

PRIME ELABORAZIONI DI MORFOMETRIA FLUVIALE BIDIMENSIONALE DELLA CODIFICA GENERALIZZATA DEI CORPI IDRICI DI SUPERFICIE DELLA REGIONE LIGURIA

G. Branducci⁽¹⁾ - M. Burlando⁽²⁾ - L. Capizzi⁽³⁾ - P. Sbardella⁽³⁾

⁽¹⁾Università degli Studi di Torino, Dipartimento Scienze della Terra

⁽²⁾Geologo, libero professionista, Genova

⁽³⁾DATASIEL S.p.A. - Settore Ambiente, Genova

RIASSUNTO - *Prime elaborazioni di morfometria fluviale bidimensionale della codifica generalizzata dei corpi idrici di superficie della Regione Liguria* - Il Quaternario, 7(1), 1994, 391-396 - L'applicazione dei processi informatici alla gestione dei bacini idrografici necessita di strutture di dati e codifiche da attribuirsi alle singole aste fluviali. Tale attività propedeutica rappresenta una fase importante nella corretta impostazione delle elaborazioni successive: il lavoro descritto dimostra le potenzialità in termini di contenuto informativo delle codifiche geomorfologiche del *pattern* idrografico. Tali codifiche, opportunamente elaborate, permettono di mettere in luce aspetti primari dello sviluppo del reticolo. Le elaborazioni proposte indicano come sia possibile desumere dalle codifiche indirette del reticolo alcuni indicatori della predisposizione al rischio idraulico connessa alla disorganicità dello sviluppo del *pattern* idrografico. L'esempio ha interessato alcuni bacini minori di vergenza tirrenica della Liguria (Italia nord-occidentale).

ABSTRACT - *An approach to the bidimensional fluvial morphometry of coded water courses in Liguria (Northwestern Italy)* - Il Quaternario, 7(1), 1994, 391-396 - The application of computerized tools in the management of the hydrographical basins requires a particular data configuration and the use of codes coupled to the single river segment. This propedeutic activity is an important step in the correct definition of the elaboration. The paper illustrates the informative power of the geomorphological hierarchization of the hydrographic system applied only for informational use. With the elaboration of these codes is possible to estimate primary aspects of the development of a given pattern. Its application to a series of minor basins flowing into the Tyrrhenian Sea in Liguria (northwestern Italy) shows that it is possible, using the indirect hierarchization of the pattern, to deduce the predisposition to hydraulic risk connected to an irregular development of the hydrographical pattern.

Parole chiave: Geomorfologia quantitativa, *network analysis*, reticolo idrografico, statistica, sistemi informativi, Liguria, Italia.

Key words: Quantitative geomorphology, network analysis, patterns, statistics, information systems, Liguria, Italy.

1. PREMESSA

Lo sviluppo del Sistema Informativo Ambientale della Regione Liguria ha richiesto l'attribuzione di un codice univoco identificativo ad ogni corpo idrico di superficie del sistema idrografico naturale della regione.

Tale operazione — svolta come elaborazione cartografica della Carta tecnica regionale 1:10.000 con l'ausilio della cartografia catastale per l'integrazione dei toponimi mancanti — ha permesso non solo una preventiva strutturazione del reticolo idonea a formalizzarlo sulla base della cartografia digitale sviluppata in ambiente G.I.S. (*Geographical Information System*), ma di costituire una base

