

**PARTE V**

**CRITICITA'**



## **Criticità emerse dall'analisi delle aree a rischio idraulico e di frana**

### *GENERALITÀ*

Con l'Atto di indirizzo e coordinamento concernente la redazione dei piani di bacino (D.P.R. 18 luglio 1995) si introduce la dizione generale di squilibrio, con cui si definiscono quelle situazioni, manifeste o prevedibili, nelle quali il territorio presenta situazioni di rischio e/o di degrado per la vita e per lo sviluppo delle popolazioni. In tali aree, particolarmente, si devono concentrare le attenzioni dell'Autorità di Bacino, al fine di individuare azioni e interventi in grado di riportare le condizioni ad un livello di rischio sufficientemente accettabile e sostenibile. È evidente che il concetto di squilibrio è riferito non tanto al manifestarsi di eventi in se stessi, ma piuttosto a come tali eventi si ripercuotono sul territorio. Lo squilibrio è quindi, nella maggioranza dei casi, indotto dalla presenza di elementi, quali attività e insediamenti, in un contesto morfologicamente dinamico.

A tale dizione di squilibrio si richiama quella, forse più puntuale, di criticità oggetto di questo capitolo, con cui si vogliono intendere quelle situazioni in cui l'analisi del quadro conoscitivo e le verifiche svolte hanno condotto all'identificazione di livelli di rischio elevati e molto elevati.

Cardine del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico è la perimetrazione del bacino in aree a diversa pericolosità, sia idraulica che per frana, da cui poi ricavare i livelli di rischio, secondo il valore e la tipologia degli elementi sottoposti al grado di pericolo. Ne deriva che l'analisi delle criticità consiste, in estrema sintesi, nel valutare, in base alle peculiarità e caratteristiche degli insediamenti nel territorio, i rapporti attuali tra questi e la dinamica evolutiva del bacino, evidenziandone le aree di maggiore crisi, stimandone il danno atteso, definendone, lì dove possibile, le cause e concause che ne determinano la crisi, individuando le possibili soluzioni.

## **Approccio metodologico**

### *IL PROBLEMA DELLA IDENTIFICAZIONE DEL RISCHIO*

La stima della pericolosità costituisce il presupposto essenziale per la valutazione del rischio sul territorio. Questo, difatti, è dato dalla combinazione della probabilità di accadimento del prefissato evento calamitoso, appunto la *pericolosità*, e il danno che subiscono gli elementi esposti all'evento stesso.

La valutazione quantitativa del danno richiede, oltre ad una conoscenza dettagliata degli elementi esposti al rischio sul territorio, la stima della *vulnerabilità*, caratterizzata quest'ultima da molteplici elementi di aleatorietà, in parte connessi con la dinamica stessa dell'evento. Le valutazioni relative ad entrambe i fattori appena ricordati, implicano analisi territoriali, sociali e economiche da svolgersi a un livello di dettaglio che trascende le scale proprie della pianificazione di bacino.

Nell'elaborare il piano si è optato, come indicato con maggior dettaglio nel capitolo dedicato, per un approccio riferito essenzialmente alla *pericolosità*, derivata quest'ultima in base a criteri oggettivi. L'individuazione delle aree a rischio, svolta in via speditiva alla scala propria della pianificazione di bacino, è stata invece tesa a finalità legate all'individuazione delle criticità, alla determinazione delle cause, all'individuazione degli interventi di messa in sicurezza e alla definizione dei livelli di priorità.

Tabella 21: attribuzione delle classi di pericolosità in funzione del tempo di ritorno  $Tr$  [anni], del tipo di area (di accumulo o di trasferimento) e del battente idrico  $h$  [m] sul piano di campagna.

Tempo di ritorno	aree trasferimento		Aree di accumulo	
			$h \leq 0,30$	$h > 0,30$
$0 < Tr \leq 30$	P.I. 3		P.I. 3	P.I. 4
$30 < Tr \leq 100$	P.I. 2		P.I. 2	P.I. 3
$100 < Tr \leq 200$	P.I. 2		P.I. 2	P.I. 2
$200 < Tr \leq 500$	P.I. 1		P.I. 1	P.I. 1

Le classi di rischio sono dunque determinate dalla sovrapposizione della cartografia della pericolosità, con elementi cartografici risultanti dalla *Carta tecnica regionale* in scala 1:10.000, o da altre cartografie o rilievi di maggior dettaglio. Le relative cartografie sono raccolte negli atlanti degli elementi a rischio costituenti parte integrante del progetto del PAI.

La definizione degli elementi a rischio è avvenuta facendo riferimento all'atto di indirizzo e coordinamento per la redazione del PAI (D.P.C.M. 29 settembre 1998). Gli elementi a rischio individuati, mappati direttamente sulle aree a pericolosità idrogeologica, sono riportati nella tabella 2.

Tabella 22: caratterizzazione degli elementi a rischio nella cartografia di piano

Classe	DPCM 29 settembre 1998	Cartografia di piano
E1	Aree disabitate o improduttive	
E2	Edifici Isolati, aree agricole	Edifici isolati
E3	Agglomerati urbani, insediamenti produttivi, commerciali minori	Agglomerati urbani, insediamenti produttivi, commerciali minori
E4	Agglomerati urbani, aree sede di servizi pubblici ed privati, insediamenti produttivi, impianti tecnologici di rilievo impianti sportivi e ricreativi strutture ricettive di infrastrutture primarie, vie di comunicazione di rilevanza strategica, anche a livello locale	Agglomerati urbani, aree sede di servizi pubblici ed privati, insediamenti produttivi, impianti tecnologici di rilievo impianti sportivi e ricreativi strutture ricettive di infrastrutture primarie, vie di comunicazione di rilevanza strategica, anche a livello locale

La *Carta tecnica regionale*, realizzata in formato digitale, collaudata nel 2002 e riferita a rilievi aereofotogrammetrici realizzati tra il 1999 e il 2001, è uno strumento efficace e di agevole accessibilità per la gestione delle informazioni e degli elementi topografici. L'organizzazione e la struttura dei dati consente di memorizzare e gestire le entità geometriche e logiche presenti nella cartografia, descrivendone il contenuto informativo in modo esauriente.

