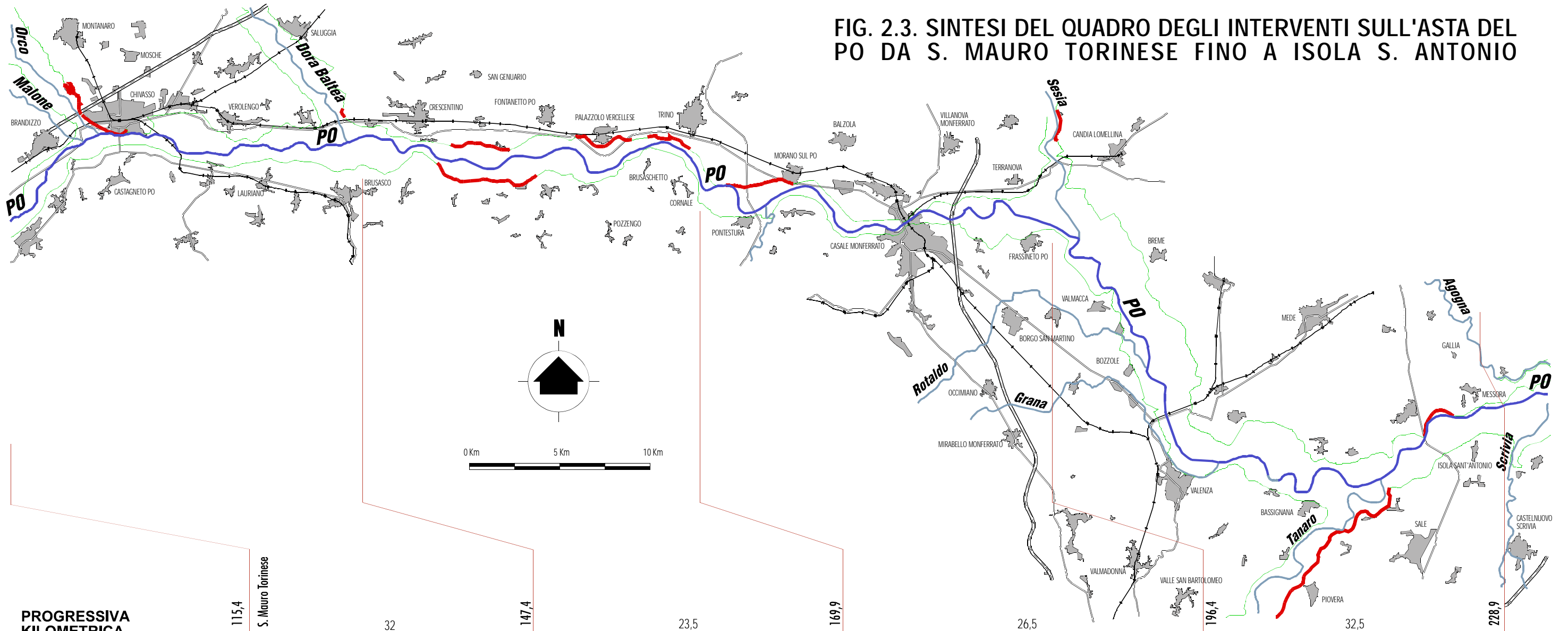


FIG. 2.2. SINTESI DEL QUADRO DEGLI INTERVENTI SULL'ASTA DEL PO DALLA SORGENTE FINO A S. MAURO TORINESE

	Sorgente	27,0	27,0	13,1	40,1	19,4	59,5	24,5	84,0	31,4	115,4
PROGRESSIVA KILOMETRICA		27,0	27,0	13,1	40,1	19,4	59,5	24,5	84,0	31,4	115,4
LAMINAZIONE NATURALE IN RETE (Superficie e volumi fascia fluviale B*)				20,35 km ² / 31,50 · 10 ⁶ m ³	27,21 km ² / 40,39 · 10 ⁶ m ³			28,31 km ² / 42,13 · 10 ⁶ m ³		16,44 km ² / 43,43 · 10 ⁶ m ³	
ARGINATURE				A carattere locale				Adeguamento argine esistente			
DIFESE SPONDALI			A livello locale		A livello locale			In più tratti in prossimità di infrastrutture, laghi di cava e centri abitati			
ALTRI INTERVENTI								Riconnessione all'ambito fluviale di aree a elevato pregio naturalistico (bacini di cava)			
								Sistemazione idraulica del nodo di confluenza del Torrente Banna			
								Manutenzione straordinaria delle opere di difesa esistenti			

* Valori stimati

FIG. 2.3. SINTESI DEL QUADRO DEGLI INTERVENTI SULL'ASTA DEL PO DA S. MAURO TORINESE FINO A ISOLA S. ANTONIO



PROGRESSIVA
KILOMETRICA

115,4

S. Mauro Torinese

32

147,4

23,5

169,9

26,5

196,4

32,5

226,9

LAMINAZIONE
NATURALE IN RETE
(Superficie e volumi fascia fluviale B*)

34,19 km²/ 139,25 · 10⁶ m³

33,59 km²/ 126,30 · 10⁶ m³

27,73 km²/ 142,49 · 10⁶ m³

78,42 km²/ 344,52 · 10⁶ m³

ARGINATURE

Adeguamento sistema arginale

Adeguamento sistema arginale

Adeguamento e/o nuova realizzazione a tratti

DIFESE
SPONDALI

In più tratti o/in corrispondenza di infrastrutture, laghi di cava e centri abitati

In più tratti o/in corrispondenza di infrastrutture, laghi di cava e centri abitati

ALTRI
INTERVENTI

Riconnesione all'ambito fluviale di aree ad elevato pregio naturalistico (laghi di cava e aree golenali)

Ripristino della continuità idraulica allo sbarramento ENEL di S. Mauro Torinese

Ripristino della continuità idraulica in prossimità della traversa ENEL di Trino

Revisione nodi di confluenza Malone, Orco, Dora Baltea

Ricalibratura alveo di piena a Palazzolo

Revisione nodo di confluenza del Sesia e Rio Stura

* Valori stimati

2.6 Linee di intervento su i versanti e sulla rete idrografica minore

La parte montana e collinare del bacino è suddivisa, ai fini dell'individuazione degli interventi di Piano nei sottobacini Alto Po, Ricchiardo, Banna, Craviola, Stura del Monferrato, Rotaldo, Grana. Parte di essi sono stati severamente interessati dall'evento alluvionale del novembre 1994, che ha riattivato molti dei processi di instabilità di versante e ha provocato numerosi fenomeni di dissesto connessi alle attività torrentizie (erosioni di sponda e di fondo, alluvionamento, danneggiamento delle opere idrauliche presenti). Le linee di intervento indicate sono pertanto riferite sia a opere strutturali a carattere preventivo sia a opere che, pur non avendo caratteristiche di pronto intervento, si propongono di conseguire un riassetto del sistema idrografico e delle porzioni instabili dei versanti, in relazione alle elevate condizioni di dissesto in atto poste in essere dal citato evento alluvionale. Nel seguito vengono evidenziate le linee di assetto da conseguire, in coerenza con le linee generali di intervento sui versanti e sulle rete idrografica minore delineate a scala di intero bacino idrografico.

Per i fenomeni di dissesto di versante e sulla rete idrografica minore oltre agli interventi a carattere strutturale le Norme di attuazione contengono gli indirizzi circa la regolamentazione dell'uso del suolo, con particolare riferimento agli aspetti urbanistici, individuati in funzione dello stato di rischio riscontrato.

Tab. 2.8. Linee generali di assetto da conseguire nel sottobacino Alto Po del bacino dell'asta del Po piemontese

Linee generali di assetto	Versanti			Rete idrografica minore									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<p>Rete idrografica minore</p> <p>In generale i corsi d'acqua secondari non evidenziano particolari problematiche idrauliche; localmente si individuano esigenze di intervento per il controllo del trasporto solido derivante dal dissesto di versante e per la manutenzione straordinaria dell'alveo. I corsi d'acqua più interessati sono i torrenti Croesio e Bronda e il rio Agliasco. Entrambe le linee di intervento sono finalizzate al mantenimento dell'efficienza dei tronchi nei tratti di valle, laddove molto spesso le sezioni risultano tombate o canalizzate.</p>													
<p>Versanti</p> <p>I pendii dei versanti, a meno del settore di testata, sono coperti da fitta vegetazione boschiva e caratterizzati da un'elevata acclività. Gli ammassi rocciosi sono interessati da dislocazioni, fratturazioni e diaclasi; i conseguenti fenomeni di crollo a livello diffuso interferiscono con brevi tratti della sede viaria tra Calcinere e Vallone di Oncino. Non si riscontrano dissesti puntuali in corrispondenza di centri abitati.</p>													

Tab. 2.9. Linee generali di assetto da conseguire nel sottobacino del Craviola

Linee generali di assetto	Versanti			Rete idrografica minore									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<p>Torrente principale e rete idrografica minore</p> <p>Il Craviola e i rii minori scorrono in gran parte distanti dai centri abitati e dagli insediamenti produttivi. Il corso d'acqua principale percorre incassato un fondovalle stretto e terrazzato, dove incide i depositi alluvionali ivi presenti. Il trasporto solido risulta molto limitato. In alcuni tratti sono evidenti segni di erosione di sponda come per esempio a Brusasco.</p> <p>È da segnalare una generale scarsa manutenzione dell'alveo.</p>													
<p>Versanti</p> <p>L'area in esame non è soggetta a fenomeni gravitativi diffusi o puntuali di rilevante entità; qualche movimento, localizzato o limitato, è avvenuto a seguito del cattivo drenaggio delle aree coltivate.</p> <p>La limitata estensione boschiva dei versanti rappresenta una potenziale causa di innesco di dissesto.</p>													

Tab. 2.10. Linee generali di assetto da conseguire nel sottobacino dello Stura del Monferrato

Linee generali di assetto	Versanti			Rete idrografica minore									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<p>Torrente principale e rete idrografica minore</p> <p>I corsi d'acqua scorrono in genere a sufficiente distanza dai centri abitati. L'elemento di maggiore criticità è rappresentato dalla scarsa manutenzione degli alvei. In alcuni tratti vi sono fenomeni di erosione spondale. Le infrastrutture di attraversamento e le opere trasversali in alveo sono numerose e generalmente in discrete condizioni, con l'eccezione di alcuni casi di dissesto anche molto accentuato.</p>													
<p>Versanti</p> <p>Non sono stati rilevati movimenti franosi di significativa entità. La limitata copertura boschiva evidenzia comunque una propensione al dissesto di versante che, seppur modesta, può dar luogo a fenomeni gravitativi a opera dello scorrimento superficiale delle acque meteoriche.</p>													

Tab. 2.11. Linee generali di assetto da conseguire nel sottobacino del Rotaldo

Linee generali di assetto	Versanti			Rete idrografica minore									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<p>Torrente principale e rete idrografica minore</p> <p>Il Rotaldo scorre lontano da insediamenti civili o produttivi e l'unico elemento di criticità, riscontrabile anche sui tributari, è dato dalla carenza di manutenzione che potrebbe creare intralcio al deflusso durante le fasi di piena. Il trasporto solido è molto limitato.</p>													

Linee generali di assetto	Versanti			Rete idrografica minore									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Versanti Non si rilevano significative manifestazioni di dissesto di tipo gravitativo. Alcuni pendii coltivati possono essere soggetti a movimenti franosi in conseguenza di un deflusso idrico superficiale incontrollato.													

Tab. 2.12. Linee generali di assetto da conseguire nel sottobacino del Ricchiardo

Linee generali di assetto	Versanti			Rete idrografica minore									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Torrente principale e rete idrografica minore Il Ricchiardo scorre incassato in un fondovalle molto ampio. I centri abitati non sono soggetti a rischio di esondazione. Una certa criticità è data dalla carenza di manutenzione dell'alveo. Il trasporto solido è caratterizzato da sospensioni di sabbie e limi-argillosi. Le opere di attraversamento appaiono in cattivo stato di manutenzione.													
Versanti Il bacino è antropizzato sia sui versanti che nel fondovalle. Non sono evidenti manifestazioni di dissesto diffuso o significativi movimenti franosi di entità tale da costituire rischio per sedi stradali o centri abitati.													

Tab. 2.13. Linee generali di assetto da conseguire nel sottobacino del Banna

Linee generali di assetto	Versanti			Rete idrografica minore									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Torrente principale e rete idrografica minore Il Banna presenta condizioni di rischio di esondazione nel tratto di pianura, con particolare rilevanza in corrispondenza dell'abitato di Santena, in relazione alla insufficiente capacità di deflusso. Le linee di intervento specifiche sono trattate nell'ambito degli interventi relativi all'asta del Po. La carenza di manutenzione dell'alveo sul Rioverde, il maggiore tributario, e lungo i rii minori riduce le capacità di deflusso delle piene. Il trasporto solido è costituito da materiali in sospensione, quali sabbie, limi, argille. Alcuni attraversamenti sul Rioverde necessitano di manutenzione.													
Versanti I versanti, a debole pendenza, poco boscati e in gran parte coltivati o mantenuti a prativo, non sono soggetti a dissesti diffusi di entità significativa. Per quanto concerne i fenomeni gravitativi puntuali la principale situazione di rischio è rappresentata dal movimento franoso che interessa il rilevato della diga in terra del lago della Spina.													

2.7 Fattori naturalistici, storico-culturali ed ambientali

In fase di predisposizione degli interventi, si è tenuto conto del loro inserimento ambientale, nel rispetto degli ambiti di rilevanza naturalistica e paesaggistica e del patrimonio monumentale esistenti sul territorio oggetto del Piano. In particolare, nel bacino del Po piemontese le aree di interesse naturalistico sono le seguenti:

- i parchi regionali Parco Naturale Bosco della Partecipanza, Parco Naturale Sacro Monte di Crea, Parco Naturale Collina di Superga;
- le riserve regionali di Baraccone, Bosco del Vaj, Boscone, Confluenza Bronda-Po, Confluenza Maira-Po, Confluenza Orco-Malone-Po, Confluenza Pellice-Po, Confluenza Sesia-Po, Confluenza Varaita-Po, Garzaia di Valenza, Ghiaia Grande, Lanca di S. Marta e confluenza Banna-Po, Lanca S. Michele, Meisino e Isolone Bertolla, Pian del Re, Rocca delle Donne;
- le aree attrezzate di Arrivore e Colletta, Fontane, Le Vallere, Molinello, Oasi del Po morto, Paesana, Paracollo-Ponte Pesci Vivi, Pian del Re, Sponda Fluviale di Casale Monferrato;
- i sistemi di aree di interesse naturalistico-ambientale: Sistema delle aree protette della fascia fluviale del Po "Pian del Re-Martiniana Po-Pancalieri", Sistema delle aree protette della fascia fluviale del Po "Pancalieri-Crescentino", Sistema delle aree protette della fascia fluviale del Po "Crescentino-Confine Piemonte-Lombardia";
- i biotopi di rilevanza naturalistica Boschi e Rocche del Roero, Palude di S. Genuario, "Peschiere" e laghi di Pralormo e Ceresole d'Alba.

Per gli aspetti storico-culturali e paesaggistici, su un totale di 1437 beni considerati, circa il 6% appartiene alla categoria dei centri e nuclei storici (83). Tra i più importanti si segnalano Piasco, Marentino, Gassino Torinese, Moncalvo, Saluzzo, Villafranca Piemonte, Carmagnola, Chivasso, Casale Monferrato, Frassineto Po.

Tra gli edifici a carattere monumentale sono prevalenti le tipologie religiose (494) e civili (788). Meno numerosi sono gli esempi di architettura militare (70) e di archeologia industriale (2). Sono assenti le emergenze archeologiche, mentre si rilevano 8 areali di rilevante interesse storico e paesaggistico, fra i quali si segnalano il "Massiccio del Monte Bracco", la "Collina del Po", "l'area collinare e centro storico di Saluzzo", le "falde collinari calcifere di Bosco dei Palli".



AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO
PARMA

**LINEE GENERALI DI ASSETTO IDROGEOLOGICO E QUADRO DEGLI INTERVENTI
ASTA DEL PO NEL TRATTO CONFLUENZA TANARO-DELTA**

Indice

3. Linee generali di assetto idraulico e idrogeologico sull'asta del Po (tratto confluenza Tanaro - Delta)

3.1 Caratteristiche generali

3.1.1 Inquadramento fisico e idrografico

L'asta del Po, nel tratto dalla confluenza del Tanaro all'incile del Delta, costituisce il sistema fisico di riferimento oggetto delle linee di intervento. Si tratta di un sistema idraulico il cui assetto ha una connotazione prevalentemente artificiale e il cui regime di deflusso è influenzato in generale dalle condizioni idrologiche, geomorfologiche e di sistemazione idraulica dell'insieme degli affluenti, oltre che naturalmente dalle opere di difesa e di sistemazione direttamente realizzate sull'asta fluviale.

Il territorio circostante, costituito dalle aree direttamente confinanti con il sistema arginale e dai sottobacini idrografici minori della pianura, direttamente afferenti all'asta fluviale, interessati da un reticolo idrografico in gran parte artificiale e a scolo meccanico per una porzione significativa, è soggetto ai livelli di piena di Po ed è pertanto interessato dai pericoli di esondazione in caso di rotte arginali. Viene quindi considerato per gli aspetti connessi al rischio idraulico.

L'asta del Po, dalla confluenza del Tanaro (bacino idrografico sotteso di 25.320 km² alla sezione di Isola S. Antonio) all'incile del Po di Goro (bacino idrografico sotteso di 70.091 km² a Pontelagoscuro) ha una lunghezza complessiva di circa 375 km. Gli affluenti principali, da monte verso valle, sono in sinistra l'Agogna, il Terdoppio, il Ticino, l'Olona, il Lambro, l'Adda, l'Oglio e il Mincio; in destra lo Scrivia, il Curone, il Tidone, il Trebbia, il Nure, l'Arda, il Taro, il Parma, l'Enza, il Crostolo, il Secchia e il Panaro.

Nel primo tratto, tra la confluenza del Tanaro e quella del Ticino, il corso d'acqua conserva ancora caratteri di tipo sostanzialmente torrentizio, nonostante la già elevata superficie sottesa, con una pendenza di fondo dell'ordine di 0,35 per mille e piene con picchi molto ripidi a rapido decorso ed escursioni di livello dell'ordine dei 7-8 m.

La confluenza del Ticino, pur apportando un contributo di superficie sottesa di soli 6.600 km² (bacino idrografico alla Becca pari a 36.770 km²), comporta una trasformazione del regime del corso d'acqua in senso decisamente fluviale, in ragione dell'apporto idrico regolato, con un notevole contributo glaciale e

trasporto solido assente, che alimenta gli stati di magra e di morbida; la pendenza media si riduce bruscamente al 0,18‰, per poi decrescere regolarmente e gradualmente verso valle fino a circa lo 0,14‰ all'altezza di Revere-Ostiglia (237 km a valle). L'alveo mantiene caratteri di instabilità, condizionati dagli apporti degli affluenti alpini e appenninici, con andamento estremamente tortuoso e mobile, nel campo della tipologia pluricursale, lasciando tracce nella pianura circostante delle passate divagazioni. Le escursioni di livello superano i 10 m. Le arginature continue su entrambe le sponde hanno tracciato molto irregolare, risentendo della loro origine frammentaria, con distanze che vanno da meno di 1.000 m a oltre 4.000 m. Proprio l'elevata distanza delle arginature maestre delimita lungo l'asta una grande area di laminazione della piena (invaso golenale), in parte aperta e in parte delimitata da argini secondari che vengono tracimati solo in occasione delle piene maggiori. L'importanza di tale effetto è qualitativamente intuibile tenendo conto che a fronte di progressivo aumento verso valle della superficie del bacino idrografico sotteso (36.770 km² a Becca; 67.900 km² a Revere), la portata al colmo delle piene maggiori è normalmente massima a Piacenza o a Cremona e si riduce progressivamente verso valle, proprio in ragione dell'azione modulatrice esercitata dall'invaso nelle aree golenali.

Da valle di Revere-Ostiglia, e cioè oltre la foce del Mincio e del Secchia, all'incile del Delta le arginature si avvicinano all'alveo e incomincia il tronco inferiore del Po, caratterizzato da un alveo canalizzato tra le arginature, in alcuni tratti a distanze inferiori ai 500 m, che non riceve più apporti, a eccezione del Panaro, con una pianura circostante interessata da un reticolo idrografico minore di bonifica prevalentemente a scolo meccanico.

In questo tratto l'alveo attuale del Po è quello che si è formato a seguito della famosa rotta di Ficarolo in sponda sinistra, verificatasi verso l'anno 1140, per cui fu gradualmente abbandonato il vecchio alveo, che, passando per Ferrara, si suddivideva nei due rami di Volano e di Primaro, e estromesso il Reno, in precedenza affluente del Po; il corso oggi visibile, che forse ha occupato un colatore preesistente e ha dato anche inizio alla costruzione dell'attuale Delta, è il risultato di tale evento singolare, oltre che dei lavori di deviazione verso sud attuati a partire dal 1600 dalla Repubblica di Venezia.

Sino alla fine del secolo scorso il sistema arginale a partire da Becca non era completamente chiuso e il Po, e più ancora i suoi affluenti, occupavano liberamente con le acque di piena la vasta pianura circostante; il tratto terminale funzionava in sostanza più come scaricatore di un lago che non come un corso d'acqua naturale. La situazione attuale, con il sistema arginale di Po completato

e con l'estensione dello stesso ai numerosi affluenti, costituisce, nonostante i numerosi interventi attuati, una condizione molto più critica e di delicata gestione.

Dal punto di vista amministrativo l'asta del Po nel tratto considerato interessa comuni delle Regioni Piemonte, Lombardia, Emilia-Romagna e Veneto.

Ai fini delle analisi conoscitive e della successiva delimitazione degli interventi di Piano l'asta del Po nel tratto considerato è suddivisa nei seguenti tronchi:

- Isola S. Antonio - confluenza Ticino,
- confluenza Ticino - Piacenza (A1),
- Piacenza (A1) - Cremona (A21),
- Cremona (A21) - confluenza Oglio,
- confluenza Oglio - Pontelagoscuro,
- Pontelagoscuro - incile Po di Goro.

3.1.2 Caratteri generali del paesaggio naturale e antropizzato

A valle della confluenza con il Sesia il Po segna il confine tra il Piemonte e la Lombardia: i territori lombardi appartengono alla Lomellina, tipica zona di risaie, mentre sulla destra del fiume, le ultime alture del Monferrato degradano in una serie di grandi terrazzi che, a valle di Valenza, cadono a picco sul fiume con scarpate abbastanza alte. Oltre la foce del Tanaro, il fiume entra decisamente in territorio lombardo, dividendo l'Oltrepò pavese dalla Lomellina e dal Pavese propriamente detto.

In questo tratto, che segna il passaggio dalla zona collinare-montana a quella più propriamente di pianura, il letto del Po è formato in buona parte da alluvioni ciottolose e ghiaiose, con ampi greti colonizzati da una vegetazione per lo più rada e discontinua (*Polygonum lapathifolium*, *P. Persicaria*, *Epilobium hirsutum*, *Veronica aquatica*, *Chenopodium album*, *Echinochloa crusgalli*, *Barbarea vulgaris*, *Xanthium italicum*). Ai bordi rialzati dell'alveo e sugli isolotti, si afferma una vegetazione più stabile e strutturata, rappresentata da saliceti arbustivi (*Salix purpurea*, *Salix elaeagnos*). A tratti, se il grado di alterazione dell'habitat non è troppo elevato, ai saliceti si succedono verso l'esterno pratelli aridi dominati da graminacee e, ancora più esternamente, ma sempre più rari e in gran parte sostituiti da impianti di pioppi ibridi, sono presenti boschi igrofilo a salice bianco (*Salix alba*) e pioppo nero (*Populus nigra*), che costituiscono la

fascia di transizione verso le formazioni forestali "climax" a dominanza di querce, anch'esse quasi completamente distrutte da tempo.

A valle di Pavia il Po si allarga nella pianura sempre più occupata da insediamenti, infrastrutture, attività agricole intensive: risultato di un processo di millenni, che ha portato alla completa trasformazione dei caratteri originari del territorio. Ciononostante è possibile rinvenire tracce di vegetazione spontanea, costituite da una nutrita schiera di piante commensali, in massima parte originarie dell'Asia sud-occidentale e dell'America, giunte in Pianura padana insieme alle specie coltivate; su superfici ridotte o marginali sopravvivono infatti gelsi inselvaticiti, rade ed esili cortine di robinie, macchie di rovi e di sambuco che introducono una certa varietà al paesaggio.

Caratterizzano il paesaggio i pioppeti, prevalentemente costituiti da pioppo del Canada (*Populus canadensis*), anch'essi risultato di un'azione antropica e diventati ambienti non privi di un certo interesse, in quanto elementi di diversità, per lo meno strutturale, in un contesto di quasi totale appiattimento.

Nel tratto centrale il Po è ricco di anse e meandri, di isolotti e rami secondari che si snodano in mezzo alla pianura, segnandone profondamente il paesaggio e consentendo, localmente, una maggior ricchezza e diversità di ambienti. Così, nelle lanche e nei vecchi meandri abbandonati dell'Isola Boschina si insedia un'abbondante vegetazione igrofila costituita da piante sommerse (*Ceratophyllum demersum*, *Myriophyllum spicatum*), a foglie galleggianti (*Nymphaea alba*), specie natanti di piccola taglia (*Salvinia natans*, *Hydrocharis morsus-ranae*, *Lemna minor*, *Spirodela polyrrhiza*). Abbondantissime sono le fioriture algali, mentre ai bordi delle lanche crescono fitte cortine di cannuce di palude (*Phragmites australis*) a cui si mescolano specie sarmentose (*Calystegia sepium*, *Solanum dulcamara*). Dove i coltivi non giungono subito a ridosso delle sponde ha modo di svilupparsi, all'esterno dei canneti, una cintura di vegetazione arborea igrofila, quasi sempre residuo di ben più estese formazioni ripariali (*Salix alba*, *Alnus glutinosa*). In questo tratto il corso lento e le numerose divagazioni del fiume creano opportunità di vita per molte specie faunistiche: si citano, tra gli invertebrati, le spugne (*Spongilla*, *Ephydatia*), l'idra (*Hydra viridis*), una particolare specie di medusa (*Craspedacusta sowerby*) e tra i vertebrati gli aironi (*Egretta garzetta*, *Ardea purpurea*) e l'albanella reale (*Circus cyaneus*).

A Ficarolo, in provincia di Rovigo, ha inizio il tratto terminale dell'asta che giunge al Delta, uno dei più importanti complessi di zone umide in Europa; l'attuale configurazione risente dei lavori di deviazione verso sud, iniziati verso

il 1604 dalla Repubblica di Venezia per evitare l'interrimento della laguna. Poco è rimasto delle antiche selve e delle grandi paludi che ancora nell'Ottocento si estendevano su questa regione: l'unica zona che possiede i caratteri dell'ambiente forestale è il Bosco della Mesola, dove il clima più caldo rispetto alle zone interne della pianura ha consentito l'affermarsi del leccio (*Quercus ilex*), della farnia (*Quercus robur*), del carpino bianco (*Carpinus betulus*), della carpinella (*Carpinus orientalis*). Sulle dune oltre al leccio, che qui assume portamento prevalentemente arbustivo, compaiono anche la robbia selvatica (*Rubia peregrina*) e l'ilatro sottile (*Phillyrea angustifolia*). Lungo le rive dei canali e nelle depressioni umide si rinvengono specie tendenzialmente igrofile tra cui il frassino meridionale (*Fraxinus oxycarpa*), il pioppo bianco (*Populus alba*) e l'olmo campestre (*Ulmus minor*).

Uno degli ambienti più tipici del Delta è rappresentato dalle "valli" e dalle lagune salmastre. Sono costituite da bacini poco profondi, delimitati da arginelli e dossi appena rilevati, nel mezzo dei quali emergono le "barene", isole di fango dai contorni indistinti. Le lagune salmastre sono tra gli ecosistemi a produttività più elevata, grazie alla scarsa profondità, alla elevata temperatura raggiunta nella stagione vegetativa e alla ricchezza di nutrienti trasportati dal fiume. A queste condizioni decisamente favorevoli si contrappongono la salinità e le oscillazioni di livello dell'acqua, che hanno selezionato una flora povera, ma altamente specializzata (*Zostera marina*, *Zostera noltii*, *Ruppia cirrhosa*). Sulle barene si sviluppa una caratteristica vegetazione alofila composta da erbe e bassi cespugli legati al diverso grado di umidità e di salinità del substrato. Ultimo baluardo verso il mare aperto, le dune rappresentano un habitat di frontiera, altrettanto selettivo nei confronti della vita vegetale delle lagune salmastre. E' presente una vegetazione stentata (*Ammophila arenaria*, *Agropyron junceum*), messa continuamente alla prova dalla sabbia che la sommerge o dall'erosione che ne scalza le radici. Sul bagnasciuga si insediano il cavolo di mare (*Calystegia soldanella*), il ravastrello marittimo (*Cakile maritima*) e l'erba di S. Pietro (*Eryngium maritimum*). La ricchezza molto elevata di ecosistemi nel delta del Po ha come conseguenza la presenza di un gran numero di specie animali, soprattutto di uccelli; tra le specie più diffuse ci sono i gabbiani (*Larus ridibundus*), *Larus cachinnas*, *Larus melanocephalus*, sterna sandvicensis, *Larus genei*); altre specie di rilievo sono la sterna zampanere (*Sterna nilotica*) e il fraticello (*Sterna albifrons*).

Il processo di modificazione del paesaggio e dell'ambiente naturale del bacino del Po, caratterizzato in origine da paludi e foreste che si stendevano quasi ovunque, risale all'epoca della colonizzazione di queste terre da parte delle

popolazioni di stirpe celtica che qui si insediarono nel primo millennio a.C. Successivamente i romani sottoposero il territorio a un'intensa deforestazione che ebbe una temporanea interruzione soltanto durante l'alto medioevo. Nei primi secoli dopo il Mille furono effettuate le grandi bonifiche, intraprese dai padri Umiliati e dai monaci Cistercensi, dei quali è rimasta testimonianza nelle numerose abbazie sparse sul territorio, che introdussero nuove forme di agricoltura (marcite). Col procedere delle opere di bonifica e di dissodamento di nuove terre si andava realizzando una fitta e complessa rete di canalizzazioni che, oltre al drenaggio dei terreni e all'irrigazione, rappresentavano una preziosa fonte di energia per il funzionamento dei mulini, oggi in gran parte scomparsi. Si andava così creando un nuovo paesaggio secondo un processo che proseguì, con alterne vicende (legate soprattutto alle sensibili fluttuazioni demografiche proprie di quel periodo), durante il resto del Medioevo sino al Rinascimento. Da questo periodo in poi la popolazione è aumentata pressoché ininterrottamente, segnando la fine delle foreste. Ad esse si sostituì, a partire dal Cinquecento la cosiddetta "piantata padana", paesaggio agrario in cui la regolare geometria dei campi era scandita da alberature che segnavano i confini degli appezzamenti e dove la coltura della vite, un tempo assai più diffusa di oggi, era associata ad altre essenze arboree come l'olmo e le piante da frutto in genere. Una situazione mantenutasi fin quasi ai giorni nostri, ma trasformatasi nell'ultimo dopoguerra in conseguenza della meccanizzazione dell'agricoltura.

Lungo il fiume si ha una grande diffusione di elementi storico-culturali-architettonici, anche se esiste un ridotto numero di centri particolarmente ricchi di emergenze. Nel tratto in esame, oltre a Cremona, Piacenza e Ferrara, capoluoghi provincia, altri centri importanti da questo punto di vista sono Sabbioneta, Casalmaggiore, Colorno, Guastalla. Sono presenti inoltre diverse opere di fortificazione e castelli, mentre nell'ambito dell'archeologia industriale si trovano numerose idrovore e chiaviche.

3.1.3 Aspetti idrologici

3.1.3.1 Caratteristiche generali

Le valutazioni idrologiche sull'asta del Po sono finalizzate alla definizione dei valori delle portate al colmo e dei relativi livelli idrometrici, in relazione alla esigenza di verificare il grado di sicurezza offerto dagli argini (in termini di quota di ritenzione).

Nelle condizioni attuali il sistema arginale di Po è riferito a un profilo di piena teorico (denominato “piena massima di riferimento”) costruito nell’ambito dello “Studio e progettazione di massima delle sistemazioni idrauliche dell’asta principale del Po, dalle sorgenti alla foce, finalizzate alla difesa e alla conservazione del suolo e alla utilizzazione delle risorse idriche”, 1982, redatto dal Magistrato per il Po, per mezzo della società SIMPO.

Il profilo, nel seguito chiamato “piena SIMPO ‘82”, rappresenta il riferimento attuale di definizione della quota di massima ritenuta del sistema arginale di Po; il valore precedentemente utilizzato era la massima piena storica (evento del novembre 1951), il cui profilo dei colmi idrometrici era stato ricostruito nel tratto tra Boretto e il Delta, rispetto al valore registrato, per tenere conto delle rotte manifestatesi, di cui la principale è quella di Occhiobello. La piena SIMPO ‘82 è invece costituita da un profilo ricavato dall’applicazione di un modello numerico di simulazione idraulica (in moto non stazionario), in cui per i diversi tronchi è applicata un’onda di piena con portata al colmo mediamente superiore del 10% rispetto alla massima storica del ‘51 (Tab. 3.1.).