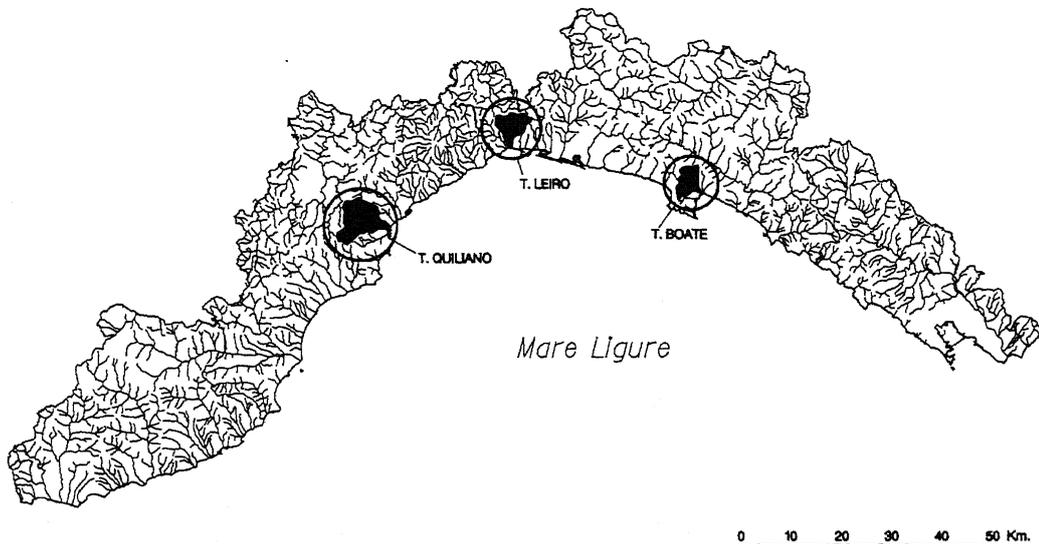


Fig.1 - Rete idrografica regionale (semplificata) con l'indicazione dei tre bacini oggetto di studio.
Regional hydrographic system (simplified) with the position of the studied basins.

Tabella 1 - Elenco dei bacini di interesse regionale considerati nell'elaborazione (codifica regionale, denominazione, numero delle aste codificate, numero dei nodi sull'asta principale).

List of elaborated regional basins (regional code, name, number of the coded river segments, number of the junctions on the primary segment).

Codice	Nome	Numero Aste	Numero Nodi I° Ordine
001	T. Arresta	127	24
009	T. Lerone	133	31
023	T. Cerusa	484	52
024	T. Leira	399	7
034	T. Varenna	513	70
038	R. Chiarivagna	193	9
042	T. Polcevera	2102	41
056	T. Bisagno	737	90
064	T. Sturla	117	20
070	F. Grande	159	36
082	T. Sori	117	13
087	T. Recco	205	23
127	T. Boate	213	8
140	T. Entella	5162	29
159	T. Gromolo	387	67
167	T. Petronio	883	83
197	T. Olbicella	176	22
198	T. Orba	811	94
199	T. Stura	1066	121
206	T. Scrivia	423	214
207	T. Spinti	108	41
208	F. Trebbia	3144	207
210	F. Di Foppiano	120	55
213	T. Gramizzola	172	43
214	T. Aveto	3053	213
216	T. Castagnola	200	23
245	T. Ghiraro	249	20
331	C. Lagora	104	4
363	T. Magra	9122	41
365	T. Parmignola	150	31
368	F. Taro	240	22
427	T. Merula	379	74
455	F. Centa	3721	5
480	T. Varatello	471	21
482	T. Nimbalto	139	21
488	T. Maremola	447	58
493	T. Aquila	611	34
494	R. Fiumara	235	12
516	T. Crovetto	165	35
530	T. Segno	179	44
533	T. Quiliano	643	7
538	T. Letimbro	664	89
545	T. Sansobbia	839	115
563	T. Teiro	189	41
577	T. Erro	1093	100
578	R. Mioglia	139	29
580	T. Valla	285	26
581	Bormida Spigno	3104	81
588	Bormida Milles.	2835	247
620	V. Latte	366	28
634	T. Nervia	3002	232
635	T. Vallecrosia	318	60
637	T. Borghetto	114	25
670	T. Armea	424	76
688	T. S. Lorenzo	186	29
692	T. Prino	264	40
695	T. Impero	596	83
630	F. Roia	1598	152
673	T. Argentina	2915	188
719	T. Tanaro	662	16

informativa di tutti i corpi idrici regionali ad un univoco identificatore, idonea a georeferenziare, rispetto al pattern, tutte le entità di alterazione o pressione della risorsa veicolata (Catasto degli scarichi, Censimento dei corpi idrici, Registro delle derivazioni, Catasto delle sorgenti, ...) gestite all'interno del Sistema Informativo Regionale.

Per semplicità di attribuzione e utilità informativa si è operato sulla base della classificazione idrografica indiretta del reticolo (Tonini, 1983) attribuendo il primo ordine gerarchico all'asta principale che affluisce direttamente a mare o esce dal confine regionale.

