INUNDAŢIILE – ÎNTRE NATURAL ŞI ACCIDENTAL

GH. ROMANESCU

ABSTRACT. – The Floods – between natural and accidental. The terms „floods", „flooding" and „flood hazard" cover a very wide range of phenomena, not all of which are treated with equal emphasis in the following discussions. Floods are rarely out of the local, national, or international news on both TV and in the newspapers. Most of the news items relate to fairly minor events which cause little damage and are soon forgotten except by those most directly affected. Some, however, reflect major disaster involving loss of life and the destruction of property, and bring in their wake hardship, suffering, disease and famine. The generally successful long-term utilisation of flood-prone areas has been interrupted frequently by major tragedies and recent history has seen many disastrous flood events. Flood hazards result from a combination of physical exposure and human vulnerability to geophysical processes.

1. Introducere

Inundaţia reprezintă creşterea bruscă şi de scurtă durată a nivelului, şi implicit a debitului de apă a unui râu, peste valoarea obişnuită. În acest caz teritoriul învecinat este acoperit temporar sau permanent (la scară temporală redusă) cu apă.

În decursul timpului s-au dat mai multe definiţii, în funcţie de cauzele şi implicaţiile induse de acestea: "Inundaţia este o scurgere relativ mare, care provine din precipitaţii şi provoacă ieşirea apei din albie" (Chow, 1973); "Inundaţia reprezintă orice scurgere care depăşeşte malurile unui râu" (Rostvedt et al., 1968); "Inundaţia reprezintă corpul de apă care se ridică pe un teritoriu foarte rar submers" (Ward, 1975) etc.

2. Cauze, tipologie, mod de desfăşurare

Trei factori principali provoacă apariţia inundaţiilor: climatologici (precipitaţii, topirea zăpezii, topirea gheţii, precipitaţii şi topire), parţial climatologici (scurgerea fluvială şi mareele, furtunile marine), alţii (cutremure, alunecări, ruperea barajelor) (Newson, 1994).

RISCURI ŞI CATASTROFE II/2003

La intensificarea inundațiilor contribuie anumite condiții: cele existente în bazinul hidrografic, cele specifice rețelei hidrografice şi albiei (Newson, 1994) (tabel 1).

Tabel nr. 1. Condițiile care determină intensificarea inundațiilor

Condițiile bazinului hidrografic	Stabile	Suprafață		
		Formă		
		Pantă		
		Morfografie		
		Altitudine		
	Variabile	Interacțiuni între climat, sol, vegetație şi activitatea umană	Capacitatea de stocare	Sol
				Rocă
			Infiltrare	
			Transmisivitate	Sol
				Rocă
Condițiile rețelei hidrografice	Stabile	Inițiale (model)		
	Variabile	Suprafața de stocare		
		Dimensiunea albiei		
		Drenajul subteran		
Condițiile albiei	Stabile	Pantă		
		Controlul inundației		
	Variabile	Rugozitate		
		Încărcătura solidă		
		Formă		
		Stocare		

Totodată, cauzele care determină apariția inundațiilor sunt *naturale* şi *accidentale*.

Inundațiile naturale sunt provocate de cauze care nu depind de activitatea umană: precipitații bogate, topirea zăpezilor şi gheții etc. Precipitațiile bogate, în anumite condiții, pot determina ridicarea nivelului apei în doar câteva minute. Inundațiile accidentale sunt determinate de cauze antropice: amenajări în bazinul hidrografic care pot duce la amplificarea debitelor naturale; amenajări ale albiei ce determină strangularea secțiunii de scurgere; cutremure induse de amenajări; alunecarea bruscă a versanților în acumulări naturale sau antropice; exploatarea necorespunzătoare a descărcărilor de ape mari din lacurile de acumulare; declanşarea unor fenomene noi prin avarierea sau ruperea construcțiilor şi sistemelor hidrotehnice etc.

