

In collaborazione con:



1506
UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI URBINO
CARLO BO



Consorzio di Bonifica delle Marche

STUDIO PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO DELLA REGIONE MARCHE

INDAGINE CONDOTTA SUI BACINI IDROGRAFICI
DEI FIUMI CONCA, TAVOLLO, FOGLIA,
ARZILLA, METAURO E CESANO

RELAZIONE GENERALE

CONSORZIO DI BONIFICA DELLE MARCHE

IL PRESIDENTE

Avv. Claudio Netti

IL RESPONSABILE DELL'AREA BONIFICA

Dott. Michele Tromboni

UNIURB

CONSULENZA SCIENTIFICA

Prof.ssa Olivia Nesci

Prof. Francesco Veneri

Geol. Filippo Piscaglia

COORDINAMENTO SCIENTIFICO UNICAM

Prof. Piero Farabollini

Prof. Massimo Sargolini

Area Bonifica

PREMESSA

Il presente lavoro nasce a seguito della convenzione stipulata fra Consorzio di Bonifica delle Marche, Dipartimento di Scienze Pure e Applicate dell'Università di Urbino e Geo.In.Tech. (Spin-Off) sottoscritta per completare lo studio delle criticità geologiche e dell'assetto idrologico-idraulico, dei corsi d'acqua della parte settentrionale della Regione Marche compresi tra i bacini idrografici del T. Conca e del F. Cesano, analisi queste propedeutiche alla stesura del Piano di Bonifica.

Si tratta del secondo stralcio di un lavoro che investe l'intera Regione Marche di cui il primo stralcio, limitato all'area compresa tra il bacino idrografico del Fiume Misa e quello del Fiume Tenna, è già stato affidato e portato a termine dall'Università di Camerino.

Per la realizzazione delle attività previste dalla presente convenzione l'Università di Urbino ha attivato n. 4 borse di studio a neo-laureati che hanno fatto parte del gruppo di lavoro coordinati dai responsabili del progetto.

INQUADRAMENTO DEL PROGETTO

Dal punto di vista geografico l'area di studio rappresenta la porzione nord della Regione Marche su cui si estendono i bacini idrografici dei principali Fiumi e Torrenti che sono stati codificati come da elenco seguente:

Cod.	Bacino	Area (km ²)	Lunghezza asta principale (km)	n° sottobacini
01	Fiume Conca	164	26*	2
02	Torrente Tavollo	82	15	2
03	Fiume Foglia	704	91	9
04	Torrente Arzilla	104	29	3
05	Fiume Metauro	1422	113	13
06	Fiume Cesano	413	69	9

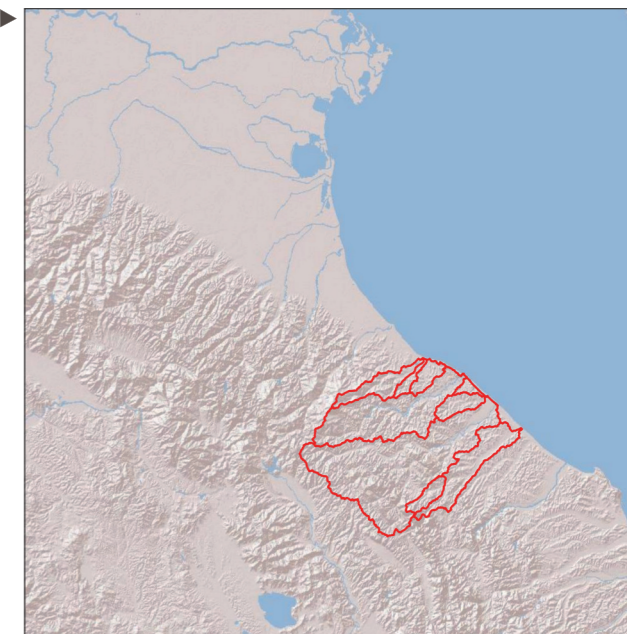
Ciascuno di essi è stato suddiviso in un adeguato numero di sottobacini necessari a studiarlo e rappresentarlo rispetto ai principali temi del progetto:

AI
analisi
idrologica

AF
analisi
fluviale

AP
analisi
paesaggio

Inquadramento generale dell'area in studio



Inquadramento dei bacini idrografici principali



AI ANALISI IDROLOGICA

Per la costruzione del modello idrologico dei singoli bacini si è scelto di utilizzare il metodo dell'SCS-CN sia per la stima della pioggia netta che per la trasformazione afflussi/deflussi implementato attraverso il software HEC-HMS versione 4.2.

I dati di input necessari sono stati raccolti tramite elaborazione GIS delle seguenti informazioni territoriali:

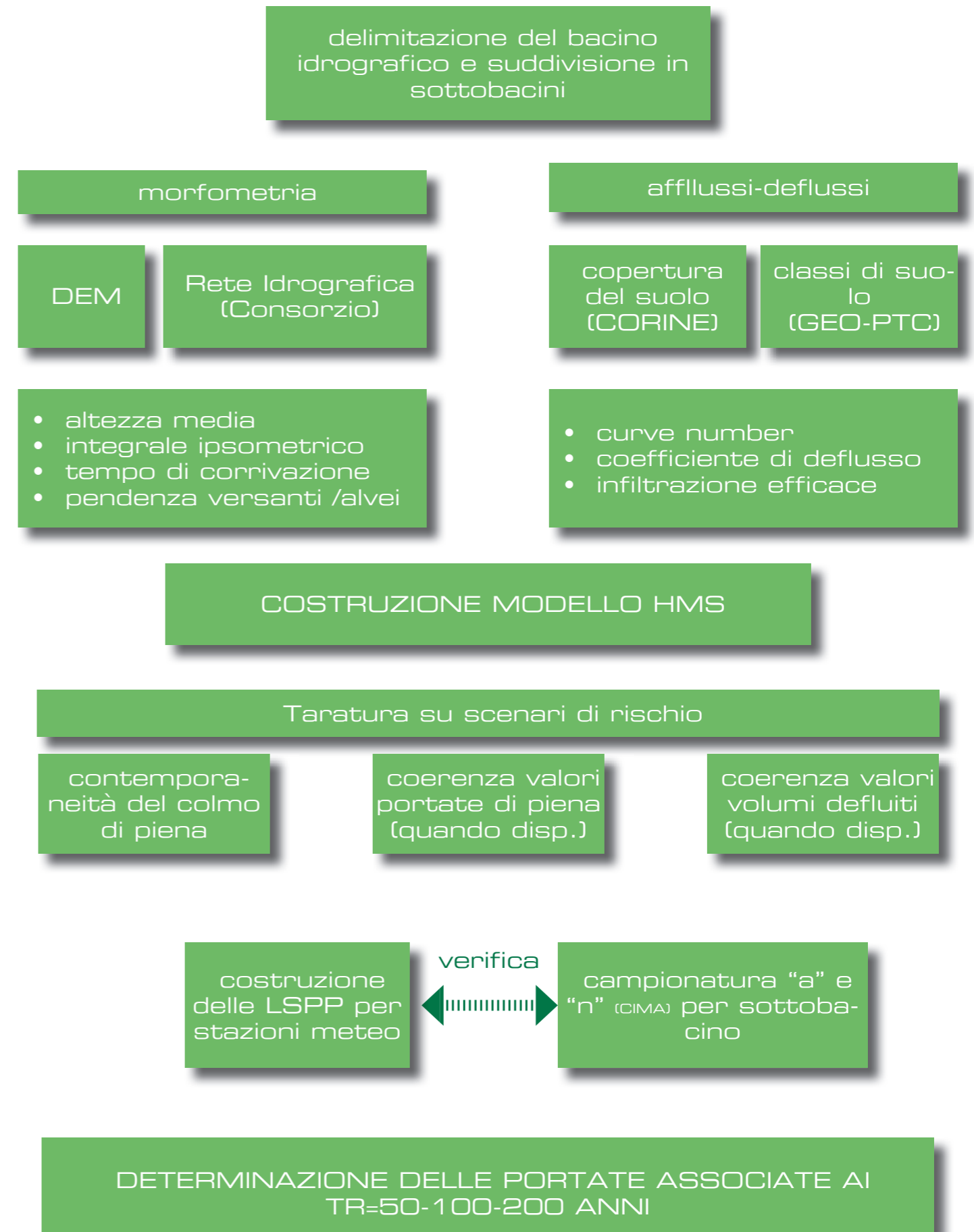
- Modello digitale del terreno (DTM) da elaborazione delle CTR regionali, dati SRTM, dati di dettaglio in disponibilità del Dipartimento;
- Carta della permeabilità dei terreni derivata dal quadro ambientale del PTC della Provincia di Pesaro e Urbino;
- Carta dell'uso del suolo del Progetto Corine Land Cover 2012 - livello 2;
- Raccolta dei dati idro-pluviometrici per le stazioni afferenti la rete di monitoraggio del Dipartimento di Protezione Civile della Regione Marche;
- Dati relativi all'analisi statistica regionale delle precipitazioni massime annuali per le durate da 1 a 24 ore di cui alla convenzione Commissario Delegato Maltempo Maggio 2014 e Fondazione CIMA del 17 febbraio 2015.

Partendo dalla delimitazione del bacino idrografico principale e dei suoi sottobacini si è ricostruito un modello della rete scolante sufficientemente dettagliato a rappresentarne le caratteristiche peculiari e, allo stesso tempo, capace di mantenerne la maggiore semplicità possibile.

Una volta costruito il modello su HEC-HMS si è provveduto a "caricare" le informazioni relative alle precipitazioni meteo, ai livelli di piena e, quando disponibili, le portate di piena, registrate durante specifici scenari di evento.

