

DINAMICA RECENTĂ A BLOCURILOR TECTONICE ÎN ZONELE DE AMPLASAMENT AL CONSTRUCȚIILOR HIDROENERGETICE DIN ROMÂNIA

GABRIELA POLONIC, DOREL ZUGRĂVESCU, ION TOMA

*Institutul de Geodinamică „Sabba S. Ștefănescu” al Academiei Române
Str. Jean-Louis Calderon 19–21, 020032, București 37, România*

1. INTRODUCERE

Lucrarea își propune să dezvolte imaginea dinamicii recente a blocurilor tectonice, insistând asupra posibilelor implicații ale zonelor geodinamic active în amplasarea principalelor construcții hidroenergetice din România.

Zonele geodinamic active se situează la limita dintre blocurile tectonice și sunt reprezentate, în genere, prin falii active. Blocurile tectonice implicate în mișcările crustale recente, datorită elasticității limitate, prezintă cele mai mari valori de deplasare în zonele de contact, exprimate prin fracturile crustale menționate/zonă geodinamic active, cu sau fără eliberare de energie seismică. Aceste fracturi au condus la structurarea geomorfologică a suprafețelor terenului și au favorizat instalarea cursurilor de apă. În acest mod, apare evidentă relația dintre prezența zonelor geodinamic active și amplasarea construcțiilor hidroenergetice.

Pe teritoriul României, zonele geodinamic active au fost puse în evidență prin coroborarea datelor provenind de la manifestările tectonice actuale majore, mișcările crustale recente și seismicitate.

2. DINAMICA RECENTĂ A BLOCURILOR TECTONICE ȘI AMPLASAREA CONSTRUCȚIILOR HIDROENERGETICE

Cea mai recentă și expresivă imagine a mișcărilor crustale verticale recente este cuprinsă în noua hartă elaborată pentru teritoriul României în cadrul Institutului de Geodinamică „Sabba S. Ștefănescu” al Academiei Române (Zugrăvescu *et al.*, 1998; 1999; 2000). Aceasta a fost construită printr-o metodă proprie, originală, aceea de interpolare a datelor măsurătorilor de nivelment de înaltă precizie, obținute de Direcția Topografică Militară și Institutul de Geodezie, Fotogrammetrie, Cadastru și Organizarea Teritoriului, în perioada 1893–1994, pe fondul sistemului major de fracturi evidențiate geologic, geofizic și dovedite active seismic.

Elementele de referință pentru studiul mișcărilor verticale recente au fost cele 22 de poligoane de prim ordin, proiectate în perioada 1960–1963 și măsurate, pentru prima dată, între anii 1961–1971, cu echipamentul cel mai perfecționat la

acea dată, pe piloni plantați cu o mare densitate, realizându-se în acest mod și o rețea deosebit de performantă (Dragomir *et al.*, 1989). În felul acesta, spre deosebire de imaginile anterioare ce ilustrau prin izoliniile de viteze trasate continuu, sub forma unor curbe închise, o crustă omogenă (Drăgoescu, Popescu, 1975; Popescu, Drăgoescu, 1986), noua hartă exprimă corect structura casantă a crustei, faptul că aceasta este constituită dintr-o multitudine de blocuri, separate prin discontinuități, așa cum rezultă din studiile seismometrice, neotectonice și seismo-tectonice.

Harta mișcărilor crustale verticale recente (fig. 1) relevă foarte clar fracturile active dintre blocurile tectonice cu mișcări relative/zone geodinamic active, viteza de deplasare verticală în milimetri a blocurilor și poate constitui un reper în studiile seismice de amplasament al construcțiilor hidroenergetice. În cele ce urmează, vom dezvolta aceste caracteristici, plecând de la modul cum au fost inițiate mișcărilor în stadiul neotectonic.

a. Aria de ridicare corespunzătoare Orogenului Carpatic domină partea centrală a Hărții de mișcări verticale recente a teritoriului României (Zugrăvescu *et al.*, 1998; 1999; 2000), cu valori moderate în zonele periferice, care se accentuează în zona de curbura. În cadrul Orogenului Carpatic, cele trei catene caracteristice: Carpații Orientali, Carpații Meridionali și Munții Apuseni prezintă particularități distincte.

Carpații Orientali se caracterizează prin dezvoltarea, îndeosebi, a pânzelor de cuvertură. Stivuirea pânzelor dacidice și moldavidice (Săndulescu, 1984, 1988) a produs o îngroșare semnificativă a crustei și a determinat un răspuns izostatic.

Tendința de ridicare în cadrul acestei catene s-a manifestat din stadiul neotectonic, începând cu mișcările stirice timpurii (cca 17 mil. ani), dovedită de depunerea unei mari cantități de pietrișuri piemontane eomiocene, păstrate astăzi, în partea de est a Depresiunii Transilvaniei, sub forma unor depozite conglomeratice în grosime de cca 1 800 m. Mișcările s-au continuat și în Pliocen, în faza rodaniană (cca 4 mil. ani) și, mai intensiv, în Dacianul târziu, faza romaniană (cca 3 mil. ani), în special în partea de vest a zonei cristalino-mesozoice, dovadă fiind depozitele piemontane rămase, acoperite subsecvent de vulcanite.

În actual, se constată mișcări moderate cu viteze de +1 mm ÷ +2 mm/an în masivele nordice ale Carpaților Orientali, Munții Rodnei, Bistriței, Călimani, Hăghimaș, viteze ce cresc pe măsura apropierii de curbura Carpaților, la +3 mm ÷ +4 mm/an în Munții Perșani, Munții Nemira și care culminează cu o valoare de +5 mm/an în Munții Bucegi și Munții Buzău, în aria închisă de localitățile Câmpulung–Brașov–E. Ploiești (fig. 1).

Acest maxim acoperă zona de încărcare cu masele carpatice șariate, zona marginală coborâtă a Platformei Moesice cu o cuvertură în grosime de 15–16 km (Depresiunea Focșani), aria de răspândire a seismicității intermediare și crustale din zona Vrancea, reprezentând un segment geodinamic deosebit de activ. Aria de maximă ridicare carpatică coincide cu zona de maximă îngroșare a crustei, 42–50 km și reprezintă răspunsul izostatic al acestei cruste îngroșate, crustă ce creează

forțe de flotabilitate în litosferă (Bott, 1990), ducând la ridicarea suprafeței topografice. Ridicarea poate fi explicată (Lachenbruch, Morgan, 1990) prin interacțiunea proceselor mecanice și termice în lungul unui nivel de detașare intra-crustal, ce echilibrează deformarea dintre crustă și manta.