Tab. 3.1. Portate e livelli idrometrici al colmo nelle stazioni idrometriche lungo l’asta del Po riferite alla piena del nov. 1951 e al profilo di riferimento SIMPO ‘82

Stazione	Bacino (km ²)	Progressiva (km)	Piena 1951			Piena SIMPO ‘82	
			registrato (m ³ /s)	ricostruito (m s.m.)	registrato (m s.m.)	ricostruito (m s.m.)	
Becca	36.770	265	11.250	62,95	-	12.000	63,51
Piacenza	42.030	323	12.800	52,41	-	13.000	52,06
Cremona	50.726	367	13.450	40,28	-	13.500	40,61
Casalmaggiore	53.460	415	-	31,13	31,19	13.000	31,44
Boretto	55.183	429	12.100	28,44	28,54	13.000	29,12
Borgoforte (Roncorrente)	62.450	460	11.800	24,94	25,08	13.000	25,74
Revere	67.900	500	11.260	19,76	20,68	12.500	20,79
Pontelagoscuro	70.091	549	10.300(*)	12,79	14,21	12.500	14,24

(*) valore ricostruito 11.580

Nell’ambito del Piano le valutazioni indicate sono state aggiornate in relazione alla disponibilità di una serie storica nelle stazioni idrometriche di misura più estesa di circa 20 anni, nell’ambito della quale si è verificato un evento (piena del novembre 1994) di gravosità circa uguale a quella del 1951 per una parte significativa dell’asta fluviale.

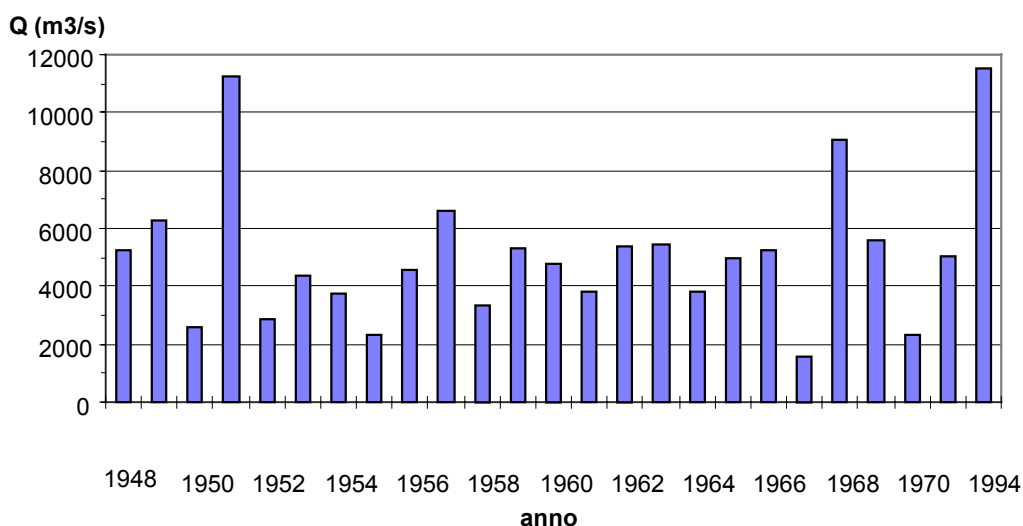
3.1.3.2 Portate di piena al colmo

Le serie storiche di portata sono disponibili nelle stazioni di misura di Tab. 3.2, con diversa estensione e rappresentatività.

Tab. 3.2. Stazioni idrometriche di misura delle portate lungo l'asta del Po nel tratto foce Tanaro-Delta

Stazione	Bacino (km ²)	Progressiva (km)	Periodo di osservazione
Becca	36.770	265	1948 - 1971 (1994)
Piacenza	42.030	323	1924 - 1995
Cremona	50.726	367	1972 - 1995
Casalmaggiore	53.460	415	1924 - 1942
Boretto	55.183	429	1942 - 1995
Borgoforte (Roncorrente)	62.450	460	1924 - 1995
Revere	67.900	500	1924 - 1935 (1954-55)
Pontelagoscuro	70.091	549	1918 - 1995

Fig. 3.1. Po a Becca: portate massime al colmo



Alla *stazione di Becca* la serie dei valori di portata è interrotta all'anno 1971 e comprende pertanto solamente due piene gravose: l'evento del 1951 e quello del 1968, che ha raggiunto un valore al colmo di poco superiore a 9.000 m³/s. Nel periodo recente è disponibile la stima del valore al colmo relativo alla piena del 1994, che rappresenta il massimo registrato e che è pertanto stato considerato.

Alla *stazione di Piacenza* i colmi di maggiore importanza sono, oltre al 1994, quelli del 1926 (11.600 m³/s), del 1951 (12.800 m³/s) e del 1968 (9.500 m³/s); successivamente non si sono verificati i valori elevati fino al '94 con eccezione dell'anno 1977 (circa 8.400 m³/s).

Fig. 3.2. Po a Piacenza: portate massime al colmo

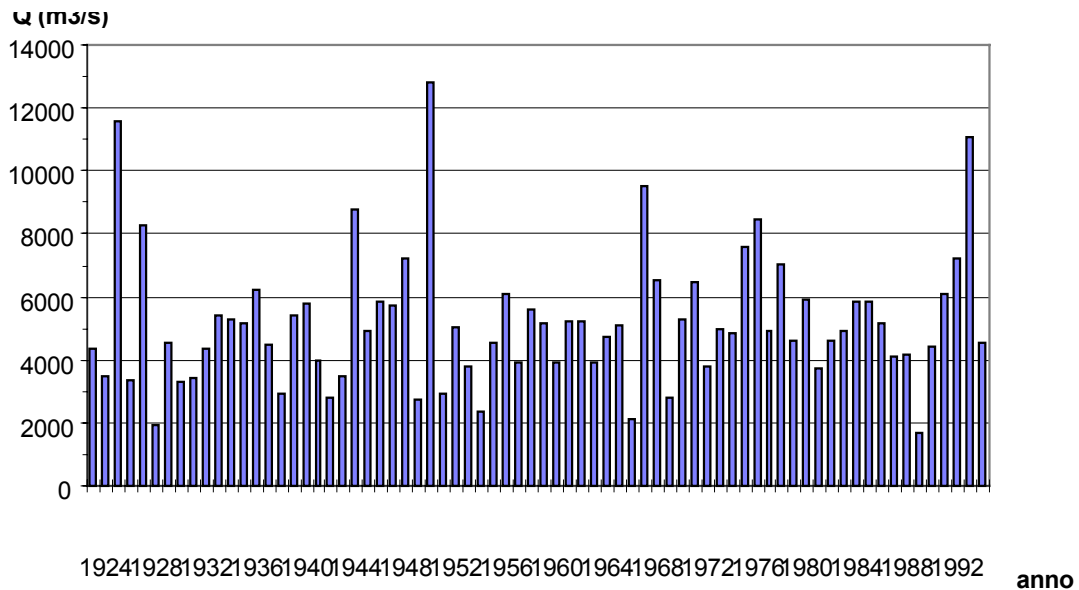
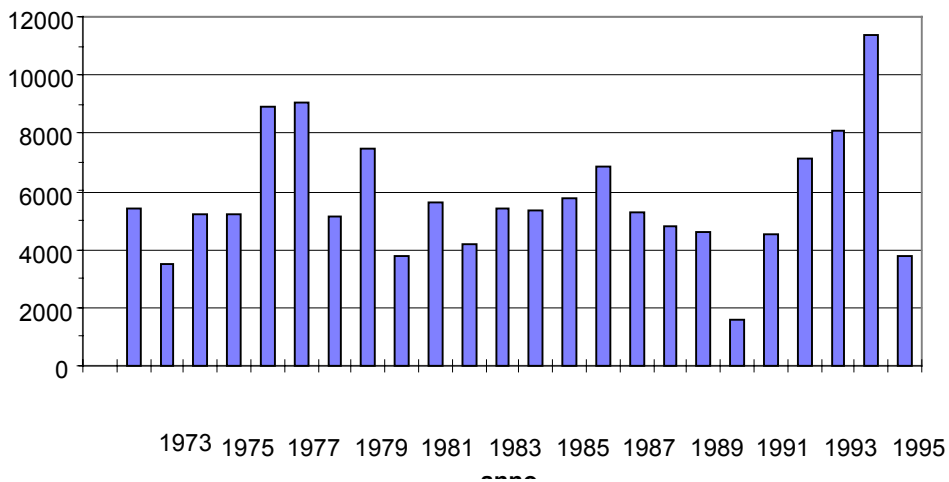


Fig. 3.3. Po a Cremona: portate massime al colmo



La *stazione di Cremona* è dotata di valori di portata relativi solamente al periodo recente e di conseguenza ha registrato solo gli eventi di piena degli ultimi anni (1976, 1977 e 1994); per contro l'adattamento della legge di distribuzione probabilistica dei dati risulta particolarmente buona.

La *stazione di Casalmaggiore* ha una serie storica di estensione limitata e relativa a un periodo non recente; le relative elaborazioni statistiche sono pertanto poco attendibili.

Le stazioni di Boretto e di Borgoforte hanno caratteristiche simili, per estensione e significatività dei dati, a quella di Piacenza; sono pertanto di buona attendibilità.

Fig. 3.4. Po a Boretto: portate massime al colmo

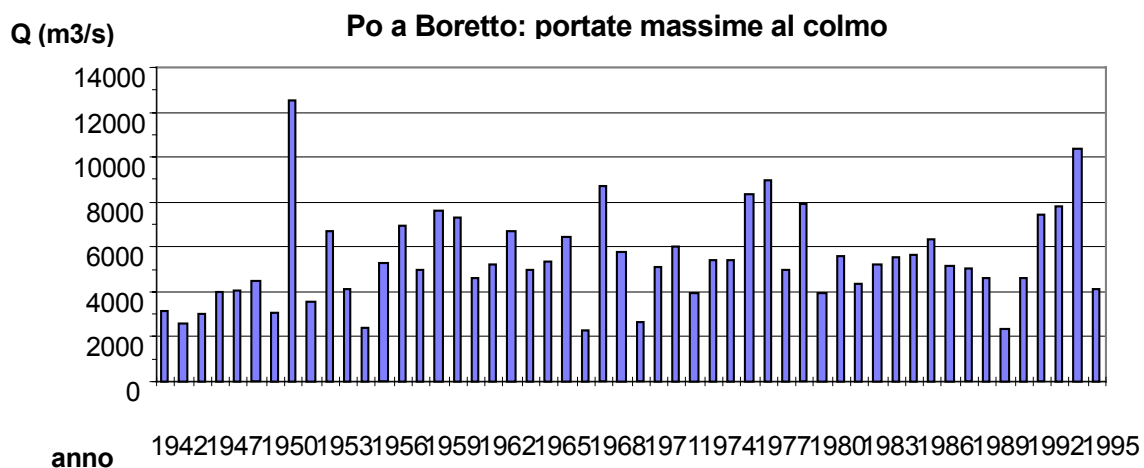
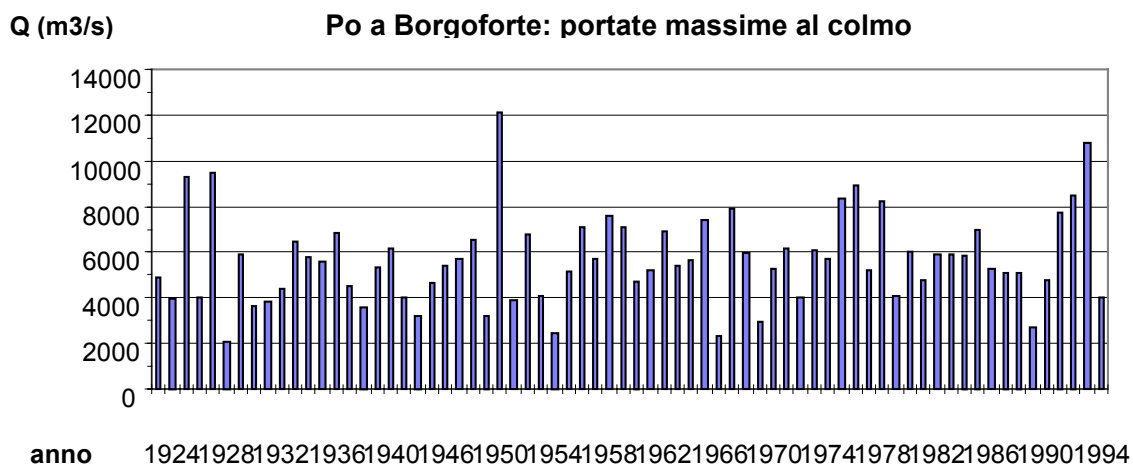
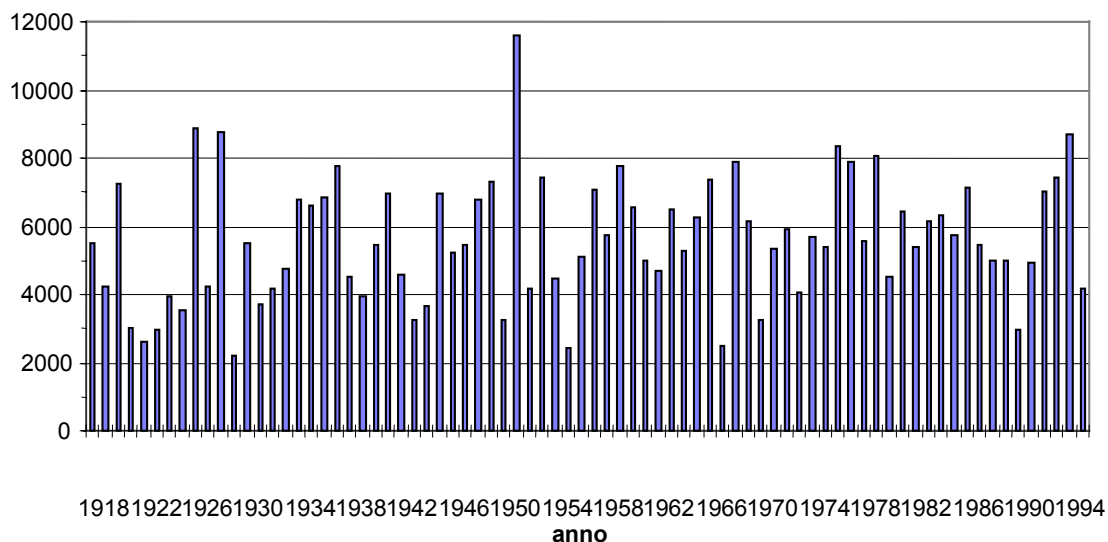


Fig. 3.5. Po a Borgoforte: portate massime al colmo



Nella serie storica nella stazione di Pontelagoscuro è stato adottato per l'anno 1951 il valore ricostruito della portata massima al colmo, pari a 11.580 m³/s, a fronte del valore registrato che rappresenta la portata defluita in presenza della rotta (pari a 10.300 m³/s).

Fig. 3.6. Po a Pontelagoscuro

Ai fini delle valutazioni sulle portate di piena al colmo, l'analisi statistica delle serie di portate massime al colmo hanno utilizzato anche i dati più recenti, non pubblicati, resi disponibili dal Servizio Idrografico e Mareografico per il periodo 1986-1996. Le elaborazioni sono state condotte per le stazioni indicate dalla Tab. 3.3 ad eccezione di Revere in quanto non significativa.

La regressione statistica è stata effettuata su tutte le stazioni utilizzando per uniformità la legge di Gumbel che, da un confronto su tutte le serie analizzate, è risultata essere quella che fornisce il migliore riscontro con i test statistici di adattamento.

Tab. 3.3. Portate massime al colmo

TR (anni)	Portata massima al colmo (m ³ /s)					
	Becca	Piacenza	Cremona	Boretto	Borgoforte	Pontelagoscuro
20	9.290	8.970	10.090	9.380	9.600	9.470
50	10.950	10.450	11.750	10.910	11.120	10.960
100	12.190	11.550	13.000	12.060	12.260	12.070
200	13.420	12.650	14.240	13.210	13.400	13.190
500	15.050	14.100	15.870	14.720	14.890	14.650

La Tab. 3.3. riporta i risultati delle elaborazioni.

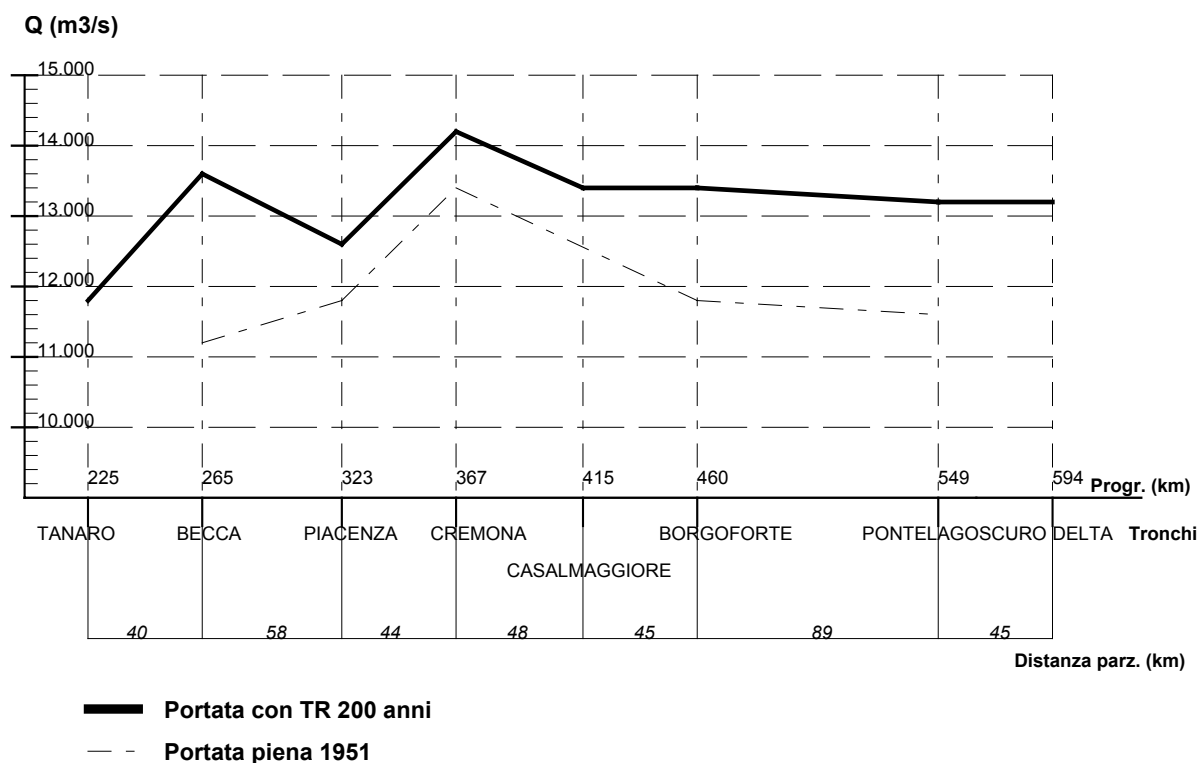
Il calcolo statistico risente ovviamente della disuniformità della lunghezza delle serie storiche e del fatto che in non tutte le serie sono misurati gli stessi eventi di piena.

Tab. 3.4. Portate al colmo nelle stazioni idrometriche lungo l'asta del Po per tempo di ritorno (TR) di 200 anni riferite alla piena del novembre 1951

Stazione	Bacino (km ²)	Progressiva (km)	Piena 1951 (m ³ /s)	TR200 (m ³ /s)
Confluenza Tanaro	25.320	230	-	11.850
Becca	36.770	265	11.250	13.420
Piacenza	42.030	323	12.800	12.650
Cremona	50.726	367	13.450	14.240
Casalmaggiore	53.460	415	--	13.070
Borgoforte	62.450	460	11.800	13.400
Pontelagoscuro	70.091	549	10.300(*)	13.190

(*) valore ricostruito 11.580

Fig. 3.7. Rappresentazione delle portate al colmo nelle stazioni idrometriche per tempo di ritorno di 200 anni riferite alla piena del novembre 1951



La traslazione idrologica dei valori di colmo lungo l'asta del Po e in particolare a monte della stazione di Becca, nel tratto tra la confluenza del Tanaro e il Ticino

(non coperto da stazioni di misura dotate di serie storiche significative), è stata basata sul metodo del contributo unitario.

Sulla base dei risultati di Tab. 3.3 i valori di riferimento per la caratterizzazione di eventi di piena con 200 anni di tempo di ritorno alle stazioni considerate sono riportati nella Tab. 3.4.

3.1.3.3 *Livelli idrometrici al colmo*

La relazione tra portate e livelli idrici lungo l'asta del Po è stata definita attraverso l'applicazione di un modello idraulico, esteso dalla confluenza del Tanaro al Delta, costruito con il codice MIKE 11 in modalità quasi-bidimensionale. Il modello rappresenta il deflusso e l'invaso nell'alveo attivo, nelle golene aperte e nelle golene chiuse per mezzo di uno schema di funzionamento costituito da tre canali paralleli, idraulicamente collegati in senso trasversale.

La geometria del sistema fluviale nel modello è stata costruita in larga parte con le sezioni trasversali dell'alveo relative al rilievo più recente disponibile (1991) effettuato dal Magistrato per il Po, integrando le informazioni mancanti su sottotratti significativi con le sezioni derivanti da rilievi antecedenti; per la geometria e la topografia delle aree golenali aperte e chiuse si è fatto riferimento alla cartografia tecnica regionale dell'Emilia-Romagna e della Lombardia alla scala 1:25.000 (derivata dal rilievo alla scala 1:10.000) e agli elementi topografici disponibili nell'ambito dello studio "Interventi per le golene chiuse del fiume Po" redatto dal Magistrato per il Po nel 1984.

Una prima taratura del modello è stata effettuata sull'evento di piena del 1994; il confronto tra gli idrogrammi di portata e di livello misurati e calcolati alle sezioni del Po strumentate ha evidenziato a valle di Cremona l'effettiva importanza dei fenomeni di laminazione che si sono manifestati per i fenomeni di tracimazione o per le operazioni di apertura artificiale delle golene chiuse. La taratura di prima fase si è limitata a osservare le differenze tra idrogrammi calcolati e misurati attribuendone le ragioni sia agli aspetti dinamici della traslazione che alla forma effettiva degli idrogrammi di piena degli affluenti, schematizzati nelle simulazioni con idrogrammi a portata costante. I risultati forniscono idrogrammi calcolati sempre più alti, e dunque cautelativi, di quelli misurati, rappresentando un'ipotetica condizione di deflusso della piena del 1994 nella quale non sono intervenute manovre artificiali sul sistema delle golene chiuse.

Una seconda fase di affinamento della taratura, con lo scopo di rappresentare nel modo più accurato possibile anche i fenomeni dinamici che hanno

interessato la traslazione dell'onda di piena del novembre 1994, è stata eseguita tramite le seguenti verifiche:

- confronto tra le scale di deflusso sperimentali costruite dal Servizio Idrografico e Mareografico (rese disponibili per le stazioni di Cremona, Boretto, Borgoforte e Pontelagoscuro) e le relazioni "portata-livello" (cappi di piena) calcolate dal modello numerico nelle stesse sezioni;
- verifica della descrizione geometrica delle caratteristiche di invaso delle golene aperte;
- presa in conto del reale funzionamento di dettaglio delle golene chiuse nel corso dell'evento del 1994, nei limiti delle informazioni disponibili;
- analisi di sensitività del modello rispetto ai valori di scabrezza.

Il confronto tra scale di deflusso "sperimentali" e cappi di piena calcolati dal modello per le stazioni di Cremona, Boretto, Borgoforte e Pontelagoscuro è riportato nei grafici sotto esposti.

Tenendo conto che le scale di deflusso sono costruite sulla base di un numero limitato di punti misurati nel campo delle basse portate e che non sono in grado di rappresentare il cappio di piena, il confronto appare soddisfacente.

Fig. 3.8. Stazione di Cremona

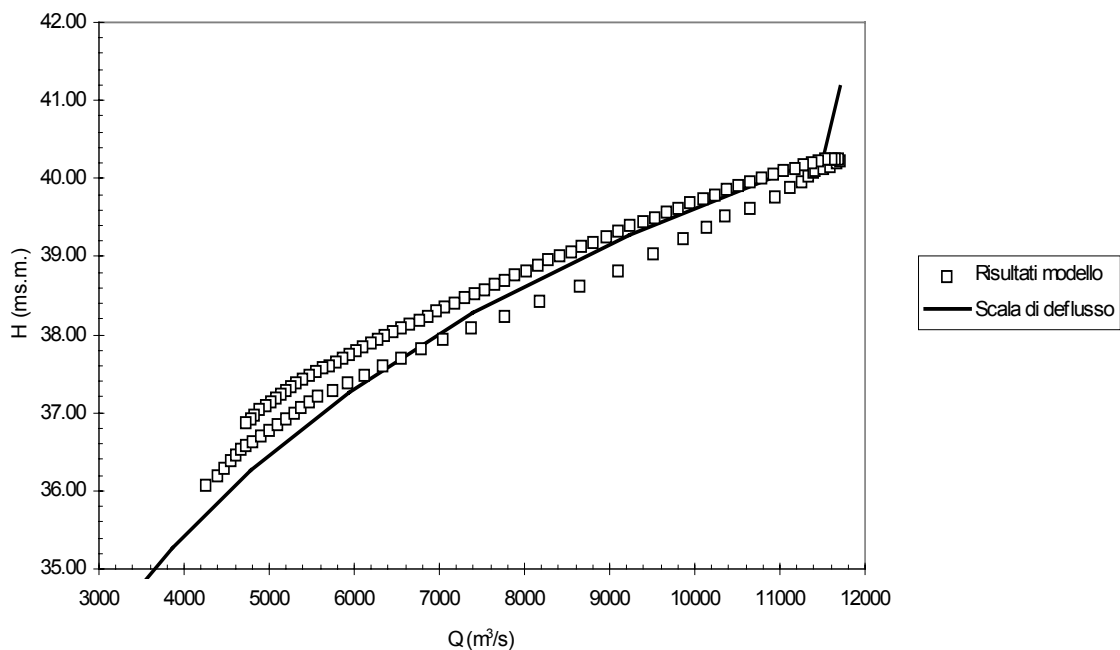


Fig. 3.9. Stazione di Boretto

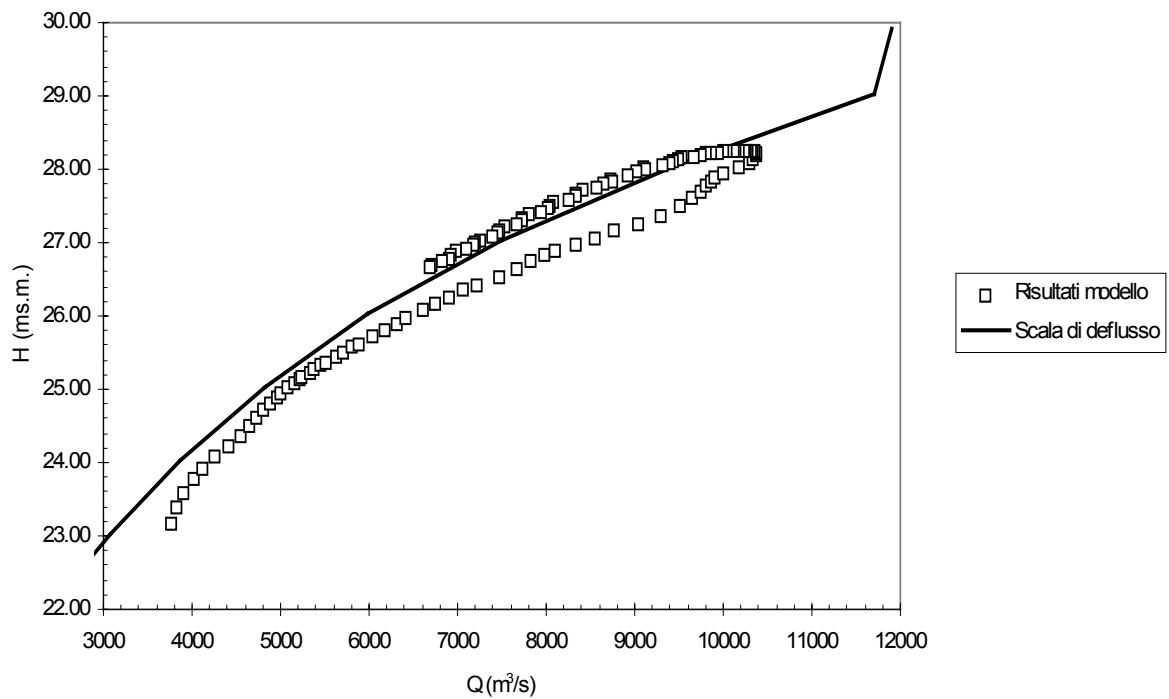


Fig. 3.10. Stazione di Borgoforte

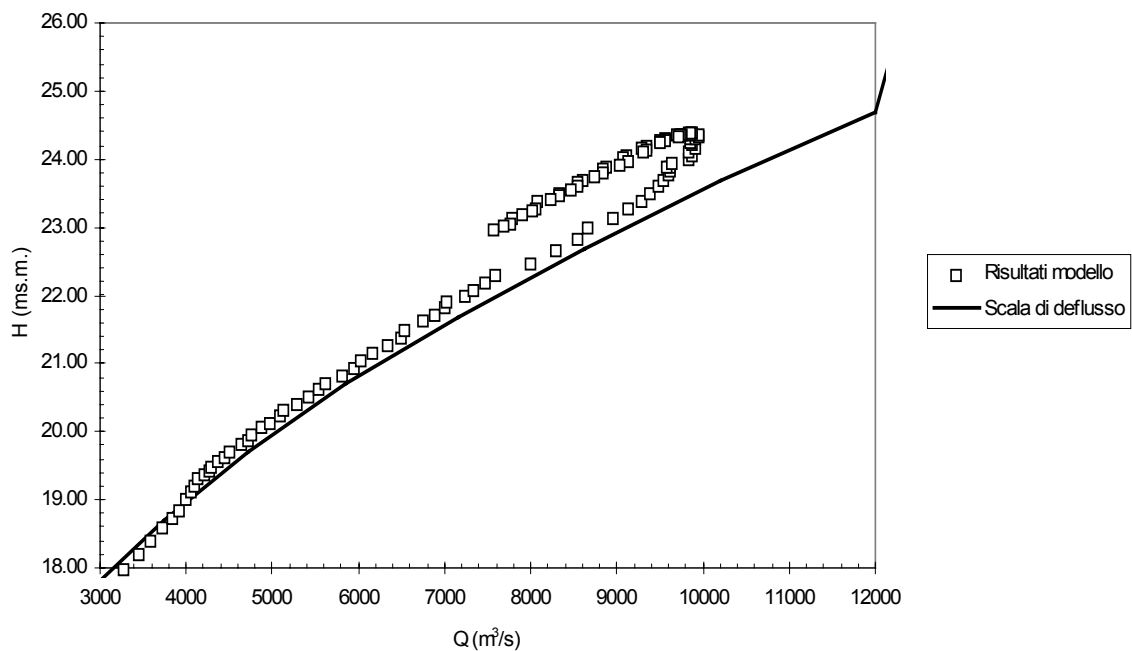
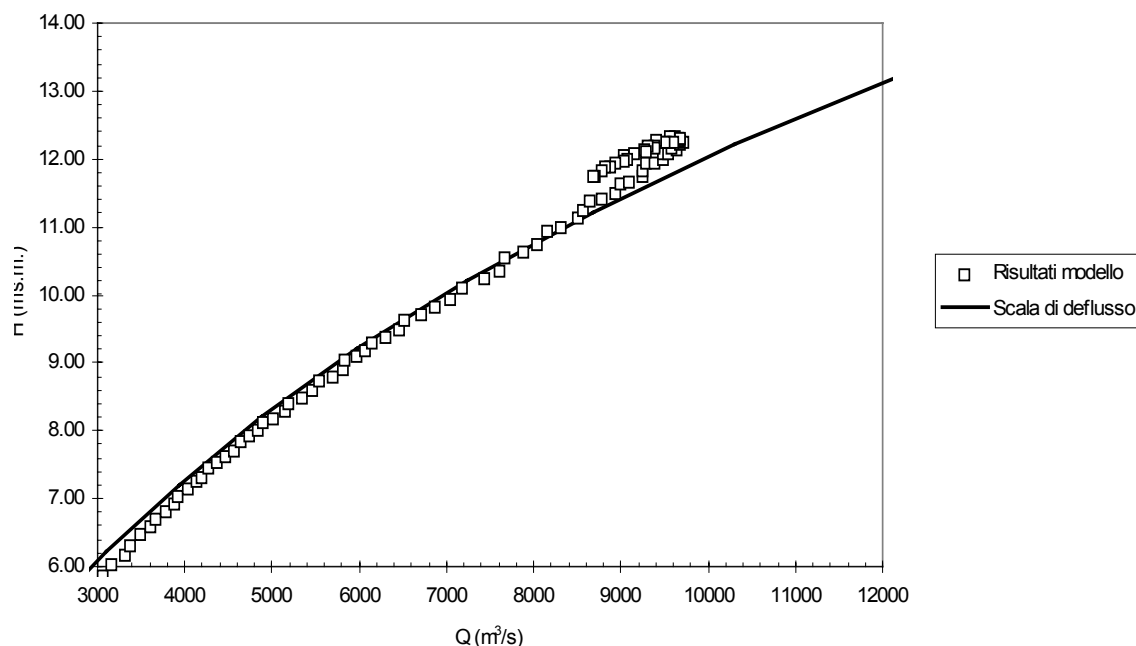


Fig. 3.11. Stazione di Pontelagoscuro



Le modalità e i volumi di invaso di alcune aree golenali aperte, specialmente per il tratto di asta posto a valle di Cremona, sono state ricalibrate per tenere conto degli effettivi fenomeni di riempimento delle stesse, che generalmente avvengono per “filoni di corrente” senza interessare in modo complessivo l'estensione planimetrica dell'area golenale.

Il funzionamento artificiale delle golene chiuse è stato integrato nel modello rispetto alle caratteristiche iniziali, che ne prevedevano il riempimento solo a mezzo della tracimazione dell'argine golenale, considerando delle strutture arginali in grado di abbattersi completamente per una larghezza definita, a formare delle brecce in grado di attivare la golena in modo impulsivo. L'abbattimento degli argini e la formazione delle brecce è comandata dal tempo ed è stata regolata in modo da riprodurre con la migliore verosimiglianza gli idrogrammi di livello osservati nelle stazioni a valle di Cremona.