Verificata la correttezza del modello ricostruito rispetto agli scenari di evento si è provveduto a determinare le portate di piena per gli scenari relativi a tempi di ritorno pari a 50-100-200 anni utilizzate poi per l'analisi idrologica degli alvei principali.

Dal punto di vista metodologico il processo di analisi è sintetizzato dallo schema seguente:



MORFOMETRIA E TEMPI DI CORRIVAZIONE

Partendo dalla ricostruzione dei modelli digitali del terreno disponibili e utilizzando come dato di base la perimetrazione dei bacini principali della Regione Marche si è provveduto a suddividere ciascun elemento in sottobacini cercando di individuare quel grado di dettaglio che risultasse un buon compromesso fra la numerosità degli elementi e una "snella" schematizzazione dell'area in studio.

Operata tale suddivisione si sono calcolate le principali caratteristiche morfometriche:

dati geomorfologici

L = max dist percorsa dall'acqua [Km]

Hf = altezza della sezione di chiusura [m slm]

D = H max - hmin

H = H media del bacino [m slm]

A = Area di bacino [Kmq]

CN = Curve Number

iv = Pendenza media dei versanti

i = Pendenza media dell'asta principale

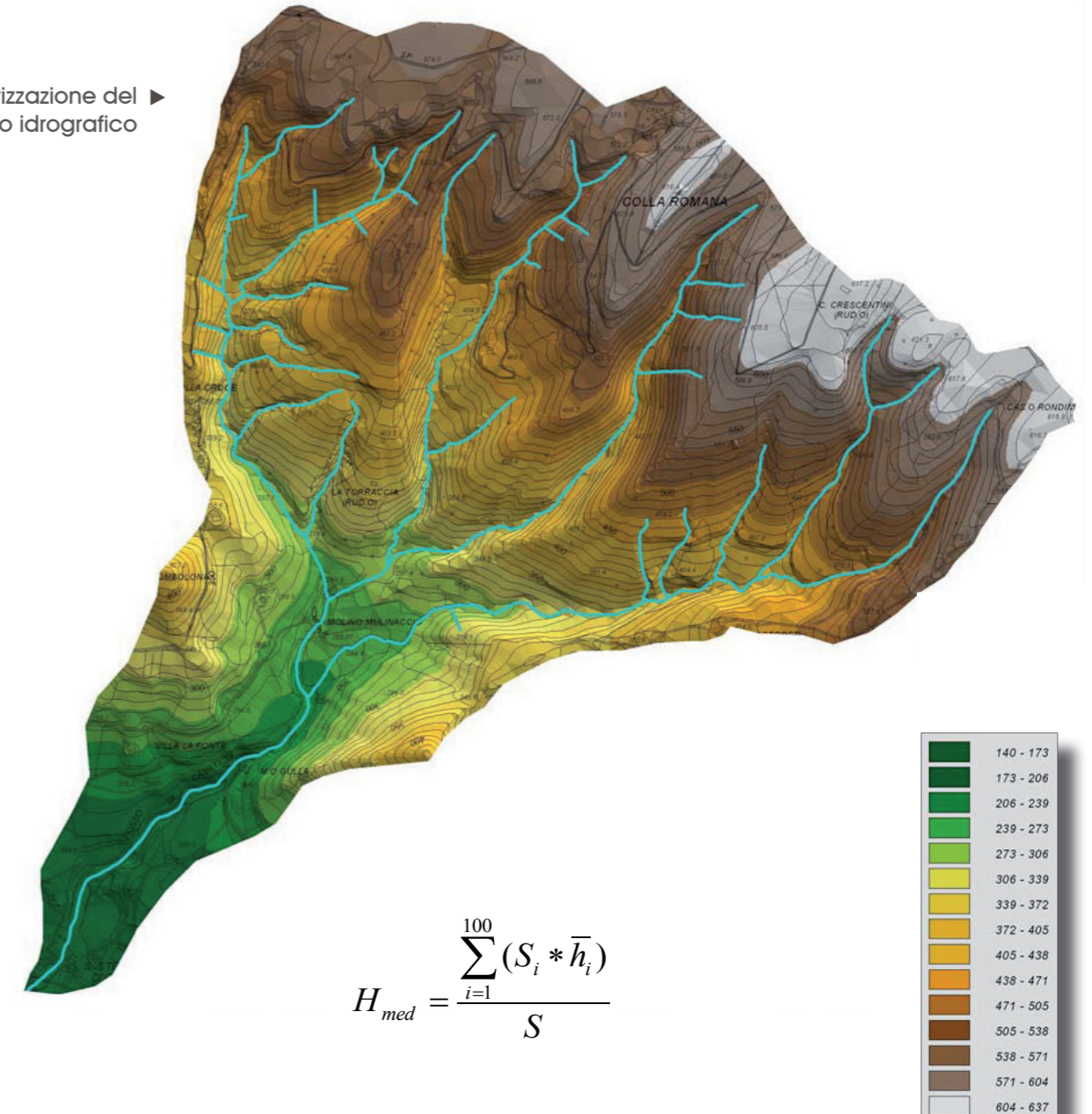
Vvip=Velocità media di scorrimento per Viparelli (m/s) di norma 1-1.5

attraverso le quali si è stati in gradi di determinare per ciascun sottobacino il valore del tempo di corrivazione utilizzando i principali metodi noti in bibliografia e riportati in dettaglio nella tabella seguente:

Autore	Formula
Puglisi	$tc = 6 L^{0.67} * D^{-0.33}$
Tournon	$tc = (0.396 * L * i^{-0.5}) * (S/L^2) * (i/iv)^{0.5}^{0.72}$
Kirpich	$tc = 0.078 (1000 * L)^{0.77} / A^{0.385}$
Pezzoli	$tc = 0.055 * L / i^{0.5}$
Ventura	$tc = 0.1272 * (A/im)^{0.5}$
SCS-CN	$tc = 0.00227 * 1000 * La^{0.8} * ((1000/CN) - 9)^{0.7} / (ib^{0.5})$
Giandotti	$tp = (4 * \text{radq}(A) + 1.5 * L) / (0.8 * \text{radq}(H))$
Pasini	$tc = 0.108 / im^{0.5} * (A * L)^{1/3}$
Viparelli	$tc = 0.278 * L / wip$
Ogrosky	$tc = 0.914 L^{1.15} C^{-0.38}$

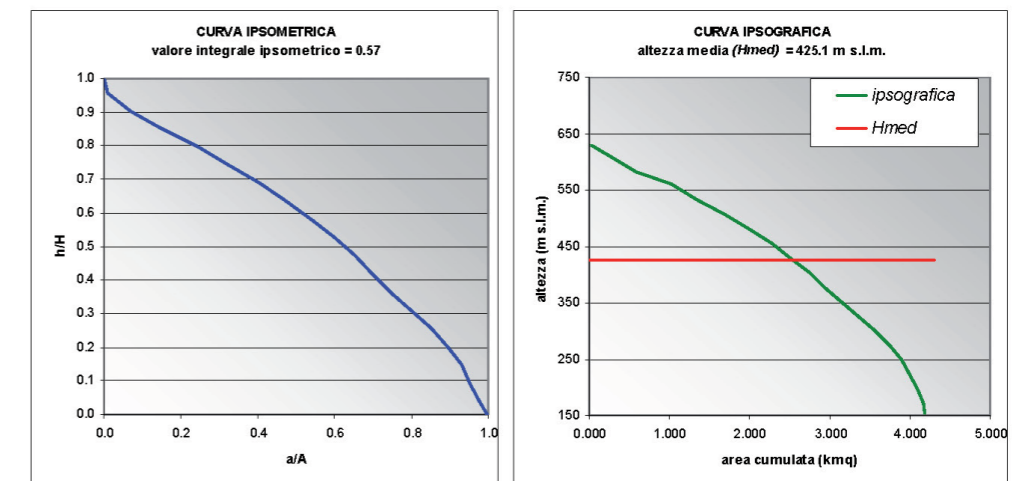
I valori ottenuti sono stati quindi elaborati statisticamente operando un taglio nei valori dalla coda superiore e dalla coda inferiore dell'insieme dei dati ricavati pari al 40%.

Schematizzazione del
bacino idrografico



$$H_{med} = \frac{\sum_{i=1}^{100} (S_i * \bar{h}_i)}{S}$$

Calcolo dell'integrale ipsometric e dell'altezza media



MODELLO AFFLUSSI DEFLUSSI: TIPI DI SUOLO E COPERTURE

Per la determinazione della percentuale di precipitazione che si trasforma in deflusso superficiale si è utilizzata la procedura del Curve Number del Soil Conservation Service statunitense la cui equazione di continuità è la seguente:

$$Q = P - S$$

dove Q(mm) è il volume defluito fino all'istante t; P(mm) è il volume affluito fino al medesimo istante e S(mm) è il volume complessivamente perduto, supposta vera la relazione di proporzionalità diretta:

$$\frac{S}{S'} = \frac{Q}{P}$$

dove S' è il volume massimo immagazzinabile nel terreno a saturazione.

Dalle due equazioni precedenti si ottiene, introducendo il termine (P-I_a) con I_a(mm) uguale ad Initial Abstraction (depurazione iniziale), per tenere conto delle precipitazioni che vengono intercettate dalle depressioni del terreno:

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S'}$$

e la determinazione di S' viene effettuata tramite la relazione:

$$S' = 254 \cdot \left(\frac{100}{C \cdot N} - 1 \right)$$

Suolo	Descrizione
A	<i>Scarsa potenzialità di deflusso</i> Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.
B	<i>Potenzialità di deflusso moderatamente bassa.</i> Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.
C	<i>Potenzialità di deflusso moderatamente alta.</i> Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloid, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarse capacità di infiltrazione a saturazione.
D	<i>Potenzialità di deflusso molto alta.</i> Comprende la maggior parte delle argille con alte capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie.