Cele mai multe *inundații accidentale* au fost cauzate de ruperea barajelor. Cauzele care pot determinat deteriorarea unui baraj sunt multiple: încărcătură solidă foarte ridicată, eroziune la suprafață cauzată de debordare, sufoziune, tasare etc. În această situație viitura se manifestă mult mai pregnant într-un timp scurt şi distrugerile materiale sau umane sunt, de cele mai multe ori, mai mari. Cele mai

DISCURI ŞI CATASTROFE
IIF 2003

importante pagube se produc în apropierea barajului, după care, în aval, ca urmare a diminuării puterii curentului de apă, efectele se diminuează. În acest caz există trei categorii de pagube cunoscute sub numele de: distrugere totală (în apropierea barajului); distrugere parţială (sectorul imediat aval celei dintâi); pagube datorate doar inundaţiei (sectorul aval).

Inundaţiile naturale creează condiţii specifice în peisaj. Cele mai spectaculoase inundaţii sunt provocate de depresiunile extratropicale şi cicloni, deoarece ele sunt de mari dimensiuni şi se pot desfăşura într-un interval mare de timp. Revărsările de scurtă durată, şi cu intensitate redusă, sunt provocate de norii cumulus sau convecţie (fig.1). Eliminarea lor constituie o intervenţie brutală în cadrul echilibrului ecologic. La stadiul actual de evoluţie a umanităţii nu poate fi promovată ideea conservării condiţiilor naturale de inundabilitate în acţiunile de protecţie a mediului. Inundaţiile accidentale produc dezechilibre ecologice foarte importante. Nici în acest caz reducerea efectelor inundaţiilor accidentale, la cele naturale, nu ar reprezenta o soluţie (Roşu, Creţu, 1998).

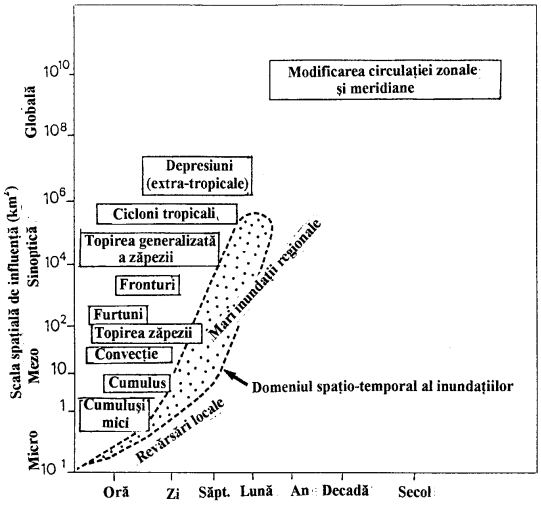

Fig. 1. Scala spaţio-temporală a fenomenelor climatologice şi hidrologice generatoare de inundaţii (după Hirschboeck, 1988)

Ca urmare a diverselor cauze care determină apariţia inundaţiilor, acestea pot fi clasificate în două mari categorii: *fluviale* şi *litorale* (*marine*) (Smith, Ward, 1998).

Inundaţiile fluviale pot fi provocate de:

- creşterea nivelului ca urmare a incapacităţii albiei de a prelua întreaga cantitate de apă; sunt specifice sectoarelor unde intervenţia antropică este puternică;
- surplus de apă subterană; cel mai adesea favorizează creşterile ulterioare care provin din precipitaţiile ce se desfăşoară în condiţiile umezirii prealabile a solului;
- precipitaţii bogate de tip torenţial; sunt specifice zonelor aride şi semiaride;
- scurgeri bogate desfăşurate pe pantele unde nu s-au instalat organisme liniare; sunt specifice zonelor aride şi semiaride;
- surplus de apă ca urmare a drenajului fluvial urban; sunt caracteristice marilor arii urbanizate unde infiltrarea este diminuată.

RISCURI şi ASTROFE II / 2003

Inundațiile fluviale sunt frecvente în climatele aride şi semiaride, unde ploile au caracter torențial. În aceste condiții perioada de retur este foarte scurtă şi vârful hidrografului destul de ridicat. În climatele moderate, de tip oceanic, sunt rare şi slabe.

