PROVINCIA DI OLBIA TEMPIO
COMUNE SAN TEODORO

ADEGUAMENTO DEL PIANO URBANISTICO COMUNALE
AL P.A.I.
PERIMETRAZIONE DELLE AREE A PERICOLOSITA'
IDRAULICA IN APPLICAZIONE DELL'ART.8 COMMA 2
DELLE NORME DI ATTUAZIONE DEL P.A.I.

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

TAVOLA N°	SCALA	DATA
1.2		Ottobre 2012

I TECNICI INCARICATI
Ing. Maddalena Idili
Geol. Andrea Selis

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
Geom. Riccardo Inzaina

Ing. Maddalena Idili, via Stazione n. 28 - 08012 Bortigali, cell. 3285388170 - email idili.m@tiscali.it
Geol. Andrea Selis, via Toscana n.3 - 08100 Nuoro, cell. 3493193280 - email andreaselis@gmail.it

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

1. – METODI DI VALUTAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA

Preliminarmente sono stati individuati i reticoli idrografici oggetto di studio e conseguentemente perimetrati i bacini imbriferi complessivi e i loro sub bacini, che nel nostro caso sono complessivamente 94, ed individuate le loro caratteristiche mediante lo sviluppo di un modello digitale del terreno a partire dalle cartografie in scala 1:5000 del territorio comunale integrate per le aree esterne con la cartografia CTR in scala 1:10000 e in corrispondenza dei centri abitati sono state implementate anche le informazioni derivanti dalle cartografie di dettaglio in scala 1:2000.