Suprapunând harta amplasamentelor construcțiilor hidrotehnice (R.N.C.L.D., 2000) pe Harta mișcărilor crustale verticale recente (Zugrăvescu *et al.*, 1998; 1999; 2000), constatăm că unele dintre acestea, cum sunt: Izvorul Muntelui–Bicaz, Poiana Uzului, se plasează în aria de ridicare cu valori de $+2 \text{ mm} \div +3 \text{ mm/an}$, iar construcțiile hidroenergetice Siriu, Măneciu, Pecineagu și Paltinu se află în zona de maximă ridicare, $+5 \text{ mm/an}$ (Zugrăvescu *et al.*, 2003).

Barajul Colibița se află la confluența pârâului Bistrița cu pârâul Bârgău, afluenți ai văii Bistrița. Este amplasat pe piroclastitele andezitice neogene din Munții Călimani, la contactul cu Culoarul Bârgău–Dorna, constituit din depozite de fliș grezos-argilos-bituminos, de vârstă paleogen-miocen inferior. Mișcările verticale neotectonice, manifestate îndeosebi în partea nordică a Munților Călimani, amorsate din Badenian, sunt dovedite prin poziția ridicată a depozitelor miocene, aflate în prezent la 1 300 m altitudine. În actual, mișcările de ridicare din blocul Munților Călimani, se manifestă cu viteze de $+1 \text{ mm} \div +2 \text{ mm/an}$ (Zugrăvescu *et al.*, 1998, 1999, 2000).

Barajul Izvorul Muntelui–Bicaz se află amplasat pe depozitele de fliș paleogen ale Pânzei de Tarcău din Munții Stânișoara (Bistriței). Mișcările neotectonice, îndeosebi cele rodaniene, au înălțat masivul Munților Bistriței până la altitudinea de 1 800 m, viteza de ridicare putând fi considerată de $1,4 \text{ mm/an}$. Mișcările au generat suprafețe de nivelare ale umerilor văilor carpatice și ale interfluviilor. În general, se disting două astfel de nivele, ce marchează perioade de stagnare ale mișcărilor și reluarea lor ulterioară.

În actual, blocul Munților Bistriței, ce cuprinde barajul Izvorul Muntelui–Bicaz, este caracterizat prin mișcări de ridicare cu intensitate de $+2 \text{ mm} \div +3 \text{ mm/an}$ (fig. 1). Blocul este limitat la est de falia Solca (Tornquist–Teisseyre), iar la sud-est de falia activă Bistrița. În zonele de nord-est și nord-vest ale blocului, se desemnează zone seismice crustale ($M \leq 4,0$), evenimentul principal fiind cel produs la Dorna Arini (15.10.1976).

Barajul Poiana Uzului, construit pe valea Uzului, este amplasat pe depozitele cretacice ale Pânzei de Tarcău, constituite din gresii cuarțoase micacee, șisturi argiloase și depozite ritmice de fliș.

Construcția hidroenergetică se situează în blocul Munților Ciuc, caracterizat printr-o amplitudine a mișcărilor rodaniene (cca 4 mil. ani) și valahice (cca 1,8 mil. ani) de 1 500–1 600 m. Blocul este limitat la NE de falia Trotuș activă geologic și seismic și este afectat de mișcări crustale verticale recente, cu viteze de $+2 \text{ mm} \div +3 \text{ mm/an}$ (Zugrăvescu *et al.*, 1998, 1999, 2000).

Construcțiile hidroenergetice amplasate în zona de Curbură a Carpaților Orientali, *Siriu*, *Măneciu*, *Pecineagu*, se află pe depozitele de fliș paleogen ale Pânzei de Tarcău din Munții Buzăului, iar *barajul Paltinul*, pe formațiunile cretacice ale aceleiași pânze, pe versantul sudic al Munților Baiului.

Zona de Curbură a Carpaților Orientali a suferit o ridicare importantă în stadiul neotectonic, începând cu aceeași tectogeneză stirică timpurie (cca 17 mil. ani) și sfârșind cu cea valahică, pleistocen timpurie (cca 1,8 mil. ani). Menționăm, în mod deosebit, ridicarea lanțurilor muntoase în Dacian, ca o consecință a mișcărilor rodaniene timpurii, care s-au accentuat în Villafranchian. Amplitudinea totală a mișcărilor pozitive neotectonice este de cca 2 500–2 000 m, pe aliniamentul Munților Bucegi–Baiu–Ciucaș–Buzău, viteza medie de ridicare cifrându-se în Cuaternar la cca 1,39–1,10 mm/an (Lăzărescu, 1972).

În prezent, construcțiile hidroenergetice Siriu, Măneciu și Pecineagu se plasează în zone ce marchează aceeași tendință de ridicare, dar cu o viteză maximă (+5 mm/an), măsurată în zona de curbură, între Munții Buzău–Munții Bucegi și localitățile Câmpulung–Ploiești. Acest bloc corespunde grosimii maxime a crustei terestre, de până la 50 km (Hauser *et al.*, 2001; Landes *et al.*, 2004) și este delimitat la est de falia activă Capidava–Ovidiu, la sud-vest de falia activă Intra-Moesică, fiind flancat la vest de zona seismică intermediară vrânceană ($M \leq 7,4$; $h = 60\text{--}180$ km).

Dacă luăm în considerare harta de zonare seismică (SR 11100/1-1993, MSK), construcțiile hidroenergetice descrise mai sus și anume: *Colibița*, *Izvorul Muntelui–Bicaz* se înscriu în zona de seismicitate $I = 6$, *Poiana Uzului* și *Pecineagu* în zona $I = 7$, iar *barajele Siriu*, *Măneciu* și *Paltinu* în zona $I = 8$, pentru perioade de revenire de 50 de ani (fig. 2, tabelul 1). Plasate pe harta de distribuție a coeficientului K_s (R.N.C.L.D., 2000), construcțiile hidroenergetice considerate mai sus se înscriu astfel (fig. 3): *Colibița* în zona F (0,008); *Izvorul Muntelui–Bicaz* în zona E (0,12); *Poiana Uzului* în zona D (0,16), iar *Siriu*, *Măneciu* și *Paltinu* în zona B (0,25).