Inundațiile litorale (*marine*) sunt caracteristice zonelor aflate la contactul cu apa mărilor şi oceanelor. În acest caz apar:

- inundații cu ape salmastre, datorate creşterilor mareice amplificate de desfăşurarea furtunilor; sunt specifice sectoarelor estuariene şi deltaice;
- inundații cu ape sărate, datorate valurilor care sparg cordoanele litorale şi favorizează penetrarea apelor marine în incinte închise sau parțial închise.

Inundațiile litorale sunt din ce în ce mai frecvente deoarece nivelul general al mării este în continuă creştere şi țărmul se modifică continuu.

Ca urmare a schimbărilor climatice care au avut loc în ultima perioadă, numărul cazurilor de inundații, cu caracter catastrofal, este în continuă creştere şi pagubele se ridică la miliarde de dolari. Riscul la inundații a crescut şi ca urmare a urbanizării accentuate. În zonele cu grad redus de urbanizare vârful hidrogramei este mai redus, comparativ cu cel al teritoriilor cu grad ridicat de populare şi urbanizare (fig.2).

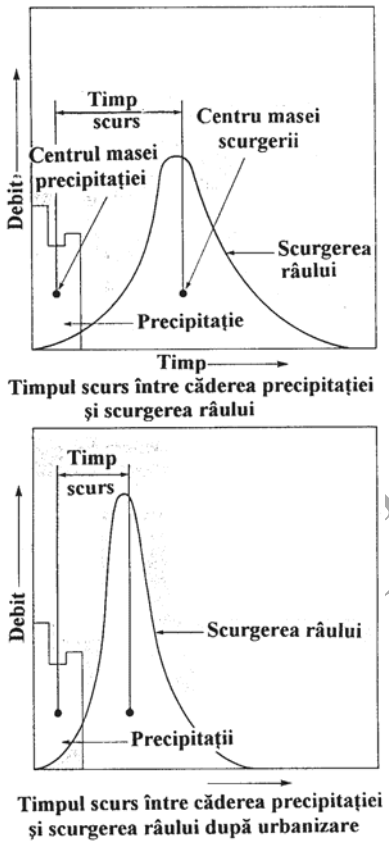

Fig. 2. Schimbarea formei hidrografului viiturii ca urmare a urbanizării (după Leopold, 1994)

Pentru cunoaşterea exactă a unei viituri sunt necesare o serie de valori cantitative asupra debitelor şi volumelor de apă scurse pe albie. În cazul inundațiilor, se au în vedere două tipuri de debite: debitele "malurilor încărcate" (albie plină) (cu asigurare între 10-20%), care au frecvențe ridicate în decursul unui an sau a unei perioade îndelungate; debitele excepționale, care produc modificări geomorfologice importante şi condiționează scurgerea apei în albia majoră (Bravard, Petit, 2000). Din punct de vedere geomorfologic debitul malurilor încărcate apare ca un debit caracteristic deoarece el reprezintă debitul de la care fenomenele de sedimentare se pot produce în albia majoră (constituirea grindurilor şi agradarea luncii). Poate fi asemuit şi cu debitul dominant, mai ales pentru fenomenele care pun în mişcare încărcătura solidă. Reprezintă punctul optim de eficacitate pentru

CAIAS-ROE 1/2003

modificările geomorfologice din cadrul albiei minore (Leopold et al., 1960; Dury, 1969), în special pentru modelarea meandrelor (Tricart, 1977).

