



AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO
PARMA

LINEE GENERALI DI ASSETTO IDROGEOLOGICO E QUADRO DEGLI INTERVENTI
BACINO DEL PANARO

34. Linee generali di assetto idraulico e idrogeologico nel bacino del Panaro

34.1 Caratteristiche generali

34.1.1 Inquadramento fisico e idrografico

Il bacino del fiume Panaro occupa buona parte del territorio della Provincia di Modena, parte di quello della Provincia di Bologna e, limitatamente, le Province di Pistoia (Abetone), Ferrara (Bondeno) e Mantova (Oltrepò mantovano).

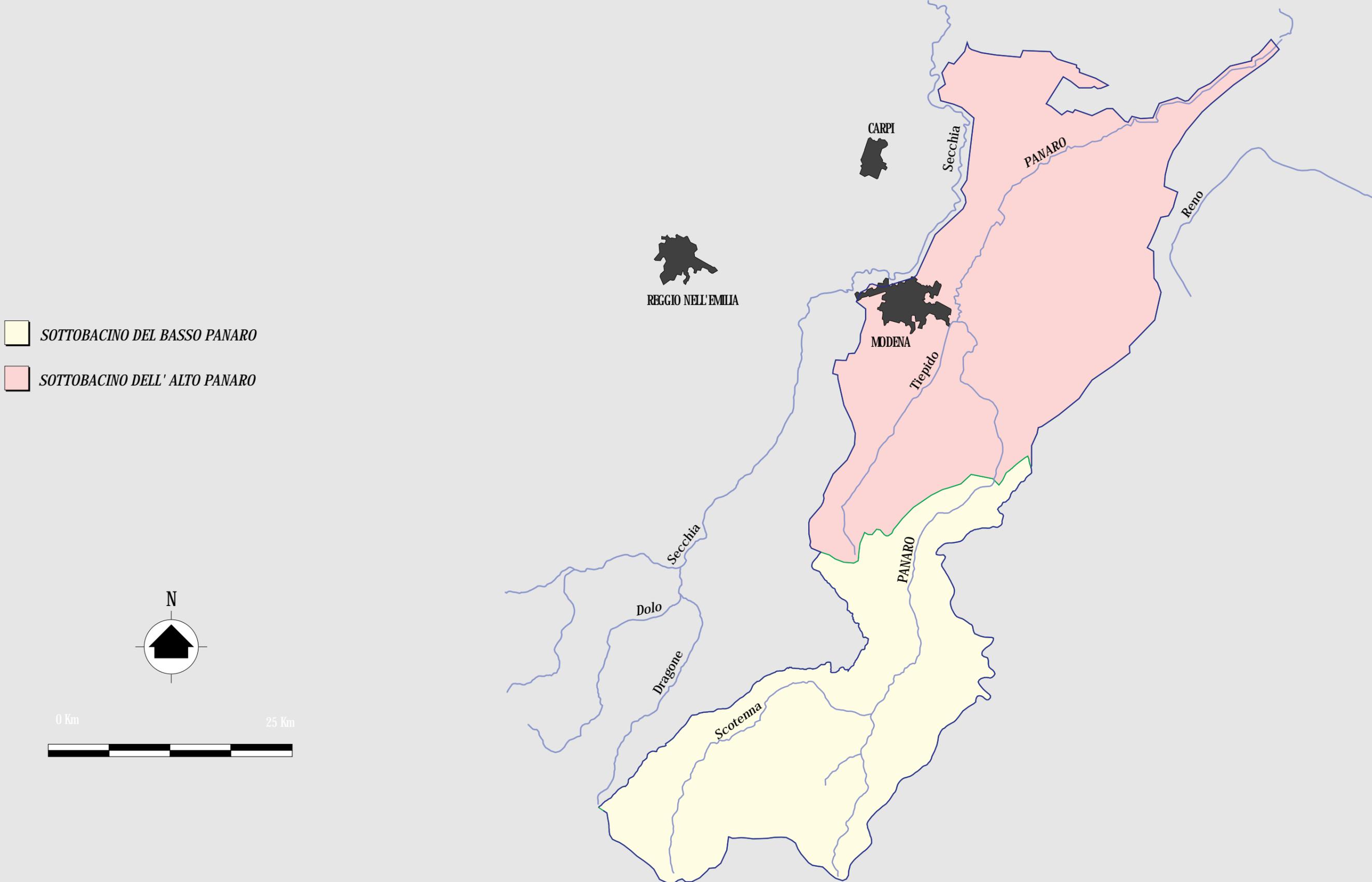
Il bacino ha una superficie complessiva di 1.775 km² (2,5% circa della superficie complessiva del bacino del Po), il cui 45% ricade in ambito montano. È delimitato a sud-ovest dal crinale appenninico tosco-emiliano e si estende con andamento sud-ovest — nord-est fino all'asse della pianura padana rappresentato dal fiume Po.

Il Panaro nasce dal Monte Cimone (2.165 m s.m.) e confluisce nel Po, presso Bondeno, dopo aver percorso circa 165 km; prende il nome di Panaro a valle di Montespечchio dopo la confluenza dei torrenti Leo e Scoltenna, che costituiscono la parte alta del reticolo idrografico, prendendo origine dal crinale appenninico, alle quote di 1.500-1.700 m s.m. e confluendo alla quota di circa 300 m s.m. per formare l'asta principale.

Dalla confluenza dei torrenti Leo-Scoltenna a Marano il corso d'acqua scorre in una valle ampia con andamento generalmente sinuoso ricevendo numerosi affluenti; in particolare in sinistra il torrente Lerna e il rio Torto, in destra i rii S. Martino e Missano. Da Marano alla Via Emilia, il corso d'acqua scorre nell'alta pianura con andamento meandriforme e struttura pluricursale; gli affluenti più importanti sono tutti di sinistra, con bacini di piccole dimensioni. Fra i più importanti si citano il torrente Tiepido e il Canale Naviglio. Lasciata l'alta pianura, il Panaro si dirige verso nord, attraversando la pianura alluvionale, costituita da depositi di origine fluviale, e si immette nel Po.

Le sorgenti del torrente Tiepido sono situate sulle pendici dei monti Cornazzano, Ravaglia, Pizzicano, Monfestino e Serramazzone. Il corso d'acqua ha andamento pressoché rettilineo in direzione sud-ovest — nord-est e presenta un alveo di larghezza modesta, compatibile peraltro con il suo regime di deflusso. Dopo aver percorso circa 35 km si immette in Panaro, in sinistra orografica. In corrispondenza della confluenza il suo bacino imbrifero ha superficie di circa 107 km².

**FIG. 34.1. BACINO DEL FIUME PANARO:
AMBITO FISIOGRAFICO**



Il reticolo idrografico del bacino del Panaro mostra uno scarso grado di gerarchizzazione, a indicare uno stato in piena evoluzione, testimoniato dall'elevato numero di fenomeni di dinamica torrentizia in atto.