Il confronto tra idrogrammi di livello misurati e calcolati nel corso dell'evento di piena del 1994 è stato effettuato, oltre che nelle stazioni di Becca, Piacenza, Cremona, Casalmaggiore, Boretto, Borgoforte e Pontelagoscuro, anche sulla base delle osservazioni a vista effettuate agli idrometri di Revere e Castelmassa, che sono risultate particolarmente utili per rappresentare l'ultimo tratto del Po (altrimenti scoperto da Borgoforte a Pontelagoscuro) e in

particolare l'effetto causato dalla rotta artificiale della golena di Sustinente (posta, come noto, poco a monte di Revere).

Fig. 3.12. Taratura sulla piena del 1994: idrogrammi di livello nelle stazioni di Becca e Piacenza

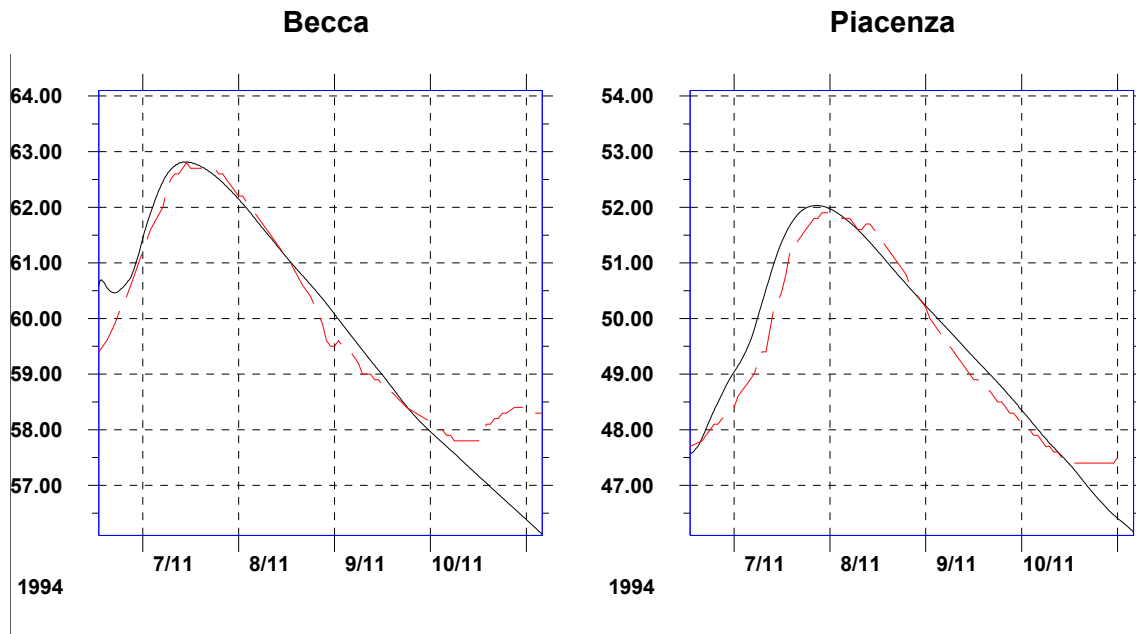


Fig. 3.13. Taratura sulla piena del 1994: idrogrammi di livello nelle stazioni di Cremona e Casalmaggiore

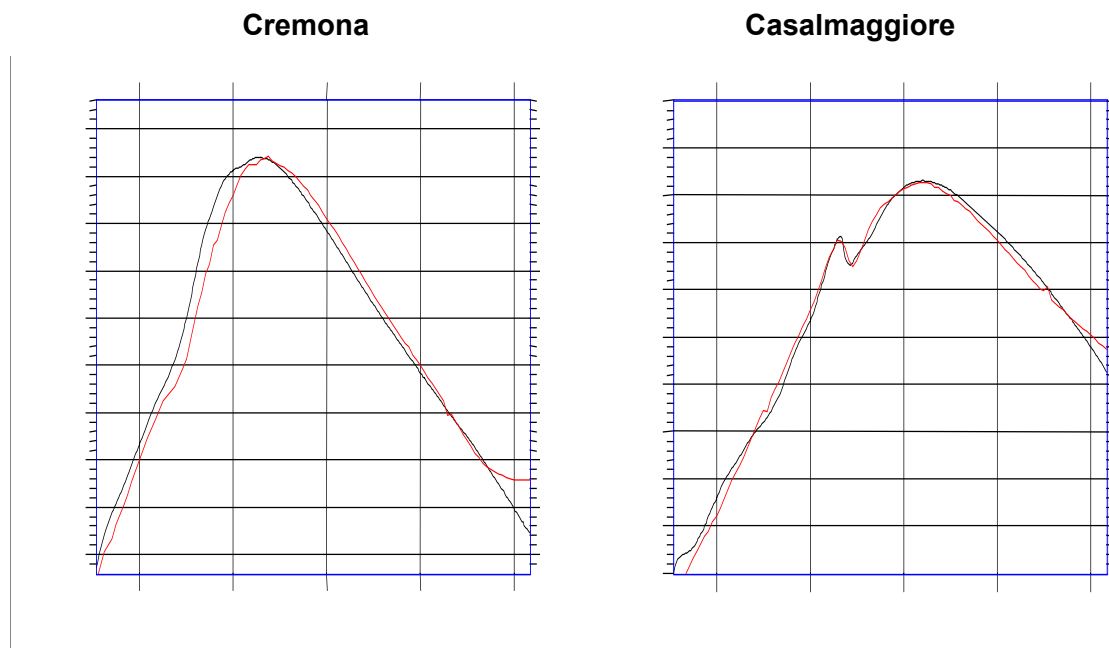


Fig. 3.14. Taratura sulla piena del 1994: idrogrammi di livello nelle stazioni di Boretto e Borgoforte

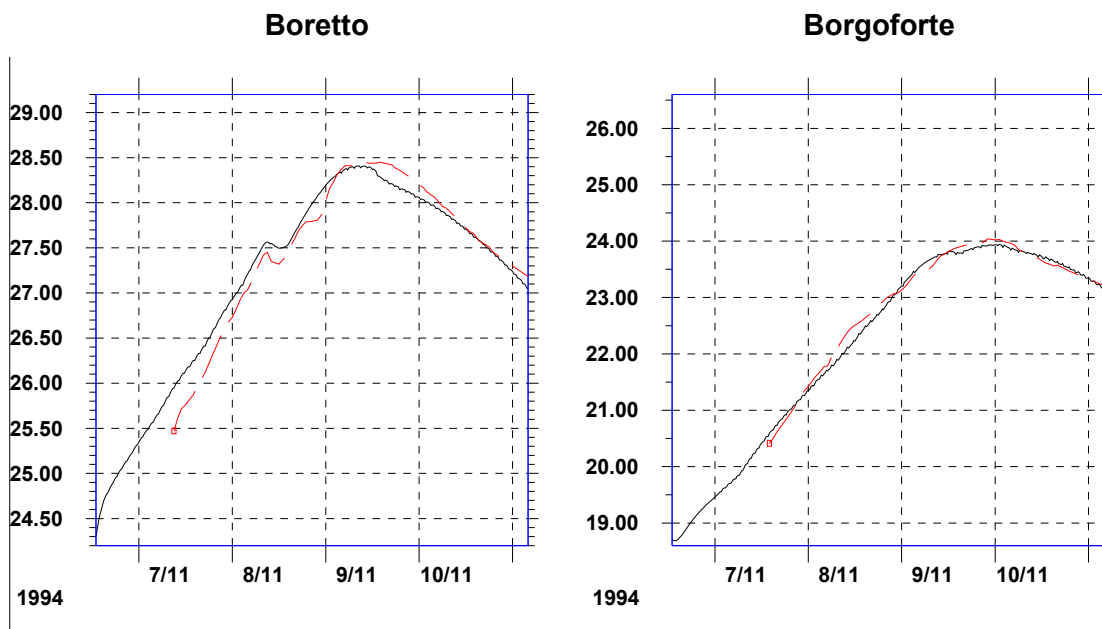
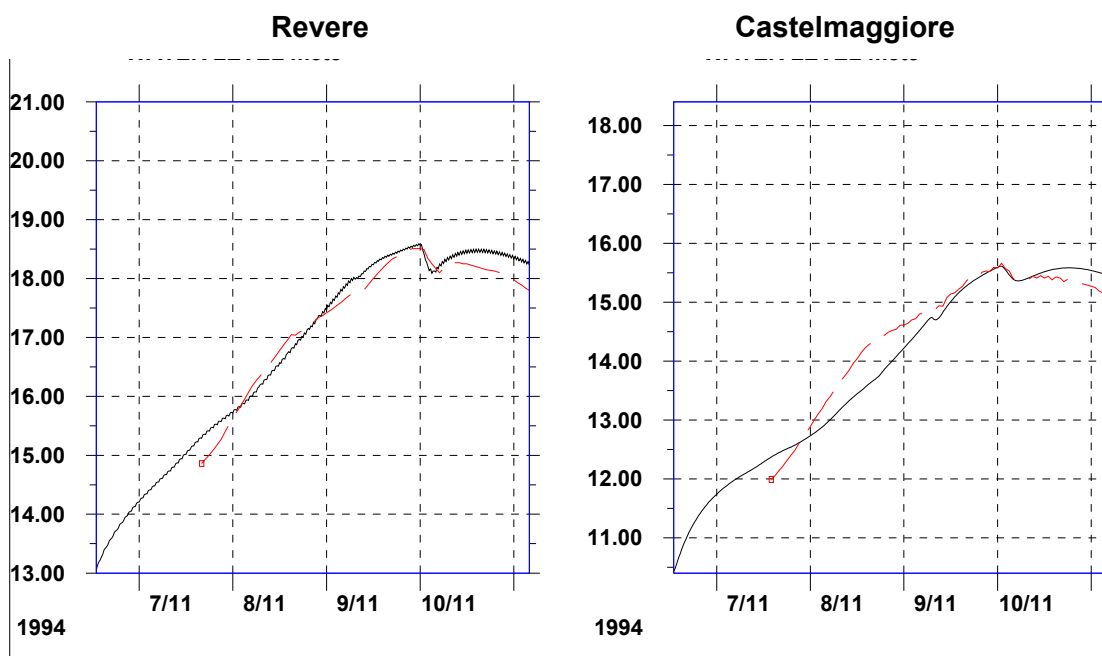


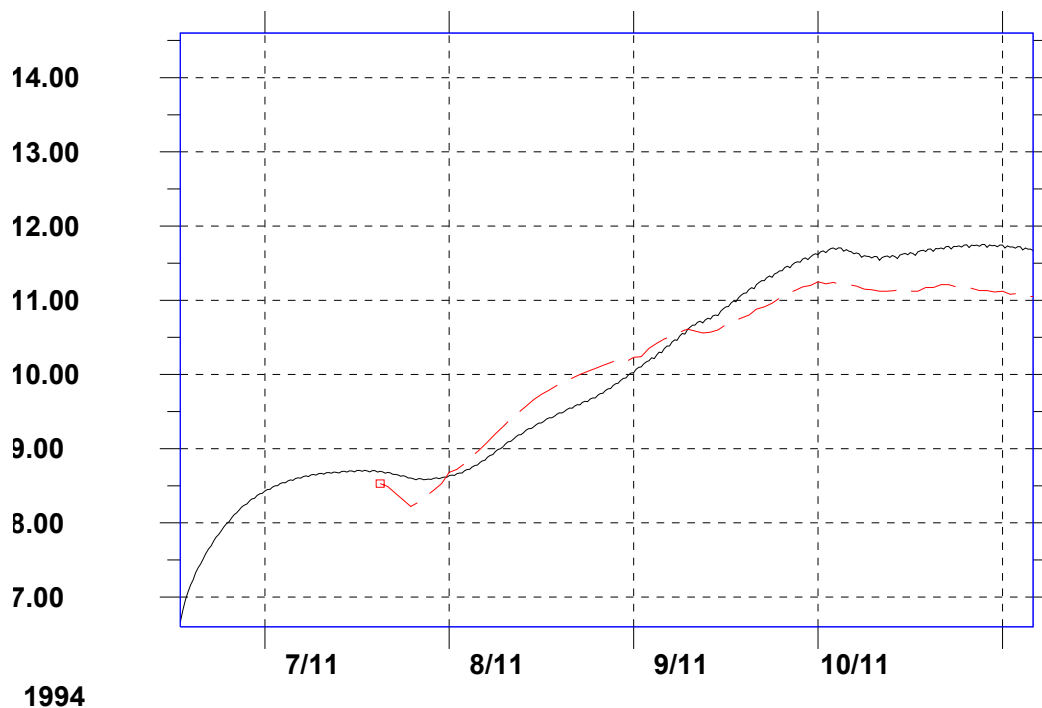
Fig. 3.15. Taratura sulla piena del 1994: idrogrammi di livello nelle stazioni di Revere e Castelmaggiore



Dal confronto tra idrogrammi misurati e calcolati si può notare l'ottima rispondenza degli idrogrammi per le stazioni di Casalmaggiore, Boretto e

Borgoforte. Anche l'apertura di Sustinente appare ben rappresentata sia a Revere che a Castelmassa, ed è ancora evidente sull'idrogramma di Pontelagoscuro. A valle di Sustinente negli idrogrammi misurati dopo l'apertura della golena il colmo di piena è sempre in fase calante, mentre nei risultati del modello l'idrogramma di piena forma un secondo picco che causa la sovrastima dei livelli rispetto a quanto misurato a Pontelagoscuro: tale effetto va ricercato nella non perfetta descrizione, nel modello, del contributo degli affluenti di cui non sono noti gli idrogrammi di portata per il 1994 e per i quali, assumendo un deflusso costante, si è sovrastimato il contributo alla coda di piena.

Fig. 3.16. Taratura sulla piena del 1994: idrogrammi di livello nella stazione di Pontelagoscuro



Le analisi di sensitività rispetto alla scabrezza hanno mostrato che incrementando o diminuendo il parametro del 5% e del 10%, le variazioni dei livelli calcolati sono in media rispettivamente di ± 20 cm e ± 40 cm, con lievi incrementi a ± 25 cm e ± 50 cm nel tratto tra Casalmaggiore e Borgoforte. Tali risultati consigliano l'adozione di franchi di sicurezza almeno di 0.50 m.

Va infine segnalato che in qualche sezione particolare l'effetto di rigurgito generato dalle strutture di attraversamento simulate nel modello innalza il livello idrico a monte di qualche decina di centimetri, specialmente nei casi in cui (ad

esempio a Casalmaggiore e Pontelagoscuro) siano state simulate due strutture in serie.

Per questi nodi particolari il risultato del modello risulta opportunamente cautelativo per le finalità dello studio, ma l'analisi dell'adeguatezza degli argini andrà studiata in fase di eventuale progettazione definitiva con una descrizione più accurata della geometria locale dell'alveo e delle perdite di carico localizzate generate dai restringimenti delle sezioni di deflusso causate da pile e spalle dei ponti.

3.1.3.4 *Assunzione della piena di progetto*

L'ipotesi di assegnare, tronco per tronco, una portata costante con 200 anni di tempo di ritorno non rappresenta in modo adeguato il comportamento del sistema fluviale per il tratto medio del Po (indicativamente da Cremona a Borgoforte), in cui la vastità delle golene aperte e chiuse collegate all'alveo attivo determina un comportamento dinamico dell'onda di piena non rappresentabile con le condizioni di stazionarietà del deflusso.

Lo scenario di verifica assunto è stato denominato per semplicità "94+51": esso è stato infatti costruito sulla base dell'osservazione del comportamento idrologico del bacino padano nel corso delle due piene più gravose degli ultimi 50 anni. Come è noto la piena del 1994 è stata più gravosa di quella del 1951 sul bacino piemontese, ma non ha ricevuto contributi sostanziali dagli affluenti appenninici e dagli emissari dei grandi laghi prealpini nel corso della sua traslazione verso valle, come avvenuto nel 1951. Lo scenario "94+51" rappresenta l'eventualità che il comportamento complessivo del bacino padano possa essere ugualmente gravoso sia per la porzione piemontese che per la parte emiliana e lombarda. La verifica che alle sezioni strumentate il valore del colmo di piena risulti confrontabile con quello definito per tempo di ritorno di 200 anni caratterizza l'evento di riferimento anche sotto il profilo della ricorrenza statistica.

La piena di progetto, costituita da un'onda la cui traslazione è considerata in condizioni di moto non stazionario, è stata pertanto assunta con le seguenti caratteristiche:

- alla confluenza del Tanaro è assegnata la forma d'onda ricostruita per l'evento del 1994 (il massimo storico per quel tratto), assumendo come valore di picco quello ottenuto dalle valutazioni idrologiche relative all'evento con 200 anni di tempo di ritorno;

- proseguendo verso valle sono assegnati ai maggiori affluenti valori della portata di piena simili a quelli che hanno caratterizzato l'evento di piena del 1951, utilizzando cautelativamente idrogrammi a deflusso costante per tutta la durata della piena, in modo da riprodurre alle diverse sezioni di verifica i valori di portata al colmo per 200 anni di tempo di ritorno calcolati con l'analisi di regressione statistica.

La Tab. 3.5 rappresenta le portate assunte per gli affluenti principali.

Tab. 3.5. Portate degli affluenti principali del Po alla confluenza, stimate per la piena del '94 e per la piena di progetto "94+51", costruite a partire dalle osservazioni effettuate nel corso della piena del 1951

Corso d'acqua	Progr. di confluenza (km)	Piena '94 (m ³ /s)	Piena di progetto "94+51" (m ³ /s)
Scrvia	233.000	200	200
Ticino	264.000	600	1.000
Lambro	300.000	300	500
Trebbia	322.000	200	1.250
Nure	324.000	200	250
Chiavenna	349.000	100	250
Adda	356.000	800	1.150
Taro	399.000	250	250
Parma	419.000	300	350
Enza	426.000	300	350
Oglio	452.000	-	550
Secchia	484.000	-	500
Panaro	531.000	-	500

Fonte: M. Rossetti, "La piena del Po del novembre 1951", Annali idrologici 1951, parte seconda, Sezione F

I valori di portata al colmo ottenuti, tramite l'applicazione del modello numerico di simulazione, alle sezioni strumentate lungo l'asta per la piena di progetto "94+51" sono riportati in Tab. 3.6.

Tab. 3.6. Portate calcolate alle sezioni strumentate del Po per la piena di progetto "94+51"

Sezione	Progressiva (km)	Piena di progetto "94+51" (m ³ /s)	Portata per TR 200 anni (m ³ /s)
Becca	264.855	13.600	13.420
Piacenza	323.270	13.000	12.650
Cremona	367.000	14.300	14.240
Casalmaggiore	415.100	13.200	13.070
Boretto	429.000	13.700	-
Borgoforte	460.335	13.100	13.400
Pontelagoscuro	548.805	13.000	13.190

3.1.3.5 Profilo di piena di progetto

Il profilo di progetto per la piena "94+51" è stato calcolato utilizzando il modello tarato e verificato con le modalità descritte nei punti precedenti. L'allagamento delle golene chiuse è stato simulato per semplice tracimazione degli argini golenali, senza introdurre alcuna ipotesi di apertura artificiale di brecce negli argini stessi: qualunque intervento del genere, opportunamente calibrato al passaggio dell'onda di piena, non potrà che avere un effetto favorevole rispetto ai livelli calcolati.

I risultati delle simulazioni sono riportati nella Tab. 3.7 e sono confrontati con i livelli di riferimento adottati nel progetto SIMPO '82.

Tab. 3.7. Fiume Po da confluenza Tanaro a incile Po di Goro; profilo di piena di progetto "94+51"

Progres. (km).	Riferimento sez. Brioschi	Riferimento sez. SIMPO '82	Profilo piena SIMPO '82	Profilo piena 1994	Profilo piena 94+51
224.000	TANARO				84,86
224.395	0-TER				84,52
227.230	PONTE S.S. 211			81,74	81,99
230.065	0-BIS	255	78,19	77,26	77,43
235.000	PONTE GEROLA	252	74,31	74,38	74,73
235.715	1	251	73,82	74,33	74,67
242.000	PONTE A7	249	72,20	70,26	70,78
242.654	1BIS		71,39	69,77	70,70
244.305	2	246	69,33	69,33	70,31
252.585	3	242	67,21	67,19	67,92
255.000	MEZZANA CORTI		66,32	66,52	67,36
255.570	4	240	66,11	66,43	67,31
259.030	5	238	65,08	64,42	65,19
264.855	6-TICINO	234	63,51	62,97	63,78
269.665	7	231	63,12	62,41	63,24
276.570	8-PORT'ALBERA	227	61,98	61,31	62,07
281.895	9	224	60,87	60,33	61,11
284.500	PONTE S.S. 412		60,44	60,19	61,00
289.300	10	220	59,65	59,10	59,87
294.780	11	217	58,52	57,53	58,36
296.810	12	216	58,11	57,11	57,93
300.760	13	213	57,36	56,71	57,55
302.705	14	211	56,86	56,50	57,33
305.980	15	209	56,31	55,81	56,65
310.290	16	206	55,55	55,23	56,05
314.475	17	203	54,59	53,92	54,47
317.386	17BIS		53,93	53,26	53,71
320.945	18	199	53,13	52,57	52,97
322.250	20-PIACENZA	198	52,06	52,20	52,59
326.000	Ponte A1	196	50,89	51,29	51,65
326.552	20BIS		50,82	51,26	51,61
329.205	21	194	50,47	50,55	50,88

Progres. (km).	Riferimento sez. Brioschi	Riferimento sez. SIMPO '82	Profilo piena SIMPO '82	Profilo piena 1994	Profilo piena 94+51
331.730	21BIS	192	49,96	50,28	50,61
334.945	22	191	49,45	49,80	50,10
345.460	23	185	46,79	46,51	46,81
349.570	23/A00-S.NAZZARO		44,90	44,97	45,31
351.481	24	182	44,02	44,43	44,80
361.650	25	176	41,39	41,72	42,36
367.640	26-CREMONA	172	40,61	40,21	40,93
371.900	PONTE A21	169	39,76	39,13	39,88
375.360	27	166	38,64	38,08	38,84
381.555	28	162	37,49	36,57	37,43
387.985	29	156	35,76	35,60	36,35
390.500	ISOLA PESCAROLI		35,31	34,86	35,66
391.095	30	154	35,20	34,74	35,50
395.330	31	152	34,47	34,00	34,80
397.250	32	150	34,14	33,85	34,63
400.695	33	148	33,63	33,58	34,34
403.257	33A		33,20	33,35	34,03
408.235	33C		32,38	32,91	33,56
410.515	34	143	32,00	32,71	33,41
414.585	35-CASALMAGGIORE	140	31,44	32,07	32,68
419.815	35BIS		30,46	30,34	31,18
424.980	36	134	29,50	29,23	30,28
428.545	37	132	29,35	28,31	29,67
433.435	38	129	28,74	27,53	28,99
438.500	GUASTALLA	126	27,74	26,75	28,42
440.670	39	125	27,49	26,37	28,11
450.055	40	121	26,39	25,37	27,37
457.560	41	116	25,74	24,82	26,85
460.335	42-PONTE SS. 62	114	25,50	24,39	26,42
467.580	43	108	24,50	23,24	25,29
468.000	PONTE A22		24,47	23,19	25,22
470.400	44	106	24,28	22,81	24,85
474.530	45	103	23,80	21,76	23,80
476.444	45BIS		23,48	21,63	23,70
478.500	PONTE SS. 413		23,14	21,31	23,39
479.015	46	100	23,05	21,25	23,32
482.185	47	98	22,38	20,92	23,00
486.050	48	96	21,87	20,52	22,56
491.520	49	93	21,62	20,11	22,32
494.975	50	91	21,36	19,93	22,19
496.055	52	89	21,03	19,65	21,87
496.500	OSTIGLIA	88	20,79	19,26	21,45
502.755	54	84	20,16	18,09	20,16
506.050	55	82	19,85	17,58	19,67
509.105	56	80	19,18	17,06	19,26
515.940	57-CASTELMASSA	76	18,38	16,31	18,62
520.255	58	71	17,73	15,60	17,98
522.405	59		17,49	15,33	17,73
528.770	60	66	16,77	14,54	16,97
530.100	61	65	16,74	14,51	16,94
534.365	62	62	16,11	13,78	16,20

Progres. (km).	Riferimento sez. Brioschi	Riferimento sez. SIMPO '82	Profilo piena SIMPO '82	Profilo piena 1994	Profilo piena 94+51
540.700	63	58	15,54	13,39	15,80
543.980	64-OCCHIOBELLO	56	15,05	13,05	15,41
548.805	65-PONTELAGOSCURO	52	14,24	12,33	14,57
553.360	66	48	13,77	11,89	14,08
558.460	67	44	13,28	11,43	13,57
560.675	68	43	13,21	11,22	13,34
564.440	69-POLESELLA	40	12,60	10,84	12,89
568.750	70	37	11,98	10,40	12,36
577.000	71	32	10,82	9,48	11,29
583.925	72	29	9,85	8,75	10,44
587.065	73	27	9,43	8,48	10,18
591.030	74-PO DI GORO	26	9,20	7,73	9,35

Nel valutare le differenze tra il profilo di progetto 94+51 e il profilo SIMPO '82 vanno tenute in conto le diversità di assunzioni e di condizioni che caratterizzano i due schemi di calcolo:

- la descrizione dell'alveo; è monocursale a geometria semplificata nel SIMPO, quasi-bidimensionale nel profilo 94+51;
- le intervenute variazioni geometriche e morfologiche dell'alveo; il SIMPO venne costruito con le sezioni d'alveo del 1973-1981, il profilo 94+51 per la maggior parte con le sezioni rilevate nel 1991;
- l'evento idrologico di riferimento; maggiorativo della massima piena storica nel SIMPO, con tempo di ritorno circa bicentenario nel profilo 94+51;
- le specifiche caratteristiche di modellazione dei due schemi di calcolo; nel SIMPO non vennero ad esempio considerate le perdite di carico localizzate generate dagli attraversamenti.

È quindi evidente che i livelli calcolati non possono essere rapportati con estrema facilità per ogni sezione: capita talvolta infatti in qualche sezione isolata, che l'evento "94+51" per quanto idrologicamente più gravoso si presenti con livelli idrici di poco inferiori (al massimo 20 cm) a quelli SIMPO. Fanno eccezione due sezioni del tratto posto tra la confluenza del Tanaro e Becca, per i quali i livelli SIMPO sono decisamente superiori, e comunque cautelativi, rispetto a quelli qui calcolati. Le incertezze di questo tipo presentano in ogni caso valenza locale e ricadono nei limiti di significatività evidenziati dalle analisi di sensibilità.

In generale si nota nel profilo "94+51" un innalzamento medio dei livelli di circa 40 cm rispetto al profilo SIMPO. Sovralzi anche superiori agli 80 cm si hanno in

corrispondenza di ponti (specialmente a monte di Piacenza, di Casalmaggiore e del ponte della S.S. 62) per le ragioni sopra descritte.

3.1.3.6 Capacità di trasporto solido dell'alveo

La caratterizzazione del bacino in rapporto al trasporto solido nell'asta principale è definita dai seguenti elementi:

- la quantità di sedimenti mediamente prodotta dal bacino montano in funzione delle specifiche caratteristiche geologico-geomorfologiche e climatiche,
- la capacità media di trasporto solido dell'asta principale in funzione delle caratteristiche idrologiche, geometriche, granulometriche del materiale d'alveo e idrauliche.

Per il primo punto si fa riferimento alla formulazione teorico-sperimentale di Gavrilovich, che permette di stimare il volume del sedimento prodotto in funzione delle caratteristiche geometriche e fisiografiche del bacino, dell'erodibilità dei versanti (in relazione a litologia, copertura forestale, uso del suolo, stato di dissesto in atto e relativa tipologia) e delle caratteristiche climatiche.

Per il secondo parametro il valore medio annuo è stato stimato impiegando la formulazione di Engelund-Hansen sulla base della scala di durata delle portate, delle caratteristiche idrauliche (larghezza dell'alveo attivo, pendenza di fondo, scabrezza) e della granulometria del materiale d'alveo.

La Tab. 3.8. rappresenta i dati numerici relativi alla quantità di sedimento media prodotta dai bacini montani affluenti.

La valutazione della capacità di trasporto solido teorico medio annuo è fornita dalla successiva Tab. 3.9 per i diversi tronchi di asta fluviale. Tale elemento rappresenta una caratteristica specifica del corso d'acqua dipendente dal regime idrologico, dalla geometria dell'alveo e dalla granulometria del materiale di fondo, dal tipo di sistemazione realizzata; costituisce un parametro essenziale alla composizione del bilancio del materiale solido trasportato e rappresenta pertanto l'ordine di grandezza dei volumi di materiale solido in gioco.

Tab. 3.8 Asta del Po nel tratto confl. Tanaro-Delta; caratteristiche del trasporto solido dei bacini montani affluenti

Sottobacino montano	Superficie	Quota media	Precipitaz. media annua	Trasporto solido	Erosione specifica
---------------------	------------	-------------	-------------------------	------------------	--------------------

	km ²	m s.m.	mm	10 ³ m ³ /anno	mm/anno
Tanaro	6.665	756	933	428,0	0,06
Agogna	107	500	1.544	13,3	0,12
Scivia	792	550	1.253	106,8	0,13
Staffora, Versa Scuropasso, Tidone	1.007	400	828	94,0	0,09
Lambro	88	650	1.690	14,4	0,16
Trebbia	930	800	1.398	247,2	0,27
Nure	339	800	1.158	69,4	0,2
Chiavenna	152	400	1.062	39,9	0,26
Adda sottolacuale	1.460	1.138	1.476	195,9	0,13
Arda-Ongina	138	550	1.055	15,3	0,11
Stirone	197	500	1.007	54,6	0,28
Taro	1.322	700	1.265	292,8	0,22
Parma	496	700	1.295	84,4	0,17
Enza	563	775	1.392	119,5	0,21
Crostolo	127	400	843	34,4	0,27
Oglio sottolacuale	1.015	706	1.265	73,8	0,07
Secchia	1.200	750	1.176	165,8	0,14
Panaro	832	450	1.222	115,9	0,14
Totale	17.430	726	1.126	2.165,4	0,12

Tab. 3.9. Asta del Po nel tratto confl. Tanaro-Delta; capacità di trasporto solido medio annuo lungo l'asta

Tronco fluviale	Capacità di trasporto al fondo	Capacità di trasporto in sospensione	Capacità di trasporto totale
	10 ³ m ³ /anno	10 ³ m ³ /anno	10 ³ m ³ /anno
Tanaro-Ticino	586,6	1.031,8	1.618,4
Ticino-Lambro	1.131,3	1.258,0	2.389,3
Lambro-Trebbia	1.096,6	1.264,4	2.360,9
Trebbia-Nure	1.029,6	1.455,0	2.484,5
Nure-Chiavenna	947,2	1.514,3	2.461,6
Chiavenna-Adda	962,5	1.549,3	2.511,7
Adda-Arda	1.291,3	1.663,1	2.954,4
Arda-Taro	1.274,5	1.669,6	2.944,1
Taro-Parma	1.284,4	1.925,5	3.209,8
Parma-Enza	1.199,3	1.984,9	3.184,2
Enza-Crostolo	1.300,9	2.004,5	3.305,4
Crostolo-Oglio	1.252,4	2.029,8	3.282,3
Oglio-Mincio	1.411,6	2.062,5	3.474,2
Mincio-Panaro	1.713,6	2.128,4	3.842,0
Panaro-Delta	1.768,7	2.204,2	3.972,8

3.1.4 Piene storiche principali

3.1.4.1 Altezze idrometriche al colmo delle massime piene storiche

La vasta documentazione storica disponibile circa gli eventi di piena che hanno interessato l'asta del Po permette una analisi approfondita, di particolare valore per l'impostazione delle linee di intervento.

Si fa prevalentemente riferimento agli annali e alla documentazione del Servizio Idrografico e in particolare al lavoro svolto dal CNR-IRPI, con la raccolta di dati storici dalla letteratura e da documentazioni inedite conservate in vari archivi e con la ricostruzione delle piene registrate dall'inizio del XVIII secolo.

La Tab. 3.10. rappresenta i valori dei colmi delle piene storiche nelle stazioni idrometriche principali a partire dall'inizio del 1700.

Tab. 3.10. Altezze idrometriche dei colmi delle massime piene

Anno (km ²)	Becca (36.770)	Piacenza (42.030)	Cremona (50.726)	Casalmag. (53.460)	Roncocorr. (62.450)	Rev./Ostiglia (67.900)	Pontelag. (70.091)
	m	m	m	m	m	m	m
1705 nov.	7,45	--	--	5,56	--	6,59	1,32
1755 ott.	--	--	--	5,20	7,23	6,76	1,82
1801 nov.	6,31	6,35	5,04	5,61	7,50	6,99	2,19
1807 dic.	--	--	--	5,24	7,25	7,24	2,32
1812 ott.	--	--	--	4,92	7,25	7,50	2,55
1839 ott.	6,60	6,82	4,75	5,54	7,11	7,34	2,69
1839 nov.	5,60	5,81	4,63	5,52	7,62	7,85	2,95
1857 ott.	7,84	7,31	5,41	5,96	7,95	8,14	2,96
1868 ott.	7,02	7,60	5,39	6,07	8,23	8,28	3,05
1872 ott.	7,01	7,95	5,17	6,02	8,51	8,56	3,32
1879 mag-giu.	6,81	7,70	4,95	5,95	8,23	8,67	3,21
1907 nov.	7,56	8,67	5,39	6,54	8,52	8,91	3,30
1914 giu.	6,86	8,47	4,63	6,90	7,26	--	2,69
1917 giu.	7,56	9,00	5,04	6,54	8,89	9,46	3,72
1926 mag.	7,88	9,63	5,20	6,37	8,23	8,91	3,70
1928 nov.	6,34	8,26	4,47	6,57	8,49	8,94	3,67
1937 nov.	5,88	7,24	3,95	5,50	6,98	--	3,34
1949 mag.	5,96	7,56	--	6,03	7,10	--	3,10
1951 nov.	7,85	10,25	5,94	7,64	9,76	10,15	4,28
1953 nov.	4,75	6,19	3,78	4,98	7,11	--	3,16
1957 giu.	5,90	6,97	4,15	5,40	7,21	--	3,04
1959 dic.	5,64	6,60	4,03	5,60	7,70	--	2,58
1966 nov.	3,64	5,12	3,34	5,23	7,44	8,22	2,58
1968 nov.	4,21	8,34	5,35	6,52	7,94	--	2,63
1976 nov.	6,05	7,72	5,00	6,67	8,94	9,12	2,98
1994 nov.	7,65	9,88	5,94	7,64	9,34	8,94	3,04

I dati riportati mettono in evidenza una netta tendenza all'aumento dei livelli idrometrici al colmo, da mettere in relazione diretta con il progressivo sviluppo

in lunghezza e in altezza delle arginature. Gli argini erano pressoché continui su entrambi i lati dal territorio mantovano al mare già a partire dal XVI secolo; successivamente sono stati estesi verso monte e anche sui principali tributari, soprattutto quelli lombardi ed emiliani, comportando un progressivo aumento del contenimento dei volumi, una minore laminazione nelle aree di pianura e un aumento delle portate al colmo defluenti nell'asta.