Partendo da tale base cartografica ed elaborando i dati e gli attributi degli elementi areali e lineari presenti, è stata realizzata la *carta degli elementi a rischio*. La diversa colorazione usata nella cartografia di piano per la definizione degli elementi, consente una intuitiva descrizione della tipologia di struttura o infrastruttura. Questo, associato alla classe di

pericolosità, consente di definire con sufficiente approssimazione il rischio di ogni singola entità o areale. Tale approccio è rigoroso per gli insediamenti e le infrastrutture al momento presenti sul territorio, ma non consente di valutare il grado di rischio associabile alle previsioni urbanistiche, naturalmente non riportate in cartografia. Peraltro definire a priori classi di rischio che contemplino anche l'urbanizzazione a venire porterebbe ad una complessa schematizzazione su base previsionale del territorio, dai forti contenuti strettamente vincolistici. La definizione del rischio per le previsioni pianificatorie locali è in ogni caso assicurata mediante lo schema della tabella 3, associando la perimetrazione alle carte della pericolosità. Associando inoltre l'architettura delle norme di salvaguardia alla pericolosità invece che al rischio, in ogni caso non vengono a mancare i presupposti giuridici per la definizione delle previsioni urbanistiche in essere e future.

In particolare sono state considerate, tra le tipologie di elementi a rischio, le classi *E1* - aree disabitate o improduttive (non comprese negli elaborati grafici), *E2* - edifici isolati, aree agricole (non comprese negli elaborati grafici), *E3* - nuclei urbani, insediamenti industriali e commerciali minori, comprese le zone di espansione urbanistica, *E4* - centri urbani, grandi insediamenti industriali e commerciali, le infrastrutture e servizi di rilevanza strategica anche a livello locale.

Mediante l'incrocio del dato relativo all'elemento con quello della classe di pericolosità, si può pertanto risalire agevolmente al grado di rischio. Per tutti gli elementi è stato considerato un coefficiente di vulnerabilità pari ad uno, corrispondente al danno massimo. Il valore degli elementi, e quindi il danno conseguente, è in definitiva assunto, in via convenzionale e qualitativa, crescente con l'indice della classe di appartenenza. Ne consegue che parimenti la valutazione del rischio non può che essere condotta su criteri qualitativi che, nell'ambito del presente lavoro, hanno condotto alla matrice riportata nel seguito.

Tabella 23: Individuazione delle classi di rischio in funzione della tipologia degli elementi e della classe di pericolosità

		Classe di pericolosità			
		<i>P1</i>	<i>P2</i>	<i>P3</i>	<i>P4</i>
Tipologia degli Elementi a rischio	<i>E1</i>	<b>R1</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R2</b>
	<i>E2</i>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>R4</b>
	<i>E3</i>	<b>R1</b>	<b>R3</b>	<b>R4</b>	<b>R4</b>
	<i>E4</i>	<b>R1</b>	<b>R3</b>	<b>R4</b>	<b>R4</b>

Le diverse condizioni di rischio sono aggregate in quattro classi a gravosità crescente alle quali sono attribuite le seguenti definizioni, così anche come indicato nell'atto di indirizzo e coordinamento al D.L. n. 180/98:

- *R.1.1*, rischio *moderato*, per il quale i danni sociali e economici sono marginali;
- *R.1.2*, rischio *medio*, per il quale sono possibili danni minori agli edifici e alle infrastrutture che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche;
- *R.1.3*, rischio *elevato*, per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche;

- *R.I.4*, rischio *molto elevato*, 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 socio-economiche.

## Descrizione delle criticità

### GENERALITÀ

Il bacino dell'Arno, ai fini della legge 183, si sviluppa per una superficie di 9132 km<sup>2</sup>, con una lunghezza dell'asta principale di circa 241 km. Volendo portare alcune considerazioni di sintesi in merito alla crescita dell'urbanizzazione nel bacino, si può affermare che sino al 1954 lo stato dell'urbanizzazione corrispondeva, con leggeri cambiamenti, ad una situazione storica, da tempo consolidata. La crescita dell'urbanizzazione prosegue con un tasso relativamente ridotto sino al 1967, anno in cui, dopo l'alluvione del '66, si verifica l'inizio di una rilevante espansione edilizia che interesserà praticamente buona parte delle aree di fondovalle del bacino. L'urbanizzazione subisce un rallentamento alla fine degli anni settanta, anche se certo non cessa di progredire. Dalla metà degli anni novanta si avvertono i segnali di una inversione di tendenza, con una ridefinizione delle politiche di sviluppo del territorio tese più al recupero e valorizzazione di situazioni dismesse e degradate, presenti sul territorio, più che all'occupazione di nuove aree pregiate. Nel bacino le aree di pianura costituiscono il 21% dell'intero territorio (1924 km<sup>2</sup>).

