

DIEGO SONDA

Il piano di intervento di sistemazione idraulico-forestale come strumento di analisi territoriale

Introduzione

L'amministrazione provinciale, nella figura dell'Azienda Speciale di Sistemazione Montana, si è dotata fin dal 1989 di uno strumento di pianificazione e gestione delle unità idrografiche comunemente indicato con il termine di Piano di Bacino, anche se si tratta in realtà di un Piano degli Interventi. Si tratta di un documento di analisi territoriale ad uso interno del Servizio Azienda Speciale di Sistemazione Montana e, nonostante sia stato concepito come strumento di gestione delle aste torrentizie, fornisce indicazioni anche su altri aspetti in grado di condizionare il comportamento dei corsi d'acqua (pratiche selvicolturali, zone edificabili, aree soggette a pericolo di esondazioni, ecc.).

I primi piani d'intervento risalgono al 1989 con incarichi affidati a liberi professionisti già nel corso del 1987 e del 1988, quindi nascono in un momento antecedente alle direttive fornite dalla legge statale n. 183 del 1989 "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo", anche se il contenuto di un piano di bacino ai sensi della legge n. 183/89 è in parte comune a quanto già presente in un piano degli interventi. Forse da questa analogia nei contenuti i piani di intervento sono spesso indicati con il nome di piani di bacino.

I primi corsi d'acqua sui quali si è voluto sperimentare questa forma d'indagine, este-

sa poi ai principali corsi d'acqua montani della Provincia Autonoma di Trento, sono stati il Torrente Chieppena, il Torrente Fersina e il Torrente Leno. Per questi bacini, ma anche per i piani di intervento redatti all'inizio degli anni '90 o per quelli in cui sono avvenuti dei sostanziali mutamenti (modifiche all'uso del suolo, nuovi dissesti, interventi di regimazione idraulica, ecc.) è necessaria una revisione di aggiornamento dei contenuti. Le revisioni che si realizzeranno, oltre ad apportare un aggiornamento dei dati, dovranno essere concepite anche come momento di trasformazione dei dati analogici in dati di tipo numerico, gestibili da un Sistema Informativo Geografico. Infatti, l'analisi e la gestione dei dati territoriali avviene sempre più spesso utilizzando i Sistemi Informativi Geografici (GIS, acronimo di *Geographic Information System*), insieme di strumenti in grado di acquisire, immagazzinare, visualizzare, elaborare e riprodurre dati spaziali riferiti ad un territorio. Ciò ha permesso negli ultimi anni una rapida diffusione della tecnologia GIS e nello stesso tempo si è assistito ad uno sviluppo di numerosi prodotti software "dedicati", che si differenziano tra loro per caratteristiche e funzionalità. Nell'ambito di uno studio di carattere idrologico e di pianificazione territoriale, come può essere un piano degli interventi, è preferibile adottare strumenti che diano priorità all'analisi delle caratteristiche morfometriche e tematiche, ri-

spetto a quelli che si limitano ad una descrizione delle stesse. Nell'attesa della revisione dei piani d'intervento realizzati con metodologie classiche, quelli di nuova realizzazione sono redatti sfruttando le potenzialità delle metodologie GIS (FILIPPI GILLI e SONDA, 1999; FILIPPI GILLI *et al.*, 2000).

Contenuto di un piano degli interventi

La redazione di un piano di intervento comporta l'analisi di una serie di aspetti i quali possono essere suddivisi in due filoni principali: *analisi principali* e *analisi secondarie* (tab. 1). Le analisi principali sono

ANALISI PRINCIPALI Sono essenziali e sono sempre presenti	ANALISI SECONDARIE Sono a completamento delle analisi principali e possono talvolta essere omesse
STORIA	
Analisi storica degli eventi alluvionali Analisi degli interventi di sistemazione idraulico-forestale realizzati	Analisi di uno o più eventi alluvionali specifici
MORFOMETRIA	
Superficie (totale, dei bacini secondari) Curva ipsometrica Lunghezza del collettore principale Altezza e pendenza media	Parametri di forma (rapporto di circolarità, indice di compattezza di Gravelius, ecc.) Parametri del rilievo (rilievo del bacino, rapporto di rilievo)
GEOLOGIA	
Litotipi affioranti (di falda, morenici ed alluvionali) Tettonica Geomorfologia Erodibilità Permeabilità	Pedologia
CLIMA	
Regime pluviometrico	Inquadramento climatico
IDROLOGIA	
Calcolo delle portate di piena	Valutazione del grado di evoluzione del reticolo
USO DEL SUOLO	
Evoluzione della distribuzione della copertura forestale e dell'uso del suolo Insediamenti e infrastrutture	Distribuzione delle classi di coltura
DISSESTI	
Frane (classificazione, grado di attività, storia) Individuazione delle caratteristiche e comportamento dei corsi d'acqua Tratti di alveo in scavo e deposito Stima della quantità di trasporto solido durante un evento di piena	Stima della quantità di trasporto solido medio annuo
ZONIZZAZIONE DEL PERICOLO	
Analisi dei conoidi Definizione della distribuzione dell'indice di pericolo all'interno del conoide	
ANALISI CONCLUSIVE E PROPOSITIVE	