Carpații Meridionali, caracterizați prin dezvoltarea masivă a pânzelor de soclu aparținând Dacidelor Marginale și Mediane (Săndulescu, 1984, 1988), au fost afectați de mișcări verticale de ridicare, post-badeniene, ca răspuns izostatic al crustei îngroșate (Rădulescu, 1988; Hauser *et al.*, 2001; Landes *et al.*, 2004), prin acumularea stivei de pânze amintite, ce au dus la înălțarea culmilor, cu valori maxime în Munții Făgăraș (peste 2 500 m în vârfurile Negoiu și Moldoveanu).

În actual, Carpații Meridionali sunt afectați de mișcări pozitive cu viteze ce coboară de la +5 mm ÷ +2 mm/an pe versantul vestic al Munților Făgăraș și până la +1 mm ÷ 0 mm/an în munții Sebeș, Godeanu și Cerna. Configurația izoliniilor de viteze în lungul munților Făgăraș poate reprezenta regimul diferit al celor două compartimente separate de falia Intra-Moesică.

Pe versantul sud-vestic al munților Făgăraș, este amplasat *barajul Vidraru–Argeș*, pe fâșia de metamorfite aparținând digitației de Cozia, constituită predominant din gnaise, cuarțite și paragneise, la contactul cu depozitele paleogene și miocene ale Depresiunii Getice.

Tabelul 1

Mari baraje din România. Date tehnice, geotectonice și seismologice asociate amplasamentelor

Nume baraj	Curs apă	Tip	H (m)	Mișcări verticale recente	I _B MSK	ks/P100	I _B MSK	Formațiuni geologice
				Falii regionale (100km)	Tr = 50ani	A - F	Tr = 100 ani	
Călimănești	Siret	P.	23	pe Falia Solca, la contactul compart. carpatic în ridicare (+1mm/an), Bloc Platf. Scitică în coborâre (-1÷-2mm/an); Falii active: Troțuș, Sf. Gheorghe, Peceneaga-Camena, Bărăitaru	8-9	B: 0,25		marne argiloase și nisipoase, argilă grasă
Cerna	Cerna	Anroc.	110	pe Falia Cerna compartiment în ridicare (+1mm/an)	6	D: 0,16 F: 0,08	8	Granite de Cerna, gnaise cuarțitice. Paragneise
Colibița	Bistrița – Ardelenească	Anroc.	92	Zonă de ridicare (+2mm/an), Falia Dragoș Vodă.	6	F: 0,08		Aglom. vulcanice, interc. andezitice
Gura Apelor	Râul Mare	Anroc.	168	Zonă de ridicare (+1mm/an), F. Cerna	6	F: 0,08		șisturi cuarțitice, filitice
Gura Râului	Cibin	C.F.	73.5	Zonă relativ stabilă (0÷+1mm/an); Faliiile: Mureș Sud-Transilvană, Cozia, Cerna	7	E: 0,12		Gnaise, micașist. biotitice
Herculane	Cerna	Arc	58	Zonă în ridicare (0÷+1mm/an); F. locală activă Mehădia, F. reg. Cerna, Craiova, Tinosu	7-8	E: 0,12 -D: 0,16	8	Granite de Cerna
Izvorul Muntelui – Bicz	Bistrița	G	127	Ridicări (+2mm/an); Falii active seismic: Solca, Troțuș, Peceneaga – Camena	7	E: 0,12		77% gresii 17% șisturi argiloase
Măneciu	Teleajen	P	78	Bloc Mții Bucegi ridicare (+5mm/an); Falii: Capidava-Ovidiu, Perșani, Cozia, Intra-Moesică	8	B: 0,25		Fliș, gresii micacee argil., șisturi, congl., marne

Tabelul 1 (continuare)

Paltinu	Doftana	Arc	108	Compart. Bucegi, ridicare (+5mm/an); Falii: Intra-Moesică, Tinosu, Cozia, Capidava-Ovidiu, Peceneaga-Camena	8	B: 0,25		Gresii, microcongl., argile marnoase
Pecineagu	Dâmbovița	Anr.	105	Bloc Mții Bucegi – Buzău ridicare (+5mm/an); Falii active: Troțuș, Cozia, Intra-Moesică, Peceneaga-Camena	7	D: 0,16 (E: 0,12)	8	Paragnaise, gnaise, șisturi micacee cuarțitice
Poiana Uzului	Uz	C.F.	82	Ridicări (+2mm/an); Falii active seismic: Solca, Troțuș	7	D: 0,16 (E: 0,12)	8	Gresii, șisturi, marne, fliș
Porțile de Fier 1	Dunăre	G, P	60.6	Z. relativ stabilă (0÷-1 mm/an); F. active: Cerna, Mehadia, Craiova, Tinosu	7	E: 0,12	8	Gnaise cuarțitice, biotitice, paragnaise
Porțile de Fier 2	Dunăre	G, P	30	Z. relativ stabilă (0 ÷ 1 mm/an); Falii: Mehadia, Cerna, Craiova, Tinosu	7	E: 0,12	8	Marne argiloase
Siriu	Buzău	Anr.	122	Bloc Mții Bucegi-Mții Buzău, ridicare (+5mm/an) Falii-Capidava-Ovidiu, Peceneaga-Camena, Troțuș, Intra-Moesică	8	B: 0,25	8	Gresii, microcongl., șisturi marno-argiloase
Stânca-Costești	Prut	P, G	43	Ridicări (+1mm/an), Falii: Solca, Bistrița	7	E: 0,12		Calcare, interc. marne, argile
Vidra	Lotru	Anr.	121	Ridicări (+1mm/an), Falii: Cerna, Cozia, Sud-Transilvană	6	E: 0,12 (F: 0,08)		Gnais de Vidra, Interc. amfibolitice
Vidraru	Argeș	Arc	166	Ridicări (+2mm/an), Falii: Cozia, Tinosu	7	D: 0,16 (E: 0,12)	8	Gnaise cuarțitice, paragnaise

Legenda

Arc – baraj de beton în arc; Anr. – baraj de anrocamente; C.F. – baraj cu contraforți; G – baraj de greutate din beton; P – baraj din pământ; Tr – perioada de revenire, ani; ks – coeficient seismic conform P100-92, 93; A-F – zone ale ks, conform P100-92, 93; I_B – Intensitatea (MSK) în amplasament, conform SR11100-1993, dacă sunt afectate de indicii (1)-la Tr = 50 ani sau (2) la Tr = 100 ani.