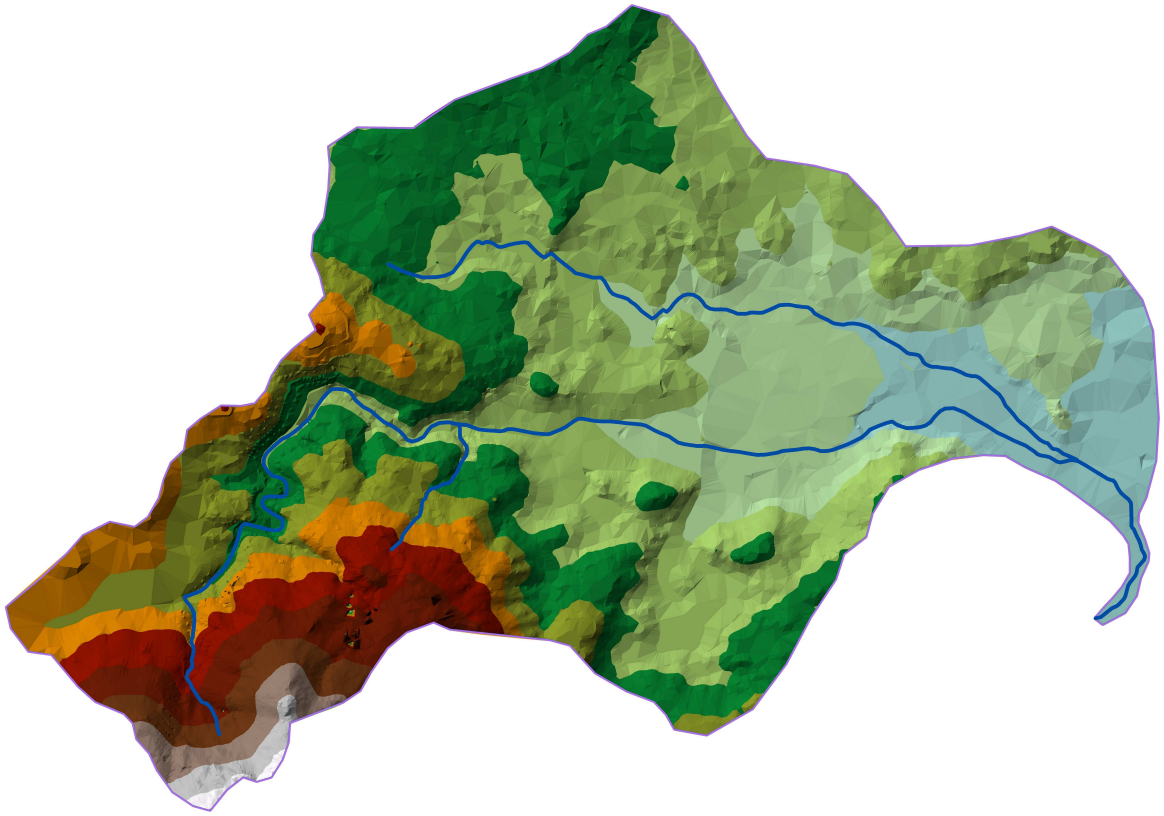


fig.1 – esempio modello digitale del terreno del bacino del Rio Lutturai

Partendo dal modello digitale del terreno sono stati ricavate le grandezze morfometriche caratteristiche del bacino quali superficie, pendenza media del bacino, altezza media del bacino, pendenza delle aste fluviali

Una volta individuate le grandezze caratteristiche dei bacini imbriferi che si sono presi in esame si è proceduto alla scelta di adeguati metodi per la stima della portata di piena di assegnato tempo di ritorno.

Esistono due principali metodologie per la stima delle portate di piena:

- *"Metodi Diretti"* si basano sull'analisi probabilistica di una o più serie storiche di misura delle portate di piena prescindendo dall'esame dei fattori morfologici e climatici.
- *"Metodi Indiretti"* si basano su modelli di trasformazione afflussi-deflussi che forniscono l'idrogramma di piena o equazioni che forniscono la sola portata al colmo.

Si è optato per l'utilizzo di metodi indiretti a fondamento razionale per la valutazione delle portate di piena, ossia utilizzando i dati relativi alle precipitazioni nell'ipotesi che la frequenza dell'accadimento di questa ultima caratterizzi quella della portata di colmo.

Recenti studi hanno mostrato che il modello probabilistico TCEV, nel quale la possibilità di non superamento di una data portata è data dalla miscellanea di due distribuzioni esponenziali, ben interpreta le caratteristiche di frequenza delle serie storiche della Sardegna.

La portata di piena è espressa dalla Formula Razionale come prodotto tra una intensità di precipitazione, data dal rapporto di una altezza di pioggia h (funzione del tempo di ritorno dell'evento e della sua durata) e la sua durata una altezza di pioggia h di assegnata durata T_c, il coefficiente di afflusso in alveo Ψ, la superficie del bacino S e il coefficiente di laminazione $\varepsilon(T_c)$:

$$Q_{max} = 0{,}278 * \varepsilon(T_c) * \Psi * h[Tr, r(T_c, S)] * S / T_c$$

$T_c =$	$0{,}127 * \sqrt{(S/I_m)}$	Formula di Ventura
$T_c =$	$(1{,}5 * L + 4 * \sqrt{S}) / (0{,}8 \sqrt{H_m})$	Formula di Giandotti
$T_c =$	$0{,}108 * (S * L)^{1/3} / \sqrt{I_m}$	Formula di Pasini
$T_c =$	$0{,}212 * S^{0{,}231} * (H_m / J_m)^{0{,}289}$	Formula VAPI Sardegna

Avendo indicato con:

S=	Area del bacino
J_m=	Pendenza media del bacino
L=	Lunghezza asta fluviale
H_m=	Altezza media del bacino rispetto alla sezione di verifica
Im	Pendenza dell'asta fluviale

Le formule di Giandotti e Vapi Sardegna non vengono prese in considerazione per i bacini di dimensioni minori di 40 Kmq

La curva di possibilità pluviometrica esprime la legge di variazione dei massimi annuali di pioggia in funzione della durata di precipitazione, che in questo caso poniamo pari a T_c, in base ad una assegnata frequenza di ritorno T_r.

La metodologia TCEV fa riferimento alla variabile dimensionale $\mu=a_1*T_{n1}$ detta pioggia indice di durata T.