Tab. 1 - Contenuto dei piani di intervento.

essenziali e sono sempre presenti, mentre quelle secondarie sono a complemento delle prime e possono essere talvolta omesse. Gli aspetti presi in considerazione nella redazione di un piano di intervento sono riportati nella tabella 1.

L'insieme delle informazioni raccolte consente di passare alla fase conclusiva, in cui sono definiti gli obiettivi da conseguire e quindi gli interventi da realizzare sul territorio. Essi scaturiscono solo dopo un'attenta valutazione delle sezioni critiche, delle aree soggette al pericolo di alluvionamento, degli interventi di sistemazione idraulico-forestale già realizzati e dello stato manutentivo.

Analisi storica

Lo studio di un bacino idrografico inizia con un'attenta e puntuale analisi degli eventi alluvionali passati, seguita dalla rappresentazione cartografica degli stessi (danni alle infrastrutture, zone interessate da colate detritiche o semplicemente allagate, ecc.). Molto spesso la lettura delle cronache o dei documenti, redatti in concomitanza degli eventi calamitosi, consente di ottenere un buon inquadramento dei fenomeni e di conseguenza del bacino idrografico, soprattutto sotto l'aspetto della reattività del territorio ad eventi intensi. Tale analisi mira ad evidenziare condizioni di potenziale dissesto talvolta difficilmente osservabili o prevedibili con i moderni strumenti d'indagine (studi geotecnici, modelli matematici di simulazione degli eventi, ecc.).

Questa analisi prevede la raccolta delle informazioni disponibili, l'elaborazione e infine la rappresentazione cartografica. Tali informazioni sono reperibili presso gli archivi locali e regionali, nelle varie biblioteche e parrocchie, nonché mediante adeguate indagini in campo e tra la popolazione residente. L'insieme delle informazioni raccolte sono utili nella fase di valutazione

della predisposizione del bacino idrografico alla produzione di detrito in caso di piena, alla verifica dei valori calcolati con i vari modelli di simulazione, nell'individuazione degli interventi di sistemazione idraulico-forestale e all'identificazione delle aree soggette ad alluvionamento.

Analisi morfometrica - elaborazione del DEM (Digital Elevation Model)

La realizzazione dei *raster*¹ morfometrici (quote, pendenze ed esposizioni) avviene con una certa facilità se si dispone dei dati di base necessari, ossia delle curve di livello e dei punti quotati in forma digitale. La disponibilità di altre informazioni accessorie quali la rete idrografica, la viabilità, ecc., consente di ottenere dei modelli digitali del terreno più rispondenti alla realtà. Nel caso specifico della Provincia Autonoma di Trento, nell'archivio del Sistema Informativo Ambiente e Territorio (SIAT), sono disponibili i punti quotati e le curve di livello (equidistanza 10 m) per l'intera provincia. Sono poi disponibili altri dati, come per esempio la rete idrografica e la viabilità; queste ultime, a differenza di quanto avviene per la cartografia numerica di altre regioni (Regione Veneto per esempio), non sono quotate.

Un fattore da non trascurare nell'elaborazione del modello digitale del terreno è la dimensione dell'unità territoriale di riferimento (cella del *raster*). Questa deve essere scelta oculatamente in modo tale da non ottenere un'eccessiva semplificazione del territorio (celle di dimensioni troppo grandi) oppure una descrizione minuziosa che non comporta dei vantaggi, anzi produce dei *raster* di dimensioni eccessive, difficilmente gestibili. In genere per bacini di dimensioni superiori ai 25-30 km² si possono utilizzare celle di dimensioni 20x20 m oppure 25x25 m, mentre per bacini idrografici di dimensione inferiore celle di 10x10 m. Nel-

¹ Con il termine *raster* si intende uno specifico modo di rappresentare ed elaborare i dati territoriali. Tale metodo si basa sulla rappresentazione e descrizione dei dati territoriali con elementi di dimensioni definite (generalmente di forma quadrata).

le analisi di bacino fino ad ora condotte è stata eseguita l'elaborazione dell'intero bacino idrografico (100-150 km²) con celle di dimensioni 25x25 m, mentre per analisi idrologiche su scala ridotta (fino a 30 km²) sono state utilizzate celle più piccole (10x10 m) (FILIPPI GILLI, SONDA, 1999; FILIPPI GILLI *et al.*, 2000).