Nel tratto di pianura il corso d'acqua principale scorre all'interno di arginature continue con lunghi tratti rettilinei intervallati da tratti a meandri. La tipologia è condizionata dalle arginature, ma soprattutto dal bacino idrografico montano, con formazioni prevalentemente argillose e depositi sciolti, cioè da litotipi facilmente erodibili.

L'intero reticolo è caratterizzato da trasporto solido particolarmente intenso, che concorre a modificare l'assetto morfologico di parti significative dei corsi d'acqua.

Ai fini delle analisi conoscitive e della successiva delineazione degli interventi il bacino idrografico del Panaro viene suddiviso nell'asta principale e nel bacino montano.

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 dell'Alto Panaro e Basso Panaro.

34.1.2 Caratteri generali del paesaggio

Gran parte del paesaggio della pianura modenese orientale è segnato dalla presenza del Panaro, percepibile in parte attraverso i segni che le alluvioni hanno lasciato nei suoli, in parte, in modo più manifesto, come elemento visibile e in taluni punti accessibile, oppure semplicemente intuibile, al di là delle arginature.

Il paesaggio agrario conserva qualche traccia della centuriazione romana: forse un piccolo agglomerato romano si trovava nel luogo dove sorge l'abitato attuale di Nonantola (lo confermerebbe il nome, derivato dal numerale latino "nonaginta", con riferimento a una misura agraria). Nel territorio circostante sono state rinvenute tracce anche di epoca anteriore, tra cui una terramare, presso la frazione di Redù.

Le invasioni barbariche (e parzialmente le sedimentazioni alluvionali) cancellarono gran parte dei segni dell'organizzazione romana del territorio, rendendo la zona inospitale e boscosa; l'area fu bonificata secoli dopo dai benedettini dell'abbazia di Nonantola e acquisì floridezza grazie all'influenza dei Canossa.

Fin dal XI sec. la giurisdizione dell'abbazia sui borghi e sul territorio fu regolata da un particolare accordo con gli abitanti denominato "partecipanza agraria", forma di concessione in uso delle terre che permane ancora oggi.

Le vicende e l'egemonia dell'abbazia di Nonantola hanno condizionato la struttura insediativa del territorio con la realizzazione di una corona di edifici religiosi, ospizi e castelli per il controllo del fondovalle. Venuto meno il ruolo dell'abbazia, l'area fu in età comunale oggetto di un contrastato processo di definizione dei confini tra Modena e Bologna, che ebbe come conseguenza il rafforzamento dell'armatura difensiva.

Il carattere di terra presidata è ancora oggi riscontrabile, oltre che dal sistema dei castelli, anche nella struttura dell'insediamento, privo di abitati sparsi e quasi sempre caratterizzati da finalità difensive.

Il Panaro era utilizzato fin dal XIII secolo per i traffici fluviali da Modena al Po e il centro di Finale (oggi Finale Emilia) era il principale scalo, oltre che il centro urbano di maggiore consistenza. Bomporto era scalo fluviale alla confluenza del Naviglio nel Panaro; delle antiche strutture portuali rimangono in parte le banchine in muratura e la chiusa per regolare il livello delle acque.

Lungo il Panaro, nel tratto da Bomporto a Camposanto, affacciati verso l'acqua si dispongono pregevoli complessi edilizi, costituiti da dimore di campagna con torri colombaie, oratori, ghiacciaie, che ripropongono strutture a corte aperta. Spiccano nel paesaggio i viali di accesso a pioppi e i vasti parchi; di costruzione compresa tra il XVII e il XIX sec., appartenevano a nobili famiglie modenesi e bolognesi, richiamate sia dalla navigabilità del corso d'acqua, sia dalle più favorevoli condizioni dei terreni.

L'area montana dei bacini del Panaro e del Tiepido appartiene morfologicamente all'Appennino modenese e a essa appartengono le cime più elevate di tutto l'Appennino settentrionale. Si possono distinguere tre fasce altimetriche caratterizzate da differenti condizioni litologiche che impartiscono al paesaggio aspetti geomorfologici nettamente differenziati: in progressione altitudinale, la zona collinare o basso Appennino, modellato da tipiche forme calanchive, il medio Appennino, caratterizzato da vistosi fenomeni erosivi e da grandi frane, l'alto Appennino.

La vegetazione naturale potenziale comprende la fascia dei querceti misti (xerofili e mesofili) fino a circa 800-900 m s.m., quella dei faggeti (da 900 a 1600 m s.m.) e dei vaccinieti (brughiere di mirtilli) oltre il limite degli alberi.

Nella parte alta della prima fascia sono frequenti i castagneti cedui e da frutto, prevalentemente abbandonati. La vegetazione dell'ultima fascia risulta particolarmente ampia rispetto ad altre parti dell'Appennino regionale e ricca di specie boreali e artico-alpine. Quest'area montana corrisponde alla regione storica del Frignano, comunità di origine preromana che ha sempre goduto di un ampio grado di autonomia, insediatasi oltre che nel bacino idrografico del fiume Panaro anche in parte dei bacini del Dragone e del Secchia.

Il territorio del bacino ricade parzialmente nell'ambito dei parchi: dell'alto Appennino modenese, di Corno alle Scale, dei Sassi di Roccamalatina, dei Boschi di Faeto e nella Riserva naturale di Sassoguidano.

In particolare nel Parco di Corno alla Scale sono addensati molti relitti glaciali di grande importanza fitogeografica; molte specie raggiungono qui il loro limite sud di areale. Il Corno alle Scale da questo punto di vista rappresenta una "soglia fitogeografica" che segna il limite meridionale dei tipi vegetazionali più direttamente riconducibili a quelli alpini.

I Sassi di Roccamalatina costituiscono la principale e più spettacolare evidenza geomorfologica dell'area del parco omonimo; si tratta infatti di un gruppo di guglie con pareti ripide e dirupate, risultato di un processo di erosione differenziata, in forte contrasto col tipico paesaggio appenninico circostante, caratterizzato da forme più dolci e rotondeggianti.

Il Parco dei Boschi di Faeto si presenta come una superficie estesa sub-pianeggiante che sovrasta un rilievo caratterizzato da pendii di una certa acclività; essa comprende due affioramenti ofiolitici, i sassi di Varana, che avendo una resistenza maggiore delle rocce circostanti, si distinguono in modo netto. La copertura vegetazionale mostra ampie superfici a destinazione agricola intercalate a boschi di latifoglie; di particolare interesse appaiono i filari arborati di cerro e di conifere con esemplari di dimensioni monumentali. I sassi di Varano sono caratterizzati da una sporadica copertura di specie legnose ed erbacee tipiche dell'ambiente rupestre.

La Riserva naturale orientata di Sassoguidano viene considerata tra quelle di maggior importanza ambientale del territorio regionale per i suoi contenuti di rarità e biodiversità; essa è caratterizzata dalla presenza di un complesso di rupi di notevole rilevanza morfologica e da una zona umida costituita dallo stagno di Sassomassiccio. La copertura vegetazionale è composta prevalentemente da querceti mesofili, da castagneti da frutto e da un'alternanza di siepi, prati falciati e coltivati. La varietà floristica è elevatissima ed è costituita anche da numerose specie protette, rare e minacciate.