I valori dei parametri a e n risultano, secondo il metodo TCEV, tabellati a seconda della sottozona di riferimento in cui è suddivisa la Sardegna, che nel caso dell'intero territorio del comune di San Teodoro corrisponde alla sottozona 2, e sono espressi in funzione della pioggia indice giornaliera h_g.

La pioggia indice giornaliera è la media dei massimi annui di precipitazione giornaliera e si può ricavare dalla carta delle isoiete, nel caso del territorio del Comune di San Teodoro si è considerata una pioggia indice giornaliera h_g= 80 mm.

L'altezza di pioggia h_{Tr} (T_c) di durata T_c con un determinato tempo di ritorno T_r in anni si ottiene moltiplicando la pioggia indice per un coefficiente di crescita $K=a_2*Tn_2$ in cui i parametri sono calcolati in base alla sottozona in cui è suddivisa la Sardegna e in base al tempo di corrivazione.

La pioggia lorda così ottenuta è stata quindi ragguagliata all'area tramite il parametro r calcolato secondo le formule del VAPI che fa riferimento al Flood Studies Report.

Si sottolinea infine che è stato considerato per tutti i bacini studiati un coefficiente di afflusso in alveo Ψ=0.8,

Nelle pagine successive si riportano dettagliatamente i calcoli idrologici effettuati per i vari bacini per la stima delle portate di massima piena effettuate per i tempi di ritorno di 50, 100, 200, 500 anni.

Nelle tabelle successive si riportano sinteticamente le portate (espresse in m^3/s) stimate per i vari fiumi presi in esame.

CALA GINEPRO				
sub bacino	Tr= 50 anni (m^3/s)	Tr= 100 anni (m^3/s)	Tr= 200 anni (m^3/s)	Tr= 500 anni (m^3/s)
Foce	**13,22**	**14,70**	**16,18**	**18,18**
Sub 1 Affluente dx	**4,88**	**5,36**	**5,84**	**6,50**
Sub 2 Centro	**9,44**	**10,44**	**11,44**	**12,79**
Sub 3 Monte	**8,09**	**8,80**	**9,51**	**10,50**

RIO LUTTURAI				
sub bacino	Tr= 50 anni (m^3/s)	Tr= 100 anni (m^3/s)	Tr= 200 anni (m^3/s)	Tr= 500 anni (m^3/s)
Foce	**44,49**	**50,93**	**56,95**	**65,31**
Sub 1 Affluente 1	**4,53**	**4,74**	**5,10**	**5,46**
Sub2 Monte	**19,16**	**21,36**	**23,65**	**26,56**
Sub 3	**29,33**	**33,58**	**37,69**	**43,21**
Sub 4 Affluente 2	**19,16**	**21,93**	**24,61**	**28,21**

LU FRAILI				
sub bacino	Tr= 50 anni (m^3/s)	Tr= 100 anni (m^3/s)	Tr= 200 anni (m^3/s)	Tr= 500 anni (m^3/s)
Foce	**23,03**	**26,65**	**29,43**	**33,16**
Sub 1 Lu Fraili di Supra	**4,33**	**4,58**	**4,80**	**5,14**
Sub 2 Affluente 2	**4,01**	**4,22**	**4,40**	**4,07**
Sub 3 Affluente 3	**2,27**	**2,49**	**2,66**	**2,91**
Sub 4 Lu Fraili	**9,37**	**10,16**	**10,92**	**12,03**
Sub 5 Abitato	**11,33**	**12,38**	**13,38**	**14,82**
Sub 6 Rio La Fica Valle	**13,93**	**15,45**	**16,91**	**18,93**
Sub 7 Affluente 1 Rio La Fica	**5,23**	**5,56**	**5,87**	**6,37**
Sub 8 Rio La Fica Monte	**3,94**	**4,18**	**4,42**	**4,80**

VILLAGGIO NURAGHEDDU				
sub bacino	Tr= 50 anni (m^3/s)	Tr= 100 anni (m^3/s)	Tr= 200 anni (m^3/s)	Tr= 500 anni (m^3/s)
Rio	**15,10**	**16,91**	**18,78**	**21,19**