Tipi di suolo secondo la codifica SCS-CN [▲]

Attribuzione dei valori dei tipi di suolo in funzione della litologia dei terreni affioranti nell'area di studio [▲]

Litologia - Formazione	Tipo di suolo
Deposito alluvionale	A
Detrito	A
Deposito di Conoide	A
Marnoso Arenacea	C
Argille Azzurre	D
Schlier	D
Bisciario	C
Scaglia Cinerea	D
Scaglia Bianca e Rossa	B
Calcare massiccio - Corniola - Maiolica	A

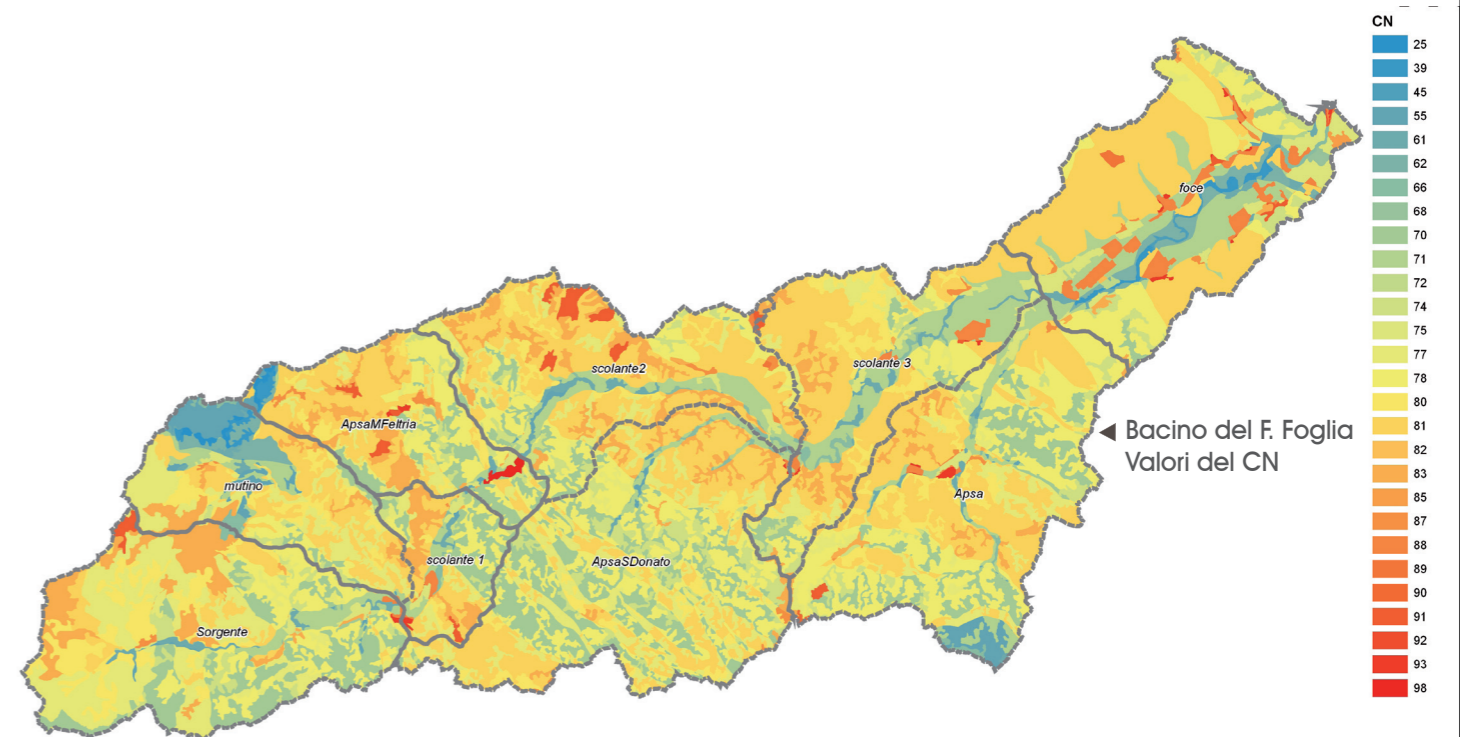
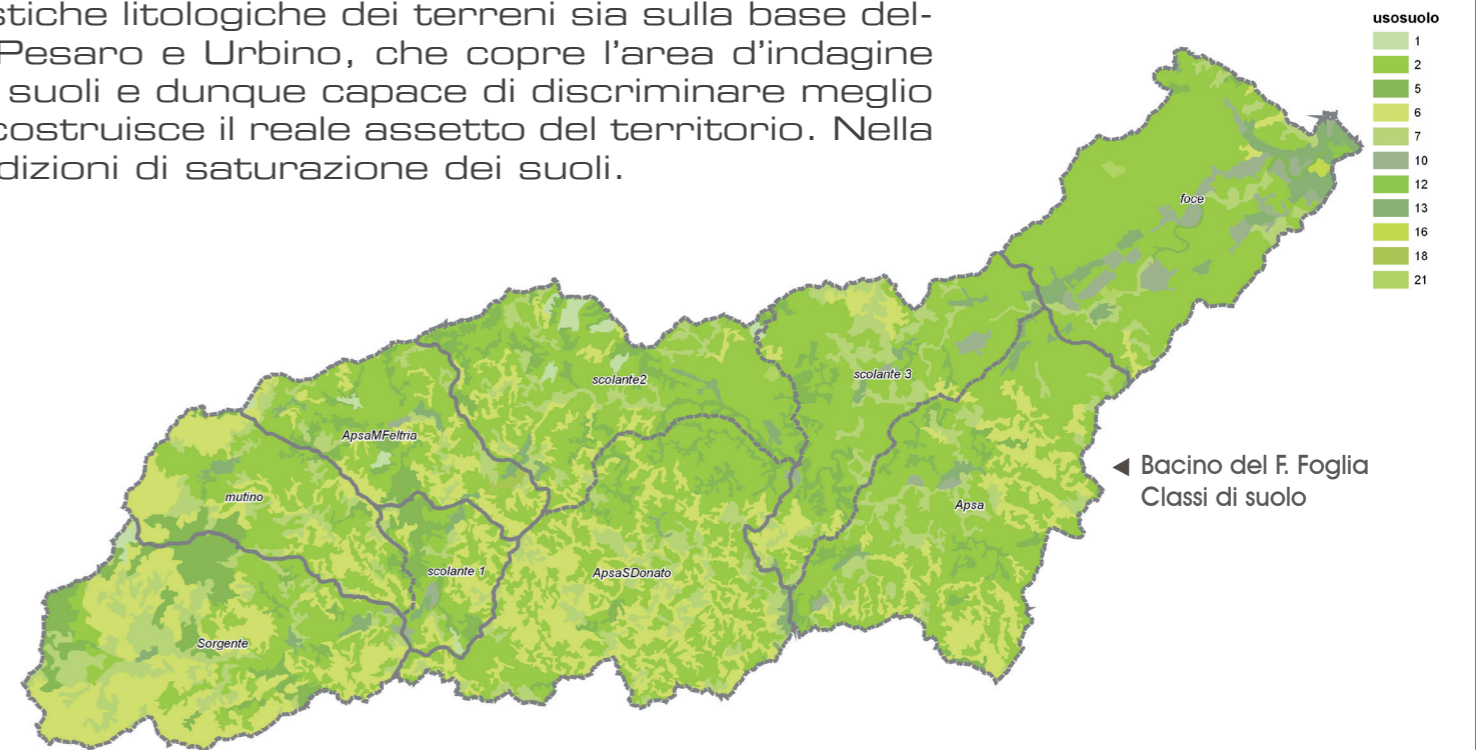
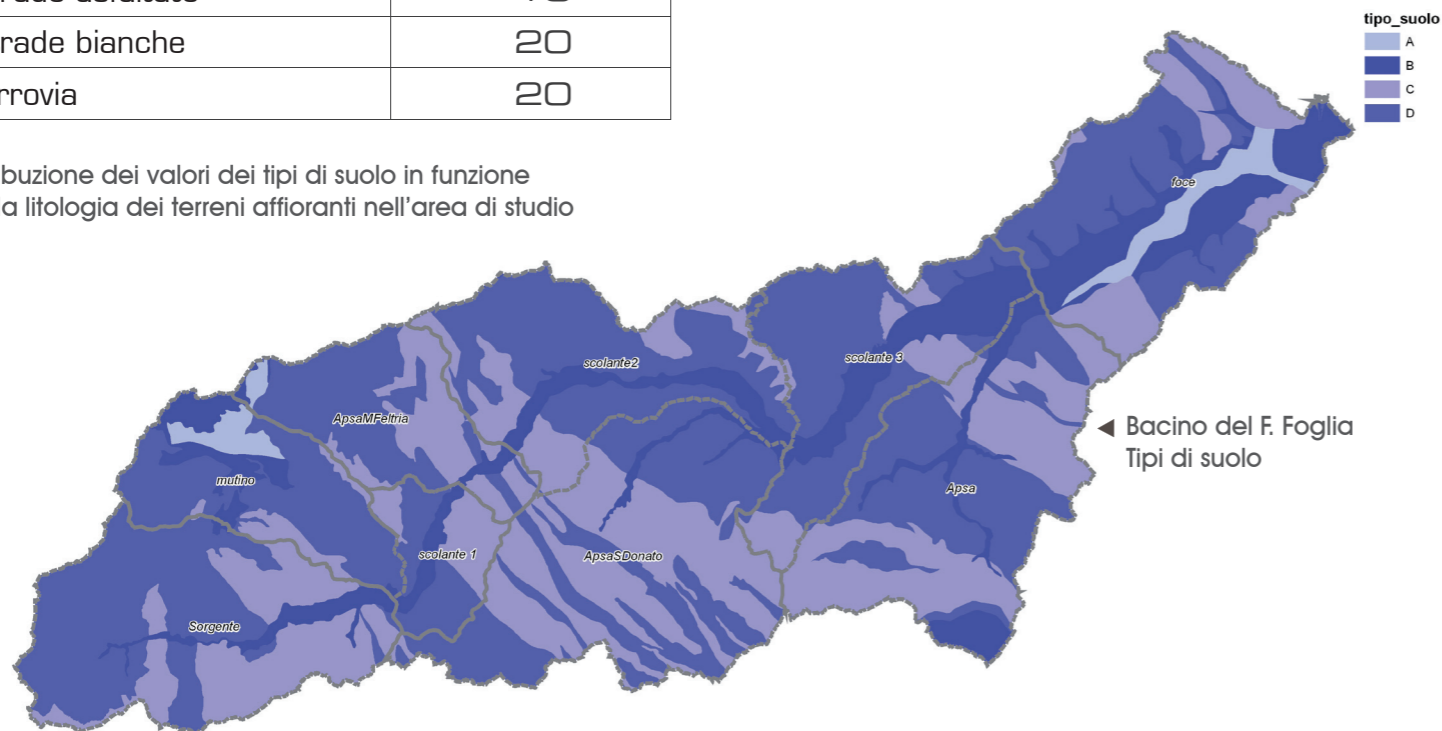
MODELLO AFFLUSSI DEFLUSSI : VALORI DEL CN