34.1.3 Aspetti geomorfologici e litologici

L'assetto geomorfologico della parte montana del bacino, caratterizzato dalla presenza di formazioni costituite da alternanze arenaceo-marnose o calcareo-marnose fortemente tettonizzate e da formazioni prevalentemente argillose, determina una condizione di generale instabilità con estesi fenomeni erosivi e movimenti franosi.

I versanti presentano acclività variabile, anche in conseguenza delle numerose paleofrane che li caratterizzano: è molto evidente l'ondulazione tipica di pendii soggetti a dissesto, in cui si riconoscono significative contropendenze, rii laterali a delimitazione di aree meno acclivi, morfologie mamellonari e rigonfiamenti che determinano ristagni d'acqua.

Procedendo da sud verso nord, a partire dal crinale appenninico, sono riconoscibili tre fasce a direzione nord-ovest - sud-est corrispondenti ad altrettanti importanti unità strutturali, l'una sovrapposta all'altra.

L'unità meridionale è costituita dai termini più alti della successione toscana: Macigno del Chianti, Arenarie di monte Modino, Formazione di Pievepelago e Arenarie di monte Cervarola. Queste formazioni, di età oligomiocenica, presentano una tettonica complessa, caratterizzata da sovrascorrimenti a pieghe rovesciate, vergenti a nord-est, intersecate da una fitta rete di faglie.

Tettonicamente sovrapposte alla precedente si incontrano le unità dei complessi subligure e ligure: su quest'ultimo poggiano zolle più o meno ampie di terreni appartenenti alla successione epiligure, detta anche semialloctona, di età eo-oligo-miocenica. Questa seconda unità, che occupa buona parte dell'Appennino modenese fin quasi ai limiti della pianura, è caratterizzata da una tettonica meno complessa rispetto al sottostante complesso ligure benché sul margine appenninico essa sia fortemente coinvolta in strutture compressive legate alle più recenti fasi deformative.

Infine, al margine della pianura, è presente la terza unità rappresentata dalla successione neoautoctona plio-pleistocenica, sedimentatasi in trasgressione sulla precedente; essa si inflette, con una flessura, al di sotto dei depositi alluvionali della pianura.

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.

Il bacino idrografico del torrente Panaro può essere suddiviso in diverse fasce.

La prima fascia, dalla sorgente a Marano, è da considerarsi costituita da alternanze di litoidi eterogenei a diverso comportamento meccanico (ADM). All'interno di essa, in prossimità della sorgente del torrente Scoltenna, si incontrano complessi strutturali caotici e tettonizzati (CSC), depositi eterogenei e di versante e di trasporto torrentizio (DEV), depositi glaciali e fluvioglaciali (DGL) e in subordine rocce tenere prevalentemente incoerenti (RTE) e litoidi metamorfici con frequenti discontinuità per stratificazione o scistosità. Da Montecreto, sul torrente Scoltenna, fino al limite destro del bacino, si incontra un modesto affioramento di complessi strutturali caotici e tettonizzati (CSC). Più a valle, tra Catagneto e Montalbano, affiorano litoidi come rocce tenere prevalentemente incoerenti (RTE) e litoidi sedimentari con frequenti discontinuità per stratificazione o scistosità (LDS) che si portano, sul versante destro, fino ai limiti della prima fascia.

La seconda fascia, da Marano a Spilamberto, è costituita da rocce tenere prevalentemente incoerenti (RTE), terreni a comportamento plastico (TCP) e, lungo il corso dei torrenti, da depositi derivanti dall'alterazione di rocce e terreni (DCG).

La terza fascia, di pianura, fino alla confluenza in Po, è costituita da alluvioni fluviali e lacustri (AFL), che peraltro fiancheggiano i corsi d'acqua principali.

34.1.4 Aspetti idrologici

34.1.4.1 Caratteristiche generali

I bacini del massiccio centrale appenninico, di esposizione sud-ovest — nord-est, sono caratterizzati da rilievi non molto elevati, in genere a quota tra i 1.000 e 2.000 m s.m.; il regime pluviale è contraddistinto da elevata piovosità solo nelle zone prossime al crinale, dovuta alla particolare intensità dei fronti, che per ragioni orografiche e per la vicinanza del mar Ligure tendono ad amplificare la loro azione; nella parte collinare e di pianura la piovosità è invece modesta. L'influenza delle precipitazioni nevose è trascurabile a causa della modesta altitudine del territorio. Eventi meteorici intensi sono possibili in tutte le stagioni anche se il periodo compreso tra settembre e novembre è quello con la massima incidenza di eventi gravosi.

Il bacino è essenzialmente impermeabile e di conseguenza dà luogo a fenomeni di deflusso superficiale che sono poco influenzati da effetti di trattenuta delle acque ascrivibili all'infiltrazione e al funzionamento del substrato roccioso quale serbatoio freatico.

Nel bacino idrografico le precipitazioni medie variano da 700 mm/anno a oltre 2.000 mm/anno.

34.1.4.2 Portate di piena e piene storiche principali

Nel bacino idrografico del Panaro le stazioni di misura per le quali sono disponibili valori storici delle portate di piena sono elencate in Tab. 34.1

Tab. 34.1 Valori delle portate di piena storiche nel bacino del Panaro

Sezione	Superficie km ²	Hmedia m s.m.	Hmin m s.m.	Qmax m ³ /s	qmax m ³ /s. km ²	Data
Scoltenna a Ponte Prugneto	241	1.133	410	600	2,49	17/11/1940
Panaro a Ponte Samone	589	824	215	1.380	2,34	17/11/1940
Panaro a Bomporto	1.036	662	18	646	0,62	26/10/1940

L'evento di maggiore intensità che ha colpito il bacino del Panaro è quello del settembre del 1973. La portata al colmo misurata a Spilamberto è di 1.400 m³/s. Tale evento ha prodotto vasti allagamenti, conseguenti a 5 rotte arginali a nord di Modena e tra la Via Emilia e Bomporto, per una lunghezza complessiva di tracimazione di 8,35 km (di cui 4,60 in destra e 3,75 in sinistra); in particolare sono stati allagati il quartiere di Modena Est, gli abitati di Bomporto e Bastiglia e 6.000 ha di terreni coltivati.

34.1.4.3 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.

Per il primo punto si fa riferimento alla formulazione teorico-sperimentale di Gavrilovich, per il secondo parametro il valore medio annuo è stato stimato impiegando la formulazione di Engelund-Hansen.

Le Tab. 34.2 e Tab. 34.3 rappresentano i dati numerici relativi alla quantità di sedimento media prodotta dal bacino montano e alla capacità di trasporto dell'asta principale.

Tab. 34.2. Caratteristiche del trasporto solido del bacino montano

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
Panaro	832	450	1222	115,9	0,14

Rispetto a un valore totale di produzione del trasporto solido a scala di intero bacino montano del Po, pari a 3.35 milioni di m³/anno, il trasporto solido prodotto rappresenta il 3.46%, a fronte di un 2.93% di estensione territoriale; nel complesso quindi il bacino si colloca su valori medio-alti 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.