Tale processo ha progressivamente ridotto le aree di pianura soggette a allagamento, in quanto non protette, e le inondazioni nel corso delle diverse piene sono avvenute per rotte dei rilevati, causate, oltre che da sormonto, da processi erosivi al piede o da sifonamento, in relazione quindi non solo ai livelli idrometrici ma anche alla durata della piena e all'efficienza funzionale degli argini stessi. In ragione di questi aspetti le altezze idrometriche al colmo registrate, soprattutto nel tratto basso, non sempre sono indicative della reale eccezionalità dell'evento, in quanto condizionate dal progressivo sviluppo delle arginature e talora condizionate dalle rotte avvenute nei tratti di monte.

Nel merito dei valori idrometrici al colmo lungo l'asta valgono le seguenti osservazioni:

- le quote idrometriche dell'evento del 1951 sono le massime storiche (salvo che per la stazione di Becca, in cui il massimo è relativo al 1926) e sono state uguagliate dalla piena del 1994 fino a poco a monte di Roncocorrente;
- il profilo del 1951, eccezionalmente elevato per tutta l'asta fluviale, è attribuibile a un evento meteorico con distribuzione spaziale e temporale particolare, tale da comportare livelli idrici di base elevati su tutto il tratto medio e inferiore del corso d'acqua su cui si è sovrapposta la propagazione dell'onda di piena proveniente da monte;
- oltre al 1951, le piene eccezionali che presentano altezze idrometriche elevate lungo tutta l'asta sono solo quelle del giugno 1917, maggio 1926 e novembre 1928;
- le altezze raggiunte sono più o meno fortemente influenzate dai volumi d'acqua fuorusciti per esondazione nei tratti a monte della stazione idrometrica;
- a seguito di sempre più diffusi interventi di difesa, pressoché ogni evento ha trovato una geometria dell'asta fluviale in condizioni modificate rispetto alla piena precedente.

3.1.4.2 Portate al colmo delle massime piene storiche

La Tab. 3.11. rappresenta i valori in portata dei colmi delle piene storiche più significative nelle stazioni idrometriche principali a partire dall'inizio del secolo.

I valori delle portate sono affetti da un margine di incertezza molto maggiore rispetto a quelli dei livelli idrometrici, in ragione dell'estrapolazione della scala di deflusso misurata, normalmente disponibile solo nel campo delle portate medie e di morbida, e delle modificazioni morfologiche dell'alveo che si manifestano nel corso della piena. I dati relativi alle piene di inizio secolo sono inoltre maggiormente affetti da incertezza in ragione del fatto che non erano eseguite all'epoca misure di portata regolari sul Po.

L'onda di piena sul Po è costituita dalla sovrapposizione di onde elementari, tra loro più o meno sfasate nel tempo in rapporto agli eventi pluviometrici che interessano i bacini idrografici degli affluenti, alle condizioni dei tratti vallivi dei corsi d'acqua, nonché agli effetti di laminazione che si verificano lungo i fondovalle e la pianura. Lungo l'asta del Po intervengono infine gli effetti di laminazione nelle golene e quelli delle eventuali rotte.

Tab. 3.11. Portate al colmo delle massime piene storiche

Anno	Becca (36.770 km ²)	Piacenza (42.030 km ²)	Casalmag. (53.460 km ²)	Roncocor. (62.450 km ²)	Rev./Ostiglia (67.900 km ²)	Pontelag. (70.091 km ²)
	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
1907 nov.	10.100	9.025	10.220	9.536	8.816	7.880
1917 giu.	10.100	12.000	10.220	10.270	--	8.900
1926 mag.	11.700	13.100	9.695	9.200	8.950	9.780
1926 nov.	6.500	8.620	--	9.530	--	8.550
1928 nov.	--	9.340	10.070	9.540	9.040	8.780
1937 nov.	6.000	6.200	7.420	6.840	6.940	7.740
1949 mag.	6.280	7.230	--	6.550	--	7.330
1951 nov.	11.250	12.800	12.100	11.800	--	10.300
1953 nov.	4.180	4.870	--	6.750	--	7.400
1957 giu.	5.850	6.400	6.980	7.100	7.610	7.200
1959 dic.	5.350	5.630	7.590	7.610	--	7.770
1966 nov.	3.260	4.030	--	--	--	7.360
1968 nov.	9.060	9.500	8.700	--	--	7.400
1976 nov.	7.000	--	--	--	--	8.200
1994 nov.	11.500	11.055	--	--	--	8.700

La capacità di invaso lungo l'asta principale inizia a essere particolarmente significativa a valle di Piacenza, con distanze arginali di oltre 2 km, aumenta verso Cremona e Casalmaggiore, con distanze tra gli argini fino a 5 km, e continua fino a Borgoforte con un valore medio di 2 km. Poi si riduce progressivamente fino a Revere-Ostiglia, a valle della cui stretta il corso

d'acqua è contenuto tra argini a una distanza media di 800 m fino alla foce del Panaro; poi la distanza che si riduce ulteriormente sino a 500-600 m. Il tronco in cui le piene sono maggiormente influenzate dall'effetto di laminazione nelle golene è pertanto quello a valle di Borgoforte, in cui per altro gli argini proteggono un territorio a bassissima quota sia in destra che in sinistra, interessato da un reticolo secondario di bonifica prevalentemente a scolo meccanico, a cui va il compito in caso di rotta dello smaltimento dei volumi esondati.

3.1.4.3 Modalità di formazione delle piene lungo l'asta del Po sulla base della distribuzione spazio-temporale degli eventi meteorici

La complessa configurazione idrografica e orografica del bacino padano, composto da corsi d'acqua alpini e collinari (Piemonte), alpini regimati da laghi (Lombardia) e appenninici (Emilia), con regimi idrologici abbastanza differenziati, comporta durante gli eventi di pioggia una certa varietà di situazioni nel decorso delle piene lungo il Po, connessa alla diversa distribuzione spazio-temporale dei deflussi provenienti dai tributari.

Le informazioni sulle piene storiche consentono di delineare quattro scenari principali, che definiscono i tipi di associazione più frequente di bacini contribuenti alla piena lungo il Po, ricadenti in uno o più territori regionali.

- *Primo tipo (piemontese)*

La piena ha il contributo quasi sempre rilevante soprattutto di Sesia, Tanaro e Ticino, cui si associano di volta in volta, con apporti più o meno sensibili, tributari dell'arco alpino occidentale e talora, con deflussi più modesti, anche alcuni corsi d'acqua dell'Appennino Pavese (Staffora e Scuropasso). Il settore di bacino coinvolto è quello occidentale o centro-occidentale; rientrano in questo tipo gli eventi del 1705, 1755, 1857 e 1907, tutti avvenuti nella stagione autunnale.

- *Secondo tipo (lombardo)*

La piena è formata in misura determinante dalla partecipazione simultanea di Ticino, Lambro, Adda e Oglio; il bacino è coinvolto fondamentalmente nel settore centrale, percorso dagli emissari lacustri lombardi. Sono assegnabili a questa tipologia le piene del 1807, 1812 e 1868, tutte avvenute, come nel tipo precedente, durante i mesi autunnali e con gravi inondazioni, nel 1807 in sinistra Po, tra il Mantovano e il Polesine di Rovigo; nel 1812 in destra Po, nel territorio ferrarese; durante l'evento del 1868 ancora in sinistra Po, nel Pavese e soprattutto nel territorio a valle di Cremona. Le rotte principali aperte dalle piene del 1807 e del 1812 furono prodotte da sormonto degli argini o da processi erosivi al piede dei rilevati in frodo; questo dimostra che i manufatti del tratto

inferiore del fiume, erano ancora diffusamente soggiacenti ai livelli di massima piena e localmente, ove prossimi all'alveo, non erano sufficientemente difesi. Nel 1868 in provincia di Pavia e di Cremona molte rotte si formarono per sifonamento.

- *Terzo tipo (piemontese-lombardo)*

La piena si forma per i contributi determinanti di Sesia e Tanaro, contraddistinto quest'ultimo da portate elevate per gli apporti straordinari di Belbo, Bormida e Orba, e dagli apporti notevoli di Adda e Oglio, poco inferiori ai livelli massimi. A questi fiumi si associano di volta in volta alcuni tributari piemontesi (Scivia o Dora Baltea) e altri corsi d'acqua lombardi (Olona e Lambro), tutti con piene non molto elevate, ma importanti perché coincidenti con il passaggio del colmo lungo l'asta del Po. Saltuariamente sono presenti moderati contributi da singoli corsi d'acqua appenninici emiliani. In questo tipo di evento vengono per lo più coinvolti i bacini del versante alpino centrale e occidentale; ricadono in questo scenario le piene del 1801, del 1917 e del 1926, manifestatesi nella stagione autunnale la prima e nei mesi primaverili le altre due.

- *Quarto tipo (intero bacino padano)*

La formazione della piena origina dal contributo di un numero elevato di corsi d'acqua, del sistema idrografico padano. Sistematicamente il contributo iniziale perviene da vari gruppi di affluenti del settore occidentale, tra i quali è costante quello del Sesia e frequente quello del Tanaro. Più a valle, in sinistra di Po, si hanno con analogia ripetitività le piene dell'Olona e del Lambro, cui si associano con elevata frequenza quelle dell'Adda e dell'Oglio; tra i corsi d'acqua del versante appenninico ricorre costantemente l'apporto dei tributari dal Parma al Panaro e, più saltuariamente, dei torrenti dell'Oltrepò Pavese e del Piacentino. Sono rappresentativi di questo tipo gli eventi del 1839, del 1872, del 1879 e del 1951 che, con esclusione di quello del 1879 avvenuto nella tarda primavera, si sono manifestati nei mesi autunnali.

Nel corso di questi quattro eventi le altezze d'acqua del Po superarono quasi sempre, in diverse sezioni e talora abbondantemente, i livelli precedentemente raggiunti; in particolare nel 1951 tale superamento venne registrato a tutte le stazioni idrometriche tra la confluenza del Ticino e Pontelagoscuro. All'eccezionalità delle altezze idrometriche lungo l'asta del Po abbastanza raramente tuttavia corrisponde un'assoluta straordinarietà delle piene nei diversi tributari coinvolti nel medesimo evento. Considerando gli affluenti più importanti, si nota che raggiunsero misure pari o molto prossime ai valori massimi solo l'Oglio nel 1839, il Panaro nel 1872, il Tanaro e il Secchia nel

1879, il Sesia e nuovamente il Tanaro nel 1951. Un ruolo determinante ebbe piuttosto la successione di coincidenze dei colmi di piena che, se pur moderati, pervennero al Po da parte di numerosi tributari.

Gli effetti prodotti nel corso di ciascuno di questi eventi furono sempre molto gravi, ma particolarmente disastrosi risultarono quelli connessi alla piena del 1951 che, in 11 giorni circa, sommerse quasi 100.000 ha di pianura nel Polesine di Rovigo. Anche le altre tre piene provocarono rotte e vaste esondazioni nei medesimi territori dell'Oltrepò Mantovano, soprattutto tra Secchia e Panaro. Si ha riscontro di analoga ripetitività delle inondazioni nei medesimi luoghi su aree relativamente più modeste rispetto alle precedenti, nella provincia di Pavia, tra Olona e Lambro e talora fino all'Adda, e in provincia di Piacenza, a monte e valle della città.

Nell'ambito degli eventi di piena storici è possibile individuare un certo numero di corsi d'acqua tributari che con maggiore ripetitività hanno determinato o concorso a determinare le piene del Po:

- i fiumi del settore piemontese, la cui partecipazione risulta in gran parte degli eventi; tra i corsi d'acqua coinvolti emergono il Sesia e il Tanaro, per il contributo spesso determinante fornito per lo più da entrambi (piene del 1705, 1755, 1801, 1857, 1872, 1879, 1917, 1926 e 1951);
- tra gli emissari dei grandi laghi lombardi si pone in maggior evidenza il Ticino, per l'essenziale apporto alle piene del 1705, del 1755 e 1868 e per i contributi forniti in altre 3 occasioni; l'Adda e l'Oglio hanno partecipato con massime piene agli eventi del 1812 e del 1868, pur fornendo un apporto sensibile in almeno altre 4 occasioni;
- i corsi d'acqua del versante appenninico raramente determinano un rilevante contributo; volumi d'acqua di una certa importanza sono pervenuti da Secchia e Panaro solo in occasione degli eventi del 1839 e del 1872.

Nel quadro di dati sopra esposti si può collocare il recente evento del novembre 1994, generato pressoché esclusivamente dalle piene dei corsi d'acqua piemontesi (primo tipo); tra questi è stato determinante l'apporto straordinario del Tanaro e, in parte, anche del Sesia.

3.1.4.4 Rotte dell'arginatura maestra del Po in occasione delle massime piene storiche e relative inondazioni

La Tab. 3.12. porta il quadro sintetico delle inondazioni che hanno interessato il territorio adiacente all'asta del Po nel corso degli ultimi tre secoli.

Lo sviluppo delle arginature maestre e golenali, che ha determinato la costante crescita dei livelli di piena, è progredito nel tempo, con interventi di rialzo e consolidamento dei rilevati, secondo un tipico processo di feed-back per la costante rincorsa alle esigenze di difesa dei territori. Tale processo, raramente traducibile in una distribuzione omogenea degli interventi (fino al 1861 anche per motivi politici), ha comportato nel XVIII secolo e in parte anche nel XIX una notevole frequenza di rotte ed esondazioni pressoché sull'intero tratto fluviale da Pavia al mare.

Tab. 3.12. Inondazioni nella pianura dal Ticino al Delta per rotte nell'arginatura maestra del Po

Anno	Alt. idrom. a Becca (m)	Alt. idrom. a Piacenza (m)	Tratto sup. meandriforme nelle Province di PV LO PC km 110,300	Tratto inter. pluricursale nelle Province di CR PR RE km 100,700	Tratto inf. sinuoso nelle Province di MN RO FE km 98,050	alt. idrom. a Ostiglia (m)	alt. idrom. a Pontelag. (m)
1705	7,54	-	?	?	☹☹☹☹☹☹	6,59	1,32/11 nov.
1755	-	-	?		?	6,76	1,82/22 ott.
1801	6,31	6,35	=====	-----	☹☹☹☹☹☹	6,99/14 nov.	2,19/15 nov.
1807	-	-			☹☹☹☹☹☹	7,24/3 dic.	2,32/3 dic.
1810	-	6,50			-----	7,35	2,32/18 set.
1812	-	6,57			●●●●●●●●	7,50/12 ott.	2,55/15 ott.
1839	6,60/18 ott.	6,82/19 ott.	=====			7,34/21 ott.	2,69/21 ott.
1839	5,60/6 nov.	5,81/6 nov.			●●●●●●●●	7,85/8 nov.	2,95/8 nov.
1840	6,30/5 nov.	6,20/5 nov.				7,13	2,64/7 nov.
1846	-	6,76/19 mag.				7,43/20 mag.	2,49/21 mag.
1846	7,00/19 ott.	7,09/20 ott.	=====			7,57	2,60/23 ott.
1857	7,48/22 ott.	7,31/23 ott.	=====			8,14/25 ott.	2,96/26 ott.
1868	7,02/5 ott.	7,60/5 ott.	=====	●●●●●●●●		8,28/8 ott.	3,05/8 ott.
1872	5,91/23 mag.				●●●●●●●●		2,55/27 mag.
1872	7,01/22 ott.	7,95/23 ott.	=====		☹☹☹☹☹☹	8,56/23 ott.	3,32/23 ott.
1879	6,81/30 mag.	7,70/30 mag.	-----		●●●●●●●●	8,67/1 giu.	3,21/1 giu.
1907	7,56/27 ott.	8,67/28 ott.	=====			8,91/31 ott.	3,30/1 nov.
1917	7,56/31 mag.	9,00/1 giu.	-----			9,38/4 giu.	3,72/4 giu.
1926	7,88/18 mag.	9,63/18 mag.	-----			8,91/20 mag.	3,70/20 mag.
1951	7,85/12 nov.	10,25/13 nov.		=====	☹☹☹☹☹☹	10,15/14 nov.	4,28/14 nov.
1957	5,90/16 giu.	6,97/17 giu.			=====	7,79/19 giu.	3,04/19 giu.
1966	3,64/7 nov.	5,12/6 nov.			=====	8,22/7 nov.	2,58/7 nov.

superfici inondate: — fino a 70 km² ===== da 71 a 160 km² ●●●●●●●● da 300 a 700 km² ☹☹☹☹☹☹ da 1000 a 2500 km²

A partire dai primi decenni del secolo attuale, il numero delle rotte causate da ciascuna piena risulta in chiara diminuzione; a tale decremento corrisponde un

incremento delle superfici allagate, soprattutto nel caso di rotte nei tratti inferiori (nel mantovano e nel Polesine).

Considerando i soli eventi, a partire dal 1700, per i quali si hanno notizie, le piene che hanno provocato le più vaste e gravi inondazioni nel tratto inferiore del fiume sono sette (nov. 1705, nov. 1801, ott.-nov. 1839, mag. 1872, ott. 1872, mag.-giu. 1879, nov. 1951); nel tratto superiore (fino circa a Piacenza) almeno 17; i fenomeni hanno spesso interessato con ripetitività i medesimi settori di territorio.

Nel quadro complessivo dei 18 eventi che si sono verificati tra il 1705 e il 1951, risulta dunque che in 17 casi (escluso solo il 1951) le piene hanno avuto come area di espansione maggiormente ripetitiva il settore pavese e/o lodigiano e piacentino. Tralasciando gli eventi del 1705, del 1755 e del 1801, per i quali le notizie sono scarse e le modalità di rottura degli argini non sono ben note, si può constatare che tra i restanti 14 casi solo 4 volte (ott.-nov. 1839, mag. 1872, ott. 1872 e mag.-giu. 1879) all'espansione della piena nel tratto superiore sono seguite altre esondazioni per rotta nel tratto fluviale inferiore, soprattutto nel mantovano. Ciò conferma l'osservazione che all'espansione delle piene nel settore pavese, lodigiano e piacentino corrisponda una notevole riduzione del rischio di inondazione nel tratto inferiore. Ancorché statisticamente possa apparire non significativo, va segnalato che nell'unica occasione in cui non si sono verificate esondazioni nel settore pavese e piacentino (nov. 1951), la piena ha avuto nel tratto inferiore altezze idrometriche mai prima raggiunte, inondando attraverso due rotte per sormonto pressoché l'intero Polesine di Rovigo.

Al contrario si può ragionevolmente supporre che nella recente piena piemontese del novembre 1994, l'ampia espansione delle acque lungo il Tanaro, nelle province di Asti e di Alessandria, nonché del Po nel Siccomario, abbia avuto un ruolo importante sul contenimento della stessa lungo i tratti intermedi e inferiori del Po.

3.1.4.5 Inondazioni in provincia di Pavia, Lodi e Piacenza

Le notizie disponibili relative al secolo XVIII sono riferite principalmente alle piene del novembre 1705 e dell'ottobre 1755, accompagnate da gravi fenomeni di inondazione che, nella prima fase, hanno colpito estesamente il territorio sia in sinistra che in destra Po dalle confluenze del Sesia e del Tanaro al territorio lodigiano e piacentino, in quel tempo solo saltuariamente difesi.

L'evento del 1705 è caratterizzato da un elevato apporto di Sesia, Tanaro e soprattutto Ticino; per quest'ultimo l'altezza idrometrica al colmo al ponte di Pavia (6.20 m) non fu più superata per oltre 150 anni. Le città di Alessandria, Pavia (Borgo Ticino) e Piacenza risultarono in buona parte inondate; l'abitato di Sannazzaro dei Burgundi venne pressoché distrutto.

Nell'ottobre 1755 la piena del Po, alimentata soprattutto dai tributari alpini piemontesi di sinistra, provocò estese esondazioni soprattutto nell'area della Lomellina e nel territorio di Piacenza, anche entro la città stessa.

All'inizio del 1800 il sistema arginale del Po in provincia di Pavia e Lodi, costituito da rilevati in terra irregolari per forma, dimensione e altezza (1.50 - 4.50 m sul piano campagna), aveva in sinistra una discreta continuità solo nel tratto compreso tra Olonetta, Lambro e Adda; in destra era saltuariamente distribuito, sia a monte che a valle di Piacenza.

Il sistema di difesa, inizialmente gestito dalle locali "Comunelle" senza alcun criterio di omogeneità, dopo la piena del 1801 venne preso in carico da Consorzi delle comunità direttamente interessate, che gestivano la difesa idraulica del territorio suddiviso in comparti (in sinistra: Comprensori di Zerbo e Uniti, di Po-Lambro pavese e di Po-Lambro lodigiano; in destra sei Comprensori distribuiti tra le località Parpanese e Castelvetro, rispettivamente a monte e a valle di Piacenza). I Comprensori soprattutto in sinistra Po, definivano una serie di "bacini" delimitati dalle arginature maestre del Po e dei tributari, dai rilevati di numerosi colatori e da terrapieni che difendevano proprietà private. Solo dopo l'unità d'Italia gli argini maestri del Po e dei suoi più importanti tributari furono presi in carico dallo Stato e uniformemente gestiti sia nei tratti continui che in quelli discontinui a monte del Ticino, adottando criteri più omogenei di sistemazione e rialzo e di prolungamento delle arginature.

Nel pavese a monte del Ticino l'analisi degli effetti prodotti da ciascun evento pone in luce la costante ripetitività delle inondazioni nella pianura poco a monte di Pavia, corrispondente all'area del Siccomario. Gli allagamenti in questo settore vengono alimentati sia dalle piene del Po che dal Ticino, per rigurgito o per piene dirette, e avvengono spesso temporalmente sfasati rispetto a quelli di valle nei territori pavese, lodigiano e piacentino. L'espansione delle piene risulta in genere anticipata di 10-20 ore per esondazioni del Po e del Ticino rigurgitato; per piene proprie del Ticino i fenomeni si manifestano con qualche giorno di anticipo o di ritardo. L'ultima inondazione nella serie di piene studiate è avvenuta nel novembre 1951 e ha più estesamente riguardato l'area in sinistra di Po tra il ponte di Corana e il Siccomario; l'inondazione più recente si è

manifestato ancora nell'area del Siccomario durante l'evento del novembre 1994.

Sul tratto di Po a valle del Ticino nel periodo 1801-1907 la pianura limitrofa è stata sommersa 8 volte per rotte arginali, pressoché contemporaneamente su entrambi i lati (nov. 1801, ott. 1839, ott. 1846, ott. 1857, ott. 1868, ott. 1872, mag. 1879, ott. 1907). In sponda sinistra gli allagamenti hanno riguardato estesamente il settore tra Olona e Adda, in sponda destra si sono concentrati soprattutto nel tratto a valle di Piacenza, entro i Comprensori IV di Mortizza e V di Caorso.

In occasione degli eventi successivi al 1907, le inondazioni per rotte alle arginature sono avvenute su aree più ristrette, limitate o solo al settore lodigiano (mag.-giu. 1917), o solo a quello piacentino (mag. 1926). Il massimo evento storicamente registrato, quello del novembre 1951, ha provocato, oltre all'inondazione nell'area del Siccomario, anche modesti allagamenti immediatamente a valle del Ticino.

In particolare, per la pianura in sinistra Po tra l'Olona e l'Adda i dati raccolti dimostrano che l'estensione e la gravità dell'inondazione dipendono per lo più dai tempi entro cui avvengono le rotte nelle arginature di tutti e tre i comprensori. In questo settore il rientro in Po delle acque fuoriuscite da rotte poteva realizzarsi, quando nel fiume era in corso la piena, prevalentemente con transito del flusso idrico in direzione dei margini orientali di ciascun comprensorio, secondo la naturale pendenza della pianura verso est. Ma rotte avvenute in tempi ravvicinati nelle arginature dei tre Consorzi potevano impedire un efficace scarico delle acque dal comprensorio a quello successivo già sommerso. Situazioni di questo tipo si sono manifestate ripetutamente durante il secolo scorso, quando i varchi aperti negli argini maestri erano sempre numerosi (da 12 a 16 in ciascuna piena) e distribuiti su quasi tutta la linea arginale compresa tra Olona e Adda, lunga 61 km circa. In almeno 7 occasioni (ott. 1839, ott. 1846, ott. 1857, ott. 1868, ott. 1872, mag. 1879, ott. 1907) i Comprensori di Po e Lambro pavese, Po e Lambro lodigiano e talora anche quello di Zerbo e Uniti sono stati sommersi nel breve intervallo di tempo di 30-40 ore, su superfici spesso pari o superiori a 10.000 ha, mai comunque inferiori a 6.000-8.000 ha.

Va segnalato che in tutti gli eventi considerati un ruolo determinante ai fini della ulteriore estensione dell'area sommersa è stato svolto dai colatori e dalla rete irrigua; anche le opere di scarico (chiaviche) dei colatori nell'arginatura maestra possono rappresentare luoghi di fragilità.

La stessa frequenza di eventi riscontrata nel periodo 1801-1907 in riferimento alla sponda pavese e lodigiana in sinistra Po a valle del Ticino (10 casi) è rilevabile anche per le inondazioni sulla sponda destra piacentina. L'espansione delle acque di piena per rotte arginali in quest'ultimo settore, risulta costantemente più discontinua e globalmente meno estesa; la massima ampiezza delle superfici inondate nel novembre 1801 e nuovamente nell'ottobre 1839, è stata di 4.000-5.000 ha, mentre negli eventi successivi è stata contenuta su aree più limitate, comprese tra 1.000 ha e 3.500 ha. I settori più frequentemente allagati risultano: il II Comprensorio nella zona di Calendasco, il IV nella zona di Mortizza ed il V nella zona di Caorso.

La linea arginale piacentina, sviluppata su 68 km circa, è stata resa continua solo dopo il 1860; il territorio difeso presenta due aree (zona di Mortizza nel comune di Piacenza e zona di Roncarolo nel comune di Caorso) sensibilmente soggiacenti alle sommità arginali e quindi ai livelli raggiungibili dalle piene. Nelle condizioni geometriche dell'alveo, che descrive ampi meandri, le rotte avvengono prevalentemente per sormonto o anche per erosione in sponda delle anse a maggior curvatura.

Dopo il 1907 non si ripetono più nel tratto di Po a valle del Ticino le grandi inondazioni concomitanti su entrambi i lati del fiume, così come frequentemente avvenuto fino all'inizio del XX secolo; va inoltre considerato che nelle tre piene successive al 1907 (mag. 1917, mag. 1926 e nov. 1951) agli idrometri di Becca e di Piacenza le altezze sono sempre molto elevate e per lo più superiori a ogni massimo precedente; è necessario aggiungere che dal 1952 al 1993 non si sono più manifestate piene con livelli idrometrici confrontabili con quelli dei tre ultimi eventi indicati e nessun importante fenomeno di esondazione.

La piena del novembre 1951, pur caratterizzata da altezze idrometriche notevoli alla stazione di Becca e da un colmo massimo assoluto alla stazione di Piacenza, ha provocato inondazioni di un certo rilievo a monte del Ticino, soprattutto nell'area del Siccomario, e allagamenti più modesti immediatamente a valle, sia in destra (S. Cipriano e Portalbera), sia in sinistra (Spessa).

L'evento del novembre 1994, pur manifestatosi con altezze idrometriche circa uguali al massimo storico, non ha dato luogo ad alcuna rotta.

In conclusione, le analisi condotte sulle numerose piene portano alle seguenti considerazioni:

- non emerge una precisa relazione tra il progressivo incremento delle altezze di piena (continuativo soprattutto alla stazione di Piacenza) e l'ampiezza delle aree inondate; sembra inoltre che una riduzione del numero di rotte

nelle arginature del pavese, del piacentino e del lodigiano successivamente al 1907, non abbia comportato una diminuzione proporzionale nella dimensione delle aree allagate;

- lungo quasi tutto il tratto di circa 100 km tra il ponte di Mezzanacorti e la confluenza con l'Adda, la particolare frequenza degli allagamenti per rotte fino al 1926, è riconducibile principalmente al precario stato degli argini, per lungo tempo discontinui e di modesta altezza, per lo più composti da materiale sabbioso, localmente frammisto a corpi legnosi. Anche dopo il 1907 spesso è accaduto che, dopo un grave evento, gli interventi di consolidamento e di rialzo delle arginature fossero concentrati solo sull'una o sull'altra delle due sponde, in stretta relazione a fattori contingenti connessi agli effetti provocati dalla piena;
- il miglioramento delle difese realizzato soprattutto tra il 1920 e il 1950 si è risentito positivamente anche sotto l'azione di piene con altezze idrometriche molto elevate, superiori a ogni valore massimo precedente;
- la ripetitività con cui i fenomeni di inondazione si distribuiscono nelle medesime aree, è direttamente connessa alla tendenza delle acque esondate a occupare settori di pianura che in passato furono sede di ampie divagazioni fluviali. Le caratteristiche morfotopografiche, sottolineate da numerose forme di alvei abbandonati e percorsi da una rete di canali da lungo tempo funzionanti per lo scolo delle acque e per l'irrigazione, sono identificabili come principali fattori che, a seguito delle rotte arginali, hanno sempre favorito l'ulteriore espansione delle acque di inondazione anche a sensibili distanze dai luoghi di esondazione;
- fino all'evento del 1907 la simultaneità delle inondazioni per sormonto degli argini su entrambe le sponde del Po nel tratto a valle del Ticino, si è verificata in concomitanza a piene che nella sezione di Piacenza hanno superato i massimi valori precedenti; verosimilmente per questo motivo la vastità delle aree sommerse in sinistra non ha comportato una diminuzione dei settori allagati in destra e viceversa. Solo nelle due piene del 1917 e del 1926 alle esondazioni su una sponda non hanno corrisposto analoghi fenomeni sulla sponda opposta, nonostante gli elevati colmi di piena registrati a Piacenza;
- in sponda sinistra, tenuto conto della configurazione della pianura, suddivisa in comparti chiusi in serie successive da monte verso valle, rotte che avvengono in un comparto superiore, pressoché inevitabilmente provocano allagamento nei comparti inferiori adiacenti per travaso delle acque. Ciò

avviene più raramente in sponda destra per i motivi morfotopografici naturali dei diversi comprensori;

- nel corso dei vari eventi alcune rotte importanti si sono manifestate nei medesimi siti; a monte del Ticino in destra in località Campomaggiore (almeno 6 casi); a valle del Ticino in sinistra nell'argine di Pieve Porto Morone (5 casi), nell'argine tra Somaglia e Guardamiglio in località Gargatano (4 casi) e nell'argine di Caselle Landi (9 casi), soprattutto in località Regona di S. Stefano (abitato scomparso da tempo per accentuazione dell'ansa fluviale di Caselle Landi); in destra in corrispondenza delle località Mezzano Vigoleno e Roncarolo, rispettivamente nel II e nel V Comprensorio.

3.1.4.6 *Inondazioni nel tratto terminale (province di Mantova, Rovigo, Ferrara)*

- *Piena del novembre 1801*

L'evento provocò numerose rotte negli argini di Po, Oglio, Mincio, Secchia e Panaro. Il ruolo di maggiore criticità fu assunto dalle rotte in sinistra Po, di cui tre si verificarono in fase crescente poco a monte e poco a valle della confluenza del Mincio (nelle località di Sustinente, Correggio Micheli, Bastia) e tre, di maggiore ampiezza delle precedenti, in fase di piena decrescente a monte delle precedenti, interessando il tratto tra la confluenza del Mincio e quella dell'Oglio. L'inondazione complessiva ha occupato, a partire da una distanza di circa 130 km dal mare, una superficie di 125.000 ha, con deflusso in direzione est delle acque esondate che ha progressivamente invaso più bacini di espansione racchiusi da arginature.

- *Piena del novembre 1839*

Si manifestano due rotte, una in località Bonizzo circa 5 km a valle di Revere, l'altra a Castel Trivellino, circa 6 km a monte di Revere; le acque esondate interessano il territorio in destra, tra la confluenza del Secchia e quella del Panaro, occupando circa 47.000 ha.

- *Piena del maggio 1872*

Si verifica una rotta per sifonamento a Guarda Ferrarese, circa 20 km a valle di Pontelagoscuro; complessivamente risulta inondata un'area compresa tra l'argine destro di Po e l'argine sinistro di Volano per un'estensione di circa 70.000 ha, di cui un terzo circa occupato da canneti e valli di pesca; la lenta propagazione delle acque è dovuta alla modestissima pendenza del terreno,

oltreché alla presenza di numerosi terrapieni trasversali alle direttrici di espansione.

- *Piene dell'ottobre 1872 e del giugno 1879*

Le due piene producono rotte, per la prima in località Ronchi (2.5 km a valle di Revere) e per la seconda in località Carbonara (6 km a valle di Revere), che comportano l'inondazione dello stesso territorio compreso tra il Secchia e il Panaro già interessato dalla piena del 1839. In occasione dei due eventi le altezze maggiori delle acque di inondazione si concentrano soprattutto lungo l'avvallamento percorso dal cavo Burana e a ridosso dell'argine sinistro del Panaro. Nel 1872 viene globalmente inondata un'area di 58.000 ha, nel 1879 le acque coprono una superficie di 40.500 ha.