SITAGLIACCIU – ALZONI - NURACHEDDU				
sub bacino	Tr= 50 anni (m^3/s)	Tr= 100 anni (m^3/s)	Tr= 200 anni (m^3/s)	Tr= 500 anni (m^3/s)
Rio Alzoni Foce	**127,06**	**145,45**	**162,12**	**185,91**
Sub 1 Sitagliacciu	**31,62**	**35,03**	**38,69**	**43,28**
Sub 2 Affluente 1	**9,51**	**10,39**	**11,39**	**12,61**
Sub 3 Rio Pisciarone	**32,30**	**35,78**	**39,51**	**44,21**
Sub 4 Alzoni	**69,90**	**80,02**	**89,62**	**102,78**
Sub 5 Affluente 2	**16,50**	**18,34**	**20,29**	**22,76**
Sub 6 Nuracheddu	**82,53**	**94,47**	**105,67**	**121,18**
Sub 7 rio di Finosa	**54,99**	**62,95**	**70,31**	**80,63**

RIO SAN TEODORO				
sub bacino	Tr= 50 anni (m^3/s)	Tr= 100 anni (m^3/s)	Tr= 200 anni (m^3/s)	Tr= 500 anni (m^3/s)
Sub 11 Badualga	**132,32**	**146,55**	**164,99**	**188,96**
Sub 5 Li Petri	**130,03**	**144,69**	**162,92**	**186,62**
Sub 71 Affluente 2	**24,34**	**27,43**	**30,30**	**34,21**
Sub 72 monte di mezzo	**108,91**	**122,79**	**138,31**	**158,51**
Sub 73	**91,95**	**105,30**	**118,65**	**136,03**
Sub 74 Affluente 1	**41,80**	**47,37**	**52,56**	**59,59**
Sub 76 Affluente 3	**8,50**	**9,45**	**10,32**	**11,53**
Sub 1 Nibaru Mannu centro	**59,26**	**67,83**	**76,40**	**87,57**
Sub 2 Nibaru Mannu affluente 2	**26,71**	**29,76**	**32,79**	**36,80**
Sub 3 Nibaru Mannu valle confluenza	**82,01**	**93,89**	**105,75**	**121,19**
Sub 4 Nibaru Mannu affluente 1	**21,70**	**24,04**	**26,37**	**29,46**
Sub 5 Nibaru Mannu monte	**41,42**	**46,58**	**51,72**	**58,47**
Sub 6 Nibaru Mannu valle	**71,80**	**82,22**	**92,63**	**106,19**
Sub 7 Nibaru Mannu affluente 3	**11,16**	**12,17**	**13,17**	**14,54**

NIULONI				
sub bacino	Tr= 50 anni (m^3/s)	Tr= 100 anni (m^3/s)	Tr= 200 anni (m^3/s)	Tr= 500 anni (m^3/s)
Monte	**9,51**	**10,88**	**12,52**	**14,06**
Foce	**15,09**	**17,25**	**19,41**	**22,26**

LU RATTALI				
sub bacino	Tr= 50 anni (m^3/s)	Tr= 100 anni (m^3/s)	Tr= 200 anni (m^3/s)	Tr= 500 anni (m^3/s)
Foce	**3,16**	**3,54**	**3,91**	**4,42**

LA SUAREDDA				
sub bacino	Tr= 50 anni (m^3/s)	Tr= 100 anni (m^3/s)	Tr= 200 anni (m^3/s)	Tr= 500 anni (m^3/s)
Foce	**36,00**	**41,13**	**46,26**	**53,04**
Sub 1 Monte	**19,99**	**22,58**	**25,17**	**28,61**
Sub 2 Valle	**12,36**	**13,90**	**15,42**	**17,46**
Sub 3 La Traversa	**4,72**	**5,23**	**5,74**	**6,43**
Sub 4 La Traversa	**9,95**	**11,03**	**12,11**	**13,56**
Sub 5 La Suaredda di supra	**4,51**	**5,04**	**5,56**	**6,27**
Sub 6 La Suaredda centro	**23,30**	**26,42**	**29,53**	**33,66**
Sub 7 Li Pedri Nieddi	**16,01**	**18,23**	**20,44**	**23,38**
Sub 8 Li Furreddi medio	**7,33**	**8,06**	**8,80**	**9,80**
Sub 9 affluente 2	**5,88**	**6,53**	**7,17**	**8,04**
Sub 10	**21,79**	**24,79**	**27,79**	**31,76**
Sub 11 Affluente 1	**2,16**	**2,35**	**2,53**	**2,79**
Sub 12 Li Furreddi monte	**5,75**	**6,30**	**6,84**	**7,59**