Tab. 34.3. Caratteristiche del trasporto solido dell'asta fluviale

Asta fluviale	Capacità di trasporto al fondo 10 ³ m ³ /anno	Capacità di trasporto in sospensione 10 ³ m ³ /anno	Capacità di trasporto totale 10 ³ m ³ /anno
Panaro	82,8	71,2	154,0

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.

34.1.5 Assetto morfologico e idraulico

34.1.5.1 Caratteristiche generali

- *Asta del Panaro*

Nel *tratto medio-alto, dalla confluenza dei torrenti Leo e Scoltenna a Marano*, il corso d'acqua è caratterizzato da pendenze di fondo molto elevate, andamento generalmente sinuoso e struttura monocursale.

Tra Marano sul Panaro e Spilamberto l'alveo mantiene la tendenza a ramificare; il letto ramificato preesistente è stato generalmente reinciso e la sua larghezza risulta sensibilmente ridotta, con una evidente tendenza all'erosione di fondo; a valle dei ponti con fondazioni in alveo (ponte di Vignola; F.S. di Savignano, di Merano, di Spilamberto) sono presenti soglie o briglie, a contenimento dell'abbassamento.

Tra Spilamberto e S. Ambrogio l'alveo ha subito un marcato restringimento, per progressiva tendenza alla canalizzazione. In particolare tra Spilamberto e il viadotto dell'A1 la larghezza si riduce generalmente di oltre il 50-60%, mentre il fenomeno è meno significativo più a valle.

Tra S. Ambrogio e Navicello l'alveo ha subito trasformazioni idrografiche rilevanti soprattutto nella parte medio-alta del tronco, con sensibile riduzione della lunghezza per taglio dei meandri, abbassamento del profilo di fondo e fenomeni di erosione spondale in atto.

Tra Navicello e la foce l'alveo è caratterizzato da un andamento prevalentemente rettilineo con curvature poco accentuate; localmente si osserva una marcata sinuosità. La larghezza è pressoché costante per effetto dell'elevato grado di artificializzazione dell'alveo stesso, costretto tra arginature continue generalmente in frodo, con tracciato planimetrico sostanzialmente stabile; solamente nel tratto terminale, dove le arginature risultano maggiormente distanziate, il corso d'acqua è interessato attualmente da apprezzabili fenomeni di erosione spondale e ha subito un lieve incremento di sinuosità con accentuazione della curvatura di alcune anse. E' verosimile che al fenomeno di erosione spondale si accompagni un approfondimento del profilo di fondo, in relazione all'analogo fenomeno che nell'ultimo trentennio ha interessato il Po nella zona di confluenza.

- *Asta del Tiepido*

Il torrente Tiepido, da Gorzano alla confluenza in Panaro, è caratterizzato da un andamento sostanzialmente rettilineo, con curvature appena accennate. La struttura è monocursale, anche se in alcuni segmenti sono presenti barre longitudinali non stabilizzate. Negli anni il corso d'acqua ha diminuito la sua larghezza, a eccezione del tratto immediatamente a monte della confluenza.

34.1.5.2 Fenomeni di erosione spondale

Il tratto medio-alto dell'asta del Panaro è interessato in modo discontinuo da una intensa erosione, estesa spesso ad entrambe le sponde, attiva soprattutto a valle di opere di difesa trasversali, dove è associata a fenomeni di abbassamento del fondo alveo.

Nel tratto di alta pianura l'erosione è meno marcata e si sviluppa soprattutto sotto forma di scalzamento al piede delle scarpate, causandone spesso il franamento; i tronchi maggiormente interessati sono in prossimità di Spilamberto e S. Cesario sul Panaro.

Nel tratto terminale dell'asta, l'erosione spondale diventa puntuale e sporadica, di intensità contenuta; i tronchi maggiormente interessati sono limitati alle zone in prossimità di Bomporto e a sud della zona industriale di Canaletto.

Sul torrente Tiepido, l'erosione di sponda è presente esclusivamente nel tratto che va da Gorzano a Castelnuovo Rangone; essa è di intensità contenuta e ha carattere locale.

34.1.5.3 *Tendenza evolutiva del fondo alveo*

La parte montana e di alta pianura del Panaro, fino a monte della via Emilia, è caratterizzata da una marcata tendenza all'erosione di fondo con significativi abbassamenti; in particolare da Marano a Vignola l'abbassamento recente è dell'ordine 1,5 m, mentre da Vignola alla via Emilia la tendenza all'erosione risulta più accentuata con valori massimi fino ad oltre 3 m. Il fenomeno è accompagnato da un restringimento della sezione dell'alveo in tutto il tratto, con conseguente stabilizzazione delle barre longitudinali.

La restante parte di asta fluviale fino alla confluenza in Po, mostra una generale moderata tendenza al ripascimento; fenomeni di lieve abbassamento del fondo sono individuabili unicamente nel tratto prossimo al confine provinciale tra Modena e Bologna.

Sul torrente Tiepido, malgrado la riduzione della larghezza media dell'alveo sopravvenuta negli ultimi anni, non si riscontrano significativi fenomeni di abbassamento del fondo.

34.2 Quadro dei dissesti

34.2.1 *Quadro dei dissesti sul corso d'acqua principale*

La principale situazione di dissesto riscontrabile nell'alto corso del Panaro deriva dalla mobilitazione dei fenomeni gravitativi a opera dell'attività erosiva della corrente. Sebbene gran parte delle situazioni interessate da fenomeni di erosione spondale e di fondo siano state oggetto di numerosi interventi di sistemazione, si rilevano ancora alcuni dissesti particolarmente gravi nei pressi del Mulino delle Palette, del Ponte di Samone, del Lido di Panaro.

Il tratto d'asta di alta pianura denota un elevato abbassamento del fondo, causato anche dalla non sempre opportuna sistemazione esistente. Le numerose opere di difesa trasversali presenti sono caratterizzate da notevoli dimensioni e da salti complessivi elevati, in alcuni casi anche di 10÷15 m. Esse

determinano uno squilibrio di bilancio del trasporto solido, con conseguente esaltazione dei fenomeni di scalzamento sui manufatti di attraversamento e sulle difese di sponda. Infatti gli effetti indotti dalle briglie realizzate non sono rivolti a una stabilizzazione morfologica dell'alveo, che manifesta invece depositi di rilevanti quantità di materiale a monte e profonde incisioni dell'alveo, con conseguenti fenomeni di instabilità delle sponde a valle di ciascuna opera.

Aree a rischio di inondazione sono individuabili a monte della cassa di espansione esistente, in particolare in sinistra in prossimità dell'abitato di Marano, in località Vignola e Formica.

Il tratto terminale dell'asta del Panaro, da valle dell'autostrada A1 alla confluenza in Po, è limitato da arginature continue. Le principali problematiche di natura idraulico-strutturale, connesse con i rilevati arginali esistenti, sono conducibili a:

- rischio di sifonamento dell'argine per filtrazione che interessa il piano di fondazione, in corrispondenza delle lenti di sabbia,
- inadeguatezza di sagoma, in relazione alla quota di ritenuta per i massimi livelli di piena,
- inadeguatezza del franco arginale con conseguente rischio di tracimazione.