- *Piena del novembre 1951*

Il territorio colpito da inondazione per rotta è in gran parte coincidente con quello sommerso nel 1801. Le rotte si verificano il 14 nov., prima circa 1 km a valle di Pontelagoscuro, in località Vallice di Paviole, poi in due punti presso Occhiobello, circa 2 km a monte. Inizialmente le acque dalla rotta di Vallice si incanalano tra l'argine sinistro del Po e il rilevato della ferrovia Ferrara-Rovigo, proseguono quindi lungo l'argine occidentale della Fossa Polesella, fino ad arrestarsi contro l'argine destro del Canal Bianco; per effetto di quest'ultimo viene sormontato il rilevato ferroviario e l'inondazione si estende verso ovest, fino a Frassinelle. Già in queste prime 4 ore l'allagamento presenta localmente (Bresparola) un'altezza d'acqua di 4.50 m sul piano campagna.

Le acque esondate poco dopo dalle rotte di Occhiobello defluiscono verso nord e nord-est, appoggiandosi all'argine destro del Canal Bianco, fino a incontrare il flusso proveniente dalla rotta di Vallice che, nel frattempo, ha superato il rilevato ferroviario. Si creano quindi le condizioni per un rapido aumento nelle altezze d'acqua già dal mattino del giorno 15 novembre, con livelli mediamente non inferiori a 2 m sul piano campagna. I centri abitati invasi dall'acqua sono Canaro e Occhiobello e successivamente i territori di Stienta, Fiesso, Pincara e Frassinelle.

Nel giorno 15 l'inondazione oltrepassa gli argini della Fossa Polesella (alti 6.5-7 m sul piano campagna); contemporaneamente notevoli quantità d'acqua si scaricano nel Canal Bianco che rompe in più punti allagando Arquà Polesine, Costa, Grignano e Fratta, raggiungendo la periferia di Rovigo il giorno 16 novembre e iniziando l'espansione verso est, nel bacino compreso tra Canal Bianco e Adigetto.

Successivamente si configurano due onde di sommersione, l'una diretta verso est nella fascia compresa tra gli argini di Canal Bianco e di Po, l'altra, per l'insufficiente scarico dell'acqua attraverso la Fossa Polesella, in retrocessione da est verso ovest. La prima provoca tra il 16 e il 17 novembre l'allagamento di Bosaro, Guarda Venera, Pontecchio, Crespino Gavello, Villanova Marchesana, Adria, Papozze, pervenendo fino a Donada e Contarina. L'onda di riflusso verso ovest-nord-ovest si propaga fino a Castelguglielmo, Trecenta, estendendosi anche nel territorio di Ceneselli e Castelmassa. Contemporaneamente, per rotte dell'argine sinistro del Canal Bianco, viene in parte sommersa l'area tra questo e l'Adigetto con gli abitati di Ceregnano e Cavedon.

Nell'ultima fase (giorni 18 e 19 novembre) si crea una situazione critica in corrispondenza di Cavanella Po, nel settore dove l'Adigetto, il Canal Bianco e il Po tendono ad avvicinarsi. Rotti gli argini dell'Adigetto all'estremità meridionale, le acque dilagano verso Loreo, Rosolina e Cavarzere; ulteriori rotture all'estremità settentrionale dell'Adigetto provocano l'inondazione dell'area contenuta tra Adige e Adigetto, anche per riflusso delle acque lungo lo scolo Ceresolo. Considerato il rischio per la città di Rovigo, il giorno 20 novembre viene tagliato l'argine destro del Ceresolo al fine di alleggerire il carico d'acqua in espansione verso il capoluogo. Tra i giorni 20 e 21, superati i modesti argini delle valli da pesca, le acque di inondazione trovano finalmente la possibilità di scaricarsi in mare su tutto il fronte tra Brondolo e Rosolina.

Dopo ripetuti tentativi (giorni 23 e 26 novembre), i varchi aperti anche con esplosivo nell'arginatura di Fossa Polesella favoriscono il definitivo scarico dell'inondazione verso il mare e, a partire dal 27 novembre, consentono un cospicuo ritiro delle acque, soprattutto dall'area più occidentale (campagne intorno a Castelguglielmo). Dopo il 27 novembre anche l'acqua in uscita dalle rotte si attenua sensibilmente; gli allagamenti tuttavia perdurano per molte settimane e gli abitati più orientali (Adria) emergono in gran parte solo alla fine di dicembre. In poco più di 11 giorni è stata sommersa un'area vasta 99.000 ha, tutti nella provincia di Rovigo; l'altezza dell'acqua, variabile da punto a punto, ha raggiunto valori massimi (da 4 m a 6 m) nell'area compresa tra Adria, l'Adigetto e l'Adige.

Dal quadro ricostruibile in relazione agli eventi succedutisi emergono alcuni fatti principali relativamente alle caratteristiche del tronco medio-basso di asta fluviale:

- nel periodo compreso tra il 1300 e il 1500 solo il tratto inferiore del fiume nelle province di Mantova, Rovigo e Ferrara risulta contenuto entro una linea

arginale progressivamente resa continua dalla confluenza dell'Oglio fino al delta;

- nel medesimo intervallo di tempo il tratto alto, da Pavia a Cremona, è difeso con molta discontinuità da argini per lo più localizzati in corrispondenza di alcuni centri abitati o talora di terreni privati;
- tale situazione, non disgiunta a vicende storico-politiche, permane pressoché immutata fino a tutto il secolo XVIII; in base ai dati descrittivi sulle modalità delle esondazioni nel tratto inferiore di Po, si può dedurre che i rilevati arginali fossero ovunque di modesta altezza, strutturalmente fragili e difformemente costruiti da luogo a luogo; le rotte erano frequenti e numerosissime, soprattutto per tracimazione, come risulta dalle dettagliate descrizioni sulle piene del 1705 e del 1801.

Nel precario assetto difensivo esistente fino all'inizio del 1800, gli effetti delle piene si sono sistematicamente espressi attraverso fenomeni di esondazione distribuiti pressoché sull'intero sviluppo fluviale tra la provincia di Pavia e il delta, pur se con inondazioni su aree relativamente più estese nel tratto inferiore. Subito dopo la piena del 1801, con l'unificazione dei regolamenti idraulici decretata durante la dominazione francese e recepita dal successivo Governo del Lombardo-Veneto, venivano poste le basi per una più efficace ed estesa protezione dei territori attraversati dal Po; ciò ha comportato da un lato il progressivo prolungamento delle linee arginali lungo il corso principale e i suoi tributari, dall'altro la necessità di far fronte alle susseguenti maggiori altezze di piena con un congruo rialzo dei rilevati (da 0.80 a 1 m sopra ciascun massimo livello d'acqua osservato).

La sempre più diffusa capacità di contenimento delle piene nei tratti superiori e intermedi del fiume, si è tradotta in un maggior volume d'acqua convogliato nel tratto inferiore lungo il quale, negli ultimi 160 anni, sono risultate sufficienti una o due rotte nell'argine maestro per allagare, entro le province di Mantova, Ferrara e Rovigo, superfici anche più estese rispetto a quelle invase nei secoli precedenti.

I dati esposti nelle pagine precedenti in merito ad alcuni tra i maggiori eventi di piena avvenuti tra il 1801 e il 1951, forniscono elementi conoscitivi abbastanza dettagliati circa le modalità con cui si sono manifestate le rotte arginali e l'espansione delle acque nella pianura circostante. In relazione a quest'ultimo aspetto va tenuto conto che la ricostruzione dei fatti avvenuti in tempi e condizioni sistematorie molto diversi, ha significato orientativo e non può essere attualizzata se non attraverso un'analisi di confronto con la situazione presente

del territorio, sottoposto a trasformazioni di vario tipo (modificazioni plano-altimetriche degli alvei e della rete di canali irrigui e di scolo, sviluppo di arginature e di rilevati stradali e ferroviari, urbanizzazioni e strutture associate a nuove destinazioni d'uso del suolo).

I dati descrittivi degli avvenimenti progressi pongono tuttavia in evidenza alcune situazioni di pericolosità che si possono comunque ripetere pressoché immutate durante gli eventi straordinari del Po, potendosi riproporre gli stessi meccanismi di rotta negli argini, in un ambito territoriale che resta pur sempre condizionato dalla notevole soggiacenza della campagna rispetto ai livelli di piena raggiungibili dal fiume. Gli insegnamenti traibili dalle inondazioni del Po nel tratto arginato che attraversa le province di Mantova, Ferrara e Rovigo sono così schematizzabili:

- nel corso di un evento di piena, la rottura di un argine può avvenire sia in fase ascendente sia in fase discendente; in quest'ultimo caso le cause più comuni sono il sifonamento o l'erosione laterale del manufatto. La rotta produce un abbassamento dei livelli di piena nel tratto a valle, che può essere solo temporaneo in relazione soprattutto alla sua localizzazione temporale rispetto all'andamento della piena. Va tenuto conto inoltre che all'apertura di una breccia nell'argine maestro può seguire poco dopo, nel tratto a monte, una seconda rotta per effetto della maggiore velocità assunta dalla corrente di piena in risposta al richiamo provocato dal varco a valle;
- le acque che si scaricano attraverso la rotta dell'argine, che ha attualmente altezze di 8-9 m sul piano campagna, producono profonde erosioni e si espandono inizialmente concentrate in flussi rapidi, secondo direttrici non sempre coincidenti con le linee di maggior pendenza. In questa prima fase ogni ostacolo al deflusso, in posizione prossima all'argine, è esposto a rischio di abbattimento;
- con il progredire dell'esondazione attraverso un varco reso sempre più ampio e profondo, le acque dilagano seguendo, in assenza di ostacoli, la direzione di maggior pendenza. Si determinano in questa fase accanto a spandenti lenti, alcuni percorsi preferenziali, dovuti a locali stramazzamenti dell'acqua o più spesso formati per l'incanalamento contenuto tra rilevati stradali e ferroviari o sostenuti da arginature di colatoi di bonifica e irrigazione, che per lo più hanno sviluppo coincidente con gli avvallamenti lineari dell'antica idrografia. Localmente, deviazioni delle acque in espansione avvengono anche per effetto di recinzioni (in legname o in reti metalliche), trasformate

ben presto in barriere per accumulo di materiali flottanti addensati da sabbie e limi trasportati in sospensione;

- le arginature lungo tributari del Po e gli altri tipi di rilevati, quando disposti pressoché trasversalmente alla direzione di scorrimento delle acque di inondazione, ne producono una lenta espansione regressiva verso monte, fino a quote confrontabili con l'altezza del manufatto che genera impedimento; il fenomeno si arresta e il deflusso si inverte non appena l'ostacolo viene superato e abbattuto. Quando l'inondazione si scarica entro l'alveo di un tributario o di un canale, vi può innescare un'onda di piena non contenibile, estendendo l'allagamento anche ad aree non direttamente sommergibili dall'inondazione primaria;
- è dimostrato che per portate d'acqua notevoli e persistenti in uscita da una o più rotte l'esondazione che si genera ha la capacità di coprire molti chilometri in alcuni giorni, in funzione degli ostacoli incontrati nella traslazione verso valle. In base allo scenario ricostruito per l'evento del novembre 1801 è dimostrabile che grandi rotte in provincia di Mantova, nel tratto a monte e a valle del Mincio, possono comportare in 8-9 giorni circa la sommersione di aree vaste oltre 100.000 ha nel territorio di Rovigo fino al mare, dopo un percorso di oltre 130 km, pur senza contributo d'acqua per rotte avvenute nel tratto di Po polesano. Una situazione molto simile si è riproposta nel dicembre 1807 per 6 rotte più modeste in un tratto di circa 6 km dell'argine sinistro di Po tra Sustinente e Serravalle; in questo caso, tuttavia, la pur ampia inondazione è defluita in mare molto più rapidamente essendo stati tempestivamente tagliati gli argini dei canali trasversali (Polesella, Loreo, Cavanella);
- le velocità medie di avanzamento dell'onda di sommersione sul piano campagna risultano: nell'Oltrepò Mantovano 600-700 m/h, nel Polesine di Rovigo 500-650 m/h, nel Polesine di Ferrara 200-450 m/h.

La cronologia delle inondazioni gravi avvenute in questo tratto per rotte del Po, pone in risalto che negli ultimi due secoli la frequenza dei fenomeni risulta così distribuita:

- territorio mantovano e ferrarese in destra Po, 4 volte tutte nel secolo XIX (1801, 1839, 1872, 1879);
- territorio mantovano in sinistra Po, 1 volta nel secolo XIX (1801);
- Polesine di Rovigo, 3 volte, due nel secolo XIX, una nel secolo attuale (1801, 1807, 1951);

- Polesine di Ferrara, 2 volte entrambe nel secolo XIX (1812, 1872).

È necessario tenere conto che il territorio mantovano in sinistra Po soggiace talora a inondazioni per rotte nell'arginatura sul lato sinistro dell'Oglio, come accaduto nell'ottobre 1868 e nell'ottobre 1872; più spesso risente delle piene di Po che rigurgitano lungo il Mincio, fino a Mantova.

Il Polesine di Rovigo può subire anche gli effetti delle esondazioni dell'Adige: una prima vasta inondazione nel settore tra Canal Bianco e Adige (75.000 ha inondati) è stata causata da due rotte presso Badia nell'ottobre 1823; un secondo evento meno esteso si è verificato nell'ottobre 1868 per rotta nell'argine destro a Legnago e, successivamente, nell'argine del Canal Bianco presso Frassinelle. Nel Polesine risulta inondata l'area compresa tra la Fossa Polesella e il colatore Pincara. Molto più gravi gli effetti della piena dell'Adige nel 1882, quando per sifonamento si rompe nuovamente l'arginatura destra a Legnago su una lunghezza di 300 m e il flusso alluvionale supera e abbatte le arginature del Tartaro-Canal Bianco. Si ripete la rotta presso Frassinelle con allagamento del territorio dei Consorzi Padani di Rovigo; le acque, sostenute già dal 22 settembre dai terrapieni della Fossa Polesella, sommergono regressivamente l'area occidentale fin quasi alla Fossa Arella presso Bergantino. Solo dopo 8 giorni, con i tagli aperti nella Fossa Polesella, le acque possono defluire verso il mare lungo il bacino racchiuso tra il Canal Bianco e l'argine sinistro di Po. L'area globalmente inondata nel Polesine, molto simile a quella sommersa nel novembre 1951, risulta di 109.000 ha; in entrambi i casi si pongono in evidenza gli effetti determinati dal ritardato taglio degli argini della Fossa Polesella, attualmente eliminati.

3.1.4.7 *Quadro evolutivo sulla base delle osservazioni storiche*

L'insieme dei dati antichi e recenti pongono in luce che quanto meno dall'inizio del secolo scorso il Po ha manifestato una chiara tendenza ad allungare il suo alveo per quasi tutto il percorso da Casale Monferrato a Ostiglia: 320,600 km nel 1820-1830; 326,800 km nel 1872-1875; 350,250 nel 1902-1903.

A partire dagli anni '20 si sono innescati con rapidità crescente una serie di processi modificativi che così possono essere riassunti:

- diffusa tendenza dei tratti d'alveo pluricursali a divenire unicursali per eliminazione delle ramificazioni e delle isole, con concentrazione delle acque in un unico canale di deflusso;
- riduzione abbastanza diffusa della larghezza dell'alveo e soprattutto della sua lunghezza totale tra Casale Monferrato e Ostiglia: da 350 km nel 1902-

1905 lo sviluppo diventa pari a 320 km nel 1992; la massima variazione è concentrata nel tratto meandriforme, per effetto del taglio di meandro di Isola Serafini;

- in gran parte del suo percorso, il fondo alveo del Po, a partire dalla fine degli anni '50, ha manifestato una sensibile tendenza abbassamento con approfondimenti mediamente superiori a 2 m;
- tra gli anni 1876 e 1990 la fascia fluviale, costituita da canale di deflusso, isole e banchi ghiaioso-sabbiosi talora estesi, colonizzati da vegetazione spontanea e intersecati da canali secondari si è sensibilmente ridotta fino a dimezzarsi.

Una parte dei tratti d'alveo in passato pluricursali e divenuti unicursali, hanno assunto tali caratteristiche tipologiche per effetto determinante di interventi antropici, concentrati e talora ripetutamente attuati nei medesimi luoghi soprattutto per recupero di spazi da destinare a produzioni agricole. Situazioni di questo tipo sono evidenziabili sulla cartografia di inizio secolo, anche lungo alcuni tributari lombardi (Ticino, Adda, Oglio e Mincio).

A partire dal periodo 1920-1930 vennero avviati nel tratto medio-inferiore del Po sistematici lavori di regimazione dell'alveo di magra a fini di navigabilità; per effetto di tali progressivi interventi, che hanno comportato l'eliminazione di pseudo-meandri e la diffusa attenuazione della sinuosità, si registra tra Cremona e Ostiglia una riduzione della lunghezza dell'alveo da 140 km nel 1905 a 131 km nel 1953.

Negli anni successivi al 1960, a seguito della crescente attività estrattiva in alveo, distribuita lungo l'intero corso d'acqua, si sono innescati gli estesi processi di abbassamento di fondo già citati che hanno sensibilmente esaltato gli effetti degli interventi segnalati in precedenza. I fenomeni di abbassamento artificialmente prodotti hanno verosimilmente generato variazioni anomale nel profilo di fondo, con valori di pendenza talora poco coerenti con le riduzioni di lunghezza dell'asta fluviale.

Anche le opere longitudinali di difesa spondale hanno condizionato la potenzialità di trasporto e ripascimento di sedimenti lungo l'alveo del Po; l'intensità dei processi erosivi alle sponde, infatti, è sensibilmente mutata soprattutto nel corso del secolo attuale. Ad esempio, nel tratto a monte della confluenza con il Ticino i processi erosivi in sponda concava hanno comportato, dal 1889 al 1975, una traslazione verso valle delle anse di 30-40 m/anno; tra il 1975 e il 1990 non si registrano invece spostamenti apprezzabili. Tra la confluenza del Ticino e Cremona analoghi fenomeni sono risultati attivi in

genere dal 1821 fino al 1953, con valori di migrazione verso valle delle zone in erosione compresi tra 45 e 100 m/anno. A valle di Cremona i processi si sono pressoché arrestati tra il 1920 e il 1930, mentre nel periodo precedente, a partire dal 1821, le traslazioni avvenivano a ritmi di 35-70 m/anno.

Altri dati consentono di fare alcune riflessioni in merito agli effetti prodotti dal progressivo sviluppo chilometrico e altimetrico del sistema di arginature, realizzato lungo la rete idrografica padana da Pavia al mare:

- nel 1813 la lunghezza complessiva delle arginature lungo l'asta del Po era pari a 760 km; nel 1874 risultava di 812 km e nel 1981 di 953 km;
- a ogni nuova massima piena, a partire dall'evento del novembre 1801, venivano prescritti diffusi interventi di rialzo delle sommità arginali, al fine di ottenere un franco di 0.80 m sui massimi livelli idrometrici raggiunti in precedenza;
- anche le arginature lungo gli affluenti del Po hanno subito un sensibile aumento nella loro lunghezza totale: nel 1874 si sviluppavano globalmente su 729 km; nel 1981 su 1257 km;
- in occasione dei vari eventi di piena, le altezze idrometriche misurate alla stazione di Pontelagoscuro (che sottende quasi tutto il bacino) sono progressivamente aumentate negli ultimi due secoli fino quasi a raddoppiare; tali incrementi sono in relazione diretta con il progressivo sviluppo in lunghezza e in altezza delle arginature.

In base ai dati storici il primo sistema di difesa arginale con caratteristiche di continuità risale al secolo XVI; riguardava tuttavia solo il tratto di Po dal mantovano al mare, mentre più a monte i rilevati arginali erano diffusamente discontinui e la loro altezza molto modesta.

La situazione permane pressoché immutata fino all'inizio del secolo scorso quando, a seguito dei gravi effetti provocati dalla piena del novembre 1801, il Governo napoleonico decretava l'unificazione dei regolamenti idraulici ponendo le basi per una organizzazione omogenea dei servizi di controllo e di sistemazione fluviale. Tale strutturazione, recepita dal successivo Governo del Lombardo-Veneto e in seguito, dopo l'unità d'Italia, anche dagli Uffici periferici del Ministero dei Lavori Pubblici, ha portato ad un progressivo miglioramento delle condizioni di difesa: nel 1875 queste si fondavano su una linea continua di arginature che, iniziando in sinistra Po dalla confluenza con l'Olonza e in destra dalla confluenza con il Tidone, giungevano fino al delta. Le opere di prolungamento e di consolidamento degli argini hanno riguardato anche i tratti

di rigurgito dei principali tributari lombardi ed emiliani. Successivamente il sistema di contenimento delle piene è stato esteso verso monte e attualmente gli argini di seconda categoria hanno inizio dalla confluenza del Sesia.

In tali condizioni gli allagamenti lungo i tratti arginati sono sempre avvenuti per rotte dei rilevati causate, oltre che per sormonto del manufatto, anche per sifonamento o per processi erosivi al piede, in relazione quindi non solo ai livelli idrometrici ma anche alla durata della piena, all'efficienza funzionale delle opere di contenimento e alla loro posizione rispetto al fiume (in frodo o con interposta golena).

Esternamente agli argini maestri una gran parte della pianura limitrofa è da lungo tempo suddivisa in comparti di varia dimensione, delimitati dalle arginature di tributari, di colatori e, più recentemente, anche da rilevati stradali e ferroviari; l'inondazione può quindi estendersi solo per successivo riempimento dei vari "bacini" e superamento o abbattimento del rilevato che li racchiude.

3.1.5 Assetto morfologico e idraulico dell'asta fluviale

3.1.5.1 Caratteristiche generali

Il tratto *dalla confluenza Tanaro alla confluenza Ticino* manifesta una instabilità generalizzata dell'alveo di magra, che può cambiare facilmente dislocazione all'interno dell'alveo inciso e assumere andamento ramificato, in relazione soprattutto al rilevante apporto solido e idrico dei principali affluenti (Sesia, Tanaro, Scrivia). Gli intensi fenomeni erosivi presenti si accompagnano a una marcata tendenza alla migrazione verso valle delle forme (barre attive, asse dei meandri).

Le difese spondali svolgono una funzione di contenimento della divagazione trasversale dell'alveo; sono presenti frequenti e ampie aree golenali. Gli argini maestri sono discontinui per alcuni tratti.

Le principali caratteristiche geometriche del tronco sono di seguito indicate.

- lunghezza in asse 45,0 km,
- distanza media tra le arginature 1,900 m,
- altezza media arginature su piano golenale 3,50 m,
- larghezza media alveo di magra 120÷150 m,
- profondità media alveo inciso 5÷6 m.

Nel *tratto confluenza Ticino - confluenza Trebbia* il primo tronco, fino a Monticelli Pavese, lungo circa 21 km, è sub-rettilineo, caratterizzato da depositi di barra laterale; la sinuosità diminuisce progressivamente e il carattere di canale rettificato è riscontrabile in particolare a valle di S. Cipriano Po; il tronco è stato interessato, fino alla fine del secolo scorso, da numerosi tagli artificiali di curve ed è ora sede di processi erosivi spondali di notevole intensità, che interessano una lunghezza di sponde di circa 8,9 km (il 15,4% della lunghezza dell'alveo di magra). Tale tendenza erosiva del canale di magra può essere interpretata come propensione a ristabilire la situazione pregressa.

A valle di Monticelli Pavese, si sviluppa invece un classico modello a meandri, che è rimasto pressoché immutato nel tempo e non è interessato da significativi fenomeni di erosione spondale.

L'intero tratto, con caratteristiche di moderata pluricursalità in passato, negli ultimi decenni tende ad assumere un carattere più marcatamente monocursale. Alla diminuzione dei rami secondari si accompagna un lieve aumento degli ambienti di lanca, che rappresentano morfologie ereditate recenti.

Le difese di sponda nel tratto a meandri hanno funzione prevalente di protezione dei rilevati arginali dai fenomeni erosivi. Le arginature non sono continue, in particolare non è arginato in destra il tronco in corrispondenza degli abitati di Port'Albera e Arena Po; delimitano complessivamente una superficie golenale allagabile di dimensioni significative.

In relazione ai fenomeni di abbassamento di fondo alveo, dopo un lungo periodo di continua erosione (1954-1984), si rileva una leggera tendenza al deposito; il fondo medio attuale risulta tuttavia 1,0-1,5 m inferiore rispetto alle quote riferibili all'anno 1954.

Le principali caratteristiche geometriche del tronco sono di seguito indicate.

- lunghezza in asse 57,9 km,
- distanza media tra le arginature 1.700 m,
- altezza media arginature su piano golenale 5÷6 m,
- larghezza media alveo di magra 200÷250 m,
- profondità media alveo inciso 7÷8 m,
- superficie alveo inciso per km di asta fluviale 0,49 km²/km,
- superficie golena aperta per km di asta fluviale 1,28 km²/km,
- sviluppo complessivo difese spondali 55,48 km,

- sviluppo difese sponda sx rispetto a lunghezza tratto 46,6%,
- sviluppo difese sponda dx rispetto a lunghezza tratto 49,9%,
- indice di sinuosità 1,52.

Nel *tratto confluenza Trebbia - confluenza Adda* l'alveo presenta un andamento prevalentemente sinuoso, a ridosso delle arginature maestre in tutti i tratti in curva; la larghezza tra le sponde è continuamente variabile e si hanno isole stabili di dimensioni rilevanti in fase di ricollegamento con una delle due sponde.

Vi è la quasi generalizzata assenza di fenomeni erosivi significativi a carico delle sponde; si osserva invece una lieve ma generalizzata tendenza al deposito, a cui è corrisposto un modesto innalzamento del fondo alveo nell'ultimo decennio. Tale tendenza si manifesta presumibilmente per effetto del rigurgito dello sbarramento idroelettrico di Isola Serafini.

A conferma dell'assetto indicato, nel periodo 1954-88 si è avuta l'assenza di variazioni significative dell'alveo di magra (se si esclude la zona di Isola Serafini), con sostanziale stabilità dell'asse dei meandri. Non vi è presenza di lanche e paleoalvei recenti, se non in forma di rami di divagazione dell'alveo per livelli idrici elevati. I pochissimi ambienti di lanca presenti nel 1954 (inferiori a 1/20 della lunghezza dell'alveo inciso), hanno subito un più o meno totale interrimento, in particolare nel periodo 1966-88.

Le arginature sono continue e racchiudono ampie zone golenali, alternativamente in sinistra e in destra; è presente una sola golenale chiusa di grandi dimensioni, in prossimità di Piacenza.

Per due situazioni particolari, le curve di Mezzano Passone e di Roncarolo, si rilevano condizioni di deflusso fortemente irregolari e perturbate per regimi di piena significativi.

Le difese di sponda svolgono generalmente una funzione di contenimento dell'alveo inciso e di protezione dei rilevati arginali nei tratti in curva.

In ordine all'abbassamento di fondo alveo, dopo un periodo di continua erosione (1969-1979), si rileva una leggera e generalizzata tendenza al deposito; il fondo medio attuale risulta tuttavia inferiore alle quote riferibili all'anno 1954.

Le principali caratteristiche geometriche del tronco sono di seguito indicate:

- lunghezza in asse 28,45 km,
- distanza media tra le arginature 1.450 m,

- altezza media arginature su piano golenale 6÷6,5 m,
- larghezza media alveo di magra 200÷300 m,
- profondità media alveo inciso 7,5÷8 m,
- superficie alveo inciso per km di asta fluviale 0,41 km²/km,
- superficie golena aperta per km di asta fluviale 0,89 km²/km,
- superficie golena chiusa per km di asta fluviale 0,15 km²/km,
- sviluppo complessivo difese spondali 31,91 km,
- sviluppo difese sponda sx rispetto a lunghezza tratto 55,2%,
- sviluppo difese sponda dx rispetto a lunghezza tratto 56,9%,
- indice di sinuosità 2.10.

Nel *tratto confluenza Adda - confluenza Mincio* l'assetto dell'alveo è fortemente influenzato dalle opere longitudinali per la navigazione, che determinano una struttura monocursale, correlabile con i marcati abbassamenti di fondo che interessano l'intero tronco. La trasformazione in unicursale ha determinato la formazione di lanche e ambienti lentici e palustri in corrispondenza dei rami abbandonati; la successiva evoluzione si è avuta nel senso di una rapida occlusione e interrimento delle lanche stesse. Nel periodo 1954-1988 gli ambienti di lanca diminuiscono infatti sia in senso assoluto (da 58 a 53 km circa), sia come rapporto tra lunghezza totale delle lanche e lunghezza dell'alveo inciso.

In alveo si ha una diffusa presenza di isole stabili, che stanno progressivamente collegandosi all'area golenale, in conseguenza dell'interrimento di uno dei due rami, dovuto sia all'abbassamento di fondo, sia alla presenza di opere di sponda. In prossimità delle curve di navigazione si hanno zone di attiva sedimentazione, in conseguenza della creazione artificiale di settori d'alveo a bassa energia (a tergo di pennelli in alveo).

L'alveo di magra è oggi pressoché interamente sistemato per la navigazione e caratterizzato da un assetto sufficientemente stabile o comunque tendente a stabilizzarsi (sezione unica di larghezza regolare); solo nel tratto sotteso dalla centrale e dal canale di scarico di Isola Serafini si ha un alveo ancora notevolmente irregolare e instabile.

L'alveo di piena, tra arginature continue, denuncia la presenza diffusa e continua di ampie golene, sia aperte e che chiuse da argini secondari: il tronco

dispone complessivamente di rilevanti volumi di golena invasabili in piena, con rilevanti effetti di laminazione.

I maggiori problemi di stabilità delle opere si localizzano nei tratti con difese spondali parallele (presenti su entrambe le sponde); diventa rilevante la presenza delle arginature in frodo, localizzate nei tratti già critici per velocità e livelli idrometrici.

Su tutto il tratto, nel periodo 1954-1991, l'alveo inciso ha subito un rilevante abbassamento di fondo che ha direttamente interessato la stabilità e la funzionalità delle opere di difesa: attualmente tale fenomeno è in fase di attenuazione.

Le principali caratteristiche geometriche del tronco sono di seguito indicate:

- lunghezza in asse 130,33 km,
- distanza media tra le arginature 2.600 m,
- altezza media arginature su piano golenale 6÷8 m,
- larghezza media alveo di magra 250 m,
- profondità media alveo inciso 8÷8,5 m,
- superficie alveo inciso per km di asta fluviale 0,44 km²/km,
- superficie golena aperta per km di asta fluviale 1,36 km²/km,
- superficie golena chiusa per km di asta fluviale 0,83 km²/km,
- sviluppo complessivo difese spondali 202,19 km,
- sviluppo difese sponda sx rispetto a lunghezza tratto 77,2%,
- sviluppo difese sponda dx rispetto a lunghezza tratto 77,9%,
- indice di sinuosità 1.32.

Nel *tratto confluenza Mincio - incile del Delta* l'alveo di magra ha tendenza all'unicursalità, in particolare nella parte media e terminale, caratterizzato da arginature parallele che limitano l'estensione della golena. Si nota la presenza di pochi e grandi paleoalvei, di origine molto antica, totalmente sopra falda e sganciati dal sistema fluviale attuale (il più delle volte al di fuori delle arginature). L'evoluzione morfologica dell'alveo inciso risulta estremamente lenta e di modesta entità; non si osservano modificazioni significative nel periodo recente, a partire dal 1954; i fenomeni erosivi di sponda sono localizzati e di entità molto modesta.

L'alveo di piena tende a essere canalizzato, soprattutto nel tratto terminale, per la presenza di arginature prossime e parallele alle sponde, in alcuni punti con distanza molto ridotta (soprattutto in corrispondenza di Revere, Ficarolo, Pontelagoscuro, Polesella). Sono presenti alcune golene chiuse di dimensioni relativamente modeste, che si estendono fino in prossimità dell'alveo inciso.

L'alveo inciso non ha raggiunto ovunque un assetto stabile e in alcuni tratti ha problemi di ordine idraulico, soprattutto in corrispondenza delle curve di Revere-Ostiglia, Bergantino e Pontelagoscuro dove fenomeni di instabilità di sponda tendono a interessare le arginature maestre. La stabilità delle sponde incise assume in tutto il tratto particolare importanza per le conseguenze indotte sugli argini.

Il tracciato arginale presenta bruschi cambiamenti di direzione e restringimenti locali accentuati, con corrispondenti velocità di deflusso in piena molto elevate, che rappresentano punti critici per la stabilità degli argini stessi.

Su tutto il tratto, nel periodo 1954-1991, l'alveo inciso ha subito un rilevante abbassamento di fondo che ha direttamente interessato la stabilità delle opere di difesa esistenti; tale fenomeno appare in fase di attenuazione sulla base degli ultimi rilievi disponibili.

Le principali caratteristiche geometriche del tronco sono di seguito indicate:

- lunghezza in asse 109,15 km,
- distanza media tra le arginature 900 m,
- altezza media arginature su piano golenale 9÷9,5 m,
- larghezza media alveo di magra 350÷400 m,
- profondità media alveo inciso 8÷8,5 m,
- superficie alveo inciso per km di asta fluviale 0,48 km²/km,
- superficie golena aperta per km di asta fluviale 0,28 km²/km,
- superficie golena chiusa per km di asta fluviale 0,15 km²/km,
- sviluppo complessivo difese spondali 103,9 km,
- sviluppo difese sponda sx rispetto a lunghezza tratto 48,3%,
- sviluppo difese sponda dx rispetto a lunghezza tratto 46,9%,
- indice di sinuosità 1.23.

3.1.5.2 *Tendenza evolutiva del fondo alveo*

Elaborazioni in merito alla dinamica delle modificazioni della sezione d'alveo sono state condotte dal Magistrato per il Po nel 1992. L'analisi dell'evoluzione morfologica discende dal confronto tra le sezioni trasversali dell'alveo (sezioni Brioschi), rilevate nel corso di campagne topografiche eseguite in tempi successivi; sul tratto tra foce Sesia e l'incile del Po di Goro sono disponibili i rilievi effettuati negli anni 1954, 1969, 1979, 1984, 1991.