Area totale del bacino	45.02	km ²
Quota minima	909.71	m s.l.m.
Quota media	1885.00	m s.l.m.
Quota massima	2561.61	m s.l.m.
Pendenza minima	0.36	%
Pendenza media	50.27	%
Pendenza massima	266.61	%
Esposizione media	190.42	°

Tab. 2 - Dati morfometrici estratti dal DEM del bacino del Torrente Maso di Campelle chiuso alla confluenza con il Torrente Maso di Calamento.

Carte tematiche

Carta dell'uso del suolo

Per la realizzazione della carta tematica dell'uso del suolo si utilizzano le informazioni raccolte con i Piani di Assestamento, archiviate presso il Sistema Informativo Ambiente Territorio (SIAT) della Provincia Autonoma di Trento. Per le particelle classificate come fustaia e ceduo sono compiute delle ulteriori suddivisioni in base all'efficienza idrologica della copertura, secondo quanto riportato nelle *Linee guida per la compilazione dei piani generali di bacino*, redatte dal Servizio Azienda Speciale di Sistemazione Montana (tab. 3). Seguendo queste indicazioni si considerano *Fustaie* le particelle con una provvigione superiore ai 150 m³/ha, oppure quelle con una provvigione inferiore, ma con una densità maggiore o uguale a 0.5. Sono considerate *Fustaie rade* le particelle con una provvigione minore a 150 m³/ha, oppure con una densità inferiore a 0.5. La distinzione fra *Ceduo* e *Ceduo scadente* è operata sulla base delle informazioni relative alla fertilità

(classi A, B o C), individuata secondo l'incremento medio a maturità (i_m). Sono considerate *Ceduo* le particelle appartenenti alla categoria A (i_m maggiore a 4 m³ ha⁻¹ anno⁻¹) e *Ceduo scadente* le particelle appartenenti alle categorie B e C (rispettivamente con i_m compreso fra 2 e 4 m³ ha⁻¹ anno⁻¹ e i_m inferiore a 2 m³ ha⁻¹ anno⁻¹).

Tipologia forestale	Caratteristiche
Fustaia densa	Provv. ≥ 150 m ³ /ha oppure Densità ≥ 0.5
Fustaia rada	Provv. < 150 m ³ /ha oppure Densità < 0.5
Ceduo	$i_m \geq 4$ m ³ ha ⁻¹ anno ⁻¹
Ceduo scadente	$i_m < 4$ m ³ ha ⁻¹ anno ⁻¹

Tab. 3 - Suddivisione della copertura forestale sulla base dell'efficienza idrologica.

Per quanto riguarda le altre categorie di uso del suolo (*Arbusteti*, *Rupi boscate*, *Alpi e Pascoli*), poiché non esiste una corrispondenza univoca con le singole particelle, l'assegnazione avviene sulla base della categoria percentualmente più rappresentata. In questo modo sono definite le particelle ascrivibili come *Arbusteti* (sommando le superfici ad Ontaneto, Mugheto e Pascolo alberato), *Alpi e Pascoli* (Pascolo nudo e Formazioni erbacee), *Rupi boscate* e *Improduttivo*.

L'ultimo passaggio nella redazione della carta dell'uso del suolo è rappresentato dall'aggiunta dei centri abitati e delle colture agrarie.

La rappresentazione dei dati ottenuti seguendo la procedura illustrata consente di ottenere una discreta descrizione dell'uso del suolo. Infatti, una semplice sovrapposizione fra foto aeree o Carta Tecnica Provinciale consente di evidenziare una serie di imperfezioni. Esse sono dovute alla metodologia utilizzata nella raccolta dei dati assestamentali, la quale esprime un'informazione concentrata e non distribuita, ossia riferita all'intera particella (valore medio o di una singola parte), e non consi-

dera situazioni particolari eventualmente presenti. Queste ultime sono riportate come informazioni accessorie, ma non sono disponibili come dato georeferenziato (canaloni da valanga, dissesti localizzati, radure, ecc.). Per evitare esplicite contraddizioni con la situazione reale è necessaria la revisione e la correzione del contorno dei tematismi. Tale operazione avviene, in prima battuta, sovrapponendo le foto aeree e la Carta Tecnica dove si possono osservare i limiti dei canaloni da valanghe, del bosco, dei prati, dei pascoli e dei centri abitati. Successivamente le osservazioni compiute durante i sopralluoghi sui singoli sottobacini consentono di affinare la carta dell'uso del suolo fino ad ottenere la cartografia definitiva pensata per un utilizzo di tipo idrologico.