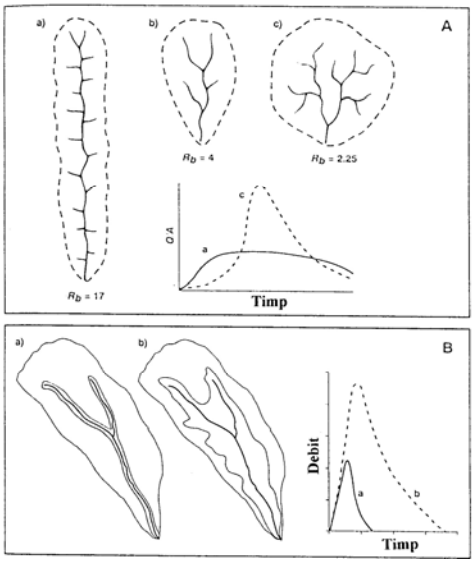

Fig. 3. Intensificarea inundației în funcție de forma bazinului hidrografic (A) şi suprafața afectată (B) (după Smith, Ward, 1998)

Apariția unei creşteri rapide şi mari a debitelor, în raport cu situația normală dintr-un râu, este rezultanta interacțiunilor dintre condițiile de alimentare şi cele de scurgere. O influență deosebită asupra dimensiunii inundației o are şi forma bazinului hidrografic, în funcție de care hidrograful are aspecte diferite. Bazinele hidrografice alungite prezintă un hidrograf atenuat, comparativ cu cele rotunjite care dețin o inflexiune accentuată (fig.3)

Inundațiile devastatoare provoacă o serie de pagube materiale şi pierderi de vieți omeneşti, mai ales în zonele cu grad redus de dezvoltare sau cu văi slab amenajate din punct de vedere hidrologic (fig.4). Revărsările dețin supremația în ceea ce priveşte cele mai mari riscuri la care este expus omul. Față de anii precedenți, astăzi, numărul evenimentelor inundaționale s-a mărit considerabil (fig.5).

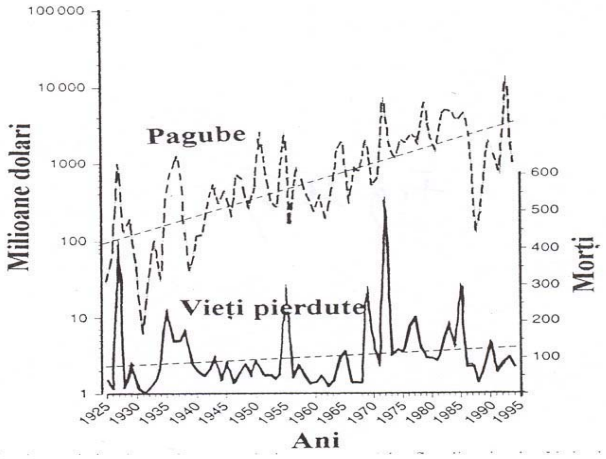

Fig. 4. Pierderile materiale şi umane provocate de inundații între 1925-1994 în S.U.A. (milioane dolari ajustate la valoarea din 1990) (după US Department of Commerce, 1990)

RISCURI CATASTROFE

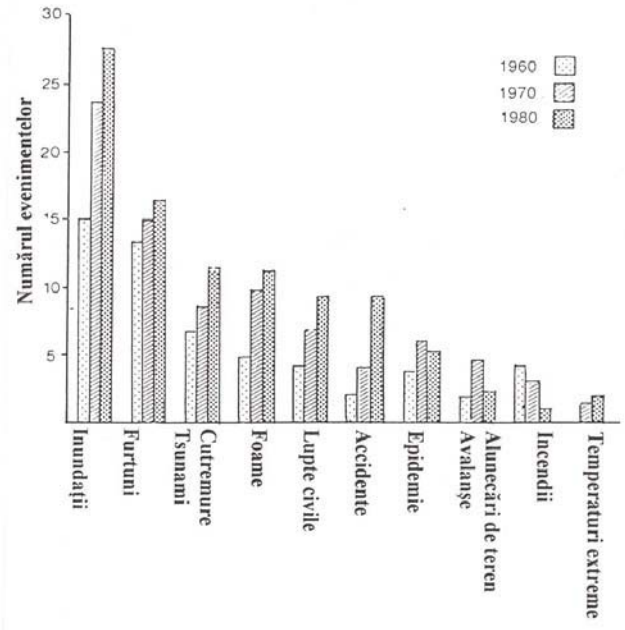

Fig.5. Media numărului de dezastre produse în lume până în 1980 (după Wijkman, Timberlake, 1984)