Per la definizione del valore del CN su tutta l'area d'analisi, si sono incrociati i dati relativi alla copertura del suolo e della permeabilità dei terreni derivanti rispettivamente dal Progetto Corine 2012 (II° liv.) e dall'elaborato 2E del PTC della Provincia di Pesaro ed Urbino.

I valori dell'infiltrazione sono stati calcolati sia sulla base delle caratteristiche litologiche dei terreni sia sulla base della permeabilità dei suoli. La base dati a disposizione sulla Provincia di Pesaro e Urbino, che copre l'area d'indagine in modo completo, risultava di maggior dettaglio rispetto alla carta dei suoli e dunque capace di discriminare meglio l'informazione sui singoli sottobacini e restituire un valore del CN che ricostruisce il reale assetto del territorio. Nella ricostruzione degli scenari di rischio si è inoltre tenuto conto delle condizioni di saturazione dei suoli.

Uso del suolo (Cus)	Classe SCS
Edificato residenziale	15
Edificato produttivo	15
Seminativo non irriguo	1
Seminativo arborato	1
Vigneto	1
Pascolo	3
Bosco	6
Incolto con rocce e detriti	20
Incolto ripariale	5
Aree estrattive	20
Strade asfaltate	19
Strade bianche	20
ferrovia	20

▲ Attribuzione dei valori dei tipi di suolo in funzione della litologia dei terreni affioranti nell'area di studio



SCENARI DI EVENTO E TARATURA DEL MODELLO AFFLUSSI-DEFLUSSI

Per poter mantenere una notevole versatilità nella modellazione di tutte le componenti idrologiche esistenti in modo tale da ricostruire in maniera il più possibile completa le dinamiche di afflussi-deflussi su scenari di evento passati e quelle associabili a eventi a di Tr 50 - 100 - 200 si è utilizzato il software HEC-HMS versione 4.2.

Il programma, di libero utilizzo, prodotto dal U.S. Army Corps of Engineers, Institute For Water Resources Hydrologic Engineering Center, è progettato per simulare i sistemi idrografici ricorrendo ad una schematizzazione ad albero

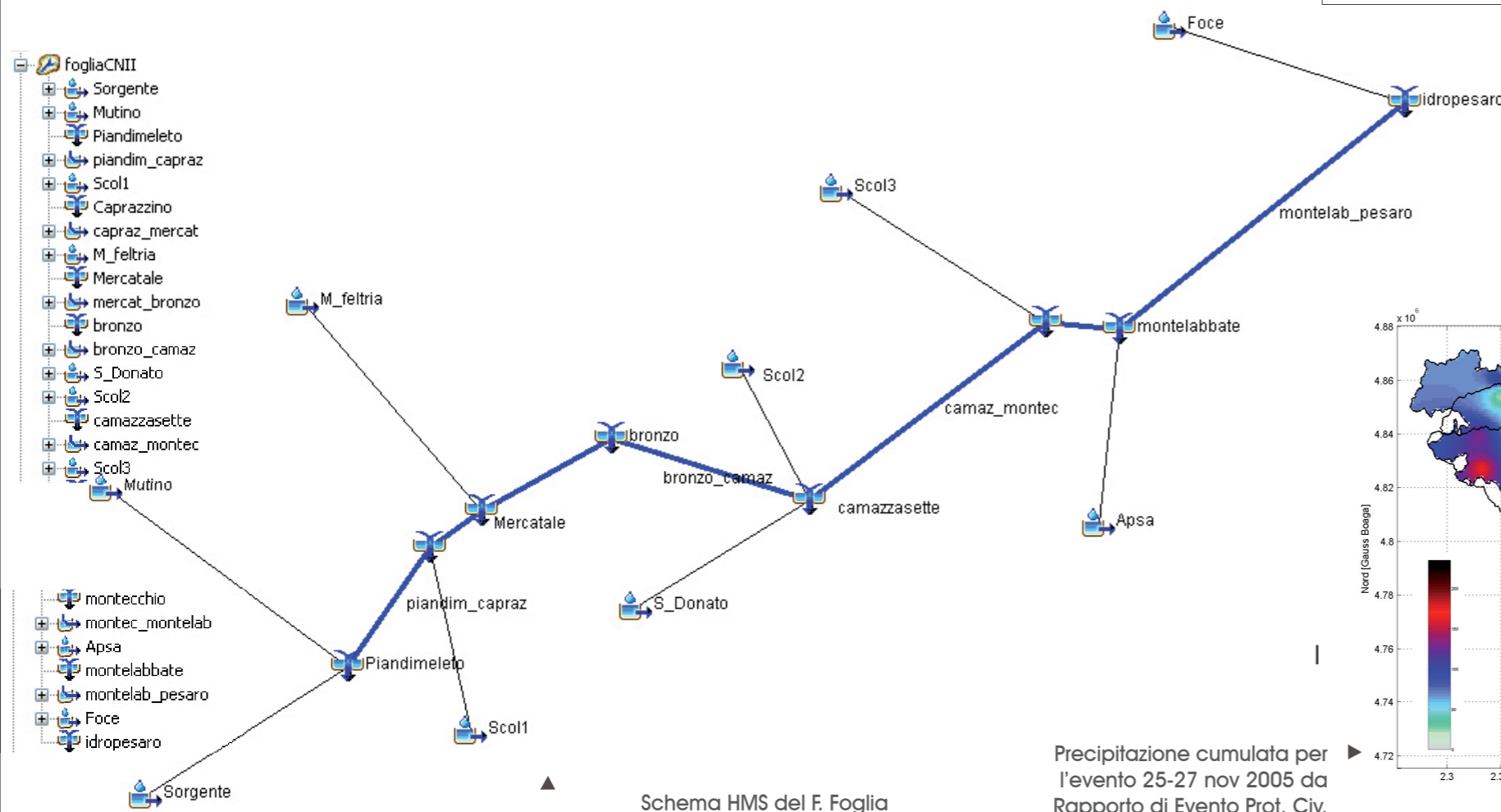
Nelle analisi idrologiche si sono utilizzati prevalentemente le componenti sub-basin, junction e reach e si è scelto di utilizzare le seguenti procedure di calcolo:

- funzione SCS-Curve Number per il calcolo delle perdite di bacino;
- SCS-Unit Hydrograph per la trasformazione afflussi-deflussi;
- Muskingum per il transito nei reach.

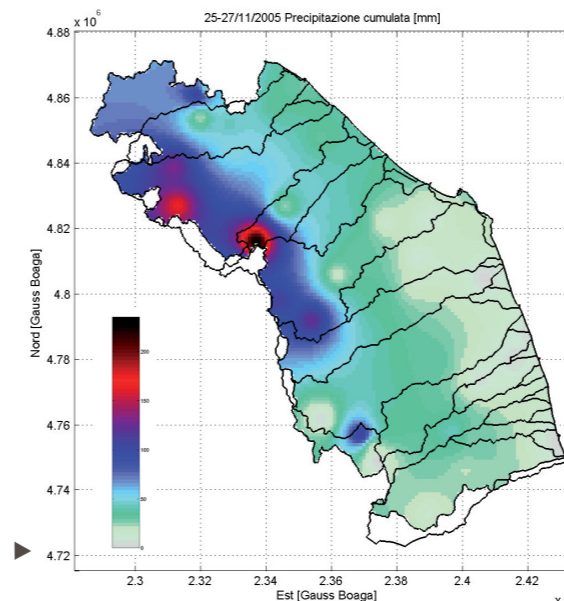
Sono state quindi introdotte per ciascun sottobacino le precipitazioni critiche associate ad alcuni scenari di evento considerati significativi, fornite dal Servizio Idro-Meteo del Dip. Protezione Civile della regione Marche.