Carta geologica

Nell'archivio SIAT della Provincia Autonoma di Trento è attualmente disponibile la *Carta litologica e dei lineamenti strutturali* in scala 1:100.000 (SERVIZIO GEOLOGICO DELLA PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO, 1995). Il grado di dettaglio di tale cartografia è piuttosto basso e pertanto si presta a valutazioni e studi su ampie superfici. Nel momento in cui si scende a scala di sottobacino (5-20 km²) la carta si rivela poco adatta, sia per le modalità di realizzazione, sia per l'inadeguatezza della scala. Pertanto nello studio di un bacino idrografico essa si rivela poco adatta per valutazioni di carattere idrogeologico e necessita di un'adeguata verifica da parte di un geologo, il quale focalizza l'attenzione soprattutto sulle formazioni del Quaternario. Tuttavia, nell'attesa della copertura dell'intero territorio provinciale con la nuova carta geologica in scala 1:10.000, attualmente in fase di realizzazione, la *Carta litologica e dei lineamenti strutturali* rappresenta la base su cui fondare una serie di ragionamenti e pianificare i rilievi geologici nell'area di studio al fine di ottenere una cartografia di maggiore dettaglio (FILIPPI GILLI *et al.*, 2000). La redazione della carta

geologica di dettaglio non è fine a se stessa; infatti, oltre ad una serie di considerazioni di carattere geologico, se ne deriva la carta della permeabilità dei suoli, funzionale ad un'analisi di carattere idrologico.

Carta della permeabilità dei suoli e del Numero di Curva (CN)

La metodologia proposta dal *Soil Conservation Service* (1972) prevede la suddivisione qualitativa in quattro gruppi idrologici che esprimono la differente permeabilità del terreno (da A a D, rispettivamente per suoli ad elevata permeabilità fino a suoli poco permeabili). Carte idrogeologiche in grado di fornire in modo immediato questo tipo di informazione non sono attualmente disponibili presso il SIAT e nemmeno sono disponibili delle carte pedologiche, da cui sia agevole ricavare questo tipo di informazione. Nell'attesa di disporre di tali cartografie e presupponendo una buona corrispondenza fra tipo di suoli e formazioni litologiche, si utilizzano i litotipi e le coperture quaternarie per definire la permeabilità dei terreni (FILIPPI GILLI, SONDA, 1999).

La cartografia dei gruppi idrologici è usata assieme a quella della vegetazione per elaborare la carta del Numero di Curva (CN). Il metodo di calcolo dell'idrogramma di progetto proposto dal *Soil Conservation Service* (1972), consente di determinare la pioggia efficace mediante l'utilizzo del parametro CN. Il valore assegnato al parametro CN può variare da 0 a 100 ed esprime la propensione alla generazione di deflussi diretti delle diverse combinazioni suolo-soprassuolo. Valori bassi di CN identificano una situazione locale poco favorevole alla formazione del deflusso superficiale, mentre valori progressivamente crescenti caratterizzano superfici poco permeabili.

L'assegnazione di un valore di CN a ciascuna cella avviene attraverso una tabella a doppia entrata, composta da *n* righe (quante sono le classi di uso del suolo) e 4 colonne (gruppi idrologici). In questa fase la tabella

originale (SOIL CONSERVATION SERVICE, 1972) non può che avere valore indicativo poiché i parametri in essa contenuti sono stati validati in una condizione ambientale e di uso del suolo diversa da quella alpina. Noti i limiti della tabella originale, numerosi sono stati gli studi per affinare la metodologia. In letteratura si trovano numerose tavole riferite a situazioni diverse, ma le esperienze specifiche nell'ambito dei bacini alpini non hanno ancora consentito di definire dei valori di riferimento. Allo stato attuale, dunque, ci si può affidare agli studi compiuti presso il Laboratorio IDEA (Idrologia Difesa del Suolo Ecologia e Ambiente) dell'Università di Padova, Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali, e applicare i valori utilizzati in lavori simili (DALLA FONTANA, CAZORZI, 1993; DALLA FONTANA *et al.*, 1998; SONDA, 1998; PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO - ASSM, 1999). Sulla base delle esperienze condotte fino a

questo momento i valori riportati nella tabella 4 sono abbastanza affidabili anche se essi devono essere adattati, con leggere variazioni, al caso specifico, attraverso dei raffronti fra idrogrammi simulati e quelli reali. In questa fase, in assenza di dati sulle portate registrate, si possono rivelare utili per un confronto le osservazioni e informazioni deducibili dalle cronache redatte in occasione degli eventi più intensi (giornali, verbali dei danni, ecc.) o dai ricordi degli abitanti del luogo.