Le elaborazioni sui valori delle quote di fondo alveo e dell'area dell'alveo inciso consentono di ottenere una quantificazione dell'effettiva evoluzione registrata lungo l'asta nel periodo 1954-1991.

In rapporto al fenomeno di *abbassamento massimo del fondo alveo* emergono le seguenti considerazioni:

- nel periodo complessivo di osservazione (1954-1991) si ha ovunque un abbassamento significativo, che raggiunge i suoi massimi valori (4,30-5,30 m) nei tratti: Isola Serafini-foce Taro; Casalmaggiore-foce Oglio, Ostiglia-Felonica;
- gli abbassamenti più significativi si sono manifestati nel periodo '54-'69 e soprattutto nel '69-'79, come effetto generalizzato e rilevante sull'intera asta fluviale in esame;
- nei periodi '79-'84 e '84-'91 si ha generalmente una tendenza all'attenuazione del trend e in alcuni casi all'inversione con l'instaurarsi di modesti fenomeni di recupero di quota di fondo alveo.

Relativamente alla *variazione dell'area della sezione incisa*, emergono le seguenti considerazioni:

- il fenomeno erosivo è stato particolarmente intenso nei periodi '54-'69 e '69-'79; in quest'ultimo la tendenza all'incremento della sezione di deflusso è generalizzata e assume valori decisamente elevati (la variazione media risulta quasi ovunque compresa tra il 25% e il 50%, con punte che raggiungono anche il 65%);
- nell'intero periodo di osservazione si è avuto un incremento medio di sezione (rispetto al valore del 1954) sempre significativo, ma particolarmente elevato nel tratto Isola Serafini-Casalmaggiore.

Complessivamente il quantitativo di materiale asportato per erosione nel tratto in esame, inteso come derivante da valori medi indicativi, può essere valutato in circa 117 milioni di m³, corrispondente a circa 345.000 m³/km di asta fluviale e

9.300 m³/km all'anno. Quest'ultimo valore assume diversa consistenza se valutato nel solo periodo 1969-1979 nel tratto Isola Serafini-Casalmaggiore (circa 49.400 m³/km x anno).

Tab. 3.13. Incrementi medi dell'area dell'alveo inciso nel tronco di Po tra confluenza Tanaro e Delta

Tratto (sez. Brioschi)	Descrizione	Lunghezza (km)	Area media 1954 (m ²)	Area media nel periodo 54-91 (m ²)	Fattore di incremento	Volume eroso (m ³ x 10 ⁶)
sez. 3- 8	Terdoppio-Olona	24,0	315,65	686,3	2,17	8,89
sez. 8- 11	Olona-Tidone	18,2	412,13	581,98	1,41	3,09
sez.11-17	Tidone-Trebbia	19,7	550,01	719,45	1,31	3,34
sez.17-24	Trebbia- Is. Serafini	37,1	1.106,68	1.215,68	1,1	4,05
sez.25-30	Adda-Is. Pescaroli	39,5	279,04	753,77	2,7	18,75
sez.30-34	Is. Pescaroli-Sacca	19,4	285,97	1.019,85	3,57	14,25
sez.34-40	Sacca-Cizzolo	39,5	946,01	1.362,44	1,44	16,46
sez.40-49	Cizzolo-Serravalle	41,5	1.120,53	1.366,58	1,22	10,2
sez.49-58	Serravalle-Felonica	28,7	1.413,16	1.720,93	1,22	8,84
sez.58-67	Felonica-Mesola	38,2	1.135,7	1.514,69	1,33	14,48
sez.67-74	Mesola-Po di Goro	32,6	1.142,53	1.589,49	1,39	14,56
Totale		338,4				116,91

Le cause che hanno influito sul processo di abbassamento dell'alveo del Po sono identificabili in cinque fattori principali:

- la sistemazione idrogeologica dei bacini montani;
- la stabilizzazione del fondo e la sistemazione delle sponde degli affluenti;
- la sistemazione dell'alveo di magra del Po;
- la costruzione dello sbarramento di Isola Serafini;
- l'attività estrattiva dagli alvei del Po e dei suoi affluenti.

I primi due fattori sono diffusi sull'intero bacino e la loro influenza sull'asta principale non è valutabile direttamente, essendo i meccanismi di causa-effetto molto complessi, con evoluzione temporale molto diversificata.

Gli ultimi tre fattori hanno invece interessato direttamente l'alveo del Po, provocando alterazioni morfologiche dirette, almeno in parte documentate.

3.1.5.3 Sistemazione dell'alveo di magra del Po

La sistemazione fu iniziata nel 1919, sulla base di un progetto che aveva come obiettivo principale la navigazione fluviale e tendeva ad assicurare fondali minimi di 2.50 m in tutto il tratto medio-basso del corso d'acqua; i lavori ebbero

un forte sviluppo nel decennio 1955-1964, conseguendo verso il 1970 un grado di sistemazione pressoché definitivo. Il primo tratto interessato dalle opere fu quello compreso tra la confluenza dell'Adda e quella del Mincio, che per caratteristiche di alveo pluricursale molto instabile e irregolare presentava notevoli difficoltà alla navigazione commerciale con fondali minimi in magra attorno al metro. Successivamente i lavori vennero estesi anche al tratto fra foce Mincio e foce Panaro.

Il progetto venne eseguito sulla base dei rilievi a profilo contemporaneo di magra effettuati in parecchi anni tra il 1905 e il 1923, dai quali fu possibile rilevare le caratteristiche di tracciato planimetrico dell'alveo. I criteri generali dell'intervento furono i seguenti:

- realizzazione di un canale di magra regolato all'interno dell'alveo inciso, con andamento meandriforme e larghezza di 250-300 m sulle soglie e di 400 m nel vertice delle curve, su una portata di dimensionamento di 400 m³/s, corrispondente alla magra ordinaria;
- curve regolari a tracciato parabolico, con semiparametro mai inferiore a 1000 m (in relazione alle osservazioni effettuate sui profili di erosione delle sponde) e vertici successivi a distanza media di 2.8 km, per un totale di 51 curve su 140 km di canale sistemato tra foce Adda e foce Mincio;
- mantenimento della lunghezza del thalweg naturale, al fine di non variare la pendenza motrice della corrente;
- definizione del tracciato del canale in modo da mantenere le confluenze degli affluenti nelle parti concave delle curve, allo scopo di favorire il trasporto del materiale solido di apporto.

Nelle condizioni attuali si può ritenere che gli effetti attesi dalla realizzazione delle opere di regimazione siano stati conseguiti; l'alveo di magra ha infatti raggiunto una configurazione planimetrica sufficientemente stabile in circa tutto il tratto interessato.

Dal punto di vista altimetrico gli effetti della riduzione della larghezza della sezione trasversale naturale di magra da 450 m in media a 250 m erano naturalmente nella direzione di un approfondimento del fondo, previsto sull'ordine di 1.50-2.0 m. In realtà si sono verificati abbassamenti superiori per gran parte del tratto; va osservato che alle modificazioni della morfologia dell'alveo di magra e del regime idrometrico per gli stati medi e di magra, conseguenti alle opere di regimazione, si sono aggiunte le estrazioni in alveo e l'arresto del trasporto solido da monte determinato dalla traversa di Isola

Serafini, che hanno giocato un ruolo di concausa di non facile identificazione in termini di peso relativo.

Altro elemento da considerare è legato al fatto che la sistemazione dell'alveo ha modificato la capacità di trasporto solido della corrente nel tratto sistemato, lasciandola inalterata a valle; in questo modo mentre si sono esaltati gli effetti di abbassamento di fondo tra foce Adda-foce Mincio, con maggiore incidenza nel primo tronco, la parte a valle ha avuto un maggiore apporto, che ha compensato parzialmente gli effetti di abbassamento derivanti dagli altri fattori.

Nella situazione attuale in cui si possono considerare esauriti nel tratto a monte gli effetti di maggiore trasporto solido indotti dalla sistemazione, mentre è da attendersi una ulteriore evoluzione del tratto a valle, non più compensata dal maggiore trasporto solido da monte.

3.1.5.4 *Sbarramento idroelettrico di Isola Serafini*

La costruzione dello sbarramento di Isola Serafini, entrato in esercizio nel 1963, sovrappostasi al taglio di meandro dell'Isola Mezzadra nel corso della piena del 1951, ha comportato due effetti che si sono sommati:

- ha impedito lo svilupparsi, a seguito del taglio di meandro, della naturale tendenza all'erosione del tratto a monte e di deposito a valle; il tronco a valle della traversa ha di conseguenza sviluppato una forte erosione di fondo e una elevata instabilità morfologica dell'alveo;
- ha ridotto il trasferimento a valle del trasporto solido di monte, in relazione sia alle modifiche strutturali dell'alveo sia alle modalità di gestione della regolazione della traversa (a quota idrica di monte invariata); il bilancio del trasporto solido riferito al periodo 1954-63, anteriore all'entrata in esercizio dell'opera, e 1963-70, posteriore, porta a stimare in circa 2 milioni di m³/anno il volume di trasporto solido trattenuto dallo sbarramento.

L'effetto complessivo è rappresentato da elevati abbassamenti di fondo che hanno interessato il tronco di fiume immediatamente a valle della traversa, con valori particolarmente rilevanti in corrispondenza di Cremona, accompagnati da fenomeni di instabilità morfologica complessiva; non è per altro nota, in quanto di valutazione complessa e in mancanza della disponibilità degli elementi conoscitivi sufficienti sull'evoluzione complessiva, quale può essere l'estensione verso valle degli effetti ascrivibili all'intervento.

3.1.5.5 *Attività estrattiva in alveo*

L'attività estrattiva può essere considerata la causa primaria, diretta e indiretta, dell'abbassamento dell'alveo, a cui si sono sommate concause minori, rappresentate dalle due sopra indicate.

A partire dagli anni '50 le estrazioni dagli alvei hanno registrato un notevole incremento, determinato dallo sviluppo del sistema viario e dell'edilizia. I valori estratti dal bacino del Po sono progressivamente aumentati dai 2.5 milioni di m³/anno fino a raggiungere 12.0 milioni di m³/anno negli anni '60-'80. A partire dal 1983 si è avuta una inversione di tendenza e i quantitativi estratti a fini di regimazione idraulica sono stati progressivamente ridotti e si sono instaurati controlli più severi sui quantitativi effettivamente asportati.

Una prima direttiva del Magistrato per il Po, nel 1988, limita la possibilità di estrazione e nel 1992 una più restrittiva disposizione dell'Autorità di bacino condiziona strettamente l'asportazione di inerti dal demanio fluviale a esigenze di carattere idraulico, arrestando di fatto l'attività estrattiva. Il trend evolutivo dell'abbassamento dell'alveo in questi ultimi anni che evidenzia una riduzione dell'approfondimento e in qualche caso una inversione di tendenza pare correlabile alle misure di limitazione e controllo adottate, assegnando alle stesse evidenti effetti positivi.

In sintesi sono possibili le seguenti considerazioni relative al fenomeno dell'abbassamento del fondo alveo del Po e ai fattori coinvolti:

- l'attività estrattiva è stato un fattore di importanza primaria nel determinare gli abbassamenti del fondo alveo di Po nel tratto a valle di Isola Serafini;
- all'abbassamento ha concorso l'effetto combinato dei lavori di sistemazione dell'alveo di magra per la navigazione e dello sbarramento omonimo; la sistemazione dell'alveo ha esaltato il fenomeno nel tratto tra foce Adda e foce Mincio e attenuato o ritardato gli effetti a valle, in ragione della maggiore capacità di trasporto solido dell'alveo regimato;
- l'abbassamento di fondo non è complessivamente esaurito e l'attuale tendenza all'attenuazione o a un leggero recupero delle quote minime è strettamente correlata alla rigorosa limitazione attuata delle asportazioni di inerti dall'alveo attivo.

3.2 Individuazione degli squilibri

Gli elementi che determinano le condizioni di squilibrio lungo l'asta del Po rispetto ai fenomeni di piena sono costituiti, trattandosi di un sistema fluviale a carattere prettamente artificiale, dalle condizioni di non sufficiente adeguatezza dei dispositivi difensivi presenti rispetto alle condizioni di sicurezza che si intende conseguire.

In relazione alle condizioni di deflusso della piena di progetto le condizioni di squilibrio che si manifestano fanno riferimento ai seguenti fenomeni:

- a) inadeguatezza in quota delle arginature rispetto al profilo di piena, con conseguente rischio di rotta per tracimazione del rilevato arginale;
- b) inadeguatezza strutturale del rilevato arginale rispetto ai fenomeni di filtrazione nel corpo arginale e nelle fondazioni, con conseguente rischio di rotta per sifonamento;
- c) possibilità di cedimento del rilevato arginale per effetto di fenomeni di dinamica fluviale connessi a modificazione della morfologia dell'alveo da parte della corrente in piena (erosione della sponda al piede del rilevato arginale, erosione diretta del rilevato arginale, sollecitazione diretta della corrente sul rilevato).

Per il primo fenomeno le valutazioni sono direttamente fattibili sulla base del confronto tra le quote arginali nella attuale situazione e le quote del profilo della piena di progetto adottata; per gli altri due fenomeni le valutazioni derivano da informazioni composite, connesse sia alle caratteristiche strutturali delle arginature maestre che agli elementi di natura idraulica e morfologica che contraddistinguono l'alveo del corso d'acqua.

3.3 Linee di intervento

3.3.1 Premessa

Le linee di intervento di seguito indicate rappresentano l'applicazione alla situazione dell'asta del Po, quale emerge dalle analisi conoscitive e dalle elaborazioni condotte, dei criteri generali definiti a scala di intero bacino idrografico del Po, espressi nella Relazione generale, a cui si rimanda.

Gli interventi strutturali sono coerenti con l'assetto di progetto definito nell'ambito del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali, cui si rimanda. Trattandosi di un sistema arginato in modo pressoché continuo, la delimitazione della fascia B

è individuata dal tracciato delle arginature maestre. Lo stesso Piano Stralcio contiene la regolamentazione dell'uso del suolo nella regione fluviale.

Le linee di intervento sono di carattere strutturale e non strutturale.

a) Interventi strutturali

Le analisi condotte circa le condizioni di efficienza e funzionalità del sistema difensivo presente lungo l'asta hanno posto in evidenza che l'attuale stato di consistenza non è troppo lontano dagli obiettivi di sicurezza posti dal Piano, relativi al contenimento di un evento con tempo di ritorno di 200 anni.

Gli interventi strutturali puntano pertanto all'adeguamento delle opere di contenimento al profilo della piena di progetto e al conseguimento di un assetto morfologico sufficientemente stabile e compatibile con le opere di difesa stesse. Gli interventi prendono pertanto in considerazione le opere di contenimento della piena, l'assetto morfologico dell'alveo, le aree golenali chiuse in relazione alla funzione di invaso assicurata in piena.

- Opere di contenimento della piena. L'adeguamento e completamento delle opere costituenti il sistema di contenimento dei livelli di piena rappresentano le azioni prioritarie e di maggiore consistenza; gli interventi riguardano:
 - sulle arginature maestre, il rialzo in quota, l'adeguamento in sagoma, la protezione dalla filtrazione nel corpo arginale e nelle fondazioni;
 - sulle opere di sponda, la ricarica delle opere esistenti e l'adeguamento delle stesse.
- Assetto morfologico dell'alveo. Il mantenimento dell'alveo in una condizione di assetto stabile e compatibile con le opere di contenimento è essenziale a garantire la sicurezza idraulica, potendo influire sulle modalità di deflusso e di traslazione dell'onda di piena. Il tratto maggiormente interessato è quello dalla confluenza dell'Adda a quella del Mincio, che ha subito consistenti abbassamenti del fondo e che è attualmente ancora in una condizione di evoluzione significativa. Gli interventi da realizzare sono costituiti da opere di riconversione a carattere naturale e ambientale, che tendano a ripristinare un regime idrometrico più vicino a quello antecedente alle trasformazioni intervenute.
- Golene chiuse. La funzione delle golene chiuse è particolarmente significativa nella laminazione delle piene più gravose e va pertanto mantenuta. I margini di miglioramento rispetto al funzionamento medio attualmente ipotizzabile sono comunque abbastanza modesti e riguardano

soprattutto la possibilità di poter contare su modalità di invaso maggiormente affidabili e prevedibili.

b) *Interventi non strutturali*

Oltre alla normativa contenuta nel Piano Stralcio delle Fasce Fluviali, relativamente all'uso del suolo sia nelle fasce A e B che nella fascia C, relativa all'ipotesi di piena catastrofica per rotta degli argini maestri, gli interventi non strutturali riguardano sia il miglioramento della conoscenza circa la geometria dell'alveo che lo sviluppo del sistema di previsione della traslazione dell'onda di piena in tempo reale.

- *Geometria dell'alveo.* L'attuale caratterizzazione geometrica dell'asta principale tramite sezioni trasversali topografiche (sezioni Brioschi) periodicamente rilevate è insufficiente ai fini sia delle esigenze di elaborazione idraulica per il calcolo dei profili idrometrici di piena e sia anche per le necessità di un monitoraggio sistematico dell'evoluzione morfologica. E' quindi necessario rivedere i criteri e i programmi di rilevamento nel senso di un sostanziale miglioramento del livello di dettaglio.
- *Previsione in tempo reale della traslazione dell'onda di piena.* Rappresenta uno strumento essenziale per la funzione del Servizio di piena che riguarda l'intera asta fluviale. Le esigenze di integrazione e miglioramento riguardano:
 - l'incremento delle stazioni di rilevamento idrometrico lungo l'asta fluviale dotate di teletrasmissione del dato,
 - la valutazione dei valori di portata per condizioni idrometriche elevate sulla base di misure dirette,
 - la misura degli apporti degli affluenti con teletrasmissione del dato,
 - le dotazioni hardware e software necessarie alla previsione in tempo reale (elaborazione dei dati di misura teletrasmessi, modelli di previsione).

3.3.2 Profilo della piena di progetto in rapporto alla quota degli argini maestri

In relazione a quanto detto in precedenza, si riporta nel seguito il profilo della piena di progetto, raffrontato con le quote attuali degli argini, quali risultano dalle informazioni topografiche più aggiornate disponibili.

Il raffronto permette di individuare per l'intera asta le esigenze di adeguamento in quota degli argini necessarie ai fini della sicurezza.

Le esigenze di adeguamento sono indicate in termini qualitativi in due categorie (modeste, elevate) in funzione della dimensione del rialzo arginale da realizzare.

La tabella seguente riporta il quadro di confronto tra il profilo della piena di progetto e le quote degli argini maestri.

Tab. 3.14. Fiume Po da confluenza Tanaro al Delta: profili di riferimento e indicazione delle esigenze di adeguamento degli argini maestri

Progr. [km]	Riferimento sez. Brioschi	Riferimento sez. SIMPO '82	Profilo	Profilo	Profilo	Quote Argini Maestri		Franchi arginali rispetto alla piena SIMPO '82		Franchi arginali rispetto alla piena di riferimento		INTERVENTO DI ADEGUAMENTO [(*) = modesto; (**) = elevato]	
			piena SIMPO '82	piena 1994	piena 94+51	Argine SX	Argine DX	Argine SX	Argine DX	Argine SX	Argine DX	Argine SX	Argine DX
224.000	TANARO				84.86								
224.395	0-TER				84.52	81.00	81.39						
227.230	PONTE S.S. 211			81.74	81.99	78.52	80.32						
230.065	0-BIS	255	78.19	77.26	77.43	77.98	78.69	-0.21	0.50	0.55	1.26	(*)	
235.000	PONTE GEROLA	252	74.31	74.38	74.73	74.53	74.77	0.22	0.46	-0.20	0.04	(**)	(*)
235.715	1	251	73.82	74.33	74.67	73.52	74.39	-0.30	0.57	-1.15	-0.28	(**)	(**)
242.000	PONTE A7	249	72.20	70.26	70.78	72.24	71.94	0.04	-0.26	1.46	1.16		
242.654	1BIS		71.39	69.77	70.70	71.61	71.79	0.22	0.40	0.91	1.09	(*)	
244.305	2	246	69.33	69.33	70.31	69.91	70.41	0.58	1.08	-0.40	0.10	(**)	(*)
252.585	3	242	67.21	67.19	67.92	67.69	68.19	0.48	0.98	-0.23	0.27	(**)	(*)
255.000	MEZZANA CORTI		66.32	66.52	67.36	67.24	67.30	0.92	0.98	-0.12	-0.06	(*)	(*)
255.570	4	240	66.11	66.43	67.31	66.21	65.88	0.10	-0.23	-1.10	-1.43	(**)	(**)
259.030	5	238	65.08	64.42	65.19	64.71	64.58	-0.37	-0.50	-0.48	-0.61	(**)	(**)
264.855	6-TICINO	234	63.51	62.97	63.78		64.13		0.62		0.35		(*)
269.665	7	231	63.12	62.41	63.24		62.93		-0.19		-0.31		(**)
276.570	8-PORT'ALBERA	227	61.98	61.31	62.07	61.06	61.18	-0.92	-0.80	-1.01	-0.89	(**)	(**)
281.895	9	224	60.87	60.33	61.11	60.64		-0.23		-0.47		(**)	
284.500	PONTE S.S. 412		60.44	60.19	61.00	59.90	60.32	-0.54	-0.12	-1.10	-0.68	(**)	(*)
289.300	10	220	59.65	59.10	59.87	59.52	60.00	-0.13	0.35	-0.35	0.13	(**)	(*)
294.780	11	217	58.52	57.53	58.36	58.66	58.67	0.14	0.15	0.30	0.31	(*)	(*)
296.810	12	216	58.11	57.11	57.93	58.11	57.99	0.00	-0.12	0.18	0.06	(*)	(*)
300.760	13	213	57.36	56.71	57.55	57.69	57.93	0.33	0.57	0.14	0.38	(*)	(*)
302.705	14	211	56.86	56.50	57.33	57.19	57.02	0.33	0.16	-0.14	-0.31	(*)	(**)
305.980	15	209	56.31	55.81	56.65	56.61	57.08	0.30	0.77	-0.04	0.43	(*)	(*)
310.290	16	206	55.55	55.23	56.05	55.51	55.88	-0.04	0.33	-0.54	-0.17	(**)	(*)
314.475	17	203	54.59	53.92	54.47	54.65	55.22	0.06	0.63	0.18	0.75	(*)	(*)
317.386	17BIS		53.93	53.26	53.71	54.10	54.54	0.17	0.61	0.39	0.83	(*)	(*)
320.945	18	199	53.13	52.57	52.97	53.74	54.28	0.61	1.15	0.77	1.31	(*)	
322.250	20-PIACENZA	198	52.06	52.20	52.59	52.12	53.75	0.06	1.69	-0.47	1.16	(**)	
326.000	Ponte A1	196	50.89	51.29	51.65	52.28	52.28	1.39	1.39	0.63	0.63		
326.552	20BIS		50.82	51.26	51.61	52.30	52.42	1.48	1.60	0.69	0.81		
329.205	21	194	50.47	50.55	50.88	50.94	51.43	0.47	0.96	0.06	0.56	(*)	

Linee generali di assetto idraulico e idrogeologico dell'asta del Po (Tratto confluenza Tanaro—Delta)

Progr. [km]	Riferimento sez. Brioschi	Riferimento sez. SIMPO '82	Profilo piena SIMPO '82	Profilo piena 1994	Profilo piena 94+51	Quote Argini Maestri		Franchi arginali rispetto alla piena SIMPO '82		Franchi arginali rispetto alla piena di riferimento		INTERVENTO DI ADEGUAMENTO [(*) = modesto; (**) = elevato]	
						Argine SX	Argine DX	Argine SX	Argine DX	Argine SX	Argine DX	Argine SX	Argine DX
331.730	21BIS	192	49.96	50.28	50.61	51.13	50.90	1.17	0.94	0.52	0.29		(*)
334.945	22	191	49.45	49.80	50.10	49.93	50.27	0.48	0.82	-0.17	0.17	(*)	(*)
345.460	23	185	46.79	46.51	46.81	47.37	47.93	0.58	1.14	0.56	1.12		
349.570	23/A00-S.NAZZARO		44.90	44.97	45.31	46.65	46.05	1.75	1.15	1.34	0.74		
351.481	24	182	44.02	44.43	44.80	46.47	45.58	2.45	1.56	1.67	0.78		
361.650	25	176	41.39	41.72	42.36	43.72	43.07	2.33	1.68	1.36	0.71		
367.640	26-CREMONA	172	40.61	40.21	40.93	41.20	41.37	0.59	0.76	0.27	0.44	(*)	
371.900	PONTE A21	169	39.76	39.13	39.88	40.65	40.65	0.89	0.89	0.77	0.77		
375.360	27	166	38.64	38.08	38.84	39.10	39.66	0.46	1.02	0.26	0.82	(*)	
381.555	28	162	37.49	36.57	37.43	38.27	37.69	0.78	0.20	0.84	0.26		(*)
387.985	29	156	35.76	35.60	36.35	36.85	36.11	1.09	0.35	0.50	-0.24		(**)
390.500	ISOLA PESCAROLI		35.31	34.86	35.66	36.06	36.10	0.75	0.79	0.40	0.44		
391.095	30	154	35.20	34.74	35.50	36.09	35.90	0.89	0.70	0.59	0.40		(*)
395.330	31	152	34.47	34.00	34.80	34.90	35.21	0.43	0.74	0.10	0.41	(*)	(*)
397.250	32	150	34.14	33.85	34.63	34.76	34.90	0.62	0.76	0.13	0.27	(*)	(*)
400.695	33	148	33.63	33.58	34.34	34.70	33.81	1.07	0.18	0.36	-0.53		(**)
403.257	33A		33.20	33.35	34.03	33.62	33.83	0.42	0.63	-0.41	-0.20	(**)	(**)
408.235	33C		32.38	32.91	33.56	32.21	33.23	-0.17	0.85	-1.35	-0.33	(**)	(**)
410.515	34	143	32.00	32.71	33.41	32.89	32.95	0.89	0.95	-0.52	-0.46	(**)	(**)
414.585	35-CASALMAGGIORE	140	31.44	32.07	32.68	32.77	32.34	1.33	0.90	0.09	-0.34	(*)	(**)
419.815	35BIS		30.46	30.34	31.18	31.39	31.01	0.93	0.55	0.22	-0.16	(*)	(*)
424.980	36	134	29.50	29.23	30.28	30.03	29.70	0.53	0.20	-0.25	-0.58	(*)	(**)
428.545	37	132	29.35	28.31	29.67	29.83	29.31	0.48	-0.04	0.16	-0.36	(*)	(**)
433.435	38	129	28.74	27.53	28.99	28.78	29.01	0.04	0.27	-0.21	0.02	(**)	(*)
438.500	GUASTALLA	126	27.74	26.75	28.42	28.33	28.53	0.59	0.79	-0.09	0.11	(*)	(*)
440.670	39	125	27.49	26.37	28.11	28.12	28.33	0.63	0.84	0.01	0.22	(*)	(*)
450.055	40	121	26.39	25.37	27.37	27.49	26.95	1.10	0.56	0.12	-0.42	(*)	(**)
457.560	41	116	25.74	24.82	26.85	26.83	26.72	1.09	0.98	-0.02	-0.13	(*)	(*)
460.335	42-PONTE SS. 62	114	25.50	24.39	26.42	25.67	26.66	0.17	1.16	-0.75	0.24	(**)	(*)
467.580	43	108	24.50	23.24	25.29	24.82	24.98	0.32	0.48	-0.47	-0.31	(**)	(**)
468.000	PONTE A22		24.47	23.19	25.22	24.70	24.95	0.23	0.48	-0.52	-0.27	(**)	(**)
470.400	44	106	24.28	22.81	24.85	24.08	24.80	-0.20	0.52	-0.77	-0.04	(**)	(*)

Progetto di piano stralcio per la difesa idrogeologica e della rete idrografica del bacino del fiume Po

Progr. [km]	Riferimento sez. Brioschi	Riferimento sez. SIMPO '82	Profilo	Profilo	Profilo	Quote Argini Maestri		Franchi arginali rispetto alla piena SIMPO '82		Franchi arginali rispetto alla piena di riferimento		INTERVENTO DI ADEGUAMENTO [(*) = modesto; (**) = elevato]	
			piena SIMPO '82	piena 1994	piena 94+51	Argine SX	Argine DX	Argine SX	Argine DX	Argine SX	Argine DX	Argine SX	Argine DX
474.530	45	103	23.80	21.76	23.80	24.35	23.87	0.55	0.07	0.55	0.07	(*)	(*)
476.444	45BIS		23.48	21.63	23.70	23.60	23.60	0.12	0.12	-0.10	-0.10	(*)	(*)
478.500	PONTE SS. 413		23.14	21.31	23.39	23.40	23.59	0.26	0.45	0.01	0.20	(*)	(*)
479.015	46	100	23.05	21.25	23.32	23.84	23.59	0.79	0.54	0.52	0.27	(*)	(*)
482.185	47	98	22.38	20.92	23.00	22.86	23.10	0.48	0.72	-0.14	0.10	(*)	(*)
486.050	48	96	21.87	20.52	22.56	22.25	22.28	0.38	0.41	-0.31	-0.28	(**)	(**)
491.520	49	93	21.62	20.11	22.32	22.26	22.26	0.64	0.64	-0.05	-0.05	(*)	(*)
494.975	50	91	21.36	19.93	22.19	22.04	21.58	0.68	0.22	-0.15	-0.61	(*)	(**)
496.055	52	89	21.03	19.65	21.87	22.71	21.60	1.68	0.57	0.84	-0.27		(**)
496.500	OSTIGLIA	88	20.79	19.26	21.45	22.62	20.85	1.83	0.06	1.17	-0.60		(**)
502.755	54	84	20.16	18.09	20.16	21.28	20.55	1.12	0.39	1.12	0.39		(*)
506.050	55	82	19.85	17.58	19.67	20.40	19.74	0.55	-0.11	0.73	0.07		(*)
509.105	56	80	19.18	17.06	19.26	20.63	20.04	1.45	0.86	1.37	0.78		
515.940	57-CASTELMASSA	76	18.38	16.31	18.62	19.30	19.88	0.92	1.50	0.68	1.26		
520.255	58	71	17.73	15.60	17.98	19.58	19.40	1.85	1.67	1.60	1.42		
522.405	59		17.49	15.33	17.73	18.40	18.70	0.91	1.21	0.67	0.97		
528.770	60	66	16.77	14.54	16.97	17.60	17.45	0.83	0.68	0.63	0.48		
530.100	61	65	16.74	14.51	16.94	17.58	17.90	0.84	1.16	0.64	0.96		
534.365	62	62	16.11	13.78	16.20	17.10	17.34	0.99	1.23	0.90	1.14		
540.700	63	58	15.54	13.39	15.80	16.49	16.89	0.95	1.35	0.69	1.09		
543.980	64-OCCHIOBELLO	56	15.05	13.05	15.41	16.27	16.19	1.22	1.14	0.86	0.78		
548.805	65-PONTELAG.	52	14.24	12.33	14.57	15.52	15.20	1.28	0.96	0.95	0.63		
553.360	66	48	13.77	11.89	14.08	14.49	14.70	0.72	0.93	0.41	0.62		
558.460	67	44	13.28	11.43	13.57	13.61	13.93	0.33	0.65	0.04	0.36	(*)	(*)
560.675	68	43	13.21	11.22	13.34	13.40	13.55	0.19	0.34	0.06	0.21	(*)	(*)
564.440	69-POLESELLA	40	12.60	10.84	12.89	13.81	13.43	1.21	0.83	0.92	0.54		
568.750	70	37	11.98	10.40	12.36	12.11	12.59	0.13	0.61	-0.25	0.23	(**)	(*)
577.000	71	32	10.82	9.48	11.29	12.33	11.48	1.51	0.66	1.05	0.20		(*)
583.925	72	29	9.85	8.75	10.44	10.35	10.78	0.50	0.93	-0.09	0.34	(*)	(*)
587.065	73	27	9.43	8.48	10.18	10.58	10.59	1.15	1.16	0.40	0.41		
591.030	74-PO DI GORO	26	9.20	7.73	9.35	10.46	9.67	1.26	0.47	1.11	0.32		(*)

3.3.3 Linee di intervento strutturali

3.3.3.1 Tratto Isola S. Antonio - Ticino

Le principali caratteristiche sono rappresentate dai seguenti punti:

- alveo monocursale sinuoso, caratterizzato dalla significativa presenza di depositi di barra laterali e longitudinali;
- confluenza di numerosi affluenti: Agogna, Terdoppio e Ticino in sinistra, Scrivia, Curone, Staffora, Scuropasso in destra,
- fenomeno di abbassamento del fondo alveo generalizzato lungo tutto il tratto valutabile in circa 2.0 m rispetto alla situazione riferita agli anni '50;
- opere di difesa spondale dissestate a tratti per erosione e scalzamento al piede;
- sponde interessate a tratti da processi erosivi localizzati, in sinistra di fronte all'abitato di Pancarana, in destra nei pressi della confluenza del Terdoppio, in sinistra di fronte all'abitato di Mezzano Siccomario e, ancora in destra, a monte dell'immissione dello Scuropasso;
- arginature in parte inadeguate in quota e a tratti (Verrua Po, Travacò Siccomario) con problemi di tenuta idraulica.

Gli interventi strutturali da realizzare sono di seguito elencati.

a) Adeguamento in quota e sagoma delle arginature maestre:

- in sinistra, tra gli abitati di Mezzana Bigli e di Balossa Bigli;
- in sinistra, da località Mezzano (in prossimità di Sannazzaro de' Burgondi) all'attraversamento autostradale della A7;
- in destra, dall'abitato di Bastida de' Dossi all'attraversamento autostradale della A7;
- in sinistra, da loc. C.na Vecchia al Terdoppio (in comune di Mezzana Rabattone);
- in destra, dal ponte autostradale della A7 all'immissione del Luria (in comune di Pancarana);
- in destra, dall'immissione del Luria al ponte stradale di Becca;
- in sinistra, dal Terdoppio all'immissione del Ticino (in comune di Travacò Siccomario).