La ricerca su più scenari di evento si è resa necessaria perchè, contrariamente a quanto accade per i bacini idrografici dei fiumi principali posti a sud del Cesano, i fiumi considerati nel presente studio sono caratterizzati da una quasi completa assenza di scale di deflusso per le stazioni strumentate con gli idrometri, che restituiscono dunque solo il dato di livello idrico transitante nella sezione.

Stazioni con scala di deflusso	Periodo di funzionamento	Scenari	Fiume
Acqualagna	01/01/2008-01/01/2013	Gen 2010	Metauro
Lucrezia	01/01/2005-01/01/2013	Nov 2005 - gen2010	Metauro
Montecchio	01/01/2012-01/01/2013	-	Foglia
Montelabbate	01/01/2005-13/12/2006	Nov 2005	Foglia
Pesaro	01/01/2012-01/01/2013	-	Foglia



NOTA: Per poter aumentare il dettaglio dell'analisi si è incrementata la base dei dati di lavoro integrandola con le informazioni bibliografiche originali a disposizione degli scriventi raccolti con rilievi diretti in fase di evento, inoltre si è operato un confronto dei risultati attesi con quelli derivanti dai modelli idraulici, in questo modo si sono ricostruite alcune scale di deflusso "virtuali" ad integrazione della scarsa base dati.



Precipitazione cumulata per l'evento 25-27 nov 2005 da Rapporto di Evento Prof. Civ.

Nello specifico si sono scelti 3 scenari tutti documentati da Rapporti di Evento del Dip. Protezione Civile delle Marche:

- 25-27 novembre 2005
- 5-9 gennaio 2010
- 10-13 novembre 2013

risultati degli scenari di evento sono stati quindi riportati dettagliatamente nella sezione Analisi Idrologica relativa ad ogni bacino idrografico considerato.

RICOSTRUZIONE DEGLI IDROGRAMMI PER TR = 50, 100, 200 ANNI

Una volta tarati i modelli relativi agli scenari di evento si sono quindi calcolati gli idrogrammi associati a scenari di evento per i diversi tempi di ritorno richiesti dal progetto.

L'elaborazione statistica del campione delle misure della variabile idrologica pioggia ha lo scopo di definire la forma della funzione di distribuzione di probabilità (FDP) della variabile medesima, ossia il legame tra la variabile e il tempo di ritorno (il numero medio di anni che occorre aspettare per il primo superamento di un generico valore x proveniente da una serie di dati) e si ricava dal processo

dei massimi annuali mediante la relazione: $T(x) = E[N_x] = \frac{1}{1 - F(x)}$

è inoltre legato alla probabilità che x sia superato almeno una vol-

ta in n anni tramite la relazione $P = 1 - \frac{1}{T}$

Nel caso in oggetto, il legame tra la variabile e il tempo di ritorno viene individuato elaborando i suoi massimi annui misurati in una serie di anni, anche non consecutivi, procedura definita come elaborazione della serie dei massimi annui (AM).

La stima della (FDP) della variabile idrologica altezza di pioggia è ottenuta da un unico campione di dati misurati.

La FDP prescelta è quella di Gumbel in cui la distribuzione del massimo valore, l'altezza di precipitazione massima caduta in un intervallo prescelto, tra M valori di una variabile casuale, segue la cosiddetta prima legge asintotica del massimo valore (o di Gumbel appunto), quando M è sufficientemente grande.

La relazione a due parametri denominata legge di probabilità pluviometrica o curva segnatrice di possibilità climatica che lega le altezze di pioggia con le durate di pioggia è descritta dalla nota espressione:

$$h = at^n$$

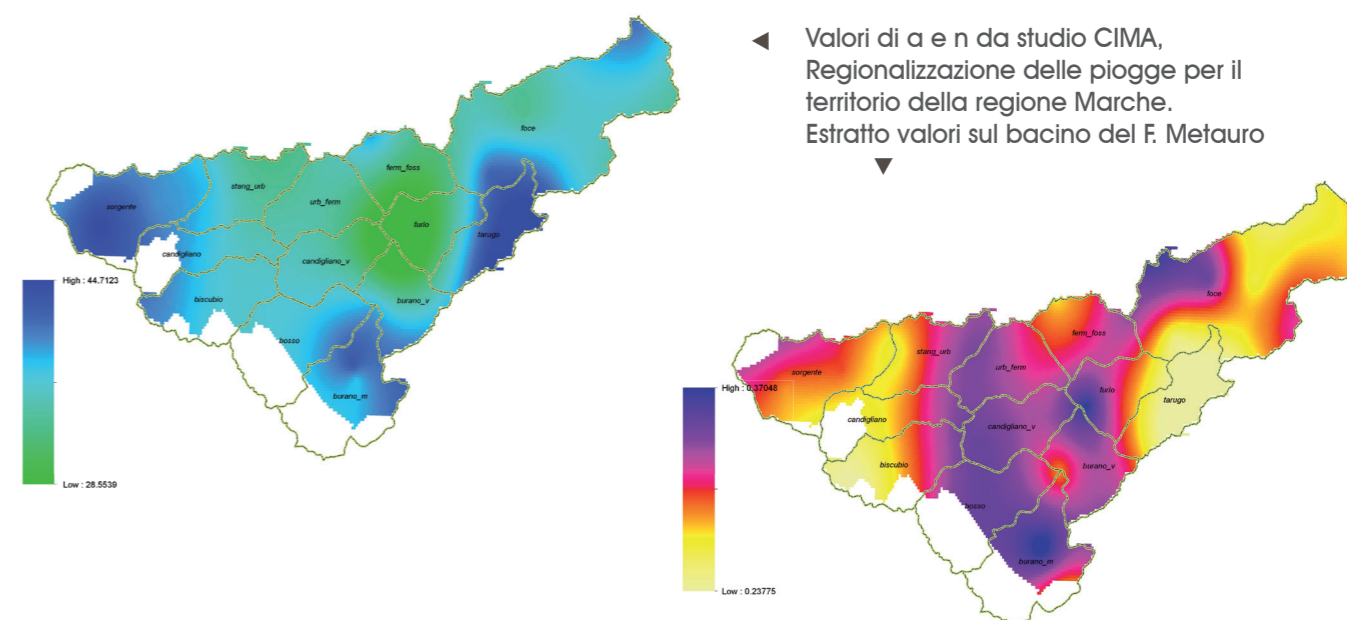
NOTA: La taratura dei modelli è stata fatta sulla base dei tre eventi critici che hanno restituito tutti valori accettabili per quel che riguarda sia i tempi arrivo dei colmi di piena sia l'andamento della curva rapportata con le informazioni del livello idrico sulle sezioni idrometriche. Si è condotta una taratura di controllo su HEC-HMS per ottimizzare i risultati che ha restituito valori che si discostavano poco dai valori di partenza. Pertanto si è deciso di mantenere, seppur con un lieve margine di errore, i dati di input reali.

Per la stima di a ed n ci si è posti il problema di uniformare tutti i dati disponibili per i bacini dell'area in studio cercando di mantenere lo stesso livello di precisione e di rappresentatività statistica.

Pur avendo a disposizione gran parte delle serie storiche per le principali stazioni meteo afferenti all'area di studio il problema di uniformare in modo rigoroso dati aventi affidabilità diverse per n° di osservazioni e/o per periodi di funzionamento si è valutata l'opportunità di utilizzare il dato disponibile relativo al progetto CIMA già citato, che rappresenta la ricostruzione uniforme dei valori di a ed n per tutto il bacino regionale in formato grid.

Dopo aver condotto una valutazione a campione fra i dati a derivanti da serie storiche anche estese e il dato CIMA, si è scelto definitivamente di utilizzare quest'ultimo sulla base delle seguenti considerazioni:

- scostamento percentuale sui valori di riferimento di sotto del 4-6%;
- uniformità areale del dato senza necessità di interpolazione fra le stazioni meteo;
- possibilità di associare il valore medio alle aree dei sottobacini.



I valori di a e n per ogni sottobacino, così come le portate massime attese negli scenari di evento sono riportate nelle tavole di ogni tratto di corso d'acqua considerato.

AF ANALISI FLUVIALE

I dati del modello idrologico ottenuti per i singoli bacini e sottobacini in funzione di diversi tempi di ritorno sono stati utilizzati come input per la modellazione idraulica dei corsi d'acqua principali tramite il software HEC-RAS versione 5.0.

Per la costruzione del modello idraulico, in conformità con le specifiche del progetto, si sono utilizzate le seguenti informazioni:

- rilievo LiDAR delle aste idrografiche principali dei fiumi della Regione Marche, maglia 1x1 metri, anno 2013, fornito dal Consorzio di Bonifica;
- geometria delle opere d'arte dal progetto "Rilievo topografico di dettaglio dei corsi d'acqua appartenenti ai bacini idrografici regionali delle Marche" (2001-Servizio LL.PP.);
- determinazione dei valori di scabrezza di Manning da rilievo diretto in campagna;

Tramite l'estensione HEC-GeoRas si sono costruiti gli elementi geometrici principali per ciascun tratto dei corsi d'acqua individuati perimetrando sul DTM LiDAR il tracciato e i limiti destro e sinistro dell'alveo principale, i limiti destro e sinistro dell'area di deflusso e le sezioni trasversali.

La geometria così costruita è stata quindi esportata per essere caricata su HEC-RAS completando il modello con l'inserimento delle opere d'arte.