Condizione particolare di dissesto, per rischio di inondazione da mettere in relazione a un franco insufficiente dell'argine sinistro, riguarda le aree in prossimità dell'abitato di Bondeno.

Fenomeni di erosione spondale, con scalzamento alla base degli argini in frodo, sono presenti in corrispondenza dei tratti a maggiore sollecitazione, attualmente non difesi o nei quali le difese longitudinali sono dissestate.

Un nodo idraulico critico nel bacino del Panaro è costituito dalla città di Modena: la possibilità particolarmente elevata di esondazioni che interessino parte dell'abitato è da mettere in relazione a problemi di regimazione idraulica del nodo di confluenza del canale Naviglio in Panaro e di efficienza idraulico-strutturale delle arginature esistenti. Attualmente la confluenza del Naviglio è regolata da una porta vinciana che, in concomitanza di elevati livelli di piena sul Panaro, impedisce la propagazione del rigurgito nell'affluente; tale struttura di regolazione appare però inefficace in occasione di contemporaneità di condizioni di piena.

L'asta del torrente Tiepido non denota dissesti di particolare criticità. La problematica maggiore è connessa alla carenza di manutenzione; la vegetazione presente sulle sponde, anche di altofusto, se asportata in

occasione di piene rilevanti, può essere causa di ostacolo al deflusso occludendo l'alveo in corrispondenza di manufatti di attraversamento. I fenomeni di erosione spondale e di fondo sono contenuti e non costituiscono mai fattore di criticità; si segnalano manufatti di attraversamento non adeguatamente protetti nei confronti dello scalzamento al piede delle fondazioni.

34.2.2 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 sui corsi d'acqua; rientrano nel primo caso le frane mentre per il secondo caso si fa riferimento ai processi di erosione di sponda e di fondo e ai fenomeni di sovralluvionamento e/o di trasporto di massa in corrispondenza delle conoidi.

La Tab. 34.4 evidenzia in estrema sintesi i valori assoluti e percentuali denunciati dai diversi fenomeni di dissesto.

Tab. 34.4. 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 Panaro	723	723	0	0	115	42	50	0
Basso Panaro	1,053	85	0	0	6	5	8	0
<i>Totale</i>	<i>1,776</i>	<i>808</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>121</i>	<i>47</i>	<i>58</i>	<i>0</i>

I fenomeni franosi maggiormente rappresentati sono frane per colata in roccia (circa il 40 % dei casi) e frane con meccanismo evolutivo complesso (circa il 35% dei casi). Il bacino presenta franosità diffusa da elevata a molto elevata in particolare sul versante di sinistra nel tratto tra Sestola e il ponte di Samone.

I fenomeni torrentizi di dissesto lungo i corsi d'acqua si situano alla testata del bacino, a monte di Pievepelago, così come su tutti i pendii dello spartiacque orientale e nei territori in sinistra, al confine con il Tiepido, a monte di Vignola.

Fenomeni di dissesto per sovralluvionamento interessano potenzialmente gran parte del territorio collinare e montano.

Il sottobacino del torrente Tiepido ha una franosità molto elevata alla testata, che tende progressivamente a ridursi verso lo sbocco in pianura. Anche i

fenomeni di dissesto per sovralluvionamento interessano la sola testata del bacino.

34.2.3 Stima della pericolosità a livello comunale

La Tab. 34.5 riporta il numero di Comuni soggetti alle diverse classi di pericolosità.

Tab. 34.5. Numero e percentuale di Comuni per classe di pericolosità

Classe di pericolosità	No Comuni	Moderata		Media		Elevata		Molto elevata	
		No	%	No	%	No	%	No	%
Sottobacino									
Panaro	31	4	12,9	8	25,8	19	61,3	0	0,0

I comuni che si trovano nell'ambito di pianura lungo una fascia ristretta attorno all'asta principale, nel tratto in sinistra Panaro che comprende la città di Modena fino alla confluenza in Po, sono interessati da elevata pericolosità da esondazione.

I Comuni interessati da pericolosità elevata elevata per processi di dissesto lungo la rete idrografica minore sono localizzati nella fascia montana del bacino; in particolare in testata di bacino e in destra Tiepido.

La fascia montana, costituita da più della metà dei Comuni, risulta ampiamente soggetta a pericolosità elevata da frana, soprattutto in sinistra Tiepido.

34.3 Livello di protezione esistente

Il tratto d'asta fluviale del Panaro, da Marano all'attraversamento autostradale A1, è caratterizzato da un modesto grado di artificializzazione. Nonostante la completa assenza di argini, i fenomeni di esondazione sono pressoché assenti; infatti l'alveo risulta profondamente incassato, rispetto agli ambiti golenali, per effetto di fenomeni di erosione di fondo particolarmente intensi manifestatisi in passato.

Le numerose opere di difesa trasversale, ubicate generalmente in prossimità di attraversamenti viari, si sono rivelate spesso causa di squilibrio del bilancio del trasporto solido sull'asta, esaltando l'erosione di fondo dei tratti a valle e lo scalzamento delle difese spondali.

Le opere di difesa spondale hanno generalmente carattere puntuale e sporadico; la sistemazione di sponda assume una maggiore continuità solo a

valle di Spilamberto, tuttavia con modesta incidenza sull'assetto morfologico dell'alveo.

L'assetto morfologico del corso d'acqua, da valle dell'autostrada A1 alla confluenza in Po, è definito dalla cassa di espansione e dagli argini continui esistenti.

La cassa di espansione, localizzata a valle dell'autostrada, è in grado di invasare attualmente un volume di 15 milioni di m³; sono tuttavia in avanzato stato di esecuzione i lavori di ampliamento della medesima, con un aumento del volume di invaso di circa 5 milioni di m³. Tale ampliamento viene realizzato mediante il sovralzo del manufatto regolatore di valle, la possibilità di chiusura manuale di 4 delle 9 luci dello stesso (con paratoie) e il rialzo delle arginature perimetrali delimitanti la cassa.

L'effetto di laminazione della cassa di espansione non ampliata, con manufatto di regolazione costituito da 9 luci, corrisponde a una riduzione di circa il 36% della portata al colmo bicentenaria di progetto; con l'ampliamento della cassa in corso di realizzazione, mediante nuovo manufatto moderatore a 5 luci, l'effetto di laminazione si incrementa ulteriormente, riducendo la portata al colmo bicentenaria del 45% circa.

La portata defluente a valle della cassa in quest'ultima condizione (circa 800 m³/s) è interamente contenuta nel tratto arginato di valle e solo in prossimità del centro abitato di Bondeno il franco risulta insufficiente.

Le opere di difesa spondale hanno carattere puntuale, localizzate generalmente in corrispondenza dei punti del corso d'acqua più sollecitati dalla piena e soprattutto a protezione dei rilevati arginali in frodo.