## Aree soggette a rischio idraulico

### GENERALITÀ

Una estesa analisi del rischio idraulico nel bacino dell'Arno è riportata nelle Pubblicazioni dell'Autorità di Bacino, Quaderno n. 2 (1994), e nel piano stralcio relativo alla riduzione del rischio idraulico, sintetizzato nel Quaderno n. 5 (1996), disponibili presso l'Autorità e ai quali si rimanda per ogni eventuale approfondimento. In estrema sintesi si può qui ricordare che l'evento del 1966, maggiore per effetti calamitosi in oltre un secolo, interessò, per estensione della superficie inondata, circa 1280 Km<sup>2</sup>: quasi il 70% della superficie di pianura del bacino e circa il 15% di quella totale. Si tratta, è bene ricordarlo, di valutazioni approssimate che mescolano diversi fattori di criticità, quali insufficiente capacità di smaltimento, ristagno, rotte arginali ed altro ancora. Il dato è tuttavia eclatante, soprattutto se riferito ad una frequenza dell'evento, di ordine secolare e dunque eccezionale ma non catastrofico.

Il numero delle vittime fu, allora, di trentasei. Una simulazione svolta adesso, sulla base dell'attuale consistenza del patrimonio edificato, mostra che, nel perimetro allora inondato, sono ubicati oltre centocinquemila edifici, per oltre 44 milioni di metri quadrati di superficie coperta. Si tratta, per estensione, di circa un terzo del totale edificato del bacino. Nelle superfici è stato computato tanto il patrimonio abitativo che gli insediamenti produttivi, i luoghi di culto, gli edifici della pubblica amministrazione e quant'altro ancora.

Ancora, forse, più importante è il dato riferito alle inondazioni ricorrenti. Si tratta di fenomeni avvenuti nel periodo dal 1966 ad oggi, la cui frequenza stimata è di ordine decennale. Tale scenario è significativo anche alla luce delle fluttuazioni climatiche che, in questi ultimi anni, hanno ribadito l'incremento nella frequenza di processi meteorologici concentrati nello spazio e nel tempo. La superficie interessata da tali alluvioni ricorrenti è

dell'ordine di 570 Km<sup>2</sup>, quasi il 30% delle pianure e il 6% della superficie dell'intero bacino. Il riferimento alla superficie edificata è di circa 10 milioni di metri quadrati, oltre il 7% del totale. Si tratta, ancora, di un insieme di fenomeni che, singolarmente, hanno importanza ed impatti del tutto diversi ma che fornisce un'idea concreta della fragilità idraulica del territorio.

#### L'ANALISI DEL PAI

Come indicato nei capitoli dedicati alla metodologia utilizzata per la definizione delle aree a pericolosità, le aree perimetrate al livello di dettaglio, in scala 1:10.000, e quindi oggetto di modellazione specifica degli eventi di piena, rappresentano il 7,3% dell'intero territorio, corrispondente a circa 669 km<sup>2</sup>. Le aree invece studiate a livello di sintesi, in scala 1:25.000, identificate in base a criteri geomorfologici e storico-inventariali, costituiscono il 15% del bacino, corrispondente a 1373 km<sup>2</sup>.

Le tabelle successive indicano la ripartizione delle classi di pericolosità identificate per il livello di sintesi e per il livello di dettaglio, in termini di estensione e percentuali.

Tabella 24: Superfici e percentuali delle classi di pericolosità relative al livello di sintesi (analisi storico-inventariale alla scala 1:25.000)

Classe di pericolosità idraulica livello di sintesi	Superficie (Km <sup>2</sup> )	Percentuale	
		Rispetto al bacino	Rispetto alle aree di pianura
PI4	230,8	2,5%	11,9%
PI3	120,7	1,3%	6,2%
PI2	458,8	5,0%	23,7%
PI1	562,7	6,1%	29,1%
<b>Totale</b>	<b>1373,0</b>	<b>14,9%</b>	<b>70,9%</b>

Tabella 25: Superfici e percentuali delle classi di pericolosità relative al livello di dettaglio (derivata da modello, alla scala 1:10.000)

Classe di pericolosità idraulica livello di dettaglio	Superficie (Km <sup>2</sup> )	Percentuale	
		Rispetto al bacino	Rispetto alle aree di pianura
PI4	152,2	1,7%	7,9%
PI3	148,5	1,6%	7,7%
PI2	221,3	2,4%	11,4%
PI1	74,0	1,0%	3,8%
<b>Totale</b>	<b>596,0</b>	<b>6,7%</b>	<b>30,8%</b>

Cumulando i dati delle due tabelle precedenti abbiamo che il 21,6% dell'intero bacino è interessato dalle perimetrazioni di pericolosità idraulica e che tutte le aree di pianura rientrano nelle classi considerate.

Tabella 26: Superfici e percentuali delle classi di pericolosità relative alla somma delle classi di pericolosità ricavate dall'analisi al livello di dettaglio e al livello di sintesi

Classe di pericolosità sintesi più dettaglio	Superficie (Km <sup>2</sup> )	Percentuale	
		Rispetto al bacino	Rispetto alle aree di pianura
PI4	383,0	4,2%	19,8%
PI3	269,2	2,9%	13,9%
PI2	680,0	7,4%	35,1%
PI1	636,8	7,0%	32,8%
<b>Totale</b>	<b>1968,9</b>	<b>21,6%</b>	<b>100,0%</b>

Le aree a pericolosità idraulica, come più sopra ricordato, derivano da analisi svolte a due livelli: i) un livello di dettaglio alla scala 1:10.000, ottenuto con analisi numerica, che riguarda la parte di bacino afferente all'asta principale dell'Arno ed ai principali affluenti, ii) un livello sinottico, alla scala 1:25.000, sostanzialmente ricavato mediante criteri geomorfologici e storico analitici, che ricopre la restante parte del bacino.