Ogni asta fluviale, od invaso, è così identificata attribuendo una tripletta di numeri progressivi all'interno del bacino per ogni ordine gerarchico indiretto a cui appartiene l'asta stessa: un'affluente di terzo ordine indiretto dell'asta principale "005", ad esempio, potrà essere codificato come "055.006.002"; il valore reale dei progressivi all'interno delle triplette dipende dalla effettiva struttura del bacino che viene progressivamente codificata secondo precise indicazioni di consequenzialità morfologica valide per l'intera rete regionale.

Tale classificazione, ritenuta ottimale per gli scopi informativi in quanto ha consentito la gerarchizzazione dell'intero reticolo regionale sulla base di un numero di caratteri costituenti il codice univoco costante per ogni ordine gerarchico, non presenta le stesse potenzialità di elaborazione morfometrica proprie delle classificazioni dirette (Horton, 1945; Strahler, 1954; e altri). Queste, infatti, sono applicate ai bacini ai fini propri della loro analisi morfometrica. Al contrario lo strumento informativo elaborato in questa esperienza è stato messo a punto sulla base di semplici esigenze di codifica.

In questa sede si è voluta comunque sviluppare una prima manipolazione della codifica eseguita che ha in ogni caso l'indubbio pregio di essere estesa a tutti i reticoli della regione e di essere disponibile in forma di database relazionale orientata ad identificare i reticoli a particolare rischio idraulico.

L'elaborazione morfometrica proposta identifica, per i bacini costituiti da almeno 100 aste e limitando l'elaborazione ultima a quelli di sola vergenza tirrenica, la concentrazione anomala rispetto alla media del bacino stesso degli approcci idrici della rete idrografica che incidono sull'asta principale. Si è infatti tenuto presente che sono proprio quest'ultime, nella realtà ligure, a svilupparsi spesso in tombinatura ed in ambiti fortemente antropizzati e quasi sempre urbani.

L'insieme dei bacini regionali presi in considerazione sono riportati in Tabella 1 con l'indicazione del codice regionale, della denominazione, del numero di aste complessive codificate indirettamente per l'intero bacino, del numero di nodi identificati sull'asta principale.

2. CRITERI ELABORATIVI E RISULTATI

Si è operato identificando i nodi di apporto idraulico lungo l'asta principale (sezioni di chiusura dei bacini di II ordine indiretto) e attribuendo a ciascuno di essi l'indicazione indiretta dell'apporto stesso, espresso come numero di aste fluviali del sottobacino scolante sotteso (in quanto col-