Il torrente Tiepido, nel tratto da Gorzano alla confluenza in Panaro, è caratterizzato da una scarsa presenza di opere; è arginato infatti solo il tratto terminale dell'asta, immediatamente prossimo alla confluenza. Le opere di difesa spondale e di stabilizzazione del fondo alveo sono quasi assenti, conferendo al corso d'acqua un assetto pressoché naturale

34.4 Individuazione degli squilibri

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

Nel tratto alto e medio-alto del corso d'acqua gli squilibri che riguardano l'asta principale sono da correlare agli accentuati fenomeni di erosione dell'alveo che

possono innescare fenomeni di instabilità morfologica, con riflessi prevalentemente per le infrastrutture presenti. Situazioni particolarmente gravi si manifestano nei pressi del Mulino delle Palette, del Ponte di Samone, del Lido di Panaro.

Nel tratto d'asta di alta pianura la condizione di maggiore criticità è connessa all'instabilità morfologica dell'alveo in relazione allo squilibrio di bilancio del trasporto solido, con conseguente esaltazione dei fenomeni di scalzamento sui manufatti di attraversamento e sulle difese di sponda. Aree a rischio di inondazione sono presenti a monte della cassa di espansione, in particolare in sinistra in prossimità degli abitati di Marano, Vignola e Formica.

Sul tratto terminale dell'asta del Panaro, da valle dell'autostrada A1 alla confluenza in Po, permangono condizioni di sicurezza idraulica non adeguata in rapporto all'affidabilità fornita dal sistema arginale che presenta numerosi e significativi problemi di inadeguatezza connessi ai fenomeni di sifonamento delle fondazioni (fontanazzi), rischio di erosione sugli argini in frodo per assenza di difese di sponda o scalzamento di quelle esistenti, inadeguatezza di sagoma per estesi tratti e di franco arginale, che in particolare riguardano il tratto in prossimità dell'abitato di Bondeno. Ulteriore elemento che determina le condizioni di sicurezza idraulica del tronco è la capacità di laminazione della cassa di espansione, per altro già in corso di adeguamento, come illustrato in precedenza.

Il nodo idraulico di Modena presenta infine problemi connessi alla insufficiente regimazione idraulica della confluenza tra Naviglio e Panaro e di inadeguatezza idraulico-strutturale delle arginature esistenti.

34.4.2 *Gli squilibri nei territori collinari e montani*

Le principali condizioni di squilibrio connesse ai fenomeni di dissesto che interessano il reticolo idrografico minore nella parte montana del bacino sono da mettere in relazione alla elevata tendenza all'erosione di fondo e al trasporto solido, che comportano condizioni critiche o direttamente su abitati e infrastrutture ovvero indirettamente, contribuendo a innescare fenomeni di instabilità di versante. I corsi d'acqua in cui si localizzano i maggiori problemi, prevalentemente puntuali, sono il rio Benedello, i rii S. Rocco e Acquicciola, affluenti dello Scoltenna, il torrente Leo.

Per gli aspetti di versante, la generale predisposizione al dissesto, che caratterizza soprattutto i terreni argillosi e fliscioidi, determinando la rimessa in movimento delle numerose frane già formate o il distacco di nuove in

concomitanza di ogni evento meteorico intenso, comporta condizioni di squilibrio gravose e molto diffuse sull'intero territorio montano, con rischio di danno elevato, che interessa prevalentemente la viabilità e le altre infrastrutture presenti. In alcuni casi i dissesti di versante coinvolgono anche centri abitati e costituiscono pertanto situazioni di particolare criticità. Le aree maggiormente interessate sono localizzate nei comuni di Lama Mocogno, Sestola, Montese, Zocca, Pavullo, Guiglia.

Complessivamente la tipologia dei dissesti con condizioni di squilibrio più rilevanti sono riconducibili a:

- fenomeni di instabilità di versante, per i quali le formazioni costituite dalle argille scagliose e altre della serie alloctona e semiautoctona rappresentano quelle maggiormente soggette; si tratta però sempre di movimenti lenti e facilmente prevedibili;
- instabilità e mobilità delle alluvioni di recente trasporto o accumulo, che comportano un elevatissimo trasporto solido nel reticolo idrografico minore e in parte anche in quello principale;
- erosione al piede dei versanti da parte dei corsi d'acqua, con innesco di fenomeni di instabilità;
- erosione e denudamento dei terreni da parte del ruscellamento superficiale.

Nel settore montano del bacino si contano circa 60 situazioni puntuali di dissesto che interferiscono con centri abitati e/o infrastrutture.

34.4.3 Stima del rischio totale a livello comunale

La Tab. 34.6 riporta il numero dei Comuni soggetti a rischio. Si osserva che oltre il 60% dei Comuni di questo bacino, situati prevalentemente in sinistra Panaro e sinistra Tiepido, e in particolare il Comune di Modena risultano a rischio da elevato a molto elevato.

Tab. 34.6. Numero e percentuale di Comuni per classe di rischio

Classe di rischio	No Comuni	Moderato		Medio		Elevato		Molto elevato	
		No	%	No	%	No	%	No	%
Sottobacino									
Panaro	31	5	16,1	7	22,6	18	58,1	1	3,2

34.5 Linee di intervento sull'asta del Panaro

34.5.1 Linee di intervento strutturali

34.5.1.1 Tratto dalla sorgente a Marano

Le linee di intervento rappresentano l'applicazione alla situazione del bacino idrografico del Panaro, 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. Gli interventi strutturali sull'asta del Panaro sono coerenti con l'assetto di progetto definito nell'ambito della delimitazione delle fasce fluviali e con la relativa regolamentazione dell'uso del suolo nella regione fluviale, che rappresenta il più importante intervento a carattere non strutturale per i corsi d'acqua principali.

Nel tratto dalla sorgente a Marano la fascia di esondazione della piena bicentenaria rimane contenuta all'interno dei limiti morfologici naturali.

Si conferma l'attuale assetto del corso d'acqua. Gli interventi previsti sono pertanto limitati al ripristino di locali riduzioni di officiosità idraulica e alla protezione di alcuni versanti dall'erosione al piede provocata dalla corrente.

34.5.1.2 Tratto da Marano all'attraversamento dell'autostrada A1

Il limite della fascia di esondazione (fascia B) è individuata dai limiti morfologici naturali, a eccezione di situazioni puntuali in prossimità di abitati in corrispondenza dei quali si attesta su opere in progetto.

L'assetto di progetto del corso d'acqua prevede il sostanziale mantenimento delle condizioni attuali dell'alveo inciso.

Gli interventi strutturali da realizzare sono di seguito elencati.

- a) Contenzimento dei livelli di piena con tempo di ritorno di 200 anni tramite la realizzazione di nuovi argini a livello locale, nel tratto compreso tra l'attraversamento dell'Autostrada A1 e della linea ferroviaria Milano-Bologna.
- b) Realizzazione di opere di difesa spondale, con funzione locale di contenimento dei fenomeni di divagazione trasversale dell'alveo inciso.
- c) Interventi di manutenzione straordinaria sulle opere di difesa presenti in alveo.