- b) Ripristino della tenuta idraulica dei rilevati arginali mediante interventi di diaframmatura e di rivestimento del petto arginale:
- in sinistra, a valle del ponte autostradale della A7, intervento di rivestimento del petto arginale;
 - a Verrua Po, in sinistra, intervento di diaframmatura arginale;
 - a Travacò Siccomario, in sinistra, in località C.na Mantavola/C.na dell'Orologio, intervento di diaframmatura dell'argine.
- c) Ripristino della stabilità delle sponde mediante interventi a carattere diffuso di ricarica e/o ricostruzione delle difese spondali esistenti.

3.3.3.2 *Tratto Ticino - Piacenza (A1)*

Le principali caratteristiche sono rappresentate dai seguenti punti:

- alveo monocursale debolmente sinuoso tra le confluenze del Ticino e dell'Olona; meandriforme a valle di Pieve Porto Morone, con alto indice di sinuosità tra la foce del Lambro e Piacenza; presenza più o meno diffusa di depositi di barra, sia laterali sia longitudinali;
- confluenza dei seguenti affluenti: Olona e Lambro in sinistra, Tidone e Trebbia in destra;
- frequenti, soprattutto nel primo sottotratto, tratti di sponda in erosione, anche immediatamente a valle di difese esistenti;
- opere di difesa spondale, prevalentemente in pietrame, continue a tratti e comunque presenti nei punti in cui è necessario vincolare le linee di sponda;
- arginature pressoché continue su entrambe le sponde a valle di Pieve Porto Morone, con discreto stato di conservazione; problemi di filtrazione e/o erosione del corpo arginale su alcuni tratti in prossimità degli abitati di Pieve Porto Morone e Pievetta, tra le confluenze di Tidone e Lambro, in prossimità dell'abitato di Valloria.

Gli interventi strutturali da realizzare sono di seguito elencati.

a) Adeguamento in quota e sagoma delle arginature maestre:

- in destra, dal ponte della Becca (località Tornello di Mezzanino) a S. Cipriano Po;
- nuova opera in destra, a difesa di Portalbera;

- in sinistra, dall'abitato di Sostegno al ponte stradale della SP 199 di Spessa;
 - in sinistra, da Spessa a S. Zenone al Po e Costa de' Nobili (scolmatore Olona);
 - in sinistra, da Costa de' Nobili all'immissione del Lambro;
 - in sinistra, dall'immissione del Lambro al rilevato ferroviario della linea Milano-Bologna;
 - in destra, dal ponte stradale della SS 412 di Pieve Porto Morone/Pievetta all'immissione del Tidone (località C.na Morandino);
 - in destra, dall'immissione del Tidone (località C.na Nuova) all'immissione del Trebbia;
- b) Ripristino della tenuta idraulica dei rilevati arginali mediante interventi di diaframmatatura e di rivestimento del petto arginale:
- in sinistra, da Pieve Porto Morone (località C.na Mezzanino) a Sartorana e da Sartorana a C.na Mirandola (diaframmatatura del rilevato e rivestimento del petto arginale);
 - in destra, in località Pievetta (diaframmatatura del rilevato arginale);
 - in sinistra, a Monticelli Pavese (località C.na Arsenale) (diaframmatatura del rilevato e rivestimento del petto arginale);
 - in sinistra, a Monticelli Pavese da località Azienda Agricola Zanaletti a C.na Contrada (diaframmatatura del rilevato e rivestimento del petto arginale);
 - in sinistra, in prossimità dell'immissione del Lambro (diaframmatatura del rilevato e rivestimento del petto arginale);
 - in destra, in corrispondenza di Rottofreno (località Veratto Vecchio-C.na Beltrama) (diaframmatatura del rilevato e rivestimento del petto arginale);
 - in destra in corrispondenza di Calendasco (località C.na Mezzano) (diaframmatatura del rilevato arginale);
 - in sinistra, in corrispondenza di Guardamiglio (località Valloria) (diaframmatatura del rilevato e rivestimento del petto arginale).
- c) Ripristino della stabilità delle sponde mediante interventi a carattere diffuso di ricarica e/o ricostruzione delle difese spondali esistenti.

3.3.3.3 *Tratto Piacenza (A1) - Cremona (A21)*

Le principali caratteristiche sono rappresentate dai seguenti punti:

- alveo meandriforme ad alto indice di sinuosità, caratterizzato dalla presenza di diffusi depositi di barra e isole fluviali stabili;
- confluenze principali sono il Nure, in corrispondenza di un'ansa di meandro particolarmente stretta nei pressi dell'abitato di Roncarolo, e il Chiavenna in destra; l'Adda in sinistra, tra gli abitati di Castelnuovo Bocca d'Adda e Spinadesco;
- alveo a ridosso delle arginature maestre in tutti i tratti in curva, con condizioni di deflusso fortemente irregolari soprattutto per regimi di piena a causa della accentuata curvatura; condizioni dell'alveo particolarmente irregolari e instabili nel tratto dalla confluenza dell'Adda al canale di scarico della traversa di Isola Serafini;
- sponde generalmente stabili per la presenza diffusa di opere di difesa nei tratti maggiormente sollecitati; locali processi erosivi in sinistra nei pressi dell'abitato di Chiavicone (a valle dell'attraversamento autostradale della A1) e, ancora in sinistra, a valle dello sbarramento di Isola Serafini (a monte dell'immissione dell'Adda);
- opere di difesa spondale diffuse, ubicate in corrispondenza dei tratti di sponda sottoposti a maggiore sollecitazione idraulica, parzialmente dissestate per brevi tratti; svolgono prevalentemente una funzione passiva e sono realizzate principalmente in massi e/o pietrame;
- arginature, localmente rivestite in calcestruzzo sul lato fiume, continue lungo tutto il tratto; in qualche zona sono state consolidate in seguito all'evento di piena del novembre '94; sono a tratti inadeguate in quota e/o sagoma; problemi di tenuta idraulica si riscontrano in prossimità di Roncarolo, Cremona e Castelvetro Piacentino;
- presenza di opere di difesa in alveo a una o due fronti (pennelli); le principali sono in sponda sinistra in località C.na Ca Nova (Spinadesco), in sponda destra in località Babina (Castelvetro Piacentino), in corrispondenza della località Colonie Padane (Cremona) in sinistra, in prossimità di C.na Colombana al Bosco (in destra) e a monte del ponte autostradale della A21.

Gli interventi strutturali da realizzare sono di seguito elencati.

a) Adeguamento in quota e sagoma delle arginature maestre:

- in sinistra, da località Mezzana Casati di S. Rocco al Porto a località Chiavicone di S. Stefano Lodigiano;
 - in sinistra, da località Regona a località Mezzanino di Caselle Landi;
 - a Cremona, in sinistra, da località Porto Interno a C.na Bollottino (a monte del ponte autostradale della A21);
 - in destra, da Mortizza a C.na Stanga di Roncaglia.
- b) Ripristino della tenuta idraulica dei rilevati arginali mediante interventi di diaframmatura e di rivestimento del petto arginale:
- in destra, in località Roncarolo (diaframmatura e rivestimento del petto arginale);
 - a Castelvetro Piacentino, in destra, da località Olza a località Baracchino (diaframmatura e rivestimento del petto arginale);
 - a Cremona, in sinistra, in località Mensa (diaframmatura del rilevato arginale).
- c) Adeguamento idraulico – strutturale degli argini golenali esistenti.
- d) Ripristino della stabilità delle sponde mediante interventi a carattere diffuso di ricarica e/o ricostruzione delle difese spondali esistenti.

3.3.3.4 *Tratto Cremona (A21) - Oglio*

Le principali caratteristiche sono rappresentate dai seguenti punti:

- alveo monocursale sinuoso - meandriforme, caratterizzato dalla presenza di estesi depositi di barra laterali e da isole stabili; l'alveo di magra stabile con modellamento della sezione ormai completato in conseguenza della realizzazione delle opere per la navigazione;
- significativo abbassamento del fondo dell'ordine di qualche metro rispetto alla configurazione all'inizio degli anni '50;
- principali affluenti sono l'Arda, il Taro, il Parma, l'Enza, il Crostolo in destra, l'Oglio in sinistra;
- non si hanno particolari fenomeni erosivi a carico delle sponde, che sono difese, nei tratti maggiormente sollecitati, da opere in pietrame, in alcuni tratti interessate da erosione al piede;
- arginature continue, in qualche caso con rivestimento in calcestruzzo della scarpata lato fiume, per lunghi tratti inadeguate alla piena di riferimento;

inadeguatezza alla tenuta idraulica si riscontra inoltre in prossimità degli abitati di Sacca, Mezzano Superiore e Viadana;

- alveo di piena con notevoli invasi golenali chiusi, che possono contribuire in modo rilevante alla laminazione delle portate più gravose, con vantaggi sia a livello locale che per i tronchi di valle; notevoli inoltre le aree golenali aperte in termini di superficie disponibile.

Gli interventi strutturali da realizzare sono di seguito elencati.

a) Adeguamento in quota e sagoma delle arginature maestre:

- in sinistra, da località Gerre dei Caprioli a Brancere di Stagno Lombardo;
- in sinistra, dalla località Solarolo Monasterolo di Motta Baluffi a Cantoni di Torricella del Pizzo;
- in sinistra, da località Tavernelle di Gussola a Fossacaprara;
- in sinistra, da località Fossacaprara di Casalmaggiore all'abitato di Cizzolo, a monte della confluenza dell'Oglio;
- in destra, dall'immissione dell'Ongina a Stagno di Roccabianca;
- in destra, da Gramignazzo di Sissa alla immissione del Parma (località Trai di Colorno);
- in destra, dall'immissione del Parma a quella dell'Enza (località Coenzo);
- in destra, dall'immissione dell'Enza (località Coenzo) a quella del Crostolo (confine comunale Gualtieri/Guastalla);
- in destra, dall'immissione del Crostolo alla località Torricella (a monte dell'abitato di Motteggiana).

b) Ripristino della tenuta idraulica dei rilevati arginali mediante interventi di diaframmatatura e di rivestimento del petto arginale:

- in destra, dall'Ongina a località Scazzina di Polesine Parmense (diaframmatatura del rilevato arginale);
- in destra, in località Gramignazzo di Sissa (diaframmatatura del rilevato arginale);
- in destra, in località Torricella di Sissa (diaframmatatura del rilevato arginale);
- in destra, in località Coltaro di Sissa (diaframmatatura del rilevato arginale);

- in destra, da località Chiavica Sanguigna a Sacca e da località Case Basse al Parma (diaframmatrice del rilevato e rivestimento del petto arginale);
- in destra, in località Mezzano Superiore di Mezzani (diaframmatrice del rilevato arginale);
- in destra, in località Parmetta di Mezzani (diaframmatrice del rilevato arginale);
- in destra, in località Mezzano Inferiore di Mezzani (diaframmatrice del rilevato arginale);
- in sinistra, in prossimità dell'abitato di Viadana (diaframmatrice e rivestimento del petto arginale).

c) Adeguamento idraulico – strutturale degli argini golenali esistenti.

d) Ripristino della stabilità delle sponde mediante interventi a carattere diffuso di ricarica e/o ricostruzione delle difese spondali esistenti.

3.3.3.5 *Tratto Oglio - Pontelagoscuro*

Le principali caratteristiche sono rappresentate dai seguenti punti:

- alveo generalmente monocursale sinuoso, caratterizzato dalla presenza di diffusi depositi di barra laterali e longitudinali ed estese isole fluviali; in prossimità della confluenza del Mincio, l'andamento diventa meandriforme, per poi tornare sinuoso fino a Pontelagoscuro;
- affluenti sono il Mincio in sinistra, il Secchia e il Panaro in destra;
- locali fenomeni erosivi a carico delle sponde sono presenti in prossimità del Secchia, degli abitati di Libiola, Revere, Bonizzo, Bergantino, Sermide, Stellata e Occhiobello;
- alveo di magra sistemato per la navigazione nel primo sotto tratto, fino al Mincio;
- rilevati arginali presenti in modo continuo in tutto il tratto e di notevole altezza rispetto al piano campagna; inadeguatezza diffusa in sagoma e quota rispetto alla piena di riferimento; problemi di tenuta idraulica si riscontrano inoltre nei pressi degli abitati di Borgoforte, S. Nicolò a Po, Portiolo, Sustinente, Revere, Carbonara di Po e Occhiobello;
- argini maestri a distanza notevolmente ravvicinata alle sponde e per lunghi tratti in frodo nella seconda parte del tratto, tanto da rendere di

fondamentale importanza per la sicurezza la funzionalità delle opere di difesa spondale;

- significativa riduzione dei sistemi golenali chiusi a valle di Ostiglia; nella parte iniziale del tratto invece le aree golenali chiuse hanno notevole importanza; tra le principali vi sono le golene di San Benedetto Po, Carbonara e Sermide in destra, di San Giacomo Po, Sustinente e Melara in sinistra.

Gli interventi strutturali da realizzare sono di seguito elencati.

a) Adeguamento in quota e sagoma delle arginature maestre:

- in sinistra dall'immissione dell'Oglio al ponte della SS 413 di S. Benedetto Po;
- in sinistra, dal ponte della SS 33 sul Mincio a Governolo al confine comunale tra Serravalle Po e Ostiglia;
- in destra, da località Torricella di Motteggiana all'immissione del Secchia;
- in destra, dall'immissione del Secchia alla località Carbonarola di Carbonara di Po.

b) Ripristino della tenuta idraulica dei rilevati arginali mediante interventi di diaframmatura e di rivestimento del petto arginale:

- in sinistra, a Borgoforte a monte del ponte ferroviario della linea Suzzara-Modena (diaframmatura e rivestimento del petto arginale);
- in sinistra, a valle dell'abitato di Borgoforte in località Boccadiganda (diaframmatura del rilevato e rivestimento del petto arginale);
- in sinistra, in località S. Nicolò Po, a monte del ponte autostradale della A22 (diaframmatura e rivestimento del petto arginale);
- in destra, dal ponte autostradale della A22 alla località Fornace Boschetto di S. Benedetto Po (diaframmatura e rivestimento del petto arginale);
- in sinistra, in località Ca Vecchia di Sustinente (diaframmatura e rivestimento del petto arginale);
- in sinistra, in prossimità dell'abitato di Ostiglia (diaframmatura e rivestimento del petto arginale);
- in destra, in prossimità dell'abitato di Revere (diaframmatura e rivestimento del petto arginale);

- in sinistra, presso l'abitato di Melara (diaframmatura e rivestimento del petto arginale);
 - in destra, presso l'abitato di Borgofranco sul Po (diaframmatura del rilevato arginale);
 - in destra, in località Carbonarola di Carbonara di Po (diaframmatura e rivestimento del petto arginale);
 - in sinistra, a valle del ponte autostradale della A13 a Occhiobello (da località Casa al Bosco a località Malcantone) (diaframmatura e rivestimento del petto arginale).
- c) Adeguamento idraulico – strutturale degli argini golenali esistenti dall'inizio del tratto fino a foce Mincio.
- d) Ripristino della stabilità delle sponde mediante interventi a carattere diffuso di ricarica e/o ricostruzione delle difese spondali esistenti.

3.3.3.6 *Tratto Pontelagoscuro - incile Po di Goro*

Le principali caratteristiche sono rappresentate dai seguenti punti:

- generale abbassamento dell'alveo con asportazione del materiale sabbioso-limoso del fondo: tale fatto origina fenomeni sempre più incisivi di erosione laterale e di franamento delle sponde, nelle zone in cui l'alveo inciso è posto a ridosso degli argini; da ciò i numerosi interventi recenti e ben visibili, nonché i frequenti lavori in corso per il conseguimento di un'adeguata protezione delle sponde e dei rilevati arginali; i principali processi erosivi a carico delle sponde sono localizzati in corrispondenza degli abitati di Garofalo, Guarda Ferrarese e Berra;
- difese spondali in massi e pietrame che interessano tutto il tratto, generalmente a presidio delle arginature; le difese più vecchie spesso risalgono le sponde dell'alveo poco oltre il livello di magra e non sempre sono in buone condizioni; in ottimo stato risultano invece le difese di costruzione più recente;
- aree golenali quasi assenti, in considerazione della vicinanza degli argini maestri alle sponde incise;
- argini continui su tutto il tratto e in froldo, con una notevole altezza, parzialmente rivestiti; problemi di tenuta idraulica si riscontrano in prossimità di Pontelagoscuro, Francolino, Garofalo, Zocca, Polesella e Guarda Veneta.

Gli interventi strutturali da realizzare sono di seguito elencati.

a) Adeguamento in quota e sagoma delle arginature maestre:

- in destra, da C.na di Guarda a Borgo Pastoria;
- in destra, da Borgo Pastoria al ponte di Polesella;
- in sinistra, da località Canaro a Raccano di Polesella;
- in destra, dal ponte di Polesella a località Pennacchiera di Berra;
- in sinistra, dall'abitato di Guarda Veneta a Pomaro di Crespino;
- in sinistra, da località Centrale Acquedotto di Villanova Marchesana a Golena di Papozze;
- in destra, in prossimità dell'abitato di Serravalle.

b) Ripristino della tenuta idraulica dei rilevati arginali mediante interventi di diaframmatura e di rivestimento del petto arginale:

- in destra, a Pontelagoscuro Vecchio tra i ponti stradale e ferroviario (diaframmatura e rivestimento del petto arginale);
- in sinistra, in località Pavole di Canaro (diaframmatura e rivestimento del petto arginale);
- in sinistra, da Mezzavia di Canaro a Case Verone (diaframmatura e rivestimento del petto arginale);
- in destra, da località Borgo Molla a Fienile Maccari (diaframmatura e rivestimento del petto arginale);
- in sinistra, da località La Campagnazza all'abitato di Polesella (diaframmatura e rivestimento del petto arginale);
- in sinistra, dall'abitato di Polesella a Panaro di Crespino (diaframmatura e rivestimento del petto arginale).

c) Ripristino della stabilità delle sponde mediante interventi a carattere diffuso di ricarica e/o ricostruzione delle difese spondali esistenti.

3.3.3.7 Assetto morfologico dell'alveo nel tratto da foce Adda a foce Mincio

Il tratto ha subito una sostanziale trasformazione imposta dalle opere di regimazione realizzate, morfologica passando dalla morfologia di tipo pluricursale, in cui ricade naturalmente per caratteristiche idrologiche, a quella unicursale a meandri; il processo è stato accompagnato da consistenti abbassamenti del fondo, attualmente ancora in evoluzione.

La stabilizzazione dell'alveo di magra ha provocato la progressiva riduzione e l'interramento delle lanche, fino alla scomparsa delle stesse, cui ha concorso l'abbassamento del fondo alveo e dei relativi livelli idrici di magra e quindi anche della falda freatica ad essi collegata.

In questo modo le vaste aree golenali che caratterizzano l'intero tratto hanno acquisito un carattere di stabilità morfologica mai avuto prima; inoltre, per l'abbassamento dell'alveo di magra, tali aree vengono a essere sommerse con frequenze molto minori rispetto al passato e con livelli idrici inferiori. Tale situazione è stata generalmente sfruttata per estendere le colture agricole e la pioppicoltura industriale; in questo modo sono andati perduti i caratteri di naturalità tipici delle aree indicate, con riflessi anche importanti sul regime idraulico del corso d'acqua.

In proposito va precisato che le caratteristiche naturali delle aree golenali di Po sono tipiche di un ambiente instabile, periodicamente modificato dagli eventi di piena; la presenza di boschi planiziali ad esempio è, ed è sempre stata, limitata a quei punti del fiume dove per cause naturali diverse si sono formate le condizioni che hanno fissato l'alveo di magra o inciso, impedendo la migrazione dello stesso e consentendo l'instaurarsi di una nicchia ecologica stabile.

I riflessi idraulici di tale trasformazione sono da ricondurre sostanzialmente ai seguenti punti:

- la maggiore concentrazione delle portate liquide nel canale principale, con la conseguente maggiore capacità erosiva della corrente, maggiore velocità della traslazione dell'onda di piena, minore laminazione della piena stessa;
- la minore frequenza, la minore durata e la minore altezza delle sommersioni delle aree golenali aperte, con la conseguente tendenza alla formazione di depositi, come già avvenuto in questo periodo, per la ridotta capacità di trasporto solido in sospensione e al fondo della corrente golenale.

In relazione agli aspetti evidenziati appare opportuno definire a livello progettuale la fattibilità di un intervento di ridisegno dell'alveo medio del fiume che ne migliori il comportamento idraulico attenuandone gli aspetti negativi per la stabilità sopra richiamati.

Le linee di intervento in questo settore sono da riferire ai seguenti punti:

- a) rinaturazione delle aree golenali, con ricostituzione degli ambienti naturali tramite l'instaurazione di tipologie di flora e fauna tipiche dell'ambiente perfluviale., con la realizzazione di lanche, zone a bosco igrofilo, radure a prato umido e a vegetazione arbustivo-cespugliosa;

b) riprofilatura dell'alveo medio del corso d'acqua, con realizzazione di interventi, quali ad esempio l'abbassamento della sponda sul lato non difeso da opere, che permettano di ripristinare condizioni di deflusso che coinvolgano con maggiore frequenza le aree golenali.

Gli interventi individuati dovranno essere oggetto di accurate verifiche di carattere idraulico, in ordine sia alle modalità di deflusso in piena (in relazione alle modificazioni geometriche e di scabrezza apportate) sia alle modificazioni morfologiche dell'alveo conseguenti al regime del trasporto solido.

3.3.3.8 Funzioni in piena delle golene chiuse

La Tab. 3.15. rappresenta le principali caratteristiche geometriche e di invaso delle golene chiuse lungo l'asta del Po. Le quote degli argini golenali, come pure gli ordini di argini secondari interposti tra la spanda e l'arginatura maestra, sono da zona a zona; in ogni caso la quota massima degli argini deve tassativamente essere mantenuta di almeno 1.00 m inferiore a quella dell'argine maestro sotteso. In ragione di tale situazione i volumi golenali si invasano solamente in occasione delle piene più gravose.

Tab. 3.15. Caratteristiche delle golene chiuse

N.	Tronco	Località	Sponda	Superf.	Volume inv.
				ha	max 10 ³ m ³
1	Po di Goro - Panaro	monte del Po di Goro	sn	78	3.353
2	Po di Goro - Panaro	monte di Guardia Veneta	sn	24	864
3	Po di Goro - Panaro	monte di Stienta	sn	135	6.070
4	Panaro - Mincio	valle di Felonica	dx	74	2.916
5	Panaro - Mincio	monte di Felonica	sn	56	1.736
6	Panaro - Mincio	valle di Sermide	dx	121	4.936
7	Panaro - Mincio	monte di Castelmasa	sn	44	2.068
8	Panaro - Mincio	Bergantino	dx	53	2.385
9	Panaro - Mincio	Bergantino	sn	50	2.214
10	Panaro - Mincio	monte di Carbonara Po	dx	140	5.593
11	Panaro - Mincio	tra Ostiglia e Melara	sn	240	8.262
12	Panaro - Mincio	golena di Sustinente	sn	542	22.004
13	Panaro - Mincio	foce Mincio, valle di Mirasole	dx	65	2.665
14	Mincio-Oglio	foce Mincio	sn	99	4.059
15	Mincio-Oglio	valle di S. Giacomo di Po	sn	230	9.220
16	Mincio-Oglio	golena di S. Benedetto Po (tra Portiolo e S. Benedetto)	dx	618	34.018
17	Mincio-Oglio	valle di Portiolo (interna alla 16)	dx	37	925
18	Mincio-Oglio	monte di S. Nicolò a Po	sn	83	3.237
19	Mincio-Oglio	valle di Borgoforte	dx	82	1.968
20	Mincio-Oglio	valle di Scorzarolo	dx	36	1.008
21	Oglio - Parma	foce Mincio	dx	345	16.213
22	Oglio - Parma	monte di foce Mincio	sn	122	5.246

N.	Tronco	Località	Sponda	Superf.	Volume inv.
				ha	max 10 ³ m ³
23	Oglio - Parma	valle di Luzzara	sn	233	10.326
24	Oglio - Parma	valle di Luzzara	dx	125	5.250
25	Oglio - Parma	golena di Guastalla	sn	528	18.648
26	Oglio - Parma	valle di Guastalla (interna alla 25)	sn	51	1.581
27	Oglio - Parma	monte di foce Corostolo (Gualtieri)	sn	439	14.203
28	Oglio - Parma	foce Crostolo (interna alla 27)	sn	74	1.406
29	Oglio - Parma	golena di Viadana	sn	366	11.431
30	Oglio - Parma	valle di foce Parma	dx	443	12.347
31	Parma - Taro	monte di foce Parma	dx	497	15.691
32	Parma - Taro	monte di Casalmaggiore	sn	1.653	51.213
33	Parma - Taro	monte di Casalmaggiore (interna alla 32)	sn	40	800
34	Taro - Adda	Motta Baluffi (interna alla 36)	sn	31	930
35	Taro - Adda	Motta Baluffi (interna alla 36)	sn	58	1.218
36	Taro - Adda	Motta Baluffi	sn	962	29.845
37	Taro - Adda	monte di Roccabianca	dx	880	29.512
38	Taro - Adda	tra Brancere e S. Daniele Ripa Po	sn	2.116	56.233
39	Taro - Adda	Brancere (interna alla 38)	sn	137	2.419
40	Taro - Adda	monte di foce Ongina	dx	109	3.270
41	Taro - Adda	monte di Brancere	sn	128	3.623
42	Taro - Adda	valle di Cremona	dx	30	750
43	Taro - Adda	valle di Cremona	sn	98	3.920
44	Taro - Adda	monte di Cremona	dx	138	2.475
45	Adda - Trebbia	valle di Piacenza	sn	413	26.133
46	Trebbia - Ticino	monte di S. Rocco al Porto	sn	340	14.654
47	Trebbia - Ticino	valle di foce Lambro	sn	57	1.767
48	Trebbia - Ticino	monte di foce Tidone	dx	49	1.421
49	Trebbia - Ticino	monte di Pieve Porto Morone	sn	30	990
50	Trebbia - Ticino	valle di foce Ticino	sn	76	1.672
51	Ticino - Scrivia	Mezzano Siccomario	dx	320	7.560
52	Scrivia - Sesia	Bozzole	dx	77	1.386
53	Dora B. - Orco	valle di Verolengo	dx	98	2.470
<i>Totale</i>				13.870	476.104

La funzione di laminazione delle golene chiuse è sicuramente molto significativa e dipende dalle modalità di funzionamento ipotizzabili.

Nelle condizioni attuali si verifica normalmente il cedimento dell'argine golenale nel momento della tracimazione dello stesso oppure l'argine golenale viene tagliato per consentirne l'invaso quando il livello idrometrico è prossimo alla sommità dell'argine stesso. In entrambi i casi si hanno modalità di invaso rapide, che si verificano in concomitanza di livelli idrometrici che sono localmente molto prossimi al colmo dell'onda di piena.

Tale funzionamento, per quanto regolato in maniera molto empirica, ha generalmente una buona efficacia sulla laminazione della piena in quanto mobilita il volume invasabile, comunque molto limitato in rapporto ai volumi di piena, in prossimità del colmo, quindi dove l'effetto di riduzione è massimo.

Una valutazione indiretta della funzione esercitata dalle golene chiuse è derivabile dalla simulazione effettuata utilizzando l'evento di progetto 94+51 nell'ipotesi di assenza di argini golenali, e cioè che l'intera porzione di alveo tra le sponde e l'argine maestro si comporti da golena aperta. I risultati della simulazione rispetto a tale condizione geometrica dell'alveo sono riportati in Tab. 3.16. Nella colonna "NO-ARG" sono riportati i risultati della simulazione, confrontati con l'evento "PO-9451" di riferimento e con il profilo SIMPO '82.

Fino a monte di Casalmaggiore si osserva una discreta riduzione dei livelli dovuta all'incremento locale della capacità di laminazione dell'alveo e a una diversa distribuzione dei deflussi di piena tra alveo e golene. A valle di Casalmaggiore i livelli risultano invece più elevati in quanto, per effetto dei minori livelli a monte, l'onda di piena risulta anche meno laminata e si presenta con valori di portata superiori all'ingresso del tratto finale del Po. Il colmo di piena dell'onda è di circa 13900 m³/s nel nuovo caso contro i 12800 m³/s dell'evento di riferimento.

Tab. 3.16. Valutazione indiretta della funzione esercitata dalle golene chiuse (risultati della simulazione "NO-ARG" confrontati con l'evento "PO-9451" di riferimento e con il profilo SIMPO '82)

Progr. km	Riferimento sez. Brioschi	1 PO-94+51	2 NO-ARG	(2-1)	(3) SIMPO '82	(2-3)
224.000	TANARO	84,86	84,80	-0,06		
224.395	0-TER	84,52	84,45	-0,07		
227.230	PONTE S.S. 211	81,99	81,80	-0,19		
230.065	0-BIS	77,43	77,04	-0,39	78,19	-1,15
235.000	PONTE GEROLA	74,73	74,46	-0,27	74,31	0,15
235.715	1	74,67	74,40	-0,27	73,82	0,58
242.000	PONTE A7	70,78	70,67	-0,11	72,20	-1,53
242.654	1BIS	70,70	70,60	-0,10		
244.305	2	70,31	70,22	-0,09	69,33	0,89
252.585	3	67,92	67,70	-0,22	67,21	0,49
255.000	MEZZANA CORTI	67,36	67,34	-0,03		
255.570	4	67,31	67,30	-0,01	66,11	1,19
259.030	5	65,19	65,17	-0,03	65,08	0,09
264.855	6-TICINO	63,78	63,72	-0,06	63,51	0,21
269.665	7	63,24	63,20	-0,04	63,12	0,08
276.570	8-PORT'ALBERA	62,07	61,95	-0,12	61,98	-0,03
281.895	9	61,11	60,93	-0,19	60,87	0,05
284.500	PONTE S.S. 412	61,01	60,82	-0,19		
289.300	10	59,87	59,54	-0,33	59,65	-0,11
294.780	11	58,36	58,21	-0,14	58,52	-0,31
296.810	12	57,93	57,80	-0,13	58,11	-0,31
300.760	13	57,55	57,40	-0,15	57,36	0,04
302.705	14	57,33	57,18	-0,16	56,86	0,31
305.980	15	56,65	56,59	-0,06	56,31	0,28
310.290	16	56,05	55,98	-0,07	55,55	0,43
314.475	17	54,47	54,31	-0,16	54,59	-0,28
317.386	17BIS	53,71	53,66	-0,05		

Progr. km	Riferimento sez. Brioschi	1 PO-94+51	2 NO-ARG	(2-1)	(3) SIMPO '82	(2-3)
320.945	18	52,97	52,89	-0,08	53,13	-0,24
322.250	20-PIACENZA	52,59	52,50	-0,09	52,06	0,44
326.000	Ponte A1	51,65	51,50	-0,15	50,89	0,61
326.552	20BIS	51,61	51,46	-0,15		
329.205	21	50,88	50,65	-0,22	50,47	0,18
331.730	21BIS	50,61	50,51	-0,11	49,96	0,55
334.945	22	50,10	50,02	-0,08	49,45	0,57
345.460	23	46,81	46,58	-0,23	46,79	-0,21
349.570	23/A00-S.NAZZARO	45,31	44,82	-0,49		
351.481	24	44,80	44,17	-0,63	44,02	0,15
361.650	25	42,36	42,38	0,02	41,39	0,99
367.640	26-CREMONA	40,93	40,88	-0,05	40,61	0,27
371.900	PONTE A21	39,88	39,75	-0,13	39,76	-0,02
375.360	27	38,84	38,64	-0,21	38,64	-0,01
381.555	28	37,43	36,99	-0,45	37,49	-0,50
387.985	29	36,35	35,86	-0,49	35,76	0,10
390.500	ISOLA PESCAROLI	35,66	35,20	-0,46		
391.095	30	35,50	35,04	-0,47	35,20	-0,16
395.330	31	34,80	34,23	-0,57	34,47	-0,24
397.250	32	34,63	34,02	-0,61	34,14	-0,12
400.695	33	34,34	33,65	-0,69	33,63	0,02
403.257	33A	33,76	33,27	-0,49		
408.235	33C	33,58	33,12	-0,46		
410.515	34	33,41	32,98	-0,43	32,00	0,98
414.585	35-CASALMAGGIORE	32,68	32,07	-0,61	31,44	0,63
419.815	35BIS	31,18	31,38	0,21		
424.980	36	30,28	30,47	0,19	29,50	0,97
428.545	37	29,67	29,97	0,31	29,35	0,62
433.435	38	28,99	29,30	0,31	28,74	0,56
438.500	GUASTALLA	28,42	28,81	0,38	27,74	1,07
440.670	39	28,11	28,53	0,42	27,49	1,04
450.055	40	27,37	27,85	0,48	26,39	1,46
457.560	41	26,85	27,37	0,53	25,74	1,63
460.335	42-PONTE SS. 62	26,42	26,98	0,57	25,50	1,48
467.580	43	25,29	25,97	0,68	24,50	1,47
468.000	PONTE A22	25,22	25,91	0,69		
470.400	44	24,85	25,56	0,72	24,28	1,28
474.530	45	23,80	24,49	0,69	23,80	0,69
476.444	45BIS	23,70	24,41	0,70		
478.500	PONTE SS. 413	23,39	24,09	0,70		
479.015	46	23,32	23,90	0,59	23,05	0,85
482.185	47	23,00	23,57	0,58	22,38	1,19
486.050	48	22,56	23,14	0,57	21,87	1,27
491.520	49	22,32	22,89	0,58	21,62	1,27
494.975	50	22,19	22,78	0,59	21,36	1,42
496.055	52	21,87	22,47	0,60	21,03	1,44
496.500	OSTIGLIA	21,45	22,06	0,61	20,79	1,27
502.755	54	20,16	20,82	0,66	20,16	0,66
506.050	55	19,67	20,35	0,68	19,85	0,50
509.105	56	19,26	19,96	0,70	19,18	0,78
515.940	57-CASTELMASSA	18,62	19,35	0,73	18,38	0,97
520.255	58	17,98	18,73	0,75	17,73	1,00
522.405	59	17,73	18,49	0,76		
528.770	60	16,97	17,74	0,77	16,77	0,97
530.100	61	16,94	17,59	0,64	16,74	0,85
534.365	62	16,20	16,84	0,64	16,11	0,73
540.700	63	15,80	16,44	0,64	15,54	0,90

Progr. km	Riferimento sez. Brioschi	1 PO-94+51	2 NO-ARG	(2-1)	(3) SIMPO '82	(2-3)
543.980	64-OCCHIOBELLO	15,41	16,03	0,62	15,05	0,98
548.805	65-PONTELAGOSCURO	14,57	15,16	0,59	14,24	0,92
553.360	66	14,08	14,65	0,57	13,77	0,88
558.460	67	13,57	14,12	0,55	13,28	0,84
560.675	68	13,34	13,89	0,55	13,21	0,68
564.440	69-POLESELLA	12,89	13,42	0,53	12,60	0,82
568.750	70	12,36	12,87	0,50	11,98	0,89
577.000	71	11,29	11,74	0,45	10,82	0,92
583.925	72	10,44	10,85	0,41	9,85	1,00
587.065	73	10,18	10,60	0,41	9,43	1,17
591.030	74-PO DI GORO	9,35	9,72	0,37	9,20	0,52

In relazione delle valutazioni effettuate appare opportuno confermare l'attuale funzionamento delle golene chiuse ai fini della laminazione della piena.