STRAULAS				
sub bacino	Tr= 50 anni (m^3/s)	Tr= 100 anni (m^3/s)	Tr= 200 anni (m^3/s)	Tr= 500 anni (m^3/s)
Rio Ena Morta completo	**46,23**	**52,83**	**59,42**	**68,12**
Sub 7 Rio Ena Morta monte	**28,77**	**32,22**	**35,66**	**40,26**
Sub 8 La Patimedda	**7,78**	**8,55**	**9,32**	**10,37**
Sub 9 Affluente 2	**11,81**	**13,19**	**14,58**	**16,43**
Sub 13 Affluente 1	**8,60**	**9,39**	**10,18**	**11,27**
Sub 15 Budditogliu	**2,88**	**3,09**	**3,30**	**3,60**
Sub 21 Sant'Antonio	**34,73**	**39,14**	**43,54**	**49,40**
Sub 22 Rio Ena Morta Budditogliu	**39,04**	**44,21**	**49,37**	**56,21**
Sub 22 Rio Ena Morta monte	**23,98**	**26,62**	**29,24**	**32,78**
Sub 24 Affluente 3	**8,55**	**9,30**	**10,05**	**11,10**

CALCINOSU				
sub bacino	Tr= 50 anni (m^3/s)	Tr= 100 anni (m^3/s)	Tr= 200 anni (m^3/s)	Tr= 500 anni (m^3/s)
Foce	**35,28**	**40,28**	**45,26**	**51,82**
Sub 2 Affluente 4	**14,06**	**15,48**	**16,89**	**18,82**
Sub 3 Affluente 2	**6,59**	**7,25**	**7,91**	**8,81**
Sub 4 Affluente 1	**10,83**	**12,00**	**13,16**	**14,73**
Sub 5 medio	**28,77**	**32,86**	**36,95**	**42,35**
Sub 6 Zona artigianale	**30,08**	**34,35**	**38,60**	**44,22**
Sub 7 Affluente 3	**10,08**	**11,15**	**12,22**	**13,67**
Sub 1 tratto monte	**9,48**	**10,47**	**11,45**	**12,79**

MIRIACHEDDU - ISULEDDA				
sub bacino	Tr= 50 anni (m^3/s)	Tr= 100 anni (m^3/s)	Tr= 200 anni (m^3/s)	Tr= 500 anni (m^3/s)
Rio Miriacheddu Foce	**39,62**	**45,28**	**50,93**	**58,40**
Sub 1 Monte	**19,72**	**21,87**	**24,01**	**26,89**
Sub 2 Affluente 1 loc. Turrualè	**21,48**	**24,13**	**26,76**	**30,28**
Sub 3 Affluente 2	**5,54**	**5,98**	**6,41**	**7,03**
Sub 4 centro	**35,91**	**41,04**	**46,17**	**52,95**

RIO MACCIOCCO				
sub bacino	Tr= 50 anni (m^3/s)	Tr= 100 anni (m^3/s)	Tr= 200 anni (m^3/s)	Tr= 500 anni (m^3/s)
Completo	**153,83**	**175,92**	**197,29**	**225,93**
Sub 1 Canale Ruiu	**87,46**	**99,36**	**110,87**	**126,40**
Sub 2 Affluente 1	**24,02**	**26,41**	**28,69**	**31,88**
Sub 3 Rio Ultana Manna	**29,12**	**32,38**	**35,50**	**39,79**
Sub 4 Rio Macciocco Ultana	**95,35**	**109,15**	**122,53**	**140,52**
Sub 5 Rio D'Ospola	**66,91**	**76,59**	**85,99**	**98,61**
Sub 6	**138,61**	**166,06**	**186,33**	**213,54**
Sub 7 Stazzu Brusciatu	**14,32**	**15,89**	**17,40**	**19,48**
Rio Silimini valle	**13,71**	**15,15**	**16,52**	**18,44**
Franculacciu	**140,16**	**172,59**	**193,58**	**221,73**
Rio Silimini monte	**4,55**	**4,89**	**5,21**	**5,69**
Rio Silimini affluente 2	**3,98**	**4,28**	**4,56**	**4,98**
Sub 12 Schifoni	**101,03**	**118,48**	**132,97**	**152,44**