La tabella che segue mostra l'incidenza delle aree a pericolosità idraulica sul territorio dei comuni ricadenti nel bacino.

Tabella 27: incidenza delle aree a pericolosità idraulica sui comuni ricadenti nel bacino

	PI1	PI2	PI3	PI4
Comuni interessati [Numero]	157	142	122	144
Comuni interessati [%]	95%	86%	73%	87%

Nella sostanza soltanto i comuni di Asciano, Castellina Marittima, Firenzuola, Piegara, Pienza, Piteglio, Radicondoli, Tuoro sul Trasimeno sono gli unici, su complessivi 166, che non comprendono aree a pericolosità idraulica. La loro incidenza sul territorio è, peraltro, marginale. In sintesi, quasi il 90% dei comuni, sono interessati da pericolosità idraulica elevata o molto elevata.

L'incidenza degli edifici sulle aree a pericolosità è sintetizzata nelle tabella che seguono.

Tabella 28: numero di edifici interessati da pericolosità idraulica distinti per tipologia

Classe di pericolosità	Agglomerati urbani	Insedimenti produttivi	Servizi pubblici	Totale [-]
<i>molto elevata</i>	15279	2481	131	17891
<i>elevata</i> o <i>superiore</i>	44756	7380	371	52507
<i>media o superiore</i>	129138	19425	1039	149602
<i>moderata</i> o <i>superiore</i>	212124	30574	1664	244362

Tabella 29: superficie edificata [Mm<sup>2</sup>] interessata da pericolosità idraulica e distinta per tipologia

Classe di pericolosità	Agglomerati urbani	Insedimenti produttivi	Servizi pubblici	Totale [Mm <sup>2</sup> ]
<i>molto elevata</i>	2.78	2.36	0.52	5.67
<i>elevata</i> o <i>superiore</i>	9.26	7.57	1.96	18.79
<i>media o superiore</i>	30.27	20.70	5.80	56.77
<i>moderata</i> o <i>superiore</i>	50.34	31.87	10.22	92.43

Conviene dedicare qualche accenno all'impatto della pericolosità sull'assetto infrastrutturale. Nella tabella che segue è riportata l'incidenza della pericolosità idraulica sulle diverse tipologie di elementi della rete ferroviaria e stradale ritenuti strategici.

Tabella 30: Tratti di infrastrutture (in Km) che ricadono nelle diverse classi di pericolosità

	<i>molto elevata</i>	<i>elevata o superiore</i>	<i>media o superiore</i>	<i>moderata o superiore</i>
Ferrovie	83.9	124.0	283.8	447.5
Autostrade	47.7	99.7	276.4	411.5
Strade statali	60.8	119.9	279.9	479.5
Strade provinciali	112.8	203.1	506.6	848.6
Strade comunali	112.3	271.8	701.5	1138.5

Dai risultati si osserva come il rischio associato alla perdita, anche temporanea di infrastrutture strategiche, sia forte. D'altro canto è facile calcolare che l'evento a pericolosità *molto elevata*, il cui tempo di ritorno è stimato convenzionalmente in 30 anni, ha probabilità pari al 15% di accadere nei prossimi 5 anni e pari al 30% sullo scenario decennale.

#### *ALCUNE OSSERVAZIONI DI ORDINE METODOLOGICO*

È opportuno richiamare in sintesi i presupposti sui quali è stato costruito il modello *Idrarno*, appositamente realizzato per la perimetrazione della pericolosità al livello di dettaglio. La procedura adottata, a cui si rimanda per i dettagli, è in grado di segnalare le eventuali tracimazioni arginali o delle sponde, in destra o sinistra idrografica, le portate smaltibili in alveo e quelle eventualmente esondate, fornendone i relativi volumi. La tracimazione viene simulata come sfioro laterale attraverso soglia fissa, predisposto nel modello fra due successive sezioni trasversali.

Nel modello non si considera la possibilità di ostruzione delle opere d'arte interferenti e il collasso delle strutture arginali tracimate.

Le aree alluvionate derivano quindi sostanzialmente dall'insufficienza delle sezioni idrauliche, prescindendo dall'effettivo stato di manutenzione delle arginature. La realizzazione di un modello che tenesse in considerazione anche lo stato arginale è apparso, oggettivamente, estremamente oneroso, sia per i costi che per l'architettura del sistema, oltre a presentare dubbi rispetto all'attendibilità delle risposte. L'aspetto legato allo stato di manutenzione degli argini è comunque già stato oggetto di analisi ed è oltremodo normato nel Piano stralcio "Rischio Idraulico" (*Norma n. 11 – Adeguamento dei tratti critici dell'Arno e Affluenti*).

Per quanto riguarda invece la pericolosità al livello sinottico, questa è stata ottenuta con criteri geomorfologici e storico-inventariali, facendo riferimento, nella sostanza, all'analisi dei tratti del fondovalle e ad eventi alluvionali che hanno interessato il territorio in passato. Questa analisi, in ogni caso rigorosa per quanto riguarda i criteri morfologici, lascia adito ad interpretazioni diverse per gli eventi storici, di cui le notizie non sempre risultano precise e spesso le cause sono condite da interpretazioni variegiate. Sono note quindi le criticità ma spesso si perde la definizione delle cause che le hanno generate.

#### PERICOLOSITÀ A LIVELLO DI DETTAGLIO

Dall'esame della cartografia ottenuta mediante modellazione, risulta che le criticità maggiori interessano la parte bassa e mediana del bacino.