In relazione agli aspetti connessi al funzionamento delle stesse sembrerebbe opportuno garantire una migliore affidabilità al funzionamento delle stesse in termini soprattutto di tenuta degli argini golenali sino ai livelli idrometrici più efficaci per l'invaso.

3.3.4 Linee di intervento non strutturali

Il quadro degli interventi strutturali sopra evidenziato va integrato, ai fini del conseguimento del livello di rischio compatibile, da interventi a carattere non strutturale collegati allo specifico sistema di difesa progettato lungo l'asta fluviale.

Come detto in precedenza, le modalità di uso del suolo nelle aree costituenti la regione fluviale sono dettate dal Piano Stralcio delle Fasce Fluviali e sono coerenti con l'assetto difensivo individuato.

A integrazione degli interventi indicati sono definite le seguenti azioni a carattere non strutturale:

a) Monitoraggio della geometria dell'alveo dell'asta fluviale

L'attuale caratterizzazione geometrica dell'asta principale tramite sezioni trasversali topografiche è ancora condotta sulla base dell'individuazione fatta dalla Commissione Brioschi (Regio Decreto del 1873) come base per il rilievo dell'asta fluviale.

Il tratto interessato va da foce Scrivia al mare (poco a monte dell'incile del Po do Tolle) per complessive 82 sezioni su una lunghezza d'asta di circa 400 km. L'interasse medio tra le sezioni è pertanto di circa 4900 m; nel tempo sono stati fatti alcuni infittimenti prevalentemente per ragioni specifiche di studio e di

progettazione (come nel tratto in corrispondenza di Isola Serafini), ma sostanzialmente la descrizione geometrica del tratto è disponibile con la discretizzazione sopra evidenziata.

A partire dal 1950 le sezioni indicate sono state oggetto di rilevazioni periodiche, con cadenza media decennale, che hanno consentito di documentare le modificazioni morfologiche dell'alveo intercorse; le rilevazioni sono in parte relative all'intera sezione dell'alveo, tra i due argini maestri, e in parte limitate alla sola porzione incisa dell'alveo stesso.

Ai fini delle esigenze di elaborazione idraulica per il calcolo dei profili idrometrici di piena e per le necessità di un monitoraggio sistematico dell'evoluzione morfologica l'attuale disponibilità di rilievi geometrici risulta decisamente insufficiente; è quindi necessario rivedere i criteri e i programmi di rilevamento nel senso di un sostanziale miglioramento del livello di dettaglio.

Per le esigenze di natura idraulica il passo medio delle sezioni trasversali deve essere dell'ordine dei 1000 m, con infittimenti e diradamenti locali in funzione delle singolarità locali. Per il monitoraggio dell'evoluzione morfologica dell'alveo la definizione delle esigenze informative è maggiormente specifica e dipende dalla tipologia delle elaborazioni che si intendono effettuare; in ogni caso un maggiore livello di dettaglio è necessario per monitorare con maggiore precisione l'evoluzione dell'abbassamento del fondo e l'erosione dell'alveo.

b) Previsione in tempo reale della traslazione dell'onda di piena

Si rileva come il tratto di Po in esame abbia un numero di stazioni idrometriche del tutto insufficiente alle necessità di previsione e di monitoraggio. Le esigenze di integrazione e miglioramento riguardano:

- l'incremento delle stazioni di rilevamento idrometrico lungo l'asta fluviale dotate di teletrasmissione del dato,
- la valutazione dei valori di portata per condizioni idrometriche elevate sulla base di misure dirette,
- la misura degli apporti degli affluenti con teletrasmissione del dato,
- le dotazioni hardware e software necessarie alla previsione in tempo reale (elaborazione dei dati di misura teletrasmessi, modelli di previsione).

Figura 3.17


Ripristino della tenuta idraulica dei rilevati arginali mediante interventi di diaframmatura e di rivestimento: intervento di rivestimento del petto arginale, in sinistra, a valle del ponte A7; intervento di diaframmatura arginale in destra a Verrua Po e in sinistra a Travacò Siccomario (località C.na Mantavola/ C.na dell'Orologio).

Adeguamento in quota ed in sagoma delle arginature maestre : in sinistra: tra gli abitati di Mezzana Bigli e di Balossa Bigli, da località Mezzano (in prossimità di Sannazzaro de' Burgondi) all'attraversamento A7, dalla località C.na Vecchia al Terdoppio (in comune di Mezzana Rabattone), dal Terdoppio alla confluenza del Ticino (in comune di Travacò Siccomario).

Adeguamento in quota e sagoma delle arginature maestre in destra: dall'abitato di Bastida de' Dossi all'attraversamento A7, dal ponte A7 alla confluenza del Luria (in comune di Pancarana), dall'immissione del Luria al ponte stradale di Becca, dal ponte della Becca (località Tornello di Mezzanina) a S. Cipriano Po

Manutenzione straordinaria delle opere di difesa spondale mediante interventi di ricarica o ricostruzione a carattere diffuso integrati da interventi di nuova realizzazione e completamento di quelle esistenti

ANALISI DEI PRINCIPALI PUNTI CRITICI DELL'ASTA DEL PO DA ISOLA S. ANTONIO ALLA CONFLUENZA DEL TICINO

-  Fascia fluviale B
-  Fascia fluviale B di progetto
-  Asta fluviale principale
-  Aste fluviali secondarie
-  Centri abitati principali
-   Autostrada
-   Strada statale
-  Ferrovie

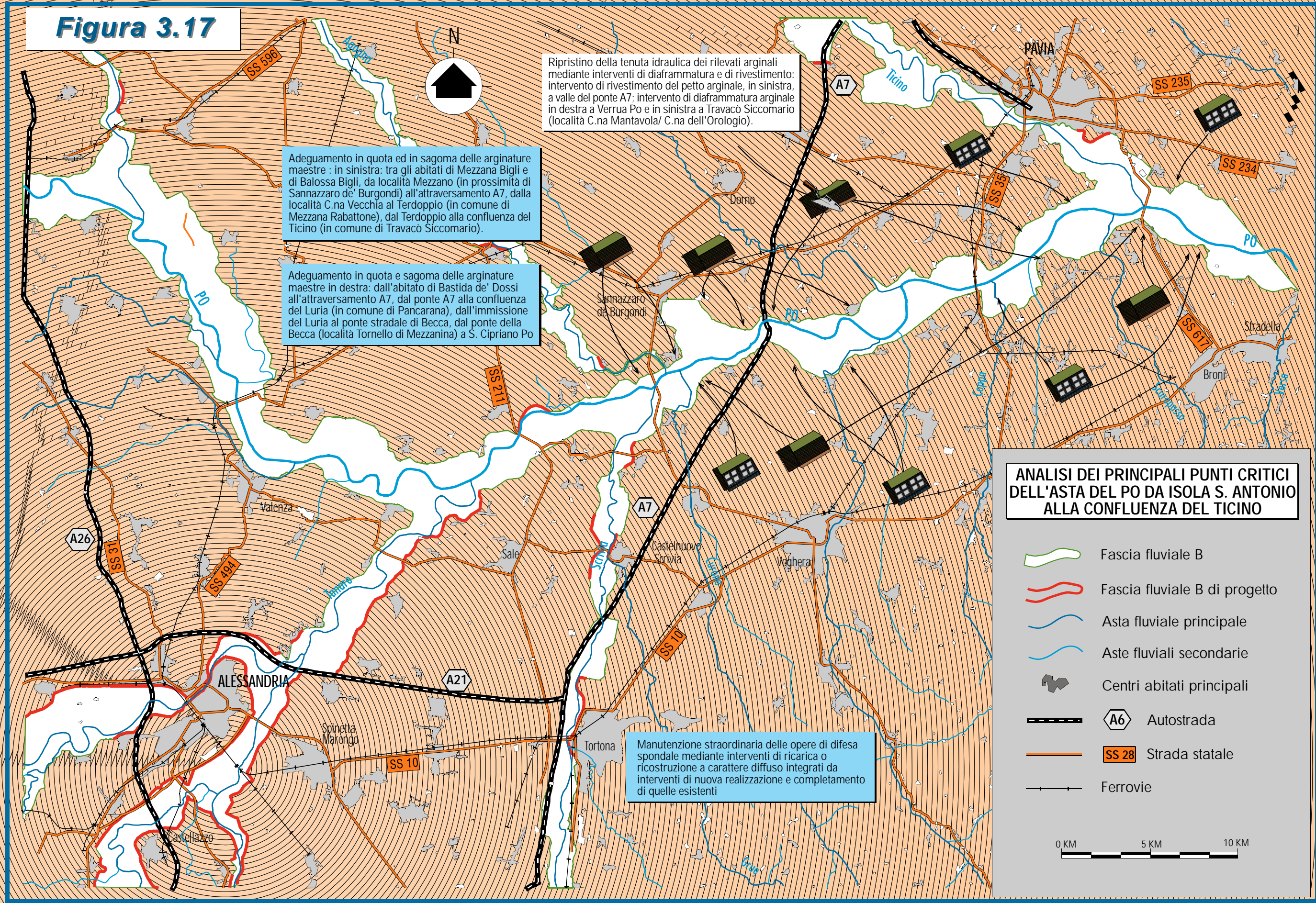
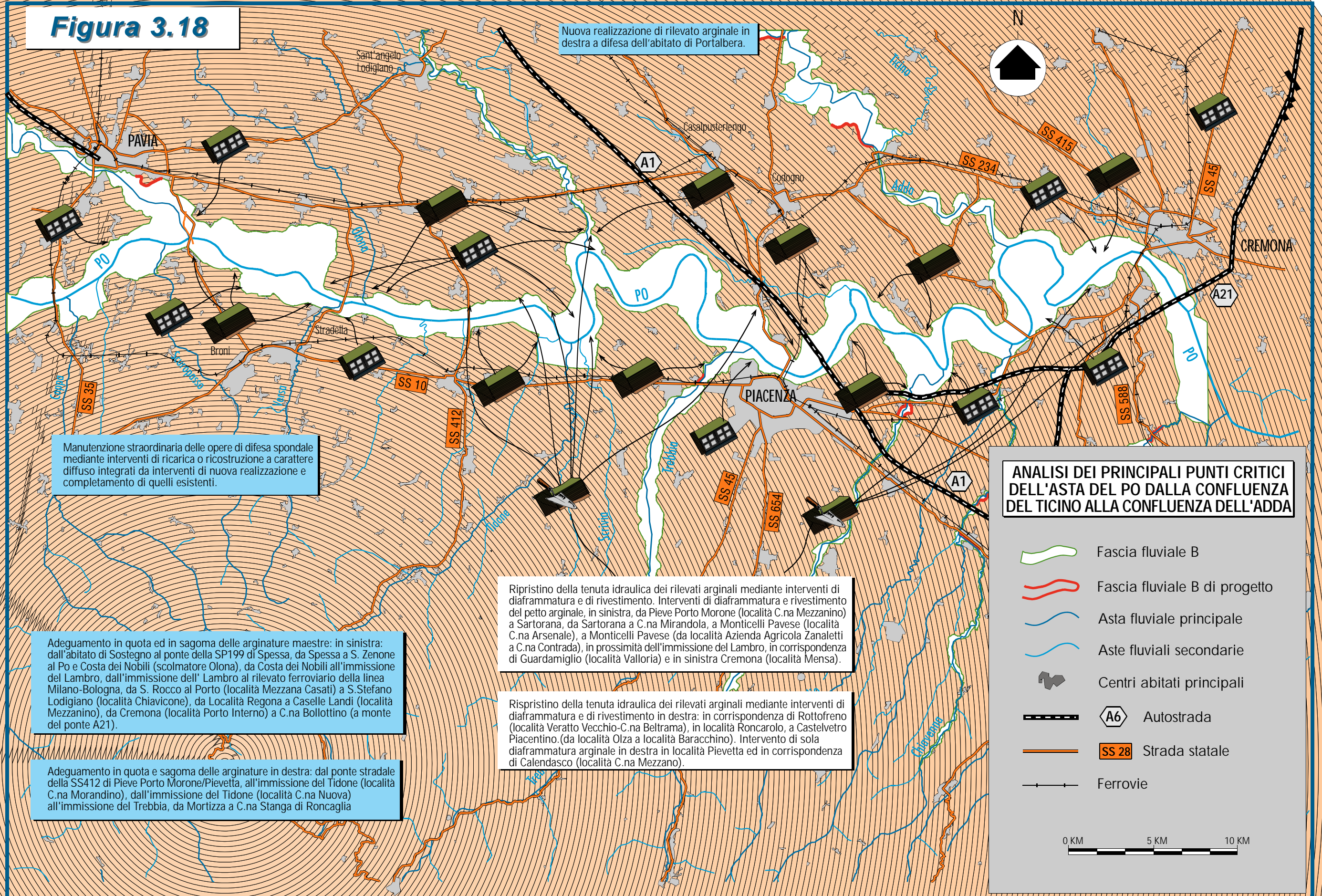


Figura 3.18



Nuova realizzazione di rilevato arginale in destra a difesa dell'abitato di Portalbera.

Manutenzione straordinaria delle opere di difesa spondale mediante interventi di ricarica o ricostruzione a carattere diffuso integrati da interventi di nuova realizzazione e completamento di quelli esistenti.

Adeguamento in quota ed in sagoma delle arginature maestre: in sinistra: dall'abitato di Sostegno al ponte della SP199 di Spessa, da Spessa a S. Zenone al Po e Costa dei Nobili (scolmatore Olona), da Costa dei Nobili all'immissione del Lambro, dall'immissione dell' Lambro al rilevato ferroviario della linea Milano-Bologna, da S. Rocco al Porto (località Mezzana Casati) a S. Stefano Lodigiano (località Chiavicone), da Località Regona a Caselle Landi (località Mezzanino), da Cremona (località Porto Interno) a C.na Bollottino (a monte del ponte A21).

Adeguamento in quota e sagoma delle arginature in destra: dal ponte stradale della SS412 di Pieve Porto Morone/Pievetta, all'immissione del Tidone (località C.na Morandino), dall'immissione del Tidone (località C.na Nuova) all'immissione del Trebbia, da Mortizza a C.na Stanga di Roncaglia

Ripristino della tenuta idraulica dei rilevati arginali mediante interventi di diaframmatura e di rivestimento. Interventi di diaframmatura e rivestimento del petto arginale, in sinistra, da Pieve Porto Morone (località C.na Mezzanino) a Sartorana, da Sartorana a C.na Mirandola, a Monticelli Pavese (località C.na Arsenale), a Monticelli Pavese (da località Azienda Agricola Zanaletti a C.na Contrada), in prossimità dell'immissione del Lambro, in corrispondenza di Guardamiglio (località Valloria) e in sinistra Cremona (località Mensa).

Ripristino della tenuta idraulica dei rilevati arginali mediante interventi di diaframmatura e di rivestimento in destra: in corrispondenza di Rottofreno (località Veratto Vecchio-C.na Beltrama), in località Roncarolo, a Castelvetro Piacentino (da località Olza a località Baracchino). Intervento di sola diaframmatura arginale in destra in località Pievetta ed in corrispondenza di Calendasco (località C.na Mezzano).

ANALISI DEI PRINCIPALI PUNTI CRITICI DELL'ASTA DEL PO DALLA CONFLUENZA DEL TICINO ALLA CONFLUENZA DELL'ADDA

- Fascia fluviale B
- Fascia fluviale B di progetto
- Asta fluviale principale
- Aste fluviali secondarie
- Centri abitati principali
- A6 Autostrada
- SS 28 Strada statale
- Ferrovie

0 KM 5 KM 10 KM

Figura 3.19

Manutenzione straordinaria delle opere di difesa spondale mediante interventi di ricarica o ricostruzione a carattere diffuso integrati da interventi di nuova realizzazione a completamento di quelle esistenti.











Opere di riconversione a carattere naturale ed ambientale e miglioramento del comportamento idraulico dell'alveo medio del fiume tra la confluenza dell'Adda e dell'Oglio: rinaturazione delle aree golenali, con ricostruzione degli ambienti naturali; riprofilatura dell'alveo del corso d'acqua, con realizzazione di interventi che permettano di ripristinare le condizioni di deflusso che coinvolgono con maggiore frequenza le aree golenali

Rispristino della tenuta idraulica dei rilevati arginali mediante interventi di diaframmatatura e di rivestimento. Diaframmatatura arginale in destra: dall'Ongina a Scazzina di Polesine Parmense, in località Gramignazzo di Sissa, in località Torricella di Sissa, in località Coltaro di Sissa, in località Mezzano Superiore di Mezzani, in località Parmetta di Mezzani, in località Mezzano Inferiore di Mezzani. Diaframmatatura e rivestimento del petto arginale, in destra: da località Chiavica Sanguigna a Sacca e da località Case Basse al Parma; in sinistra: in prossimità dell'abitato di Viadana

Adeguamento in quota e sagoma delle arginature maestre: in sinistra: da località Gerre dei Caprioli a Bracere di Stagno Lombardo, da Solarolo Monasterolo di Motta Baluffi a Cantoni di Torricella del Pizzo, da località Tavernelle di Gussola a Fossacaprara, da Fossacaprara a Cizzolo (a monte della confluenza dell'Oglio).

Adeguamento in quota e sagoma delle arginature maestre: in destra: dall'immissione dell'Ongina a Stagno di Roccabianca, Graminazzo di Sissa all'immissione del Parma (località Trai di Colorno), dall'immissione del Parma a quella dell'Enza (località Coenzo), dall'immissione dell'Enza a quella del Crostolo (confine comunale Gualtieri/Guastalla), dall'immissione del Crostolo a Torricella (a monte dell'abitato di Montagnana)

ANALISI DEI PRINCIPALI PUNTI CRITICI DELL'ASTA DEL PO DALLA CONFLUENZA DELL'ADDA ALLA CONFLUENZA DEL MINCIO

-  Fascia fluviale B
-  Fascia fluviale B di progetto
-  Asta fluviale principale
-  Aste fluviali secondarie
-  Centri abitati principali
-   Autostrada
-   Strada statale
-  Ferrovie

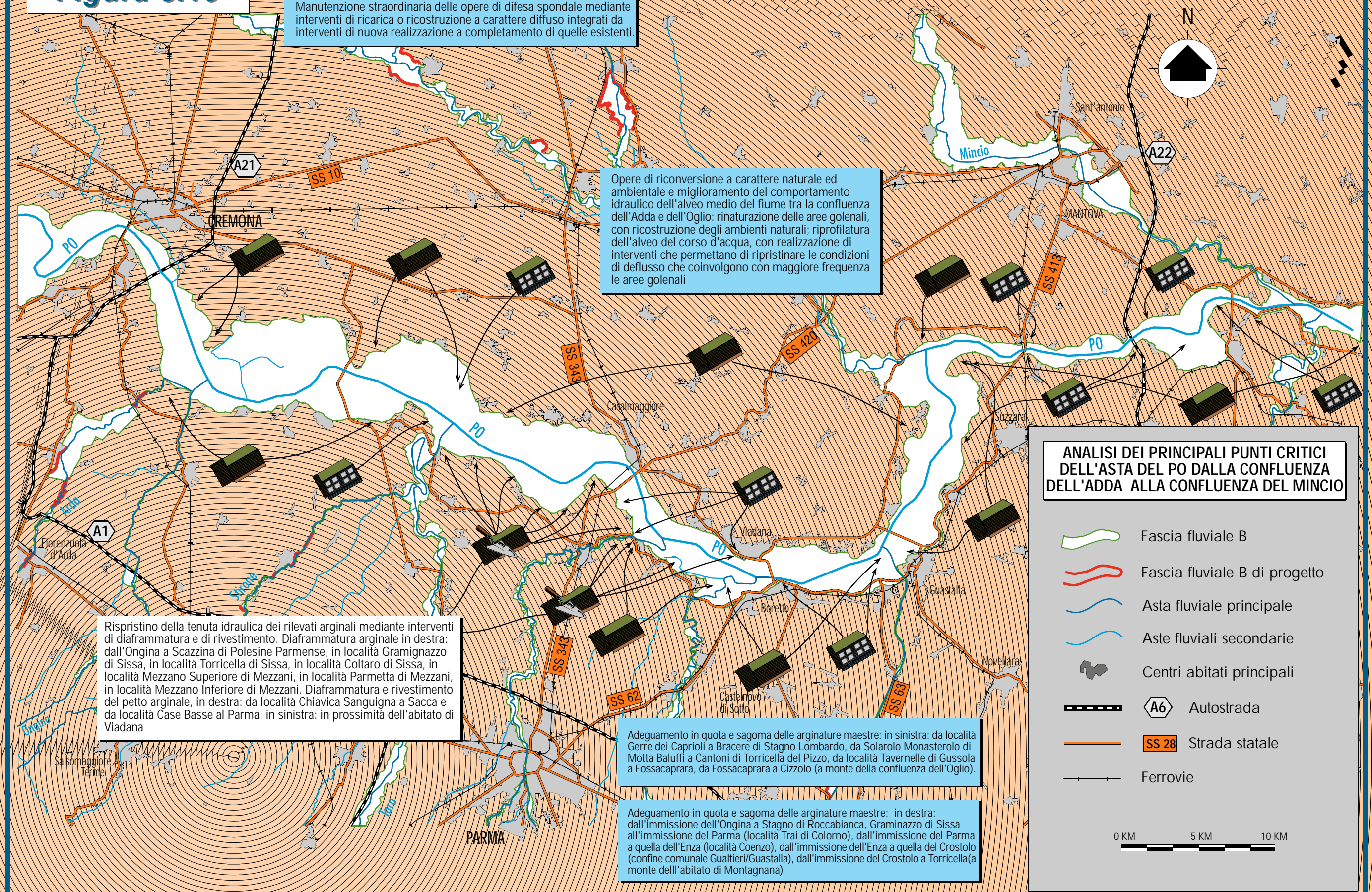
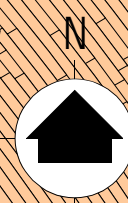


Figura 3.20

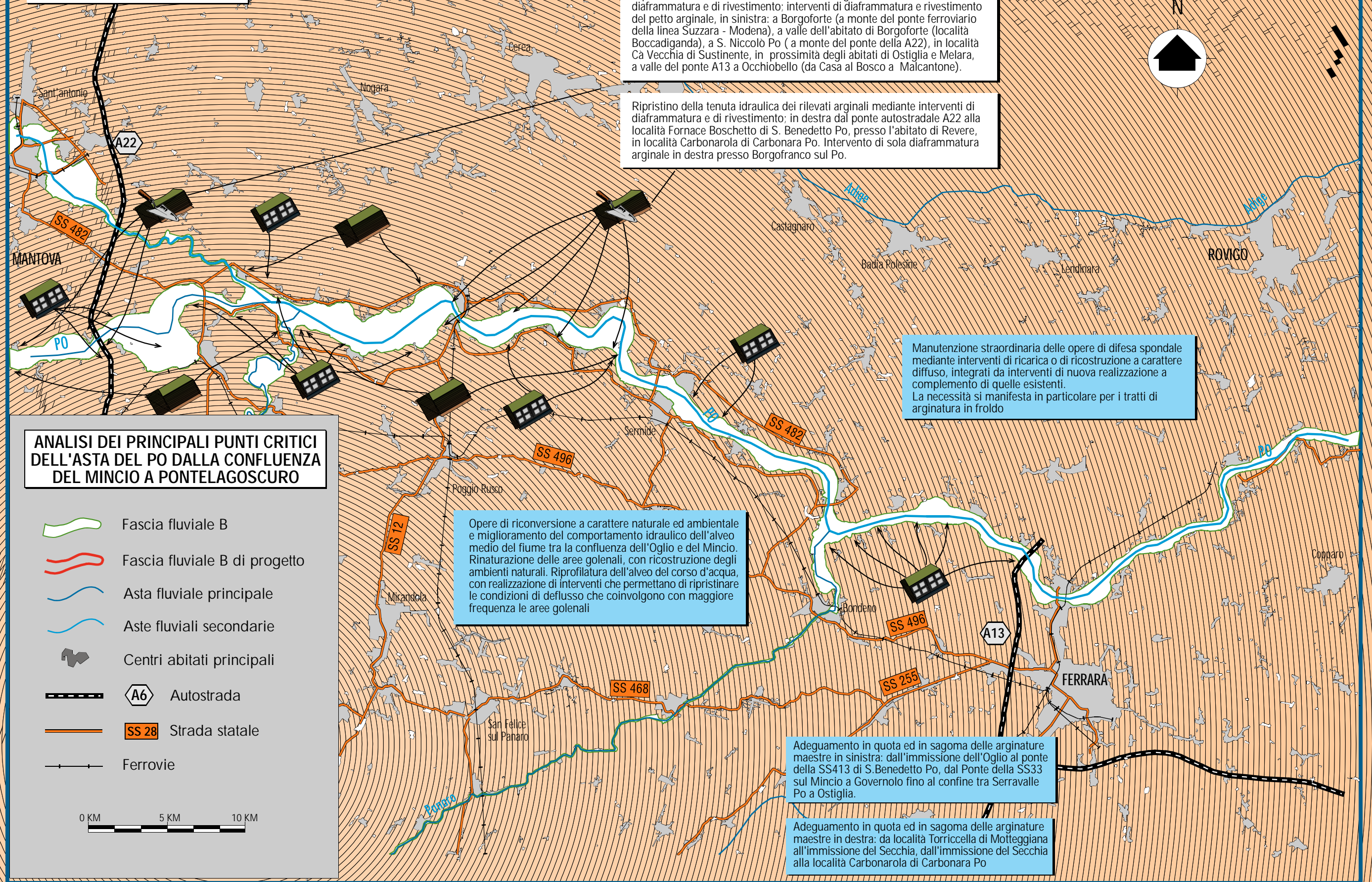
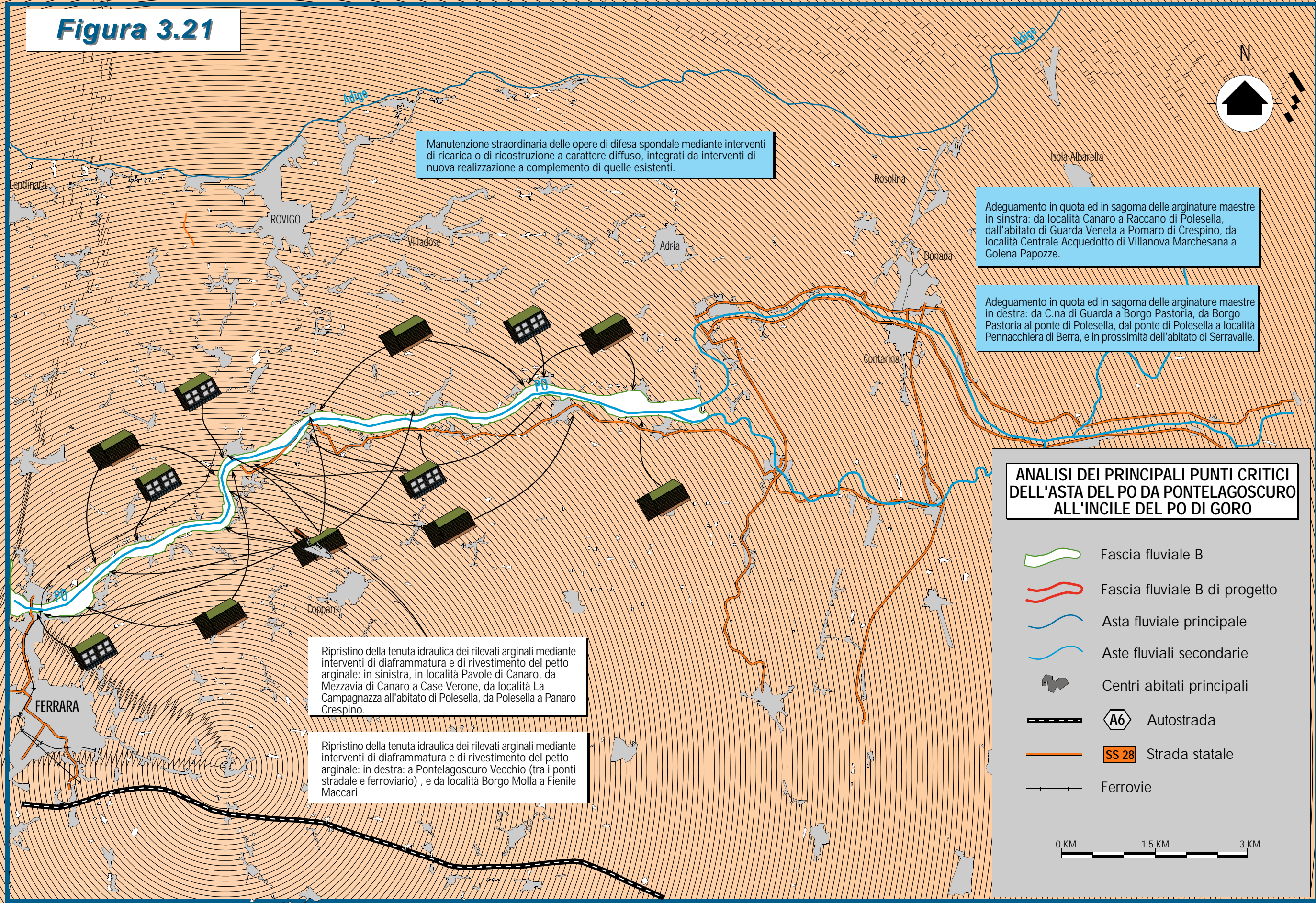


Figura 3.21



Manutenzione straordinaria delle opere di difesa spondale mediante interventi di ricarica o di ricostruzione a carattere diffuso, integrati da interventi di nuova realizzazione a complemento di quelle esistenti.








Adeguamento in quota ed in sagoma delle arginature maestre in sinistra: da località Canaro a Raccano di Polesella, dall'abitato di Guarda Veneta a Pomaro di Crespino, da località Centrale Acquedotto di Villanova Marchesana a Golena Papozze.

Adeguamento in quota ed in sagoma delle arginature maestre in destra: da C.na di Guarda a Borgo Pastoria, da Borgo Pastoria al ponte di Polesella, dal ponte di Polesella a località Pennacchiera di Berra, e in prossimità dell'abitato di Serravalle.

Ripristino della tenuta idraulica dei rilevati arginali mediante interventi di diaframmatura e di rivestimento del petto arginale: in sinistra, in località Pavole di Canaro, da Mezzavia di Canaro a Case Verone, da località La Campagnazza all'abitato di Polesella, da Polesella a Panaro Crespino.

Ripristino della tenuta idraulica dei rilevati arginali mediante interventi di diaframmatura e di rivestimento del petto arginale: in destra: a Pontelagoscuro Vecchio (tra i ponti stradale e ferroviario), e da località Borgo Molla a Fienile Maccari

ANALISI DEI PRINCIPALI PUNTI CRITICI DELL'ASTA DEL PO DA PONTELAGOSCURO ALL'INCILE DEL PO DI GORO

-  Fascia fluviale B
-  Fascia fluviale B di progetto
-  Asta fluviale principale
-  Aste fluviali secondarie
-  Centri abitati principali
-   Autostrada
-   Strada statale
-  Ferrovie

0 KM 1.5 KM 3 KM

3.4 Fattori naturalistici, storico-culturali ed ambientali

Le linee di intervento strutturale del Piano tengono conto delle caratteristiche ambientali dei diversi bacini idrografici, nel rispetto degli ambiti di rilevanza naturalistica e paesaggistica e del patrimonio monumentale esistenti sul territorio.

In particolare, nell'ambito lombardo del bacino le aree di interesse naturalistico sono le seguenti:

- le riserve regionali Abbazia Acqualunga, Garzaia del Bosco Basso, Garzaia della Roggia Torbida, Garzaia della Verminasca, Garzaia di Celpenchi, Garzaia di Pomponesco, Garzaia di S.Alessandro, Garzaia di Villa Biscossi, Isola Boschina, Isola Boscone, Monticchie, Palude di Ostiglia, Palude Loja, Monte Alpe;
- le aree di rilevanza ambientale denominate Oltrepò pavese e Po.

In ambito emiliano-romagnolo e veneto le aree di interesse naturalistico sono rappresentate da biotopi di rilevanza naturalistica a diversa valenza: Bosco Pontone, fiume Po da foce Trebbia alla lanca di Mezzano Vigoleno, Isola de Pinedo, Isola Serafini.

Per gli aspetti storico-culturali e paesaggistici, su un totale di 179 beni considerati, circa il 13% appartengono alla categoria dei centri e nuclei storici (24).

Tra gli edifici a carattere monumentale le tipologie religiose (75) sono prevalenti; sono presenti inoltre esempi di architettura civile (37), militare (39), di archeologia industriale (2), 2 aree archeologiche ed alcuni areali di rilevante interesse storico e paesaggistico (4).