2. – ANALISI E MODELLAZIONE IDRAULICA

Il modello idraulico utilizzato in questo studio, denominato HEC-RAS, è stato sviluppato dall'USArmy Corps Of Engineers; è in grado di effettuare simulazioni di tipo monodimensionale del fenomeno di propagazione dell'onda di piena su corsi d'acqua.

Il modello presuppone che siano fornite tutte le informazioni necessarie, ed in particolare la geometria di un numero sufficiente di sezioni trasversali.

Il programma consente di inserire sezioni trasversali fittizie, interpolando quelle rilevate, in modo da assicurare che il passo di discretizzazione spaziale non ecceda un assegnato valore limite.

A tal fine è stato effettuato sia un dettagliato rilievo sul campo dei torrenti oggetto di studio sia una modellazione tridimensionale su gis per la realizzazione delle sezioni anche lateralmente al corso d'acqua.

Moto permanente

Per l'analisi in moto permanente HEC-RAS determina il profilo del pelo libero tra una sezione e la successiva mediante la procedura iterativa denominata standard step, risolvendo l'equazione del bilancio energetico,

$Y_2 + (\alpha_2 * V_2)/2g = Y_1 + (\alpha_1 * V_1)/2g + h_e$

dove:

Y_1 e Y_2 sono le altezze d'acqua riferite al fondo dell'alveo;

Z_1 e Z_2 sono le altezze del fondo rispetto ad una quota di riferimento;

V_1 e V_2 sono le velocità medie della corrente nelle due sezioni estreme del tronco fluviale considerato;

α_1 e α_2 sono coefficienti di ragguaglio delle potenze cinetiche;

h_e è la perdita di carico tra le due sezioni considerate.

Il termine he dipende sia dalle perdite per attrito che da quelle per contrazione ed espansione. Si può valutare mediante la relazione:

$$h_e = L \cdot \bar{S}_f + C \cdot \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \qquad (2)$$

dove:

L è la lunghezza del tronco considerato;

S_f è la cadente media tra le due sezioni;

C è il coefficiente di perdita di carico per contrazione o espansione.

Il primo termine rappresenta la perdita totale per attrito, prodotto tra la distanza tra le due sezioni e la cadente media.

Il programma prevede diverse possibilità di calcolo della cadente, che viene determinata presupponendo una suddivisione dell'alveo in sottosezioni all'interno dei quali la velocità possa ritenersi con buona approssimazione costante.

Il secondo termine della equazione per il calcolo delle perdite di carico rappresenta invece il contributo dovuto alla contrazione ed espansione dell'area bagnata; tali perdite sorgono nel momento in cui si abbia un allargamento o restringimento della sezione che determini una situazione di corrente non lineare.

Il coefficiente C varia in un intervallo compreso tra 0.1 e 1 per correnti subritiche, mentre in caso di correnti veloci generalmente si assumono valori inferiori.

L'altezza del pelo libero, in riferimento ad una assegnata sezione, viene determinato mediante una risoluzione iterativa delle equazioni (1) e (2).

Il modello fornisce inoltre i valori dell'altezza critica nelle diverse sezioni fluviali.

Qualora si verifichino transizioni da corrente lenta e veloce o viceversa, in tali segmenti di asta fluviale l'equazione di bilancio energetico è sostituita dall'equazione globale di equilibrio dinamico.