Situat la cca 7–8 km sud de falia Cozia (Brezoi), amplasamentul construcției hidroenergetice se află în domeniul de ridicare de $+2 \text{ mm} \div +3 \text{ mm/an}$, falia amintită decroșând senestru izoliniile de ridicare de $+2 \text{ mm} \div +4 \text{ mm/an}$ pe care le intersectează (fig. 1). Falia Cozia a avut un rol activ în regiune, dirijând procesele de eroziune diferențială din cele două compartimente ale sale: la nord, expunerea formațiunilor cristalofiliene ale seriei de Cozia, la sud, cele ale depozitelor paleogene și miocene ale Depresiunii Getice. Activitatea recentă a faliei este dovedită de dispunerea epicentrelor unor seisme crustale la intersecția sa cu falia transversală ce urmărește valea Oltului în zona montană. Semnalăm evenimentele seismice crustale dispuse în lungul segmentului Căineni–Călimănești–Râmnicu-Vâlcea, printre care și replicile cutremurului făgărășan din 26 ianuarie 1916 ($M \leq 4,7$; Polonic, 1985a, 2000).

Pe Harta de zonare seismică (SR 11100/1-1993 MSK), barajul Vidraru–Argeș se înscrie în zona de seismicitate $I = 7$ (tabelul 1), la contactul cu zona de seismicitate $I = 8$, pentru o perioadă de revenire de 100 ani (fig. 2), datorită manifestărilor seismice din zona Cumpăna–Arefu ($M \leq 6,5$), valoarea coeficientului K_s fiind de 0,20, la contactul zonelor D/C (R.N.C.L.D., 2000).

Pe versantul nordic al munților Făgăraș, pe valea Oltului, se află *barajul Turnu Roșu*, amplasat pe mezometamorfitelor dacidelor mediane, la contactul cu depozitele neogene ale Depresiunii Transilvaniei, contact realizat prin falia nord-Făgăraș. Această falie crustală, activă din tectogeneza laramică (cca 65 mil. ani) până în Cuaternar (0,01 mil. ani), a permis, pe de o parte, ridicarea masivului Făgăraș, ca un horst, iar pe de altă parte, continua adâncire a fundamentului în depresiunea de la nord și depunerea sedimentelor neogene și cuaternare. Dovada acestor mișcări diferențiale este oferită de denudarea intensă, succesivă a formațiunilor cristalofiliene din munții Făgăraș și depunerea la baza acestora a stivei de pietrișuri piemontane, reprezentate astăzi prin conglomerate badeniene, în grosime de cca 1 000 m. Accentuarea mișcărilor verticale în timpul Cuaternarului a favorizat depunerea ghețarilor, ale căror urme (circuri, morene, văi în formă de U) sunt prezente pe culmile munților Făgăraș. Amplitudinea mișcărilor neotectonice depășește 2 500 m, la est de valea Oltului.

Barajul Turnu Roșu, situat în apropierea faliei active nord-Făgăraș, se află sub influența mișcărilor verticale recente diferențiale, de ridicare în zona montană, cu $+1 \text{ mm} \div +2 \text{ mm/an}$ și de stabilitate relativă, $0 \text{ mm} \div -1 \text{ mm/an}$, la nord de această falie, pe rama de sud a Depresiunii Transilvaniei.

Pe Harta de zonare seismică (SR 11100/1-1993 MSK), construcția hidroenergetică de la Turnu Roșu se înscrie în zona de seismicitate $I = 7$, pentru perioada de revenire de 50 de ani (fig. 2) corespunzătoare (fig. 3) zonei D ($K_s = 0,16$), pe Harta de distribuție a coeficientului seismic (R.N.C.L.D., 2000).

În partea de vest a Carpaților Meridionali, izoliniile de viteze ale mișcărilor verticale recente marchează două arii în ridicare actuală ($+1 \text{ mm/an}$, Zugrăvescu *et al.*, 1988), ce înconjoară bazinul Petroșani: cea nordică acoperă partea majoră a munților Sebeș, Poiana Ruscă și Semenic–Almăj, iar cea sudică se dezvoltă pe

direcția Râmnicu-Vâlcea, subțindu-se spre vest, până la dispariție în valea Cernei. Valori mai mari pot exista pe ramura nordică a ridicării, dar lipsa măsurătorilor pe profilele ce traversează masivele muntoase nu ne îndreptătesc să facem astfel de observații.

În jurul zonei de ridicare slabă din munții Sebeș (+1 mm/an) se plasează, în nord, la contactul cu zona de coborâre din marginea de sud a Depresiunii Transilvaniei (-1 mm/an), *barajul Gura Râului*, iar în sud, *barajele Dașa și Vidra*, toate amplasate pe seriile cristalofiliene ale Pânzei Getice, mezometamorfitele precambriene superioare ale seriei de Sebeș-Lotru, în general, gnaise cu intercalații de amfibolite. Dintre acestea, primul se înscrie în zona de seismicitate $I = 7$, iar barajele Dașa și Vidra în zona de seismicitate $I = 6$, pentru perioada de revenire de 50 de ani (fig. 2, tabelul 1), toate caracterizate prin valori ale coeficientului $K_s = 0,12$ (zona E, fig. 3).

În masivul Godeanu, într-o arie de ridicări slabe (+1 mm/an, fig.1), se înscriu barajele: *Gura Apelor*, construit pe formațiunile cristalofiliene aparținând Pânzei Getice și *Cerna*, amplasat pe granitul de Cerna, iar mai la est, la contactul cu Depresiunea Petroșani, *barajul Valea de Pești*.

Barajul Cerna se află în apropierea faliei Cerna, dovedită activă prin dispunerea zonei seismice crustale ($M \leq 5,0$), la intersecția faliei amintite cu falia Mehadia (Polonic, 2000). Aflată în zona de seismicitate $I = 6$, pentru perioada de revenire de 50 de ani (fig. 2, tabelul 1), construcția hidroenergetică Cerna se caracterizează printr-o valoare a coeficientului seismic K_s propriu zonei $E = 0,12$ (R.N.C.L.D., 2000).