In particolare, partendo dalla foce, buona parte del territorio del Parco Regionale di Migliarino, S. Rossore e Massaciuccoli risulta ricompreso in aree a pericolosità molto elevata. E' da ricordare che in questa zona il regime meteomarinico è predominante rispetto al regime fluviale, con esondazioni spesso conseguenti all'impossibilità del regolare deflusso a mare di onde di piena anche di modesta entità ma concomitanti a mareggiate.

Proseguendo lungo il corso del fiume la prima città rivierasca che si incontra, Pisa, ha tutto il centro storico perimetrato in classi di pericolosità elevata e molto elevata. La sezione fluviale all'interno della città, infatti, risulta non sufficiente a contenere l'evento trentennale.

Altro importante centro posto in aree a pericolosità elevata molto elevata è Pontedera, interessato da eventi alluvionali sia dell'Arno ma, anche e soprattutto, del fiume Era, suo affluente di sinistra. Il piano stralcio "Rischio Idraulico" prevede la realizzazione di importanti opere per la messa in sicurezza di questa zona, tra cui numerose casse di espansione lungo il fiume Era ed i suoi affluenti nonché la realizzazione di uno scolmatore dell'Era recapitante le acque di piena direttamente nello Scolmatore dell'Arno esistente. Alcune di questi interventi sono al momento in fase di realizzazione. Sempre per l'area di Pontedera è previsto l'adeguamento dello Scolmatore dell'Arno stesso, che ha il suo incile all'interno del centro abitato. Questa grande opera, portata a compimento dopo il disastroso evento alluvionale del 1966, al momento è in grado di scolmare una portata inferiore a di 1000 mc/s. L'intervento di adeguamento dovrebbe consentire il deflusso della portata di progetto dell'ordine di 1.400 mc/s. Tale intervento dovrebbe garantire un maggior livello di sicurezza, tra l'altro, alla città di Pisa.

Altre criticità rilevanti interessano il così detto *Comprensorio del Cuoio*, che si estende per circa 300 Km<sup>2</sup> e comprende i Comuni di S. Maria a Monte, Castelfranco di Sotto, S. Croce, Montopoli, S. Miniato e Fucecchio.

È questo un territorio ad intensa vocazione industriale, ove, buona parte dell'urbanizzato e delle previsioni urbanistiche ricadono in aree a pericolosità idraulica PI4 e PI3.

In particolare emergono punti di crisi in aree industriali o a previsione industriale. Tra queste la zona industriale del Comune di S. Maria a Monte, così come le nuove zone produttive dei comuni di Castelfranco, Santa Croce e Fucecchio, i cui strumenti urbanistici recentemente approvati hanno previsto la delocalizzazione degli edifici industriali, commisti all'interno del tessuto urbano, in aree poste esternamente alla cerchia cittadina ed in prossimità delle principali vie di comunicazione. La delocalizzazione va però ad interessare, almeno parzialmente, aree di cui l'analisi idraulica ha evidenziato criticità. Alcune di queste situazioni di crisi appaiono risolubili in tempi brevi, come ad esempio quelle relative ad alcune aree classificate come a pericolosità molto elevata nel Comune di S. Croce, classificazione dovuta ad una insufficienza arginale per un tratto di modeste dimensioni, per il quale sono in corso di progettazione i lavori di adeguamento legati a finanziamenti di cui al D.L. 180/98.

Al di là di questi interventi di tipo puntuale, legati a specifiche singolarità, le criticità dell'area saranno risolte una volta realizzati le grandi casse di espansione ivi previste dal Piano "Rischio Idraulico", tra cui la cassa di Montopoli, e le due casse in Comune di S. Miniato, tutte in corso di progettazione.

Seguendo il corso del fiume altre criticità emergono nel comune di Empoli, dovute al reticolo minore, in particolare delle acque del torrente Orme, che in condizioni di piena

dell'Arno non riesce a defluire correttamente, provocando l'inondazione di un'area interessata da edificato e previsioni urbanistiche. Altra zona critica del territorio comunale per combinazione di pericolosità e presenza di elementi o previsioni a rischio, è l'area industriale in località Terrafino, parzialmente interessata da esondazioni del fiume Elsa. La messa in sicurezza dell'area è legata alla realizzazione della cassa di espansione in località Madonna della Tosse, attualmente in corso di realizzazione.

Di fronte all'abitato di Empoli, in destra d'Arno, buona parte del centro abitato di Vinci ricade in aree a pericolosità molto alta sempre a seguito di insufficienze arginali.

Anche in questo caso le problematiche possono essere mitigate dalle realizzazioni di due casse di espansione controllata previste a monte e denominate Fibbiana 1 e 2. Entro la fine del 2002 saranno redatti i progetti definitivi di tali opere.

Residue criticità interessano anche il Comune di Montelupo Fiorentino, dovute sostanzialmente alla presenza di alcuni sottopassi alla massicciata ferroviaria, che corre in fregio all'Arno fungendo anche da argine di secondo ordine. Tali problematiche possono essere risolte, predisponendo opportuni presidi alle discontinuità predette attualmente in corso di progettazione. I problemi legati invece allo smaltimento delle maggiori piene del fiume Pesa, che confluisce in Arno in corrispondenza del centro abitato di Montelupo, sono, almeno in parte, affrontate da casse di espansione già realizzate lungo l'asta a monte e da altre casse in corso di progettazione..