Elaborazione del reticolo idrografico sintetico

La produzione locale di deflusso è condizionata dalle caratteristiche del complesso suolo-soprassuolo, sintetizzate dal CN, mentre la propagazione dello stesso alla sezione di chiusura del bacino è influenzata dalla forma e dalla lunghezza del percorso, prima lungo il versante e poi nel reticolo idrografico. La cartografia tradizionale riporta una porzione più o meno estesa della rete idrografica, ma non sufficiente a descrivere in modo esteso i percorsi dell'acqua lungo i versanti. Attraverso l'utilizzo di un software specifico (WODITEM²) e sulla base della sola mappa delle elevazioni (DEM) è possibile ricavare un insieme di percorsi che colleghino ciascuna cella del bacino alla sezione di chiusura in modo univoco (CAZORZI, 1996). L'insieme dei percorsi, che si sviluppano seguendo le linee di massima pendenza, può essere interpretato come un reticolo idrografico sintetico ottenuto ipotizzando la concentrazione dei deflussi superficiali prodotti da una precipitazione uniformemente distribuita, nell'ipotesi di perfetta omogeneità del suolo su tutto il bacino. Attribuito a ciascuna unità territoriale di riferimento (cella) il numero di celle che fanno convergere il deflusso su di essa e fissato un valore soglia oltre il quale si può ritenere che vi sia deflusso superficiale, il territorio è automaticamente

GRUPPI IDROLOGICI

	A	B	C	D
Fustaia ottima	10	13	18	22
Fustaia buona	15	18	23	27
Fustaia discreta	19	23	28	32
Fustaia scadente	24	27	32	37
Bosco di latifoglie	26	29	34	39
Cespugliato	32	35	41	46
Prato arborato	36	39	48	52
Prato-pascolo	48	51	60	64
Coltivi	43	46	55	59
Improduttivi	56	59	68	72
Piste da sci	55	58	67	71
Area urbanizzata	90	90	90	90
Laghi	95	95	95	95

Tab. 4 - Valori del CN definiti nello studio del bacino del Torrente Sarca, per i vari complessi suolo - soprassuolo in condizioni di AMC pari a 2 e perdite iniziali 0.1 (DALLA FONTANA, CAZORZI, 1993).

² Software GIS che include una serie di moduli idrologici studiati e sviluppati presso il Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali dell'Università di Padova.

suddiviso in celle versante e celle che compongono la rete idrografica. Il reticolo idrografico che si ottiene adottando questo metodo è più espanso di quello cartografico pur conservandone la forma.

L'attribuzione di un valore di velocità media del deflusso superficiale lungo il versante e lungo il reticolo idrografico, consente di definire il tempo di propagazione dell'acqua caduta nelle singole celle fino alla sezione di interesse (confluenza, ponte, area pianeggiante, ecc.). Nelle analisi compiute fino ad ora sono stati utilizzati valori di 2 m/s sulla rete idrografica e 0.02 m/s lungo il versante. Tali valori concordano con quelli citati in letteratura in condizioni di piena.

Calcolo della portata di progetto

La disponibilità di dati di portata registrati durante gli eventi meteorici significativi consente di affinare i valori di CN proposti nella tabella 4. Nella maggior parte dei casi, a causa del numero limitato di stazioni di misura delle portate, tali dati non sono disponibili. Tuttavia si eseguono ugualmente delle simulazioni allo scopo di verificare, seppure a grandi linee, l'attendibilità dei valori di CN utilizzati e cogliere il picco di piena sia in termini temporali, sia in termini di valore massimo (FILIPPI GILLI, SONDA, 1999). In questa fase, in assenza di dati oggettivi (misure di portate), si rivelano utili le informazioni raccolte nella fase preliminare del lavoro (cronache locali, testimonianze, ecc.). Una serie di simulazioni eseguite su diversi sottobacini e per più eventi significativi consentono di definire con più sicurezza i valori di CN da utilizzare nel calcolo della portata di progetto (FILIPPI GILLI, SONDA, 1999).

La stima della portata di progetto mediante modelli di trasformazione afflussi-deflussi è fortemente influenzata dalla distribuzione temporale dello ietogramma di progetto. Riferendosi al caso semplice di uno ietogramma caratterizzato da un unico picco, è evidente che tanto più tale picco è

prossimo al termine dell'evento, tanto maggiore sarà la portata al colmo. Infatti, i volumi idrici affluiti in precedenza avranno colmato la capacità d'invaso e ridotto le perdite per infiltrazione. Diverse tecniche possono essere impiegate per disaggregare l'intensità di pioggia caratterizzata da un tempo di ritorno (TR) e da una durata t , in modo da ottenere uno ietogramma discretizzato. Tali metodi sono generalmente di natura deterministica, sebbene il fenomeno reale sia di tipo stocastico (DALLA FONTANA, BORGA, 1996). I metodi proposti in letteratura, per la determinazione del profilo cronologico della precipitazione, sono molteplici.