Interesantă este poziția *barajului Valea de Pești*, plasat la contactul dintre compartimentul Munților Vâlcan, în ridicare cu $0 \text{ mm} \div +1 \text{ mm/an}$ și Bazinul Petroșani, în coborâre cu -2 mm/an , contact realizat în lungul faliei active Cerna (fig. 1). Barajul, construit pe metamorfitele Pânzei Supragetice, la contact cu depozitele paleogene și miocene din Bazinul Petroșani, se înscrie în zona de seismicitate $I = 6$ (fig. 2), la contactul zonelor $K = F/E$ (fig. 3).

În extremitatea sudică a Munților Cernei, pe valea Cernei, este amplasat, pe granitul de Cerna, *barajul Herculane*, iar pe valea Dunării, în sudul munților Mehedinți, pe gnaise cuarțitice și paragnaise, *barajul Porțile de Fier I*. Ambele construcții hidroenergetice se află, pe Harta mișcărilor verticale recente (Zugrăvescu *et al.*, 1998, 1999, 2000), la contactul zonei de stabilitate relativă ($0 \text{ mm} \div +1 \text{ mm/an}$), cu zona de coborâre din nord-vestul Olteniei ($0 \text{ mm} \div -2 \text{ mm/an}$). Dintre acestea, barajul Herculane se află în apropierea intersecției faliilor active Cerna și Mehadia, unde se dezvoltă o zonă crustală cu magnitudinea de $M \leq 5,0$ (Polonic, 2000). Potrivit Standardului de zonare seismică actual, barajul Herculane se înscrie în zona de seismicitate $I = 7-8$, pentru perioada de revenire de 50 de ani, iar cel de la Porțile de Fier I, în zona $I = 7$ (fig. 2). Valorile K_s corespunzătoare zonelor E-D (0,12-0,16) sunt caracteristice pentru prima construcție, pentru cea de a doua fiind calculate valori K_s aparținând zonei $E = 0,12$ (fig. 3).

Barajul Porțile de Fier II, amplasat în lunca Dunării pe depozite marnoase argiloase, se înscrie mai clar în zona de stabilitate relativă (0 mm/an) pe Harta mișcărilor verticale recente (Zugrăvescu *et al.*, 1998, fig. 1). Din punctul de vedere al zonării seismice, se plasează în zona $I = 7$ pentru perioada de revenire de 50 de ani (fig. 2, tabelul 1), coeficientul seismic $K_s = 0,12$ înscriind-o în zona E (fig. 3).

Munții Apuseni, constituiți în zona septentrională din pânzele de soclu ale Dacidelor Interne, iar în zona Munților Simici, din pânza ofiolitică a Transilvanidelor (Săndulescu, 1984), și-au încheiat evoluția orogenică odată cu tectogeneza pre-Gosau (intra-turoniană, cca 93 mil. ani) pentru zona de nord și cu cea laramică (cca 65 mil. ani) pentru cea de sud. Din Senonian în nord și, respectiv, din Eocen în sud, Munții Apuseni au fost supuși, în timpul întregii perioade neotectonice, mișcărilor epirogenetice pozitive, de intensitate mică (+1 mm/an), ținând cont de amplitudinea de 1 600 m a munților Vlădeasa. Ridicarea Munților Apuseni nu s-a produs ca un tot, ci în blocuri limitate de un sistem de grabene de extensie post-badeniene, actualele depresiuni intramontane, ce se continuă și în Depresiunea Panonică (Polonic, 1985b; Demetrescu, Polonic, 1989).

Reinterpretarea datelor de măsurători de nivelment de mare precizie (Zugrăvescu *et al.*, 1998, 1999, 2000) a dus la concluzia că masivele Munților Apuseni și ale munților Banatului se plasează într-o arie de ridicări actuale, cu valori slabe (0 mm ÷ +1 mm/an), în cuprinsul căreia se detașează foarte clar bazinele sedimentare: Mureș, constituit din depozite panoniene–romaniene; Caransebeș–Mehadia, alcătuite din depozite miocene-panoniene; Hațeg și Petroșani, formate din depozite paleogene și miocene.

Pe rama de nord a Munților Apuseni, se află amplasate *barajele Tileagd, Drăganu și Tarnița*.

Barajul Tileagd a fost construit pe valea Someșului Repede, pe formațiunile cristalofiliene ale Unității de Bihor din Munții Plopiș, în ridicare post-senoniană, la contactul cu Grabenul Borodului, subsident în Badenian–Pliocen (Polonic, 1985b). În prezent, conform noii Hărți a mișcărilor crustale verticale recente (Zugrăvescu *et al.*, 1998, 1999, 2000), barajul se situează la contactul dintre zona de stabilitate relativă a Depresiunii Panonice de nord și a Munților Plopiș (0 mm ÷ +1 mm/an) și zona de coborâre slabă a Bazinului Borodului (-1 mm ÷ -2 mm/an). În vecinătatea sudică a barajului se află zona seismică $I = 6$ (fig. 2), valoarea coeficientului K_s fiind de 0,12, caracteristică pentru zona E (fig. 3).

Barajul Drăganu, situat pe pârâul Drăganu, afluent al văii Crișul Repede, pe versantul estic al Masivului Vlădeasa, este construit pe granodioritul de Vlădeasa. *Barajul Tarnița*, aflat pe unul din afluenții Someșului Mic ce iese din versantul nordic al Masivului Gilău, este amplasat pe formațiunile cristalofiliene ale unității de Bihor, la contactul cu depozitele mezozoice-paleogene ale cuverturii post-tectonice, care aflurează pe rama vestică a Depresiunii Transilvaniei.