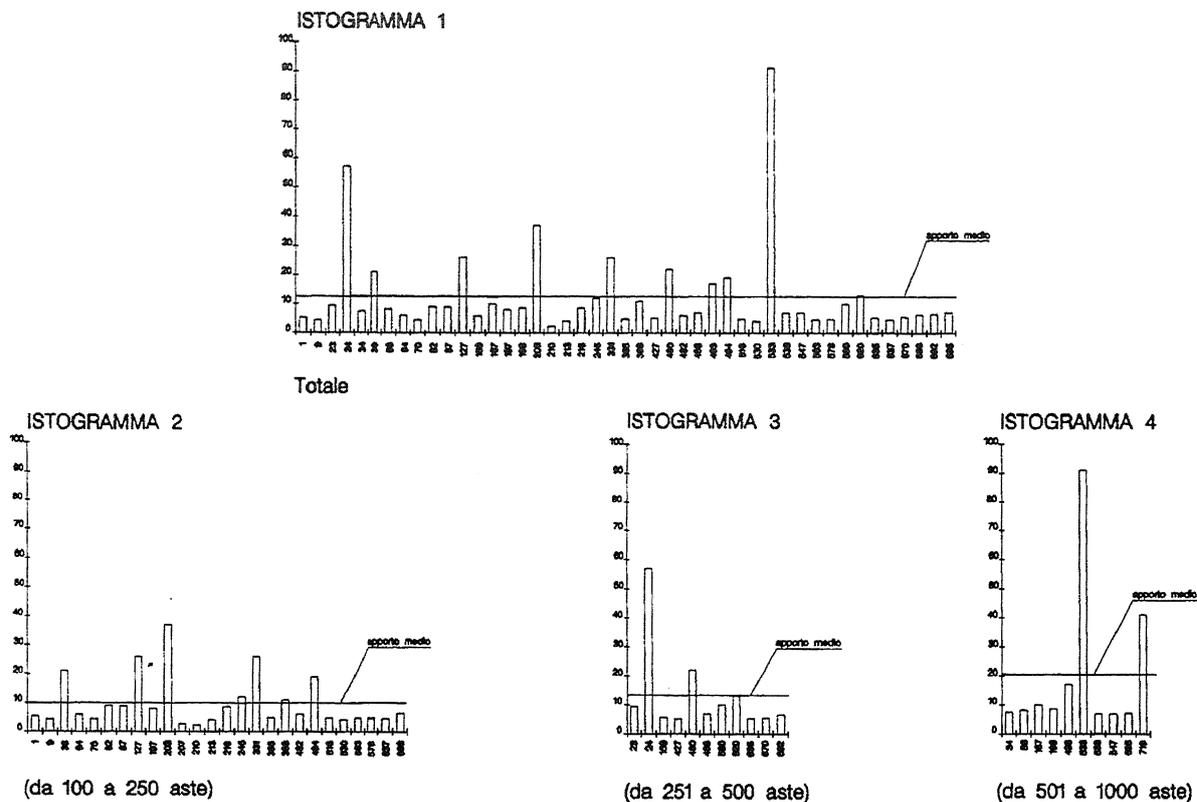


Fig. 2 - I singoli diagrammi riproducono la distribuzione degli apporti concentrati (numero di aste sottese) sui nodi dell'asta principale rispetto all'apporto medio, per l'intera rete fluviale regionale (istogramma 1), per i bacini con numero di aste compreso tra 100 e 250 (istogramma 2), tra 251 e 500 (istogramma 3) e tra 501 e 1000 (istogramma 4). I diagrammi riportano sull'asse X il codice regionale del singolo bacino (v. Tabella 1) e sull'asse Y gli apporti concentrati (numero di aste fluviali).

Single diagrams showing the distribution of concentrated contributions (number of fluvial segments) to the junctions of primary segment with respect to average contribution, for the regional whole fluvial system (histogram 1), and for the basins with segment numbers between 100 and 250 (histogram 2), between 251 and 500 (histogram 3) and between 501 and 1000 (histogram 4). In the diagrams the regional code of the basin is on the X axis (see Table 1) and the concentrated contribution (number of fluvial segments) is on the Y axis.

lettori idraulici). Si sono quindi evidenziate le anomalie in termini di quantificazione indiretta dell'apporto tanto all'interno del singolo bacino, quanto all'interno di gruppi omogenei di bacini classificati per numero di aste fluviali.

In Figura 2 l'istogramma 1 propone la distribuzione per singolo bacino della media degli apporti idraulici indiretti come descritto, rispetto all'asta principale e per tutto il territorio regionale.

I rimanenti istogrammi propongono la stessa distribuzione per insiemi omogenei di bacini classificati per numero di aste (istogramma 2: bacini con numero di aste compreso tra 100 e 250; istogramma 3: bacini con numero di aste compreso tra 251 e 500; istogramma 4: bacini con numero di aste compreso tra 501 e 1000).

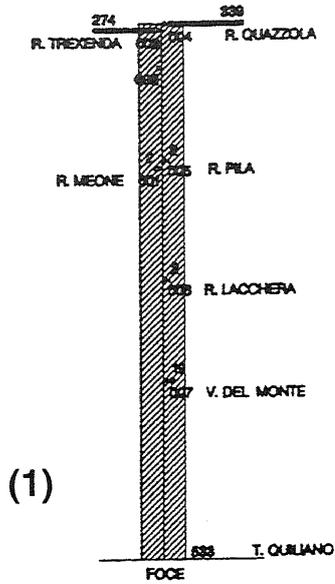
La Figura 1 propone la rete idrografica regionale (semplificata) con l'identificazione dei bacini oggetto di elaborazione.

Le principali anomalie riscontrate tra i bacini gerarchizzati per intero, con l'esclusione quindi della vergenza padana, sono state riscontrate per i bacini dei torrenti Leiro, Boate e Quiliano.