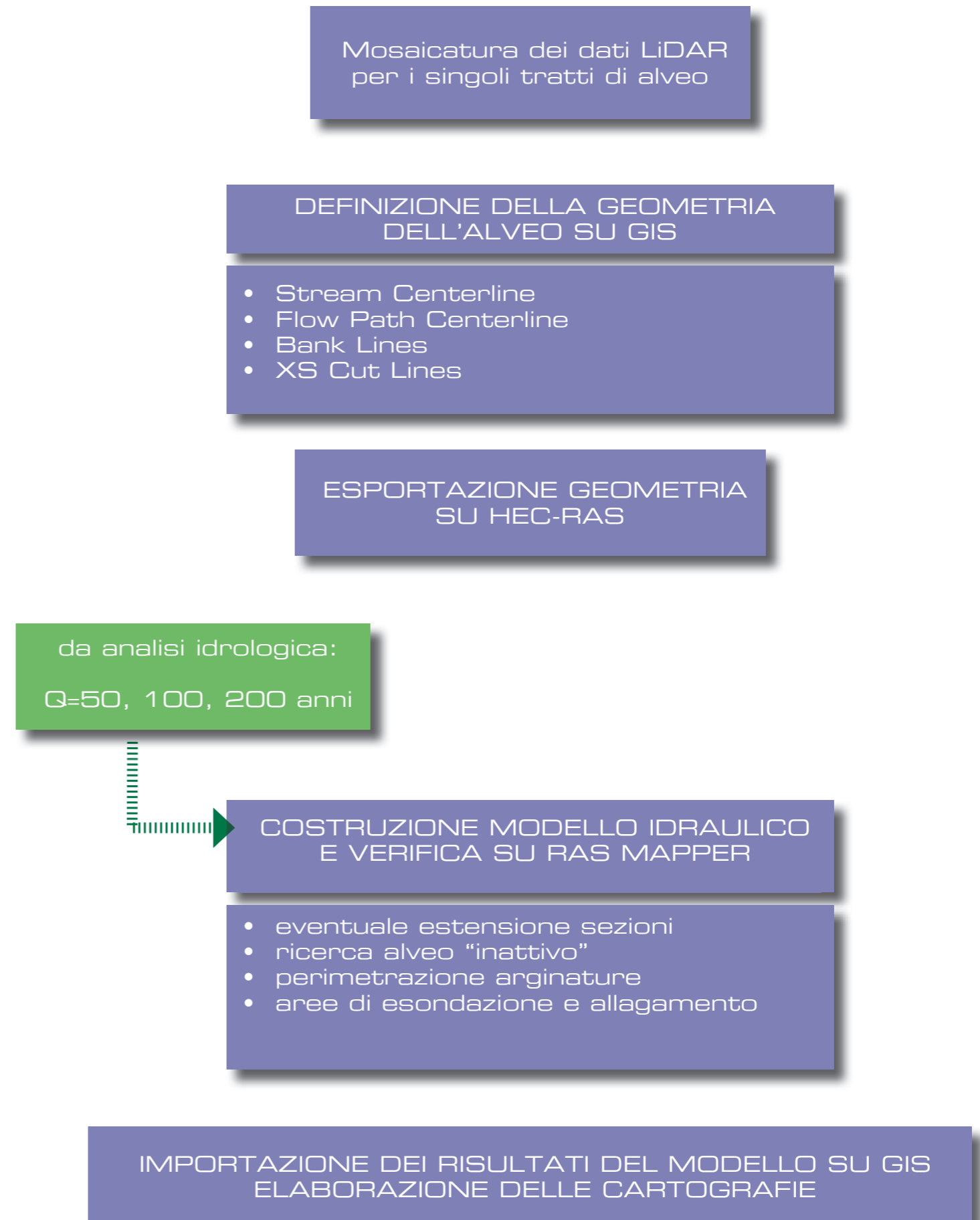
Si sono quindi definiti i valori delle portate di riferimento per $T_r=50$ -100 e 200 anni, derivate dalla modellazione idrologica scegliendo il dato tramite un confronto "ragionato e cautelativo" fra i volumi previsti dai diversi metodi utilizzati (SCS-CN, razionale, regionalizzazione, dati storici).

I risultati delle modellazioni hanno previsto la definizione dell'area di deflusso della piena, i tiranti idrici raggiunti dalle acque, le velocità di scorrimento, proiettati sul DTM di riferimento.

Utilizzando l'estensione GIS del programma (RAS Mapper) tutti i dati sono stati quindi ri-verificati e corretti, laddove necessario, ad esempio con l'estensione delle tracce di sezione, la mappatura e taratura delle aree di allagamento, la perimetrazione dei canali di esondazione secondaria innescati dal transito della piena, la presenza e continuità delle arginature.

Dopo tale controllo i dati sono stati quindi ri-importati su supporto GIS per la realizzazione delle cartografie definitiva.

Il percorso metodologico è rappresentato nello schema a fianco:



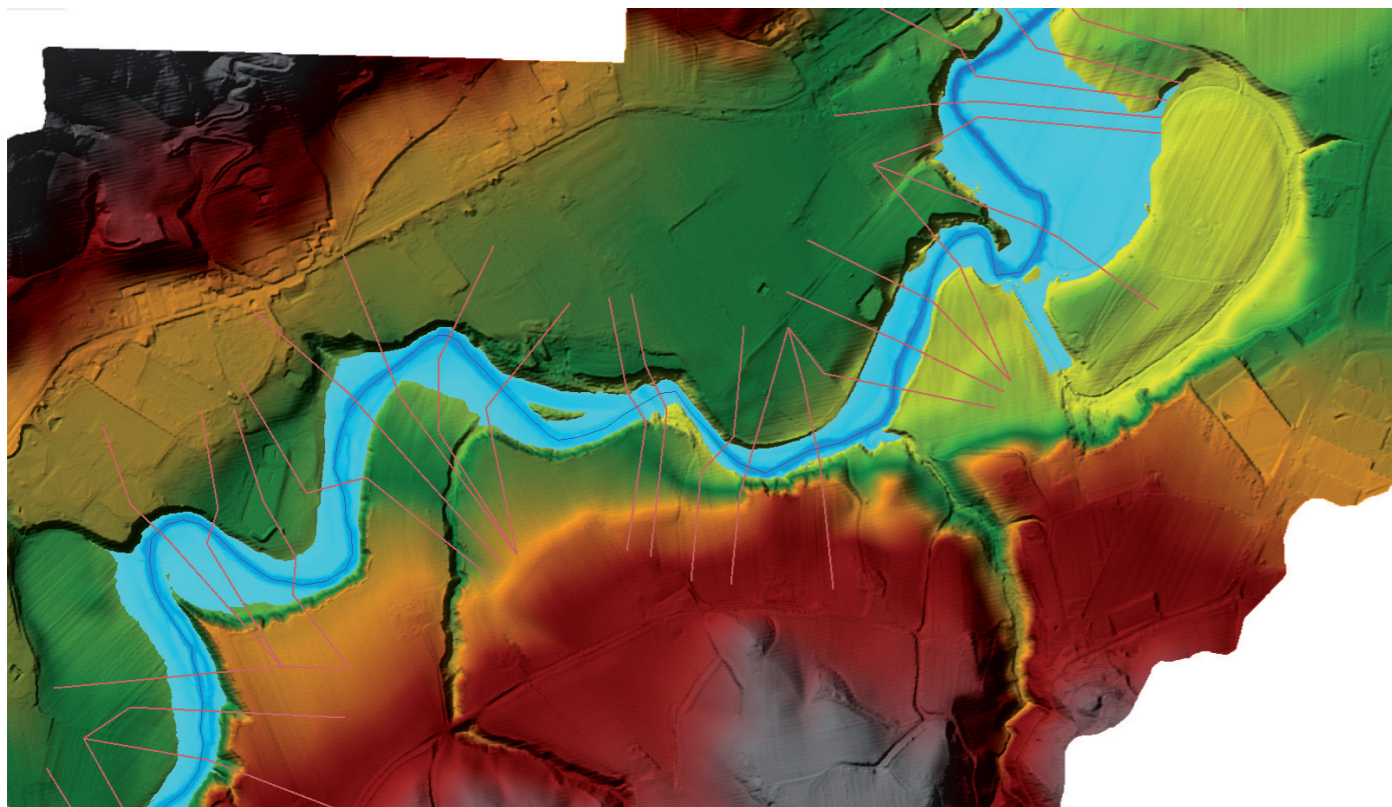
AF RICOSTRUZIONE DELLA GEOMETRIA DELL'ALVEO E DELLE AREE GOLENALI

Grazie al dato LiDAR mosaicato e processato su GIS sul quale è stato possibile tracciare le principali componenti della geometria necessaria all'elaborazione del modello con HEC RAS, si sono ricostruiti i modelli idraulici, tratto per tratto, di tutti i sottobacini dell'area in studio.

Gli stessi sono stati codificati con il numero del corso d'acqua principale e con una lettera che identifica il sottobacino considerato.

Tale schematizzazione è riportata dettagliatamente in ogni tavola grafica.

Il dato LiDAR messo a disposizione del Consorzio, ha una risoluzione di 1x1 m e consente una ricostruzione di dettaglio della geometria del terreno in corrispondenza dell'alveo e delle aree golenali, tuttavia risulta particolarmente "pesante" nell'elaborazione delle informazioni in fase di input, di processamento e di output da parte dei software utilizzati.