Ambele construcții hidroenergetice se înscriu pe Harta mișcărilor crustale verticale recente (fig. 1) în aria de ridicări slabe ale masivelor amintite. Dintre acestea, barajul Tarnița se află la contactul cu zona de stabilitate relativă (+1 mm ÷

0 mm/an), ce marchează rama de nord-vest a Depresiunii Transilvaniei. Atât barajul Tarnița, cât și barajul Drăganu se înscriu în aria de stabilitate $I = 6$ (fig. 2), în zona coeficientului $K_s = F$ (0,06, fig. 3).

b. La contactul **Orogen/vorland**, din nord până în partea de sud-vest a țării, s-au produs mișcări verticale recente diferențiale, de ridicare în zona orogenă (+1 mm ÷ +2 mm/an) și de coborâre spre vest și nord a unităților de vorland (-2 mm/an). Contactul este realizat, în profunzime, prin falia crustală activă Solca, ce reprezintă o continuare a importantei fracturi Tornquist–Teisseyre, descrisă în Europa centrală și de nord. Aceasta separă până în zona Focșani–Suraia, la nivelul soclului, Platforma Est-Europeană, constituită dintr-un fundament cristalofilian precambrian, acoperit de o cuvertură sedimentară paleozoică–neozoică, de Platforma Central-Europeană, cratonizată în timpul Paleozoicului, acoperită de Moldavide, ce a suferit o pronunțată coborâre post-badeniană și o fragmentare prin falii longitudinale și transversale. Baza cuverturii neogene, la nivelul anhidritului badenian, coboară în trepte, sub Orogenul Carpatic, până la o adâncime de 4 000 m. Pe teritoriul țării noastre, falia Solca se caracterizează prin mișcări compozite, decroșări verticale, dar și orizontale de translație senestră (Polonic, 1986, 1988).

Barajul Călimănești, construit pe Prut, se află în apropierea acestui contact, de ridicare a compartimentului carpatic (+1 mm ÷ +2 mm/an) și de coborâre a blocului Platformei Scitice (continuare a Platformei Europei Centrale, în partea de nord a bazinului Mării Negre) cu -2 mm/an (fig. 1). Barajul se află și în apropierea ariei epicentrale vrâncene, încadrându-se la limita zonelor de intensitate seismică $I = 8/9$, pentru perioada de revenire de 50 de ani (fig. 2, tabelul 1) și în cea a coeficientului seismic $K_s = A$ (0,32, fig. 3).

Barajul Căndești este amplasat în Curbură Carpaților Orientali, pe valea Buzăului, pe formațiunile pliocene-cuaternare ale Avandosei Carpatice. Zona a fost supusă mișcărilor de ridicare din Badenian. Dovezi ale mișcărilor din Romanian și Pleistocen se găsesc în pietrișurile păstrate ca depozite de Căndești villafranchiene, prezente în molasa externă, la altitudini de 1 000 m în Măgura Odobeștilor și prin deformările teraselor din lungul văilor Buzău, Prahova și Teleajen.

În prezent, reinterpretarea datelor geodezice (Zugrăvescu *et al.*, 1998) a pus în evidență, pentru zona Căndești, ridicări de +3 mm ÷ +2 mm/an, ce scad spre falia Bărăitaru, dincolo de care zona este în coborâre cu -1 mm ÷ -2 mm/an (fig. 2). Construcția hidroenergetică se află în cuprinsul ariilor epicentrale vrâncene, fiind flancată la vest de aria epicentrală intermediară, iar la est de cea crustală, înscriindu-se, astfel, în zona de seismicitate $I = 9$ (SR 11100/1-1993, MSK), coeficientul seismic calculat $K_s = 0,32$ plasând-o în zona A.

Barajul Golești se află pe valea Argeșului, la sud-est de Pitești, pe depozitele pleistocene ale Depresiunii Getice, în apropierea contactului cu Platforma Moesică. Construcția hidroenergetică se situează la cca 6–7 km sud de falia activă profundă Bibești–Tinosu, linie tectonică ce marchează contactul dintre compartimentul

corespunzător Orogenului Carpatic, în continuă ridicare din Badenian, și zona mai stabilă din sud, a Platformei Moesice.

În actual, conform noii Hărți de mișcări verticale recente (Zugrăvescu *et al.*, 1998), barajul Golești, aflat în apropierea faliei amintite, se situează și în apropierea contactului dintre zona de ridicare de la nord, cu viteze de $+1 \text{ mm} \div +2 \text{ mm/an}$ și zona de coborâre cu viteze de $-1 \text{ mm} \div -2 \text{ mm/an}$, de la sud. Construcția hidroenergetică se află în zona de seismicitate $I = 7$ (SR 11100/1-1993 MSK), valoarea coeficientului $K_s = 0,16$ plasând-o în zona D.

c. Domeniul de vorland include Platformele Moldovenească, Scitică și Moesică, unități caracterizate prin mișcări recente verticale de ridicare și coborâre, pe durate variabile.

Platforma Moldovenească, parte a Platformei Est-Europene, cu un fundament constituit din formațiuni mezometamorfice, predominant din gnaise și granito-gnaise, acoperit de o cuvertură sedimentară paleozoică-neozoică, apare divizată de falia Siretului în două sectoare distincte. În sectorul estic, platforma a prezentat o coborâre post-badeniană, iar mai târziu, în Pleistocen–Holocen a fost afectată de mișcări pozitive verticale, cu cca 150–350 m amplitudine. Partea de nord a platformei a manifestat, subsecvent Miocenului târziu, mișcări de ridicare, ce s-au înscris gradat spre nord până în Cuaternarul timpuriu. Sectorul vestic al platformei, afectat de procesele de subducție și coliziune, a suferit o coborâre post-badeniană mai pronunțată și o fragmentare prin falii longitudinale, astfel încât baza cuverturii neogene, la nivelul anhidritului badenian, a coborât în trepte, sub Orogenul Carpatic, la o adâncime de peste 4 000 m. În prezent, partea de vest a Platformei Moldovenești este caracterizată prin mișcări crustale verticale recente de coborâre cu viteze de $-1 \text{ mm} \div -2 \text{ mm/an}$, izoliniile având o dispunere paralelă contactului cu Orogenul Carpatic, iar partea centrală apare ca o zonă relativ stabilă, la est de care se observă mișcări pozitive cu viteze de $+1 \text{ mm/an}$.

Barajul Stânca Costești, construit pe Prut, este amplasat în partea de nord a platformei, în care fundamentul cristalin se situează la mai puțin de 1 km adâncime, zona fiind caracterizată prin mișcări verticale recente de ridicare cu viteze de $+1 \text{ mm/an}$. Seismic, zona se află sub influența activității vrâncene, zona de seismicitate $I = 7$, pentru perioada de revenire de 50 de ani (fig. 2, tabelul 1), coeficientul $K_s = 0,16$ plasând-o în zona D (fig. 3).

Platforma Moesică este cunoscută ca o platformă epipaleozoică cu fundament caledonian, constituit din metamorfite precambriene la vest de falia Capidava–Ovidiu. Cuvertura paleozoică și terțiară, depusă în patru cicluri majore de sedimentație, separate prin perioade de exondare și eroziune, prezintă grosimi variabile.