L'adozione di una distribuzione costante della precipitazione di progetto consente una scelta della durata critica basata su solide considerazioni di carattere analitico. Da un punto di vista operativo appare sensato individuare la durata della precipitazione critica scegliendo un pluviogramma costante e solo successivamente, fissata la durata, ipotizzare degli scenari di distribuzione cronologica diversa (ietogramma di Wallingford, triangolare, ecc.). In questo modo il pluviogramma assume un aspetto più verosimile e meno "analitico". Proprio per la diversa intensità e distribuzione temporale degli impulsi di precipitazione, la portata risultante può essere leggermente diversa.

Il modello matematico afflussi-deflussi viene applicato in modo distribuito all'area oggetto di valutazione idrologica, ciò comporta l'analisi della produzione di deflusso delle singole celle, le quali si attivano in modo indipendente in relazione al proprio valore di CN. La portata locale, ossia di ogni singola cella, deve poi essere propagata alla sezione di chiusura e il contributo avviene con tempi definiti dalla distanza idrologica della cella (tempo di propagazione). Pertanto i numerosi contributi di un singolo impulso di precipitazione, ipotizzato uniforme su tutto il bacino, si collocano in vari punti dell'ietogramma di piena e precipitazioni di durata diversa provocano condizioni idrologiche differenti per il bacino. Sulla base di queste premesse la piog-

gia critica per un assegnato tempo di ritorno si determina applicando il modello con precipitazioni di diversa durata e identificando quella che produce la massima portata. Per ietogrammi ad intensità massima decrescente, pluviogramma triangolare o adimensionali (Wallingford), si trovano solitamente durate critiche maggiori rispetto ad uno ietogramma costante, mentre per gli ietogrammi a blocchi alterni e intensità istantanea non esiste una durata di precipitazione che produca la portata massima (PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO - ASSM, 1999).

Il calcolo della portata di progetto avviene applicando il modello afflussi-deflussi ipotizzando delle condizioni progettuali (tab. 5).

Parametri	Valori assegnati
Condizioni iniziali (AMC)	3
Velocità sul versante	2 cm/s
Velocità sulla rete idrografica	2 m/s
Parametro di esaurimento	10
Portata iniziale	0 m ³ /s
Intervallo precipitazione di <i>input</i>	30 minuti
Intervallo portate di <i>output</i>	30 minuti

Tab. 5 - Parametri utilizzati per il calcolo della portata di progetto applicata per i sottobacini del Torrente Cismon.

Nel calcolo della portata di progetto si ipotizzano condizioni critiche con un valore di umidità pregressa del terreno elevata (AMC uguale a 3). Il modello offre, inoltre, la possibilità di inserire la portata iniziale; poiché si tratta di un parametro facoltativo, il mancato inserimento di tale valore consente di quantificare il solo incremento di portata ottenuto dall'*input* della precipitazione di progetto. La costante di esaurimento controlla il deflusso di base e fra tutti i parametri è quella che meno interessa in uno studio di questo genere. Infatti, lo scopo è di quantificare la portata al picco (deflusso diretto) e non le variazioni idriche del terreno (deflusso di base).

Carta dei dissesti e zonizzazione del pericolo nei conoidi alluvionali

Un altro aspetto essenziale nella redazione di un piano degli interventi è rappresentato dall'individuazione dei dissesti che insistono all'interno di un bacino idrografico. La maggiore attenzione viene posta a quei dissesti che gravano a ridosso degli alvei. Infatti, essi sono in grado di influenzare il trasporto solido, favorire eventuali sbarramenti del corso d'acqua, ecc. L'insieme delle informazioni raccolte trova spazio in una specifica cartografia.

Oltre ai dissesti sono indagate le aree soggette al pericolo di alluvionamento. Anche in questo caso è possibile sfruttare le potenzialità offerte dai GIS nell'analisi multifattoriale: la zonizzazione del pericolo viene predisposta utilizzando il *Metodo Aulitzky*, il quale prevede la risposta a sei domande, ognuna delle quali genera una specifica cartografia. Le cartografie così ottenute devono essere sovrapposte e sintetizzate in modo da definire il diverso grado di pericolo che insiste nel conoide analizzato (AULITZKY, 1972). Tale metodo è stato leggermente modificato introducendo, già dal 1993, un'ulteriore cartografia, che rappresenta il *reticolo idrografico di piena*, distinguendo le direttrici primarie e secondarie di deflusso (FILIPPI GILLI, 1994; FILIPPI GILLI, 1995). Questa modifica si è resa necessaria poiché il metodo Aulitzky è stato studiato per aree non urbanizzate e mal si adattava a conoidi abitati in cui fattori antropici, quali ponti, strade, ecc., possono esercitare un notevole influsso sul comportamento dell'onda di piena.