Pierderile provocate de inundații pot fi directe şi indirecte (fig.6). Din cele directe se remarcă: ruperea grindurilor fluviale şi a digurilor, inundarea albiei majore, pagubele fizice ale proprietăților, costurile restaurării complete, pierderile umane şi îmbolnăvirile. Pierderile indirecte sunt: întreruperea traficului şi activităților economice, reducerea puterii de consum în cadrul comunității,

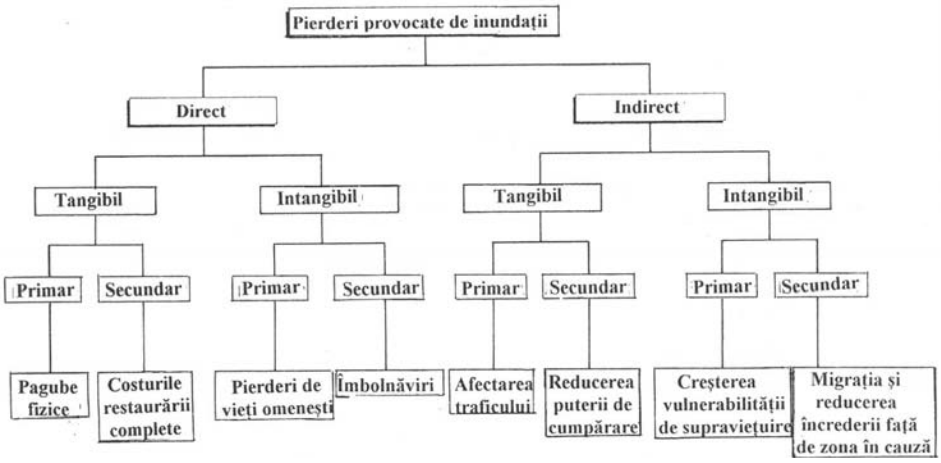

Fig. 6. Categoriile de pierderi provocate de inundații (după Newson, 1994)

creşterea vulnerabilităţii sinistraţilor, migrarea şi reducerea încrederii faţă de zona afectată.

În timpul inundaţiilor, mai ales în ţările unde acestea sunt foarte frecvente, costurile unor produse de strictă necesitate cresc cu procente de până la 50% (tabel 2). Mărimea pagubelor depinde de: gradul de dezvoltare socio-economică; densitatea populaţiei în teritoriul afectat; caracteristicile undelor de viitură (debite, niveluri, volume, durată, viteză de deplasare, înălţimea coloanei de apă, lungimea şi grosimea stratului de depuneri etc.) (Roşu, Creţu, 1998).

Tabel nr. 2. Creşterea costurilor la unele produse de strictă necesitate în timpul producerii inundaţiilor din Pakistan (după Sikander, 1983, citat de Smith, Ward, 1998)

Produsul	Preţul înaintea producerii inundaţiilor (rupii)	Preţul după producerea inundaţiilor (rupii)	Creştere %
Orez	160	172	7,5
Păstăi	240	280	16,0
Ceapă	200	275	37,0
Cartofi	150	195	30,0
Făină de grâu	50	60	20,0
Carne	16 kg	20 kg	25,0
erosen	4 sticle	6 sticle	50,0