Mișcările neotectonice de coborâre slabă din intervalul Badenian–Pleistocen au funcționat până la paralela localității Slatina (falia Craiova), iar din Sarmațian–Pleistocen s-au extins spre sud. Începând cu Pleistocenul târziu, aria sudică a platformei a fost afectată de mișcări de ridicare până în actual, pe când aria de la est

de valea Argeș a fost afectată de mișcări negative în timpul Pliocenului și Cuaternarului. Vom prezenta, în cele ce urmează, principalele caracteristici neotectonice ale construcțiilor hidroenergetice amplasate pe această unitate.

Barajul Dridu este construit pe valea Ialomiței, la vest de Urziceni, în partea de nord a Platformei Moesice. Barajul se află într-o zonă geodinamic activă, definită de prezența acestuia în compartimentul nord-estic al faliei Intra-Moesice, la o distanță de cca 5–7 km și flancat la nord, la cca 20 km, de falia Bărăitaru. Falia activă crustală Intra-Moesică are un caracter compozit, de mișcări pe verticală ce au coborât, în compartimentul nord-vestic, baza Neogenului cu cca 600 m, iar un nivel din Pliocenul superior cu cca 200 m și de mișcări transcurente senestre, conform mecanismului în focar al cutremurului de la Plopeni (08.02.1975; $M = 4,6$; Cornea, Polonic, 1979). Falia Bărăitaru separă Avânfosa Carpatică, subsidentă în Miocen–Pliocen și cutată până în faza valahă de Platforma Moesică, mult mai stabilă.

Construcția hidroenergetică Dridu se situează într-o zonă caracterizată prin mișcări crustale recente pozitive de +1 mm/an, separată prin falia Bărăitaru de o zonă în ridicare mai accentuată (viteze de +2 mm ÷ +3 mm/an, fig. 1). Conform Standardului de zonare seismică (SR 11100/1-1993 MSK), barajul se situează în zona de seismicitate $I = 8$, încadrându-se în zona C din punct de vedere al coeficientului $K_s = 0,20$ (fig. 3).

Barajul Lacu Morii, situat pe râul Dâmbovița la nord-vest de București, se plasează într-o arie mai largă în care mișcările de ridicare au viteze de +1 mm/an, în apropierea unei zone orientată est–vest, caracterizată de mișcări verticale recente de ridicare mai accentuate, cu viteze de +2 mm ÷ +3 mm/an.

Barajul Arcești este construit pe malul drept al văii Oltului, la nord-vest de orașul Slatina. Zona este supusă, în prezent, unor mișcări de ridicare slabă (+1 mm/an), ce afectează o arie extinsă spre nord, în lungul Oltului, până la Drăgășani și în est, pe la Alexandria și Oltenița, până în falia Intra-Moesică. Barajul Arcești se află la contactul cu o zonă dezvoltată sub forma unei elipse orientată est–vest în jurul orașului Slatina, în care mișcările verticale recente sunt mai pronunțate (viteze de +2 mm/an). O altă zonă similară se distinge în apropierea orașului Giurgiu.

Aflate sub influența acțiunii seismice a cutremurelor intermediare vrâncene ($M \leq 7,4$; $h = 60\text{--}180$ km), cele două baraje se situează: primul în zona de seismicitate $I = 8$, iar cel de-al doilea în zona $I = 7$ (SR 11100/1-1993 MSK), coeficientul seismic $K_s = 0,20$ și $0,16$ plasându-le în zonele C și D (R.N.C.L.D., 2000).

3. CONCLUZII

Lucrarea și-a propus prezentarea dinamicii recente ce afectează unități ale teritoriului României, în relație cu amplasamentele construcțiilor hidroenergetice. Luând în considerare datele geologice, geofizice, geodezice și de seismicitate, au fost delimitate zonele de manifestare a proceselor tectonice majore, cum sunt

mișcările verticale crustale recente și seismicitatea. Pentru o mai bună înțelegere a mișcărilor verticale, s-a recurs la descrierea acestora încă din stadiul neotectonic. Reprezentarea mișcărilor verticale recente pe harta nou construită (Zugrăvescu *et al.*, 1998; 1999; 2000, fig. 1) scoate în evidență, foarte clar, limitele blocurilor tectonice definite prin fracturi crustale/zonă geodinamic active, cât și vitezele de deplasare pe verticală a blocurilor.

Încă din 2003 (Zugrăvescu *et al.*, 2003), s-a încercat o corespondență între zonele geodinamic active și amplasamentele construcțiilor hidroenergetice. Aceasta s-a realizat prin suprapunerea distribuției barajelor la nivelul întregii țări (R.N.C.L.D., 2000), consemnate pe Harta de zonare seismică (SR 11100/1-1993 MSK) și a celei de distribuție a coeficientului de seismicitate K_s , pe fondul Hărții de mișcări crustale verticale recente (Zugrăvescu *et al.*, 1998), hartă ce dă imaginea dinamicii actuale a blocurilor tectonice.

În lucrarea de față s-au dezvoltat aceste aspecte, documentând cu mai multe date prezența zonelor geodinamic active și influența acestora asupra amplasamentelor construcțiilor hidroenergetice, în ideea de a sublinia importanța mișcărilor recente în selectarea amplasării barajelor și asigurarea siguranței acestora.

Studiile au relevat, totuși, caracterul general al acestor cercetări. Pentru studiile specifice barajelor, cercetările asupra mișcărilor recente trebuie detaliate prin rețele mai dese de măsurători, astfel încât studiul seismic de amplasament (SSA), întocmit pe baza recomandărilor de Normativ pentru C.H. (Zugrăvescu *et al.*, 2003) să cuprindă, pe lângă datele geologice, geofizice, seismo-tectonice regionale și locale și acest tip de date, mult mai amănunțite decât există în prezent.

Corespondențele puse în evidență prin perechile de hărți suprapuse prezentate în lucrare (zonarea seismică și distribuția coeficienților K_s pe fondul Hărții mișcărilor verticale recente) sunt sugestive pentru direcțiile de aprofundare ale studiilor specifice, prin alinierea la practica mondială și valorificarea experienței proprii, în scopul realizării de construcții hidroenergetice sigure, în condițiile evenimentelor seismice severe așteptate.

Considerăm că aceste corespondențe realizate sunt utile specialiștilor implicați în construcția, exploatarea și supravegherea barajelor, pentru explicarea și evaluarea efectelor seismice, în condițiile seismo-tectonice din România.