La cartografia delle direttrici di deflusso si ottiene attraverso un'attenta lettura delle morfologie e infrastrutture in grado di influenzare il percorso dell'acqua. Le basi cartografiche disponibili difficilmente rappresentano piccole depressioni, muri di cinta, cordoli ai bordi delle strade, ecc., e quindi mal si adattano per lo scopo dell'indagine; ne consegue che per la redazione di questa cartografia sono necessari rilievi puntuali sul terreno.

L'introduzione di valori soglia consente di esprimere in modo grafico e più diretto il diverso grado di pericolo. In questo modo l'area del conoide viene suddivisa in zone a basso, medio o alto pericolo, rispettivamente per punteggi inferiori a 1.6, fra 1.6 e 2.6 e superiori a 2.6.

Risulta fondamentale a questo punto definire il concetto di dinamicità della zonizzazione del pericolo; alla stessa stregua di un corso d'acqua che è un ecosistema dinamico e che può subire, anche per vie naturali, profonde trasformazioni morfologiche che possono influenzare ad esempio la dinamica del trasporto solido, anche l'area a rischio (e la cartografia che la rappresenta) ha validità solo finché non intervengono variazioni morfologiche nell'area: la costruzione di una strada, di un fabbricato, di un ponte, uno sbancamento, ecc., possono generare, in caso di piena, un reticolo idrografico diverso da quello individuato prima dell'intervento con la conseguente modifica del grado di pericolo cui è soggetta l'area sottostante. La zonizzazione del pericolo perciò è un documento che deve essere continuamente aggiornato ed in questo i GIS rappresentano degli strumenti funzionali allo scopo.

Proposta degli interventi

L'insieme delle informazioni raccolte consente di tracciare un quadro riepilogativo dell'area analizzata e soprattutto di individuare gli interventi da realizzare. In particolare, dopo una descrizione sintetica della situazione attuale, si descrivono le ulteriori necessità di intervento dal punto di vista della sicurezza dalle alluvioni, tenendo in debita considerazione anche le diverse funzioni del torrente. Si procede quindi, in accordo con il Servizio Azienda Speciale di Sistemazione Montana, all'indicazione, localizzazione e definizione delle opere idrauliche da realizzarsi, prevedendo una serie di accorgimenti necessari a ridurre l'impatto degli interventi sul territorio. Il

capitolo dedicato agli interventi può prevedere la realizzazione di nuove opere (per esempio il consolidamento di un tratto di torrente, la realizzazione di un'opera selettiva per ridurre il pericolo di alluvionamento di un centro abitato, ecc.) oppure la manutenzione a vecchie opere (demolizione e ricostruzione delle stesse, consolidamento, ecc.).

Conclusioni

L'impiego di nuovi metodi GIS, applicati agli strumenti di pianificazione e controllo del territorio, come può essere un piano di bacino, offrono delle potenzialità notevoli.

Accanto a delle valutazioni di dettaglio, l'utilizzo di questi strumenti favorisce una maggiore flessibilità dei risultati a cui si perviene. Infatti, la rapida trasformazione del territorio impone un aggiornamento e una divulgazione delle informazioni altrettanto veloci.

Tuttavia a fronte di analisi molto sofisticate molto spesso i dati a disposizione non sono tali da raggiungere i risultati sperati (dati vecchi oppure raccolti per altre finalità, ecc.). Non è raro, come nel caso dei valori di portata, non disporre di alcun dato per zone piuttosto ampie.

Accanto ai vantaggi, che l'applicazione di metodi GIS offre anche in ambito idrologico (rappresentazione degli eventi alluvionali storici, calcolo delle portate, ecc.), non è da dimenticare la mole di dati che si ottengono e quindi difficoltà di gestione degli stessi in modo organico ed integrato con altri *database*.

Per questi motivi è auspicabile, ai fini di contenere il dispendio di risorse, coordinare i vari aspetti della pianificazione territoriale e definire degli standard procedurali che vadano oltre i confini regionali.

dott. Diego Sonda

Via Lanzarini 55, 36060 Romano D'Ezzelino (VI)
e-mail: dsonda@libero.it

BIBLIOGRAFIA CITATA

AULITZKY H., 1972 - *Vorläufige Wildbach - Gefährlichkeits - Klassifikation für Schemmkegel (Wildbach index)*. Beilage z. Österr. Wasserwirtschaft 24, H.

CAZORZI F., 1996 - *Watershed Oriented Digital Terrain Model. Manuale per l'utente, versione Win 95*. Laboratorio IDEA (Idrologia Difesa del Suolo Ecologia e Ambiente) Agripolis, Università di Padova. Rapporto interno, 80.

DALLA FONTANA G., CAZORZI F., 1993 - *Effetti dei mutamenti d'uso del suolo nel regime idrologico del Sarca di Campiglio*. Rapporto interno.