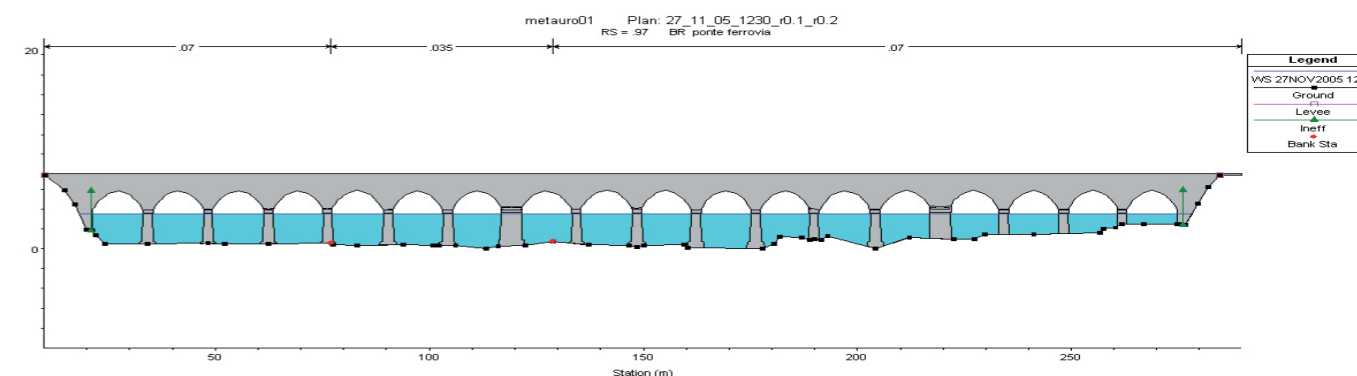
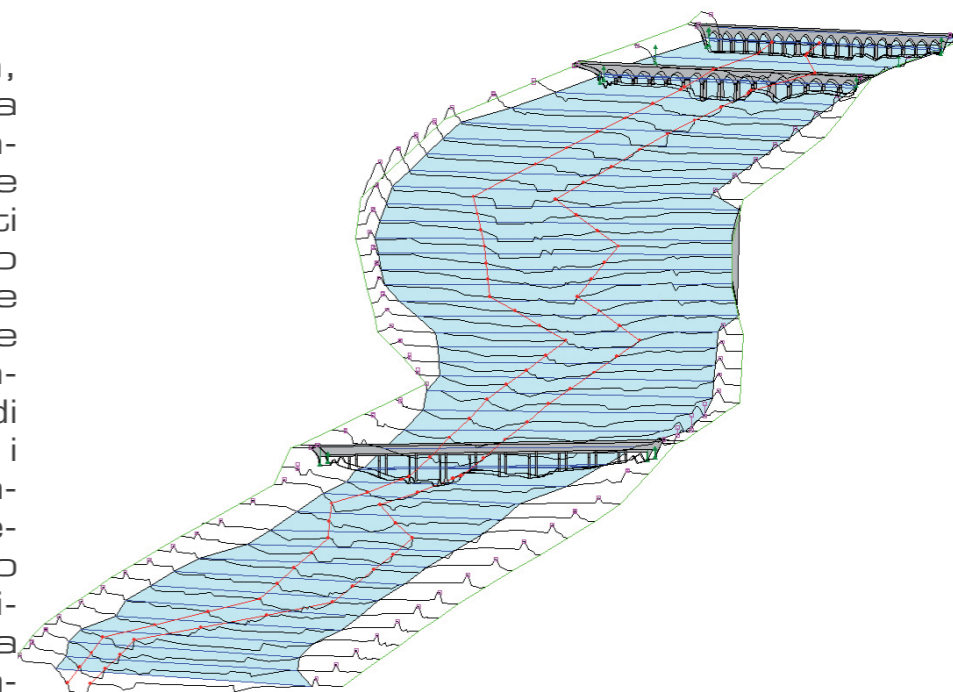


Per tale ragione non è possibile modellare tutto il corso d'acqua ed i suoi affluenti in un unico progetto ma è necessario processare separatamente i tratti di ciascun sottobacino e, nel caso del F. Foglia e del F. Metauro, addirittura in due parti il tratto finale.

Tale semplificazione tuttavia non determina alcuna perdita di valore nei modelli ricostruiti in quanto ogni singolo sottobacino può essere considerato un sub-sistema definito da limiti propri definiti e distinti dalle aree circostanti.

Per quanto riguarda la scabrosità dell'alveo e delle aree golenali alle sezioni sono stati in generale attribuiti valori del coefficiente di Manning pari a 0.035 per l'area del canale e 0.070 per le zone golenali in destra e sinistra, considerati adeguati allo stato dei luoghi e modificati localmente qualora le condizioni rilevate in campagna lo richiedessero.

In fase di taratura, per giungere ad una maggiore comprensione delle dinamiche idrauliche dei tratti studiati, si è spesso utilizzato un range di elaborazione che comprendesse l'intervallo di volumi di piena compresi fra i pochi mc/s e portate superiori alla duecentennale, in modo tale da poter considerare gli effetti sia della "portata formativa" che della "piena eccezionale".



Il modello idraulico così ricostruito consente di modellare sia il transito delle piene per tempi di ritorno 50, 100 e 200 anni necessarie alla pianificazione e gestione del rischio, sia di ricostruire con buon dettaglio ed affidabilità gli scenari di evento descritti nei rapporti del Dip. Protezione Civile.

ANALISI PAESAGGISTICA

La valutazione della componente paesaggio in un'analisi che ha per oggetto i corsi d'acqua si presta bene ad occupare quell'area concettuale ancor non ben definita che vede "confondersi e sovrapporsi" i concetti di territorio, ambiente e, appunto, paesaggio.

Il fiume rappresenta **un segno della divisione geomorfologica del territorio**, che ricalca a volte anche una separazione politico-amministrativa, e assume un significato quasi esclusivamente spaziale con un valore estensivo-quantitativo.

L'ambiente fluviale ha invece due significati principali: quello biologico legato alle condizioni di vita fisiche e quello storico-culturale costituito dall'interazione/trasformazione operata dall'uomo.

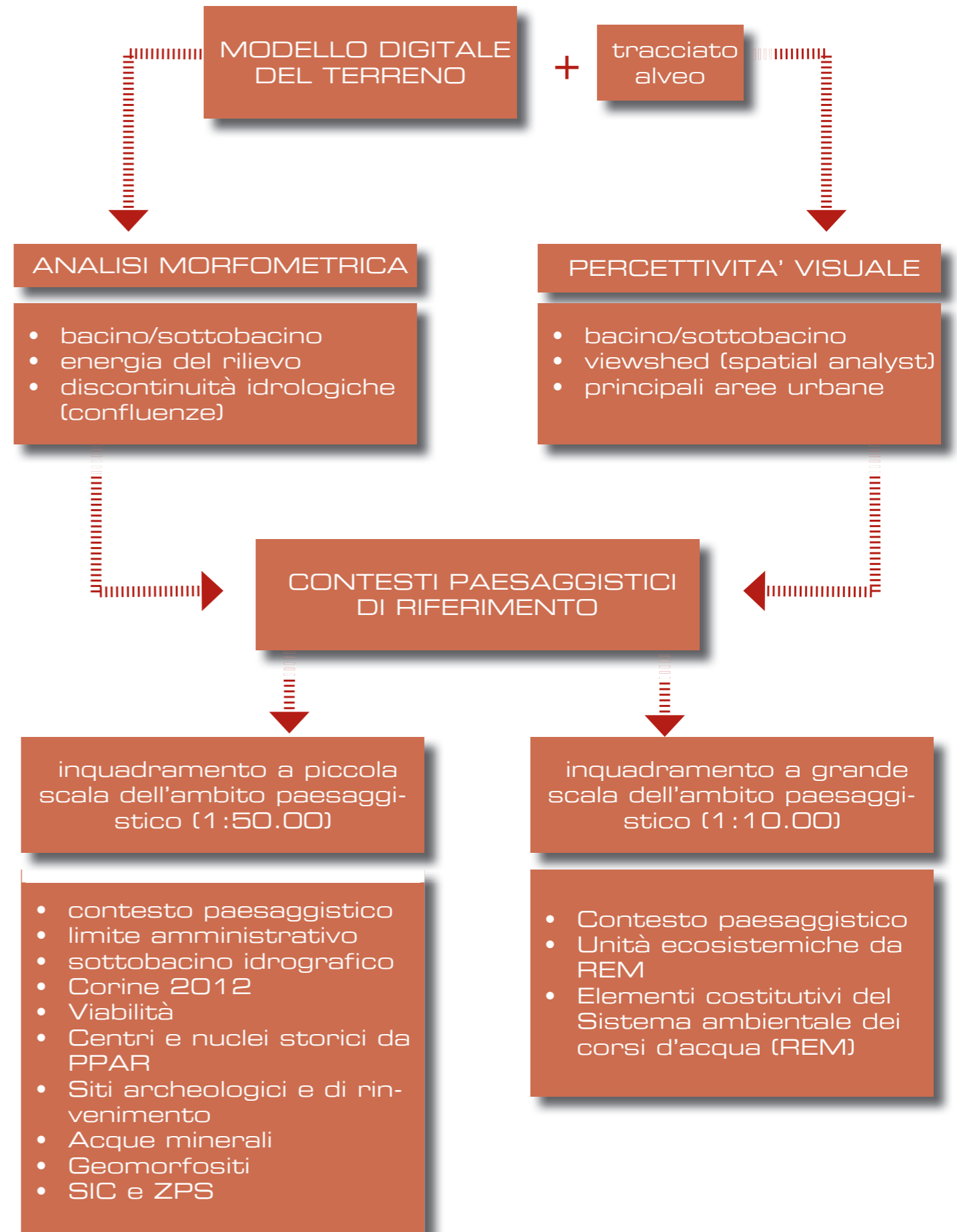
Nella definizione **del paesaggio fluviale deve essere obbligatoriamente introdotta la presenza di un osservatore**, che determina il passaggio da una quantificazione delle "forme" conferite dai processi geomorfologici, biologici, storico culturali, misurabili e quantificabili, a quello di un valore "esprimibile" solo in quanto legato alla sua percezione da parte dell'uomo.