Primit în redacție: 26 ianuarie 2005

Acceptat pentru publicare: 24 februarie 2005

BIBLIOGRAFIE

- BOTT, M.H.P. (1990), *Stress distribution and plate boundary forces associated with collision mountain ranges*. Tectonophysics, **182**, 193–200.
- CORNEA, I., POLONIC, G. (1979), *Date privind seismicitatea și seismotectonica părții de est a Platfomei Moesice*. St. cerc. geol., geofiz., geogr. (Geofizică), **17**, 2, 167–176.

- DEMETRESCU, C., POLONIC, G. (1989), *The evolution of the Pannonian Depression (Romanian sector), as derived from subsidence and heat flow data*. Tectonophysics, **164**, 287–299.
- DRAGOMIR, V., ZUGRĂVESCU, D., JALBĂ, N., FĂTULESCU, I. (1989), *A geodynamic examination of the territory of Romania by repeated high accuracy levelling (abstract)*. St. cerc. geol., geofiz., geogr. (Geofizică), **27**, 95.
- DRĂGOESCU, I., POPESCU, M.N. (1975), *Harta mișcărilor crustale verticale recente în România*. Institutul de Geologie și Geofizică, București.
- HAUSER, F., RĂILEANU, V., FIELITZ, W., BĂLĂ, A., PRODEHL, C., POLONIC, G., SCHULZE, A. (2001), *Vrancea–99. The crustal structure beneath the south-eastern Carpathians and the Moesian Platform, from a seismic refraction profile in Romania*. Tectonophysics, **340**, 233–256.
- LACHENBRUCH, A.M., MORGAN, P. (1990), *Continental extension magmatism and Evolution, formal relations and rules of thumb*. Tectonophysics, **174**, 39–62.
- LANDES, M., FIELITZ, W., HAUSER, F., POPA, M., Calixto Group (2004), *3–D Upper crustal tomographic structure across the Vrancea seismic zone, Romania*. Tectonophysics, **382**, 85–102.
- LĂZĂRESCU, V. (1972), *Contributions to the palaeo-geodynamic study of the Carpathians in Pliocene*. Institutul de Petrol, Gaze și Geologie.
- POLONIC, G. (1985a), *Neotectonic activity in the Southern Carpathians and adjacent units with its seismic implications*. 3rd Intern. Symp. Analys. Seism. Seismic Risk, Prague, June 17–22, 271–277.
- POLONIC, G. (1985b), *Neotectonic activity at the Southern border of the Pannonian Depression and its seismic implications*. Tectonophysics, **117**, 109–115.
- POLONIC, G. (1986), *On the seismotectonic relations in the Moldavian Platform and adjacent units*. Rev. roum. géol., géophys., géogr. (Géophysique), **30**, 11–17.
- POLONIC, G. (1988), *Neotectonic and seismogenic peculiarities of the East-European Platform and adjacent units borders in Romania*. Rec. Seism. Investig. in Europe, 86–95.
- POLONIC, G. (2000), *Neogene dynamics of some crustal compartments on the Romanian territory*. Rev. roum. de Géophysique, **44**, 35–56.
- POPESCU, M.N., DRĂGOESCU, I. (1986), *The new map of the recent vertical crustal movements in Romania*. Rev. roum. géol., géophys., géogr. (Géophysique), **30**, 3–19.
- RĂDULESCU, F. (1998), *Seismic models of the crustal structure in Romania*. Rev. roum. géol. géophys., géogr. (Géophysique), **32**, 13–17.
- SĂNDULESCU, M. (1984), *Geotectonica României*. Ed. Tehnică, 336 p.
- SĂNDULESCU, M. (1988), *Cenozoic history of the Carpathians*. In: L.H. Royden, F. Horvath (Eds) – *The Pannonian Basin. A study in Basin evolution*. AAPG. Memoirs, **45**, 17–25.
- ZUGRĂVESCU, D., POLONIC, G., HOROMNEA, M., DRAGOMIR, V. (1998), *Recent vertical crustal movements on the Romanian territory, major tectonic compartments and their relative dynamics*. Rev. roum. de Géophysique, **42**, 3–14.
- ZUGRĂVESCU, D., POLONIC, G., HOROMNEA, M., DRAGOMIR, V. (1999), *Crustal vertical recent movements and the geodynamic compartments on the Romanian territory*. 2nd Congr. BGS, July 5–9, Istanbul, Turkey, Abstract volume 300.
- ZUGRĂVESCU, D., POLONIC, G., HOROMNEA, M., DRAGOMIR, V. (2000), *A new drawing mode of the recent vertical crustal movements map on the Romanian territory*. XXV Gen. Assembly of the EGS, Nice, France, April 25–29.
- ZUGRĂVESCU, D., POLONIC, G., TOMA, T., MOLDOVEANU, T., HOROMNEA, M. (2003), *Limite ale blocurilor tectonice/zonă geodinamică activă din România. Amplasarea construcțiilor hidroenergetice*. Ses. A.Ș.T.R., Secția Ingin. Petrol., Geol., Secția Constr. Urban., Inst. Geodinamică, 15 dec.

*** *România, Zonarea seismică*, SR 11100/1–1993 MSK.

*** R.N.C.L.D., 2000, *Dams in Romania*.

THE RECENT DYNAMICS OF THE TECTONIC BLOCKS IN THE DAM LOCATIONS FROM ROMANIA

GABRIELA POLONIC, DOREL ZUGRĂVESCU, ION TOMA

(ABSTRACT)

The study develops the recent dynamics of tectonic blocks, with a special attention on the possible implications of the geodynamic areas on the dam locations from Romania.

The geodynamic active areas are situated at the limit between the tectonic blocks involved in the recent vertical crustal movements (RVCM), where the displacement values are the highest, due to the blocks limited elasticity. They are expressed by crustal faults, with or without seismic energy eliberation, pointed out by data corroboration, resulted from the major present-day tectonic processes, namely the crustal recent movements and the seismicity.

The study offers details on the sense of the RVCM of the tectonic blocks which include the main dams in Romania, or of the adjacent tectonic blocks, on the velocity of the block displacements, on the relation with the active faults, emphasizing the recent dynamics implication and importance in dam locations selection and in their safety insurance.

Key words: geodynamically active area, recent vertical crustal movements, dams, Romania.