DALLA FONTANA G., CAZORZI F., ROSSI R., 1998 - *Piano degli interventi di sistemazione del bacino del rio Antermont. Calcolo portata di progetto*. Laboratorio IDEA (Idrologia Difesa del Suolo Ecologia e Ambiente) Agripolis, Università di Padova.

DALLA FONTANA G., BORGA M., 1996 - *Lo studio probabilistico delle piogge intense per la previsione statistica del rischio idraulico*. In: *Controllo e tutela dei sistemi fluviali*. Atti del XXXIII Corso di Cultura in Ecologia, 37-52.

FILIPPI GILLI E., 1994 - *Piano Generale degli interventi di Sistemazione Idraulico Forestali: Interzona Antermont - Duron*. Studio commissionato dalla Provincia Autonoma di Trento - Servizio Azienda Speciale di Sistemazione Montana.

FILIPPI GILLI E., 1995 - *Analisi delle Aree a rischio di Alluvionamento dei rivi Antermont, Soracrepa, Duron, Dona, Udai, Soial, Sester, Barbide, Costalunga, Val Sorda, Gardonè (Valli di Fassa e di Fiemme)*. Studio commissionato dalla Provincia Autonoma di Trento - Servizio Azienda Speciale di Sistemazione Montana.

FILIPPI GILLI E., SONDA D., 1999 - *Piano Generale degli interventi di Sistemazione Idraulico Forestali: Bacino del Torrente Cison*. Studio commissionato dalla Provincia Autonoma di Trento - Servizio Azienda Speciale di Sistemazione Montana.

FILIPPI GILLI E., SONDA D., LAZZARONI F., VANNOZZI M., 2000 - *Piano Generale degli interventi di Sistemazione Idraulico Forestali: Bacino del Torrente Ponale*. Studio commissionato dalla Provincia Autonoma di Trento - Servizio Azienda Speciale di Sistemazione Montana.

PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO, ASSM, 1999 - *Gestione ecologica delle acque e dell'erosione nei bacini idrografici delle aree alpine - Torrente Fersina (Italia)*. Commissione Europea Direzione Generale Ambiente, Sicurezza nucleare e Protezione civile, Trento.

SERVIZIO GEOLOGICO PROVINCIA DI TRENTO, 1995 - *Carta litologica e dei lineamenti strutturali del Trentino alla scala 1:100.000*. Relazione.

SOIL CONSERVATION SERVICE, 1972 - *National Engineering Handbook, section 4 - Hydrology*. Washington, DC.

SONDA D., 1998 - *Applicazione di criteri morfologici nella sistemazione dei torrenti: il caso della Val Campelle (Trento)*. Tesi di laurea, Laboratorio IDEA.

Riassunto

In provincia di Trento i primi piani di intervento, impropriamente detti piani di bacino, risalgono al 1989 e sono diventati dei punti di riferimento nella gestione delle unità idrografiche. Nel corso degli ultimi dieci anni, in seguito alle trasformazioni territoriali e agli interventi di regimazione delle acque, la situazione attuale è, in alcuni casi, radicalmente cambiata, tanto che per alcuni piani di bacino è auspicabile un aggiornamento. L'esperienza maturata fino a questo momento, abbinata alle nuove potenzialità offerte dall'impiego dei Sistemi Informativi Geografici (GIS), consente di ottenere dei risultati fino a qualche anno fa difficilmente raggiungibili manualmente, se non con un dispendio di energie piuttosto marcato. L'utilizzo di tali strumenti consente di ottenere dei prodotti finali più flessibili e di facile aggiornamento. Nella redazione dei piani di intervento, per volontà della Provincia Autonoma di Trento, devono essere presenti dei contenuti ben precisi. La proposta degli interventi da realizzare sul territorio e la loro priorità deriva da un'attenta analisi degli eventi alluvionali di maggiore rilevanza storica, da sopralluoghi in campo mirati e da simulazioni con modelli idrologici.

Summary

Watershed management plans as a tool for landscape analysis

The earliest watershed management plans of the Autonomous Province of Trento (Italy) date back to 1989 and now they are considered a basic step toward a correct management of these land units. However, during the last decade the situation has been remarkably modified because many changes have occurred about the land use and the flood control activities, so that a plan updating is much needed. The experience developed so far and the new opportunities provided by the adoption of Geographic Information Systems (GIS) has allowed to obtain excellent results; these would have been hardly achievable just few years ago without massive financial expenditures. The utilisation of GIS tools permits to produce more flexible and easy-to-update management plans; moreover, the Provincial Authority has specified that these must present several set characteristics. Technical features and priority of watershed control works derive from the conjunction of detailed historical flood analysis, specific field surveys and hydrological models implementations.