Una forte criticità caratterizza tutta la zona afferente ai bacini dell'Ombrone e del Bisenzio e il nodo fiorentino. E' un'ampia zona di pianura, intensamente urbanizzata e caratterizzata da un generalizzato elevato grado di pericolosità idraulica, sia dovuto ai corsi d'acqua principali, sia al reticolo delle cosiddette *acque basse*, regolate dalle opere realizzate negli anni dai vari Consorzi di Bonifica. Le *acque basse* sono state oggetto nell'ultimo decennio di numerosi interventi, anche con il contributo di questa Autorità, che hanno notevolmente ridotto il livello di rischio. Il Piano stralcio "*Rischio Idraulico*" prevede per tutta l'area metropolitana Firenze-Prato-Pistoia una serie di importanti opere, alcune delle quali in stato di avanzata progettazione, che ricondurranno la situazione a livelli di rischio sostenibile.

Il centro urbano della città di Firenze non ricade tra le aree a pericolosità elevata e molto elevata.

Ulteriori criticità risultano nel Valdarno Superiore e nel Casentino, anche se, per l'andamento morfologico delle aree prospicienti ai corsi d'acqua, presentano una estensione areale minore.

Criticità localizzate interessano anche l'abitato di Arezzo, dovute al torrente Castro che attraversa il tratto cittadino con un percorso sotterraneo, con sezione insufficiente allo smaltimento delle acque di piena.

Criticità diffuse interessano il territorio del comune di Poppi e il Casentino, anche se per questa porzione di bacino la probabilità di alluvione interessa in massima parte terreni agricoli.

#### **PERICOLOSITÀ A LIVELLO DI SINTESI**

Riguarda le aree perimetrate alla scala 1:25.000 redatte con criteri storico-inventariali. Come per il livello di dettaglio le cartografie riportano quattro classi di pericolosità all'interno delle quali, proprio in virtù dei criteri utilizzati per la perimetrazione, non è stato tuttavia possibile individuare il battente raggiunto dalle acque di esondazione. Dato di

partenza fondamentale della perimetrazione è la “*cartografia delle aree allagate negli ultimi trenta anni*”, costituente parte integrante del piano stralcio “*Rischio Idraulico*”. In particolare nel Piano si prevede che la predetta cartografia possa essere modificata, su richiesta delle amministrazioni comunali interessate, a seguito di presentazione di opportuna documentazione tecnica attestante le modifiche richieste.

Ovviamente le eventuali modifiche, una volta recepite, avranno riflesso sulla cartografia di PAI.

Ciò premesso, le criticità più evidenti risultano interessare il bacino dello Scolmatore d'Arno, l'alta Valdera, il Padule di Bientina, il Padule di Fucecchio e la Val di Chiana senese.

Lo Scolmatore dell'Arno percorre una vasta area di pianura, in parte caratterizzata da zone umide già in tempi storici interessate da opere di bonifica. Nello Scolmatore confluiscono una serie di canali di bonifica, di corsi d'acqua provenienti dalle colline pisane e livornesi e canali artificiali (di cui il più importante è il Canale dei Navicelli); tali corsi confluiscono a mare in corrispondenza dell'attuale foce dello Scolmatore nella così detta fiumara del Calabrone. In una situazione idraulicamente così complessa e per un territorio caratterizzato da una altimetria spesso a quote corrispondenti al livello medio mare, il canale Scolmatore ha indubbiamente creato nuove criticità. In particolare, in concomitanza delle aperture delle paratoie che regolano l'incile di Pontedera, anche per portate notevolmente inferiori a quelle di progetto, apertura ad esempio avvenuta in seguito agli eventi alluvionali dei primi anni novanta, tutto il reticolo minore va in crisi per impossibilità di deflusso. Criticità inoltre sono dovute anche alle arginature del Canale, impostate su terreni limo argillosi e che nel tempo hanno manifestato problemi di subsidenza.

Le criticità maggiori interessano la parte valliva in Comune di Collesalveti, sia in destra che in sinistra idraulica. In particolare aree di crisi risultano l'area industriale interessata, tra l'altro, da importanti strutture, quali l'Interporto “Amerigo Vespucci” e il complesso siderurgico ex CMF, nonché aree oggetto di previsioni urbanistiche. Al momento sono in corso interventi di bonifica idraulica e studi di dettaglio atti ad individuare possibili interventi di mitigazione delle criticità emerse nonché la realizzazione di casse di espansione sul torrente Acqua Salsa.

Per quanto riguarda le aree afferenti al sottobacino del Tora, affluente di destra dello Scolmatore, ricadenti nei Comuni di Fauglia, Lorenzana, Crespina, e Collesalveti, interessate negli anni novanta da eventi alluvionali di fortissima intensità, le criticità emerse in fase di stesura del *Piano Straordinario per la rimozione delle situazioni a rischio più alto*, sono ad oggi in buona parte superate grazie ad un complesso di interventi consistenti in realizzazione di casse di espansione, sistemazioni arginali, rifacimento di ponti, sottopassi, ecc..

Problematiche dovute a pericolosità elevata emergono anche nel bacino dell'Era e del suo affluente Cascina.

In particolare le aree industriali dei Comuni di Lari, Ponsacco e parzialmente di Pontedera ricadono in aree a pericolosità elevata. Tali criticità saranno risolte, in parte, una volta completati gli interventi già previsti sui torrenti Cascina e Zannone.

Per quanto riguarda i bacini del Padule di Bientina e di Fucecchio, tra l'altro aree a forte valenza ambientale, caratterizzati da una intensa urbanizzazione, sono stati individuati

dalla Regione Toscana gli Enti attuatori di studi di area vasta e di progettazioni preliminari di interventi di Piano atti a mitigare le pericolosità riscontrate.