3. BACINO DEL TORRENTE QUILIANO

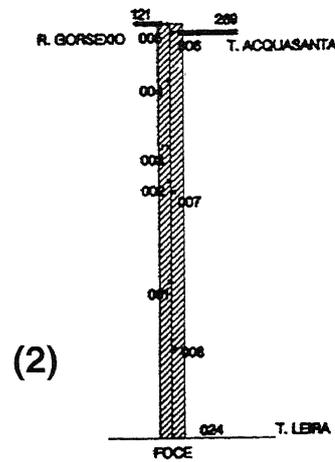
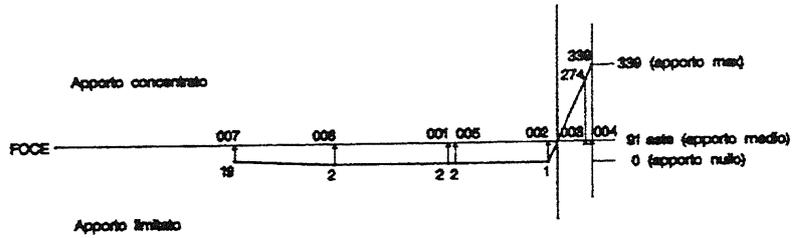
Il bacino del Torrente Quiliano interessa i territori dei Comuni di Quiliano, Savona e Vado Ligure, con un'estensione di 52,2 km² e 644 aste fluviali codificate per una densità media di drenaggio di circa 12 aste per km².

L'estensione del bacino incide sui termini litologici del bacino, che è caratterizzato da ampia alternanza schematizzabile in due settori omogenei: quello nord-orientale è impostato per gran parte sul Cristallino del Savonese (Anfiboliti di Monte Spinarda, Graniti del T. Letimbro, Gneiss di Albisola) ad eccezione del tratto in prossimità di Cadibona, laddove affiorano i conglomerati poligenici della Formazione di Molare. Il settore sud-occidentale è interessato da filladi e micascisti (Formazione di Murialdo), porfiroidi (Porfiroidi del Melogno), quarzoscisti e scisti gnaissici (Scisti di Gorra). Solo in prossimità della foce si passa a depositi plioceni (Argille di Ortovero) mascherati spesso dalle alluvioni quaternarie.



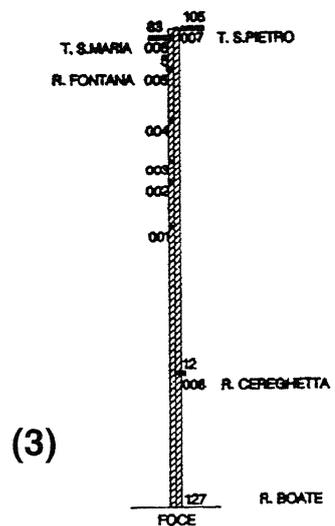
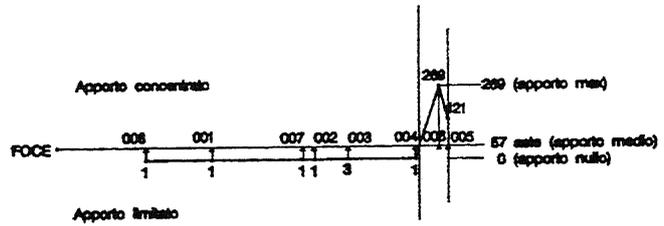
LEGENDA
 — 100 ASTE SOTTESE
 0_100 mt