Il modello HEC-RAS consente di modellare l'effetto indotto sulla corrente dalla presenza di attraversamenti fluviali, nel caso che il deflusso attraverso il ponte avvenga a pelo libero ma anche in pressione.

La perdita di energia causata dal ponte è divisa in tre parti: in primo luogo le perdite che si hanno nella zona immediatamente a valle del ponte dove, generalmente, si ha un'espansione della corrente.

Sono poi considerate le perdite di energia che si verificano durante l'attraversamento del ponte, nonché le perdite che si hanno immediatamente a monte, ove la corrente subisce una contrazione.

Per lo studio del deflusso attraverso un ponte HEC-RAS fa riferimento a quattro sezioni fluviali trasversali: sezione a monte del ponte, sezione di ingresso al ponte, sezione

in uscita al ponte e sezione a valle del ponte.

Il calcolo può essere effettuato utilizzando diverse soluzioni.

Il metodo del bilancio energetico (metodo standard step), che è stato utilizzato nell'ambito del presente studio, tratta la sezione in cui è presente il ponte esattamente come le altre, ad eccezione del fatto che l'area occupata dalla struttura viene sottratta dall'area totale e che il perimetro bagnato risulta incrementato per via del contributo dato dal ponte stesso.

Poiché le perdite totali sono funzione delle perdite per attrito e delle perdite per contrazione ed espansione, occorre definire in questa fase i coefficienti necessari per il calcolo. In particolare, essendovi variazioni di velocità anche notevoli, il coefficiente di contrazione e soprattutto quello di espansione risulteranno sensibilmente maggiori dei valori assunti per i normali tronchi fluviali.

Il metodo del bilancio della quantità di moto si basa invece sull'applicazione dell'omonima equazione tra le quattro sezioni fluviali in precedenza descritte. Il modello permette all'utente di utilizzare, per lo studio di ogni ponte, ciascuno dei metodi sopra citati o eventualmente di selezionarli entrambi; il software provvede a restituire il profilo che prospetta la situazione caratterizzata da maggior criticità.

Condizioni al contorno in moto permanente

Assegnato il valore di portata di moto permanente, nel caso di corrente lenta occorre specificare una condizione al contorno di valle; viceversa, per correnti veloci, è richiesta la definizione di una condizione al contorno di monte. Per un regime transcritico, invece, si rende necessaria la specifica di entrambe le condizioni, ovvero a monte e a valle.

HEC-RAS ammette la definizione delle condizioni al contorno attraverso la specifica di un valore di altezza assegnato, oppure imponendo il passaggio del profilo per l'altezza critica, oppure per l'altezza di moto uniforme.

Nelle numerose modellazioni effettuate ci si è imbattuti in tutte queste possibilità.

In base ai sopralluoghi effettuati, pur considerando la diversità di situazione dei vari torrenti si è stimato un indice di scabrezza di Manning n=0.035 (Ks~ 30 $m^{1/3}s^{-1}$), che in letteratura corrisponde ad alvei naturali con ciottoli e ghiaia. Quando i torrenti risultavano ostruiti da fitta vegetazione si è assunto n=0.04, mentre nel caso di tratti più regolarizzati, per tenere comunque conto della scarsa manutenzione e della presenza di materiali

trasportati, si è assunto un valore del coefficiente di Manning n= 0.03.

I risultati ottenuti con la modellazione in Hec-Ras, effettuata per le portate di piena aventi tempi di ritorno di 50, 100, 200, 500 anni, sono stati quindi trasferiti nella cartografia in scala 1:10000 per l'intero territorio comunale e nella cartografia in scala 1:5000 in corrispondenza dei centri abitati che costituiscono il comune di San Teodoro.

I risultati della modellazione sono stati inoltre adattati al reale andamento plano-altimetrico del territorio in base alle risultanze dei numerosi sopralluoghi effettuati.

Si riportano, suddivisi per i singoli bacini di studio, in appositi allegati, i risultati delle verifiche idrauliche effettuate sia in forma grafica che tabellare.

I TECNICI

Dott. Ing. Maddalena Idili

Dott. Geol. Andrea Selis