La Valdichiana senese ricade, per buona parte del suo territorio, in classe di pericolosità molto elevata. Pur essendo un territorio sostanzialmente a destinazione agricola, emergono puntuali aree di crisi in corrispondenza dei centri abitati e lungo le principali vie di comunicazione.

Anche in questo caso sono in corso studi di dettaglio che oltre ad affinare il quadro conoscitivo permetteranno l'individuazione di interventi atti a mitigare le condizioni di rischio.

## Aree soggette a rischio da frana

### GENERALITÀ

La metodologia usata per la perimetrazione della pericolosità da frana, a cui si rimanda per i dettagli, ha seguito anche in questo caso due livelli di indagine: uno di dettaglio, alla scala 1:10.000, in cui sono state cartografate le aree in frana derivanti dall'inventario dei fenomeni franosi, l'altro di sintesi, alla scala 1:25.000, in cui sono state individuate le aree con diversa pericolosità derivanti dall'analisi dei Piani Territoriali di Coordinamento provinciali oltre che dal quadro conoscitivo già in possesso dell'Autorità.

Con il livello di dettaglio l'analisi del censimento dei fenomeni franosi ha condotto all'individuazione delle aree *PF4*, con il livello di sintesi sono state invece perimetrate le aree *PF3*, *PF2* e *PF1*, a cui sono state aggiunte anche le ulteriori aree a pericolosità elevata, media e moderata presenti nel censimento. Quindi le aree *PF4* sono indicate solo nella cartografia di dettaglio (scala 1:10.000).

### L'ANALISI DEL PAI

Come si può vedere dalla tabella 11 la superficie che è stata oggetto di perimetrazione nelle diverse classi di pericolosità da frana è di 7154 km<sup>2</sup>, per una percentuale totale sul bacino del 78,4%.

Tabella 31: Superfici e percentuali delle classi di pericolosità relative alla somma delle classi di pericolosità ricavate dall'analisi al livello di dettaglio e al livello di sintesi

Classi di pericolosità da frana	Superficie (Km <sup>2</sup> )	Percentuale	
		Rispetto al bacino	Rispetto alle aree di pianura
PF4	10,0	0,11%	0,14%
PF3	458,4	5,02%	6,37%
PF2	2234,7	24,47%	31,07%
PF1	4442,3	48,65%	61,76%
<b>Totale</b>	<b>7145,4</b>	<b>78,24%</b>	<b>99,33%</b>

La tabella 12 invece mostra l'incidenza delle aree a pericolosità da frana sul territorio dei comuni ricadenti nel bacino.

Tabella 32: incidenza delle aree a pericolosità da frana sui comuni ricadenti nel bacino

	PI1	PI2	PI3	PI4
Comuni interessati [Numero]	159	157	151	35
Comuni interessati [%]	96%	95%	91%	21%

Oltre il 90% dei Comuni sono pertanto interessati da dissesti reali (*PF4*), derivanti dal censimento delle aree in frana, o presentano elevata propensione al dissesto (*PF3*).

Il numero di edifici che ricadono in ciascuna delle classi di pericolosità da frana individuate è invece l'oggetto della tabella che segue.

Tabella 33: numero di edifici interessati da pericolosità da frana distinti per tipologia

Classe di Pericolosità	Agglomerati urbani	Insedimenti produttivi	Servizi pubblici	Totale [-]
<i>molto elevata</i>	950	28	15	993
<i>elevata superiore</i> o	14907	539	176	15622
<i>media o superiore</i>	106986	5993	960	113939
<i>moderata superiore</i> o	175595	11044	1566	188205

La tabella 14 mostra invece le superfici edificate in rapporto alla tipologia e alla pericolosità.

Tabella 34: superficie edificata [Mm<sup>2</sup>] interessata da pericolosità da frana e distinta per tipologia

Classe di Pericolosità	Agglomerati urbani	Insedimenti produttivi	Servizi pubblici	Totale [Mm <sup>2</sup> ]
<i>molto elevata</i>	0.18	0.015	0.005	0.20
<i>elevata superiore</i> o	1.94	0.17	0.31	2.42
<i>media o superiore</i>	18.69	3.33	2.74	24.76
<i>moderata superiore</i> o	29.71	5.71	5.03	40.45

L'analisi dell'impatto della pericolosità da frana sulle infrastrutture mostra anche qui un forte rischio, tuttavia certamente più localizzato e circostanziato rispetto all'idraulica.

Tabella 35: Tratti di infrastrutture (in Km) che ricadono nelle diverse classi di pericolosità da frana

	<i>molto elevata</i>	<i>elevata o superiore</i>	<i>media o superiore</i>	<i>moderata o superiore</i>
Ferrovie	0,6	16,8	105,9	361,5
Autostrade	0,6	5,6	107,5	301,2
Strade statali	2,7	40,9	273,3	824,8
Strade provinciali	9,2	121,7	844,4	2035,7
Strade comunali	11,2	171,6	1102,7	2732,5

#### PERICOLOSITÀ A LIVELLO DI DETTAGLIO

Fra le aree *PF4* individuate alla scala di dettaglio particolare attenzione va posta in quei centri abitati di rilevante interesse storico e culturale dove, oltre a rischio per persone e cose, l'evento franoso mette in serio pericolo anche beni artistici e architettonici rilevanti.

Tra questi certamente il dissesto che interessa il Santuario di Chiusi della Verna nell'alto Casentino, in provincia di Arezzo, è uno dei più importanti. Il movimento gravitativo profondo che investe anche il Santuario è già oggetto di intervento per il cui finanziamento ha contribuito anche questa Autorità. Il dissesto è di tipo particolare e le opere per la messa in sicurezza sono sicuramente imponenti ed onerose. L'importanza del luogo in ogni caso giustifica i mezzi necessari al ripristino della sua sicurezza.