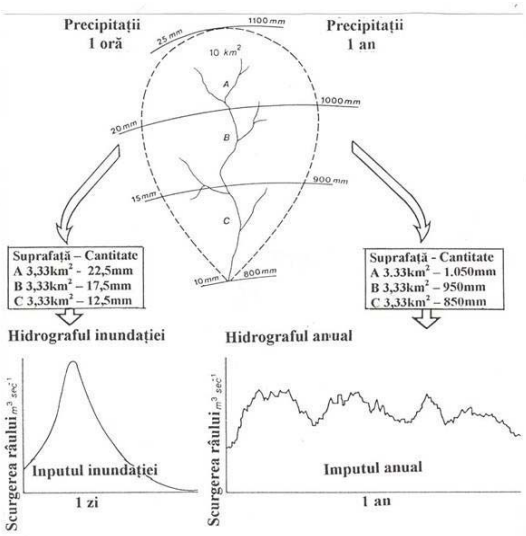

Fig. 7. Legătura dintre precipitaţiile torenţiale, anuale şi hidrografele corespondente (după Newson, 1994)

Prevenirea viiturilor este o acţiune complexă şi de mare importanţă. Trebuie să aibă în vedere un ansamblu de măsuri care încep de la versant (locul de formare a scurgerii superficiale), până la albie (în profil longitudinal) (fig.7). Aşezările umane şi activităţile social-economice trebuie să fie ferite de inundaţii prin calcularea probabilităţii de desfăşurare a fenomenelor. Se ţine cont de probabilitatea anuală care poate fi ridicată pentru zonele joase şi redusă pentru cele înalte. În cazul în care nu sunt condiţii de amplasare a aşezărilor de-a lungul râurilor sau pe ţărmul mării se pot înălţa platforme

care să apere de inundații noile construcțiile apărute în zonă. Cele mai multe amenajări aparțin țărilor puternic dezvoltate deoarece costurile unor astfel de activități sunt foarte mari.

3. Studiu de caz pentru o viitură accidentală

Se are în vedere inundabilitatea zonelor situate în aval de acumularea Firiza (barajul Strâmtori). Lacul de acumulare Firiza are o capacitate de 17,6 mil. m^3 şi este amplasat pe râul cu acelaşi nume, la cca.7 km amonte de oraşul Baia Mare. Barajul Strâmtori este din beton, cu contraforți ciupercă, având o înălțime de 51,5 m (Roşu, Crețu, 1998).

Plotul numărul 1 de pe malul drept asigură racordul cu deluviul de versant realizat din anrocamente pe o lungime de 48,4 m. Digul de închidere deține o mască din beton armat în amonte. Vatra lui se prelungeşte vertical până la stânci cu un ecran de beton executat în tranşee. La 300 m aval de barajul Strâmtori se află barajul şi acumularea tampon Berdu. La ridicarea acestui baraj s-a utilizat piatră nesortată. Masca de beton are o înălțime de 14,5 m, iar acumularea deține un volum de 145000 m^3. Calculul hidrografului de rupere pentru barajul Strâmtori s-a efectuat pentru cazul lacului plin şi stavile blocate peste care se suprapune afluența maximă de calcul ($Q_{0,1\%}$=390 m^3/s).

La avarie maximă scenariul prevede ruperea, într-un timp foarte scurt, a barajului Strâmtori. Inițial cedează plotul central, în trei faze, într-un interval de 5 minute, după care se rup pe rând celelalte ploturi. După ce cedează 6 ploturi lacul se goleşte complet în 32 minute. Pentru o avarie medie s-a luat în calcul ruperea stavilelor şi a pilelor dintre ele. În cazul barajului Berdu s-a presupus o rupere ce se produce instantaneu în prima fază a cedării barajului din amonte. În acest caz hidrograful ruperii barajului, cu valoare maximă de 1755 m^3/s, se suprapune peste viitura accidentală produsă de ruperea barajului Strâmtori cu debit maxim de 17340 m^3/s.

Pentru propagarea viiturii, în aval de cele două baraje, s-a utilizat modelul hidraulic unidimensional UNDA şi unul hidrologic; în acest caz diferențele nu au depăşit 5% pentru valorile debitelor maxime. La o avarie maximă se poate produce o undă de viitură accidentală cu un debit maxim de 20000 m^3/s care de-a lungul celor 16 km cât deține sectorul studiat se atenuează la 6000 m^3/s. Adâncimile apei se reduc de la 25,5 m în imediata apropiere a sectorului aval de baraj, până la 7,50 m la finalul traseului. Vor fi inundate importante zone din oraşul Baia Mara (60% din cartierul Ferneziu), unele unități industriale şi social-culturale, căi ferate, drumuri etc. (Roşu, Crețu, 1998).