34.5.1.3 Tratto dall'attraversamento dell'autostrada A1 alla confluenza in Po

Il limite della fascia di esondazione è definito dalle opere di laminazione e dalle arginature esistenti. L'assetto di progetto del corso d'acqua prevede l'adeguamento dell'attuale sistema difensivo. Gli interventi strutturali da realizzare sono di seguito elencati.

- a) Adeguamento e completamento della cassa di espansione esistente tramite aumento del volume d'invaso e riduzione della capacità di deflusso del manufatto di regolazione.
- b) Realizzazione di nuovi argini a contenimento dei livelli di piena con tempo di ritorno di 200 anni in sinistra idraulica a monte della cassa di espansione in corrispondenza dell'immissione del torrente Tiepido.
- c) Adeguamento strutturale degli argini esistenti al fine della eliminazione di fenomeni di sifonamento: in dx nei pressi di loc. C.na Boni e in sx in loc. C.na Fondo Impero, in prossimità delle loc. Bomporto, Solara, Camposanto in sx e Caselle in dx, in loc. Bondeno, Ca' Bianca, Finale E. e Santa Bianca.
- d) Adeguamento in sagoma degli argini esistenti: in sinistra in loc. Bomporto e tra la loc. Camposanto e il confine provinciale Modena-Ferrara (per circa 40 km) in sinistra e destra,
- e) Adeguamento in quota degli argini esistenti per il contenimento dei livelli di piena con tempo di ritorno di 200 anni: in loc. Colombarina, in prossimità del confine provinciale Modena-Ferrara, e Bondeno.
- f) Adeguamento locale di opere di difesa spondale esistenti e nuova realizzazione, con funzione di difesa dall'erosione e protezione dei rilevati arginali nei tratti in frodo.
- g) Sistemazione del Canale Naviglio a difesa degli abitati di Bastiglia e Bomporto mediante:
 - raddoppio del manufatto regolatore esistente in corrispondenza dell'immissione nel Panaro,
 - realizzazione di una cassa di espansione lungo il cavo Minutara, in loc. Prati di S. Clemente.

34.5.1.4 Asta del torrente Tiepido

Realizzazione di nuove opere di difesa spondale a livello locale, di completamento e integrazione di quelle esistenti, con funzione di contenimento dei fenomeni di divagazione trasversale dell'alveo inciso.

FIG. 34.2. SINTESI DEL QUADRO DEGLI INTERVENTI SULL'ASTA DEL PANARO DALLA SORGENTE FINO ALLA CONFLUENZA IN PO

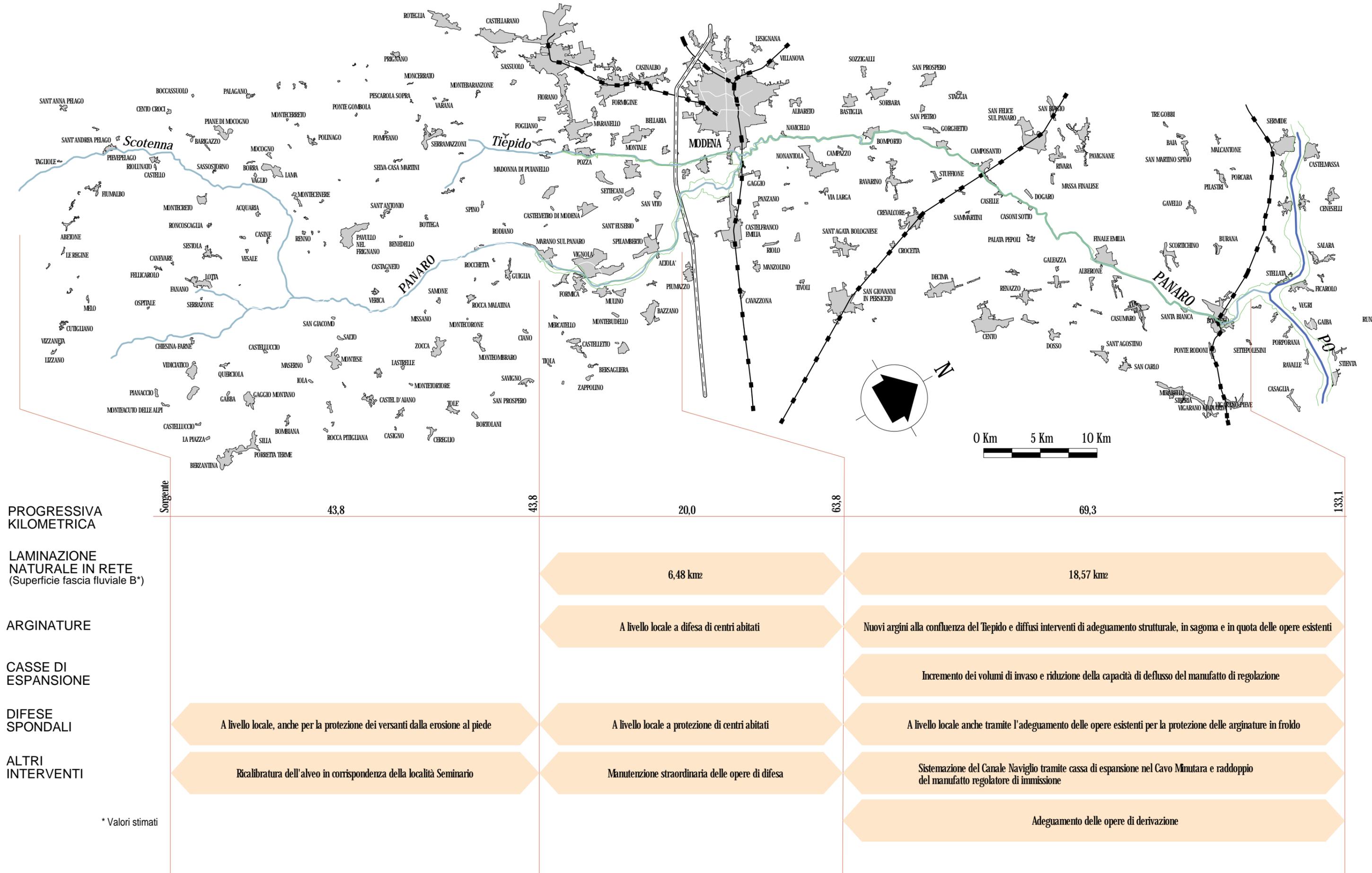
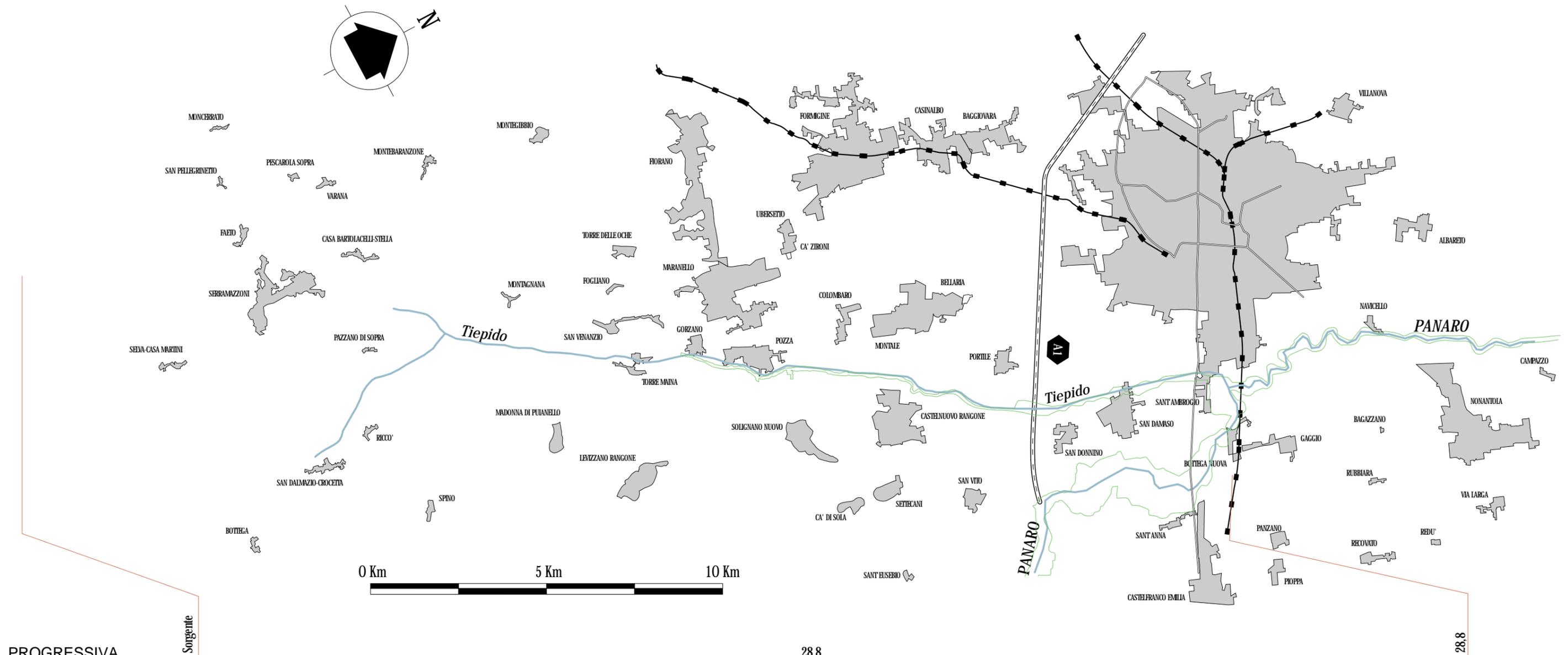