Altro luogo di interesse storico oggetto di dissesto da frana è la Pieve di Romena, sempre in Casentino nel Comune di Pratovecchio. Qui siamo in presenza di un movimento complesso che interessa materiali argilloscisti in assetto caotico, per il cui ripristino sono necessari interventi di consolidamento e drenaggio del versante su cui si pone la Pieve.

Sempre nell'aretino, di una certa rilevanza è il dissesto che interessa l'abitato di Montemignaio. Le altre frane a pericolosità molto elevata presenti nella provincia di Arezzo interessano frazioni sparse e nuclei isolati posti nel Comune di Chiusi della Verna, (Biforco, Corezzo, Giampereta, Frassineto), nel Comune di Bibbiena (Banzena), di Pratovecchio, di Poppi, di Loro Ciuffenna e Terranova Bracciolini.

In provincia di Firenze varie sono le aree *PF4* che interessano centri importanti tra cui l'abitato di Cerreto Guidi, il centro storico di Certaldo e la sua frazione Marcialla, il centro storico di Gambassi e l'abitato di Montespertoli. Sono questi tutti movimenti che si attivano nei depositi marini pliocenici dove le alternanze tra sabbie, limi e conglomerati ghiaiosi determinano movimenti franosi complessi, in cui spesso i crolli, prevalenti, evolvono in scoscendimenti e colate.

Sempre in Provincia di Firenze, di una certa criticità appare il dissesto che interessa Carbonile nel Comune di Pelago. Altri dissesti a pericolosità molto elevata interessano nuclei abitati minori nei Comuni di Bagno a Ripoli, Dicomano, Fiesole, Montespertoli, Reggello, Capraia e Limite.

Nella Provincia di Siena oggetto di attenzione rivestono le frane che interessano i Comuni di Montepulciano e Poggibonsi, rispettivamente nelle località di Canneto e Casalino. Sono dissesti che interessano sempre i depositi pliocenici, riconducibili alle tipologie sopra ricordate.

Nella Provincia di Pisa rilevante è il dissesto che interessa il Comune di Palaia nel centro storico, anche esso in materiali pliocenici e con caratteristiche di tipo complesso, dal crollo allo scoscendimento.

Nelle province di Pistoia e Prato, numerosi sono anche i dissesti risultanti dal censimento, che insistono su abitati e nuclei sparsi.

#### *PERICOLOSITÀ A LIVELLO DI SINTESI*

Dall'analisi del livello di sintesi, alla scala di 1:25.000, si può notare come la distribuzione della pericolosità elevata di frana (*PF3*) sia strettamente associata all'assetto geologico-strutturale del bacino, con 4 fasce di pericolosità poste con un assetto NW-SE, che seguono gli assi del rilievo principale.

Si parte dall'estremo est del bacino con una fascia ad elevata probabilità di frana distribuita lungo il versante ovest dell'Appennino, che interessa i rilievi declinanti verso l'alta valle dell'Arno in Casentino, e nella porzione mediana della Sieve, in Mugello. Questi sono dissesti attivi nelle porzioni altimetricamente più elevate del bacino, con frane di varia tipologia e fenomeni erosivi accentuati delle coltri superficiali che possono sfociare anche in repentini e rapidi *debris flow*.

La seconda fascia parte a sud del bacino, con la maggiore densità di criticità concentrata nel Valdarno Superiore, fra Arezzo e Firenze, e prosegue a nord nei rilievi collinari e montuosi ad ovest della pianura Firenze-Prato-Pistoia. Nel Valdarno, tra i rilievi del Pratomagno ad est, e le colline del Chianti ad ovest, si tratta di aree con propensione al dissesto elevato che coinvolgono ampie zone, anche abitate o sede di infrastrutture, che interessano terreni di origine lacustre e marina recenti e relativamente recenti. Nella porzione a nord invece la propensione al dissesto è più rarefatta e connessa con particolari assetti geomorfologici locali.

La terza fascia a pericolosità elevata interessa invece i rilievi pliocenici circostanti i bacini dei fiumi Pesa, Elsa e Greve a sud, la fascia collinare tra pianura fiorentina e Padule di Fucecchio, i rilievi basso appenninici che segnano a nord il confine con il bacino del Serchio. Si tratta, con esclusione di questa ultima zona, di dissesti anche diffusi che vanno ad interessare aree densamente abitate, anche se gli insediamenti sono generalmente di tipo sparso. I terreni coinvolti sono di natura sabbioso-limosa con livelli conglomeratici e la tipologia del dissesto può variare dal crollo, allo scivolamento rotazionale, alla colata di detrito. Nella porzione settentrionale, nel rilievo basso appenninico, la distribuzione della propensione al dissesto di tipo *PF3* è estesa, con ampie zone interessate, con terreni coinvolti di natura eterogenea prevalentemente detritica e arenacea. Si tratta di una vasta zona che è stata anche oggetto di eventi calamitosi nel novembre del 2000, con il verificarsi di numerose frane che hanno interessato prevalentemente le coperture superficiali, provocando vari danni specialmente alla rete delle infrastrutture viarie

La quarta fascia, posta nella porzione altimetricamente più bassa del bacino, interessa i rilievi circostanti il bacino del fiume Era. Si tratta di propensione al dissesto che interessa terreni pliocenici con le tipologie di frana sopra ricordate. Le aree critiche sono molto diffuse arealmente e distribuite omogeneamente, anche qui coinvolgendo nuclei abitati e case isolate.