T. QUILIANO



LEGENDA
 — 100 ASTE SOTTESE
 0_100 mt

T. LEIRO



LEGENDA
 — 100 ASTE SOTTESE
 0_100 mt

T. BOATE

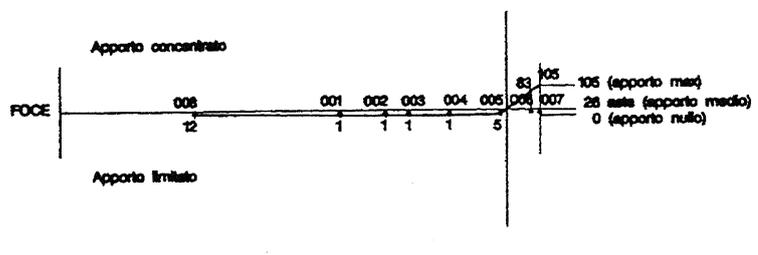


Fig. 3 - I diagrammi indicano la posizione degli apporti concentrati anomali sull'asta principale del bacino studiato. A sinistra viene indicata l'asta principale rettificata centrata su di un intervallo medio di apporto relativo ad entrambe i versanti, identificando le concentrazioni relative. A destra un analogo diagramma evidenzia gli stessi apporti distribuiti al di sopra ed al di sotto dell'apporto medio (le dimensioni relative sono indicate in legenda). (1) - Diagrammi costruiti per il bacino del T. Quiliano con l'indicazione degli apporti concentrati relativi ai rii Trexenda e Quazzola; →

Le diverse caratteristiche litologiche e morfologiche conferiscono al reticolo una conformazione dendritica, con distribuzione complessa dei tempi di corrivazione e del grafo di erodibilità nonché delle pendenze delle aste, con conseguente disorganicità nelle modalità di scorrimento e smaltimento degli apporti idrici. Tali caratteristiche proprie, associate ad interventi antropici di elevato impatto, hanno frequentemente indotto eventi alluvionali. La cronaca ricorda importanti esondazioni e fenomeni franosi estesi durante il settembre 1900, ma di più viva memoria sono gli ingenti danni, ancora visibili, registrati il 22 e 27 settembre del 1992 a fronte di esondazioni ripetute e dissesti diffusi che, nell'abitato di Quiliano, hanno provocato la perdita di due vite umane.

L'anomalia nella distribuzione degli apporti concentrati, evidenziata dall'elaborazione qui descritta, rimanda ai fenomeni brevemente ricordati.

Il disegno 1 di Figura 3 mette in luce la disomogeneità di apporto idrico concentrato nell'ambito del reticolo del bacino del Quiliano.

4. BACINO DEL TORRENTE LEIRO

Il bacino del torrente Leiro interessa i territori dei Comuni di Genova e Mele, con un'estensione di 27,5 Km² e 400 aste fluviali codificate per una densità media di drenaggio di circa 15 aste per km².

Anche tale bacino presenta una certa differenziazione di litotipi affioranti: calcescisti, calcemicascisti e facies scistoso-filladiche (Calcescisti del Turchino) prevalgono nel settore centro-occidentale dove i versanti si presentano a lieve pendenza e con frequenti coltri e accumuli di tipo colluviale; serpentini e serpentinoscisti (Membro delle Serpentine di Capanne Marcarolo) con morfologie marcatamente più aspre, caratterizzano il settore nord-orientale.

La differenziazione litologica e morfologica, con le conseguenti implicanze idrogeologiche, condiziona lo scorrimento di superficie, con reticolo solo localmente maturo, spesso ricco di indizi di ringiovanimento.

Anche in questo la disarmonicità dello sviluppo della rete idrica evidenziata dall'elaborazione proposta (vedi disegno 2 di Fig. 3) trova riscontro in una serie di eventi alluvionali registrati in letteratura. Svariate piene eccezionali sono ricordate durante il secolo scorso (1833, 1862, 1864, 1873), eventi di rilievo con danni sono annoverati nel 1915 e nel 1963, mentre la situazione più catastrofica si è presentata il 7 e 8 ottobre 1970, contemporaneamente allo straripamento del torrente Bisagno nel centro di Genova.

5. BACINO DEL TORRENTE BOATE

Il bacino del torrente Boate interessa i territori dei Comuni di Rapallo, Santa Margherita Ligure e Camogli per una superficie complessiva di soli 5,5 km² ed è sviluppato in 214 aste con una densità di drenaggio media di circa 38 aste a km².

Il bacino presenta una marcata omogeneità litologica in quanto è completamente impostato nell'ambito della formazione flyschoidi dei Calcarei di Monte Antola (sequenza ritmica di strati calcareo-marnosi e marnoso-calcarei ai quali si alternano intercalazioni di calcari arenacei e di livelli argillitici e marno-scistosi). In ragione di un assetto strutturale caratterizzato da una disposizione prevalente della stratificazione con immersione verso sud, il bacino idrografico non coincide con quello idrogeologico.