Partendo da tali considerazioni generali sulla valenza relativa e soggettiva del paesaggio ci si è spinti a raccogliere ed elaborare i dati e le componenti necessari a definire nel complesso gli aspetti territoriali ed ambientali significativi per lo studio.

Il primo dato di input indispensabile è relativo alla percezione visuale dell'ambito fluviale considerato come originato geometricamente dal tracciato dell'alveo.

Seguendo la definizione di paesaggio così come sopra definita, si sono utilizzati gli strumenti GIS per elaborare, delimitare e rappresentare i contesti paesaggistici di riferimento attraverso l'elaborazione dei dati territoriali ritenuti più significativi in ambito fluviale:

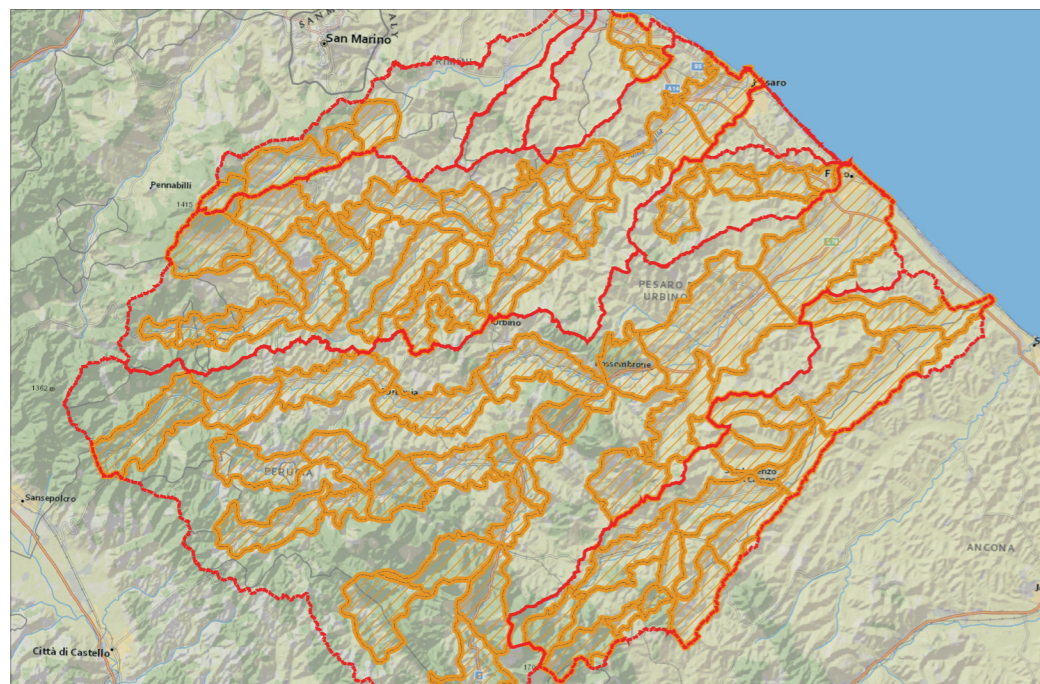
- Modello digitale del terreno (DTM) e tracciato asse fluviale principale per determinazione del bacino visuale;
- Analisi morfometrica, energia del rilievo, principali discontinuità idrologiche per la suddivisione dei sottobacini;
- Carta dell'uso del suolo del Progetto Corine Land Cover 2012 e unità ecosistemiche della REM per gli aspetti ambientali;
- Viabilità e sentieristica da PTC, embiti amministrativi e aree a vincolo (ZPS-SIC), aree archeologiche, elementi del patrimonio storico-culturale.



ANALISI PAESAGGISTICA

Partendo dal modello digitale del terreno, considerando l'area di ciascun bacino/sottobacino e la rete idrografica principale è possibile ricostruire con strumenti di analisi spaziale le zone di intervisibilità fra l'elemento fiume ed il territorio circostante.

L'introduzione dell'analisi morfometrica con particolare riguardo al fattore "energia del rilievo" consente inoltre di delimitare quelle aree "omogenee" per conformazione della superficie topografica. Infine introducendo i "nodi" presenti sul territorio è possibile disporre di tutti quegli elementi geometrici capaci di suddividere il territorio in ambiti omogenei rispetto al sistema fiume.



◀ Contesti paesaggistici individuati nel progetto di ricerca

Ogni ambito così delimitato apparterrà per definizione ad un sottosistema territoriale ben definito, caratterizzato da un regime idrologico-idraulico specifico e da un assetto geomorfologico peculiare che condizioneranno sia le componenti ambientali che paesaggistiche intese nell'espressione più ampia.

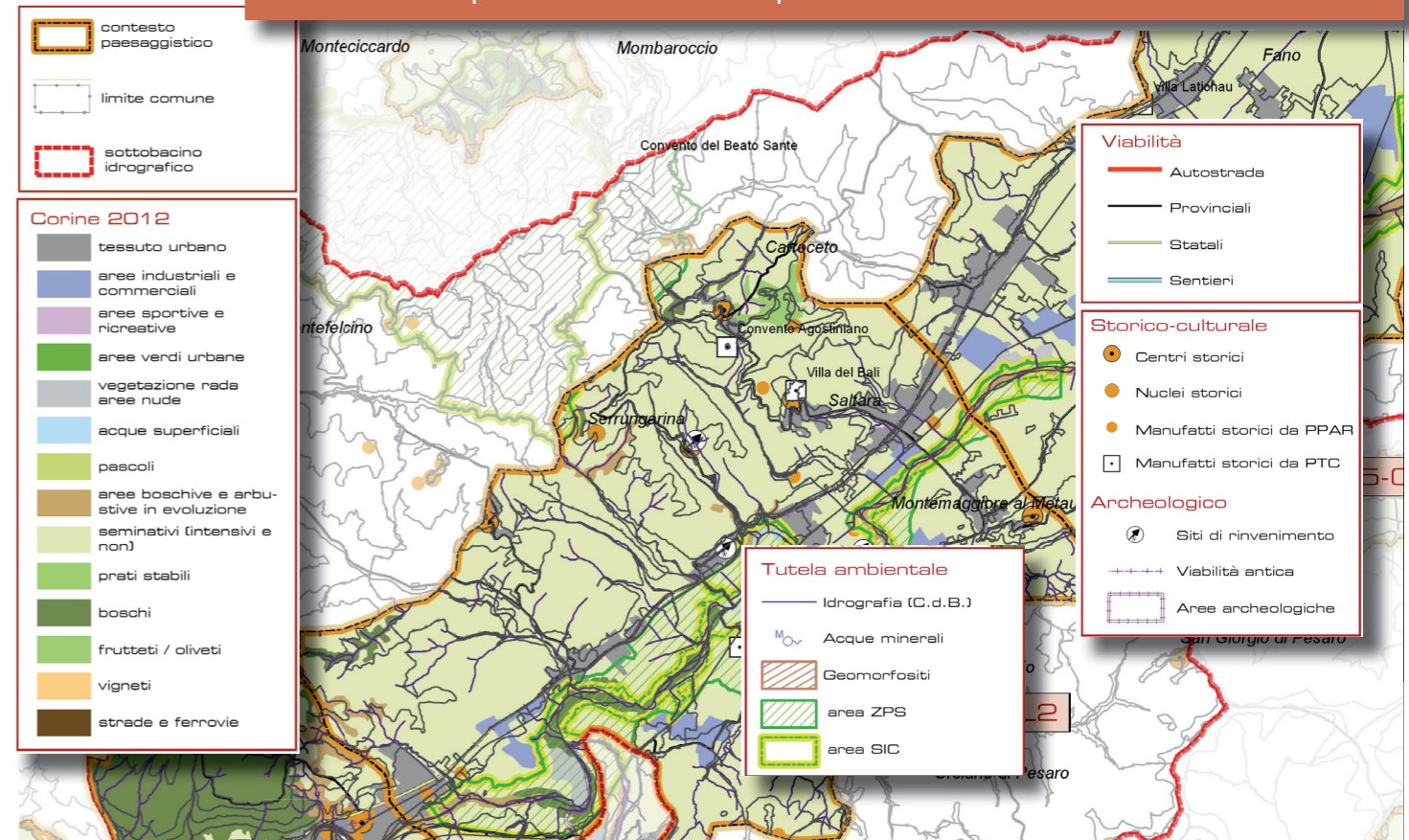
Per poter dunque comprendere potenzialità - fruibilità - rischi - tutele è necessario poter considerare ogni contesto paesaggistico in funzione delle proprie peculiari caratteristiche in modo tale da consentirne sia la valorizzazione specifica che la replicabilità in aree analoghe

Negli contesti paesaggistici così definiti, occorre quindi operare operare a due scale differenti:

- una che sia di inquadramento territoriale in senso stretto, che ne consideri l'assetto sotto il punto di vista amministrativo, dei

vincoli e delle tutele, dell'infrastrutturazione puntuale e lineare, del patrimonio storico-culturale,

inquadramento a piccola scala (1:50.00)



- un'altra che consideri i processi biologici e geomorfologici che risultano direttamente legati al sistema fiume

inquadramento a grande scala (1:10.00)