Concluzii

Inundațiile sunt produse de trei factori importanți: climatologici (precipitații, topirea zăpezii, topirea gheții, precipitații şi topire), parțial

RISCURI SI CATASTROFE 11/2003

climatologici (scurgerea fluvială şi mareele, furtunile marine) şi alţii (cutremure, alunecări, ruperea barajelor). Cauzele care contribuie la apariţia inundaţiilor pot fi naturale şi accidentale. Cele mai multe inundaţii accidentale au fost provocate de ruperea barajelor. Ca urmare a diverselor cauze care determină apariţia inundaţiilor, acestea pot fi clasificate în două mari categorii: fluviale şi litorale (marine). După forma hidrografului şi condiţiile de formare se pot deosebi două tipuri de viituri: simple şi compuse. Inundaţiile devastatoare provoacă o serie de pagube materiale şi pierderi de vieţi omeneşti. Pierderile pot fi directe şi indirecte. Revărsările deţin supremaţia în ceea ce priveşte cele mai mari riscuri la care este expus omul.

BIBLIOGRAFIE

1. Bravard J-P., Petit F. (2000), *Les cours d'eau. Dynamique du système fluvial*, Armand Colin, Paris.
2. Chow V.T. (1973), *Open-Channel Hydraulics,* McGraw-Hill, International Edition, Civil Engineering Series.
3. Dury G.H. (1969), *Relation of morphometry to runoff frequency*, in: CHORLEY R.J. (ed.), Water, Earth and Man, London, Methuen.
4. Guilcher A. (1965), *Precis d'hydrologie (marine et continentale)*, Editions Masson, Paris.
5. Hirschboeck K. (1988), *Flood hydroclimatology,* in:V.R.Baker, R.C.Kochel, P.C.Patton (ed), Flood Geomorphology, New York, J.Wiley.
6. Larras J. (1964), *Embouchures, estuaires, lagunes et deltas,* Eyrolles, Paris.
7. Leopold L.D. (1994), *A View of the River,* Harvard University Press, Cambridge, MA.
8. Leopold L.D., Bagnold R.A., Wolman M.G., Brush L.M. (1960), *Flow resistance in sinuous or irregular channels,* US Geol. Surv. Prof. Paper, 182 D.
9. Milliam J.D., Broadus J.M., Gable F. (1989), *Environmental and economic implications of rising sea-level and subsiding deltas: The Nile and Bengal examples,* Ambio, 6:340-5.
10. Newson M. (1994), *Hydrology and the river environment*, Clarendon Press, Oxford.
11. Roşu Corina, Creţu Gh. (1998), *Inundaţii accidentale*, Edit. HGA, Bucureşti.
12. Smith K., Ward R. (1998), *Floods. Physical Processes and Human Impacts*, John Wiley and Sons, Chichester.
13. Tarbuck E.J., Lutgens F.K. (1993), *The Earth. An Introduction to Physical Geology,* Macmillian Publishing Company, New York.
14. Tricart J. (1977), *Types de lits fluviaux en Amazonie brésilienne,* Annales de Géographie, 473.
15. Ward R. (1975), *Principles of Hydrology,* McGraw-Hill, Maidenhead, UK.
16. White G.F. (1964), *Choice of Adjustments to Floods,* Department of Geography Research Paper 93, University of Chicago Press.
17. Wijkman A., Timberlake L. (1984), *Natural Disasters: Acts of God or Acts of Man?*, Earthsean, London.
18. Zăvoianu I. (1988), *Râurile – bogăţia Terrei,* Edit. Albatros, Bucureşti.
19. Zăvoianu I. (1999), *Hidrologie,* Edit. Fundaţiei România de mâine, Bucureşti.

RISCURI ŞI CATASTROFE III / 2003