Anche in questo caso la forma di drenaggio prevalente è dendritica e la conformazione complessiva presenta una certa disorganicità confermata dalle risultanze dell'elaborazioni proposte.

Il bacino in esame è contraddistinto, in epoca storica e recente, in periodici fenomeni alluvionali rilevanti nella parte di monte (frane e smottamenti) e amplificati nella parte terminale dall'arginatura nell'ambito urbano di Rapallo.

Il disegno 3 di Figura 3 evidenzia proprio la disomogeneità di apporto idrico concentrato sull'asta principale del Boate.

6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La predisposizione al rischio idraulico riscontrata sulla base del comportamento dei bacini analizzati risulta quindi prevedibile dalla elaborazione proposta. Essa è infatti in buona parte legata ad una sorta di disorganicità nello sviluppo del pattern idrografico.

L'estensione dello studio alle aste-collettore di ordine superiore, l'analisi attraverso indagini parallele per indici deducibili dalla

(2) - Diagrammi costruiti per il bacino del T. Leiro con l'indicazione degli apporti concentrati relativi ai rii Gortexio e Acquasanta; (3) - Diagrammi costruiti per il bacino del T. Boate con l'indicazione degli apporti concentrati relativi ai rii S. Maria e S. Pietro.

The diagrams show the position of anomalous concentrated contributions along the primary segment of the elaborated basin. The diagram on the left shows the range of average contribution for both sides along the primary segment (straightened) with the position of relative concentrations. On the right, a similar diagram shows the same concentrations above and below the average contribution (the relative dimensions are given in the "Legend"). (1) - Implemented diagrams for the Torrente Quiliano basin with indications of the concentrated contributions to the streams Trexenda and Quazzola. (2) - Implemented diagrams for the Torrente Leiro basin with indications of the concentrated contributions to the streams Gortexio and Acquasanta. (3) - Implemented diagrams for the Torrente Boate basin with indications of the concentrated contributions to the streams S. Maria and S. Pietro.

gerarchizzazione diretta e l'integrazione con dati di caratterizzazione del bacino (portate, lunghezza e pendenza delle aste, superfici sottese, dati meteo-climatici locali e aspetti più specifici della litologia e della tettonica), permetterebbero di amplificare le potenzialità informative della codifica realizzata, oltre che di formalizzare un modello di conversione o confronto tra la gerarchizzazione indiretta eseguita e quella diretta.

Si ipotizza così di poter arrivare ad una determinazione indiretta, ma quantitativa di diversi indici di rischio o di predisposizione connessi ai reticoli liguri, suffragata dall'ampio impegno cartografico che ha permesso lo sviluppo della codifica regionale qui inizialmente elaborata.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano gli Assessorati all'Ambiente e all'Informatica della Regione Liguria ed i relativi Servizi Regionali per aver consentito all'uso della codifica. Si ringrazia l'arch. R. Rastaldo per la grafica computerizzata.

BIBLIOGRAFIA

- Davis J.C., 1986 - *Statistics and data analysis in Geology*. John Wiley & Sons Ed., 646 pp.
 Doonekamp J.C & King C.A., 1971 - *Numerical analysis in Geomorphology: an introduction*. Edward Arnold Ed., 372 pp.
 Scheidegger A.E., 1961 - *Theoretical Geomorphology*. Springer Verlag, 333 pp.
 Hagget P. & Chorley R., 1974 - *Network analysis in Geography*. Edward Arnold Ed., 348 pp.
 Morisawa M., 1971 - *Quantitative geomorphology: some aspects and applications*. Proc. 2nd Annual Geomorphology Symposia Series, Publ. in Geomorphology, State Univ. of New York, Binghamton, 315 pp.
 Smart J.S., 1969 - *Topological properties of channel networks*. Geol. Soc. Am. Bull., 80, 1757 - 1774.
 D. Tonini, 1983 - *Elementi di idrografia*. Padova.

*Manoscritto ricevuto il 10. 7. 1993
 Inviato all'Autore per la revisione il 18. 3. 1994
 Testo definitivo ricevuto il 20. 4. 1994*