FIG. 34.3. SINTESI DEL QUADRO DEGLI INTERVENTI SULL'ASTA DEL TIEPIDO DALLA SORGENTE FINO ALLA CONFLUENZA IN PANARO



PROGRESSIVA
KILOMETRICA

Sorgente

28,8

28,8

LAMINAZIONE
NATURALE IN RETE
(Superficie fascia fluviale B*)

2,23 km²

ARGINATURE

DIFESE
SPONDALI

A livello locale, anche tramite adeguamenti a integrazione delle opere esistenti

A livello locale, anche tramite adeguamenti a integrazione delle opere esistenti

ALTRI
INTERVENTI

* Valori stimati

34.5.2 Linee di intervento non strutturali

Il quadro degli interventi strutturali sopra evidenziato va integrato con azioni a carattere non strutturale collegate 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 dalle relative norme e sono coerenti con l'assetto difensivo individuato.

Le fasce fluviali sono state delimitate nei seguenti tratti delle principali aste del bacino:

- Panaro: da Marano sul Panaro alla confluenza in Po;
- Tiepido: da Gorzano alla confluenza nel Panaro.

Nel tratti montani delle aste, non soggette alla delimitazione della fascia fluviale, appare opportuno riservare alcune aree di fondovalle alla libera espansione delle piene e al deposito del trasporto solido in piena; la precisa delimitazione delle zone interessate e l'eventuale apposizione di specifici vincoli è demandata agli Enti locali in sede di attuazione del Piano.

Ai fini delle esigenze di monitoraggio di previsione in tempo reale degli eventi di piena, le caratteristiche idrologiche del corso d'acqua richiedono di integrare le reti di misura esistenti in modo da poter disporre di:

- previsioni di eventi critici per il tratto alto sulla base di valori di precipitazioni;
- previsioni delle portate al colmo nella sezione di ingresso della cassa di laminazione, a protezione della città di Modena.

34.6 Linee di intervento sui versanti e sulla rete idrografica minore del bacino del Panaro

Nel seguito vengono evidenziate le linee di assetto da conseguire nel bacino montano, 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. 34.7 Linee generali di assetto da conseguire nel sottobacino del Panaro

Linee generali di assetto	Versanti			Rete idrografica minore									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Rete idrografica minore Si conferma l'attuale assetto dei corsi d'acqua minori. Gli interventi previsti, a valenza locale, hanno essenzialmente la finalità della stabilizzazione morfologica dell'alveo e del controllo dell'erosione al piede dei versanti in erosione.													
Versanti Le linee di assetto sono principalmente indirizzate alla messa in sicurezza dei centri abitati e delle infrastrutture direttamente minacciate di fenomeni gravitativi, sovente innescati dall'imbibizione dei terreni e dai processi erosivi prodotti dai corsi d'acqua. Gli interventi previsti sono prevalentemente di natura idraulico-forestale, ovvero drenaggi (superficiali o profondi), regimazione del reticolo idrografico minuto, rinverdimento-riforestazione, eventualmente integrati da opere di sostegno. L'estensione di molti dei fenomeni gravitativi individuati, rende necessario il controllo e il monitoraggio continuo delle aree in dissesto.													

34.7 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, nei bacini del Panaro e del Tiepido le aree di interesse naturalistico sono le seguenti:

- i parchi regionali di Corno alle Scale, dell'Alto Appennino modenese e dei Sassi di Roccamalatina;
- il parco territoriale dei Boschi di Faeto
- la riserva naturale di Sassoguidano.
- i biotopi Alpesigola-Sasso Tignoso, Sassoguidano-Gaiato, Salse di Nirano-Varano.

Nel bacino in esame, su un totale di 357 beni storico-culturali e paesaggistici considerati circa il 22% appartiene alla categoria dei centri e nuclei storici (81).

Gli edifici monumentali interessano prevalentemente tipologie religiose (146), sia ricomprese nei centri storici sia esterne a essi, e numerosi esempi di architettura civile (82) solitamente ricadenti nei centri abitati.

Sono inoltre presenti in numero significativo le strutture fortificate (38) mentre meno numerosi risultano gli edifici legati all'architettura industriale (9). Si rileva la presenza di un'unica area archeologica.

Per la valle del Panaro sono i borghi e i castelli a riassumere ed esprimere i caratteri prevalenti della struttura insediativa e del paesaggio antropico da essa disegnato.

Nel complesso emerge un patrimonio storico-culturale di considerevole consistenza, paesaggisticamente oltre che storicamente rilevante, ben conservato nella media e soprattutto diffuso omogeneamente sul territorio.