

Contractor: Institutul National de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizica Pamantului

Cod fiscal : 5495458

(anexa la procesul verbal de avizare interna nr.)

De acord,

DIRECTOR GENERAL

Dr. Ing. Constantin Ionescu

Avizat,

DIRECTOR DE PROGRAM

Dr. Mircea Radulian

RAPORT DE ACTIVITATE AL FAZEI

Contractul nr.: 15N/16.03.2018

Proiectul: PN18150101: Aplicarea analizelor moderne în estimarea hazardului la cutremur si tsunami în vederea evaluarii si reducerii riscurilor asociate

Faza: 7. Evaluarea post-seismică a stării structurii clădirilor, în cazul seismelor puternice, prin analiza comparativă a spectrului de input seismic cu spectrul de proiectare.

Termen: 10.10.2018.

1. Obiectivul proiectului:

Aplicarea metodelor moderne in estimarea hazardului seismic regional si local si evaluarea si reducerea riscului seismic.

2. Rezultate preconizate pentru atingerea obiectivului:

Acest proiect are ca obiectiv realizarea unei investigatii complexe care sa evidentieze interconectarea fenomenelor care au loc în interiorul Pamantului cu cele de la suprafata, in scopul modelarii proceselor seismice si a fenomenelor tectonice si identificarea relatiei spatio-temporale dintre structura geologica, tensiunile crustale, potentialul seismogen si modelele de propagare ale undelor seismice în scopul evaluarii hazardului si riscului la cutremur, dar si a altor fenomene secundare asociate acestuia (tsunami). Pentru a indeplini acest obiectiv se au in vedere mai multe directii de cercetare: (1) estimarea si masurarea efectelor cutremurelor in cazul diferitelor amplasamente, modelarea propagarii undelor seismice prin structuri cu anumite caracteristici, in vederea introducerii lor ca date de intrare pentru proiectarea antiseismica, (2) evidentierea relatiei complexe dintre structura geologica, tensiunile crustale si potentialul seismogene al unor arii seismic active, (3) determinarea parametrilor surselor seismice crustale si subcrustale: momentul seismic scalar, căderea de tensiune, raza si durata sursei, frecventa de colt,

pentru cutremurele ale caror înregistrări au un raport semnal/zgomot mai mare decât 5, (4) parametrizarea grupărilor seismice din zonele seismogene ale României, (5) dezvoltarea de noi relații de atenuare a intensității macroseismice pentru cutremurele crustale și subcrustale pentru realizarea unor analize de risc bazate pe scenarii seismice, (6) evaluarea post-seismică a stării structurii clădirilor, în cazul cutremurelor puternice, (7) estimarea pagubelor și evaluarea rapidă a efectelor macroseismice și (8) evaluarea unor hazarde secundare asociate cutremurelor și anume fenomenul tsunami din zona litoralului românesc al Marii Negre.

3. Obiectivul fazei:

- Bază de date cu clădirile monitorizate seismic de INFP. (locație, sistem structural, istoricul seismic al clădirii, felul monitorizării, etc.). Înregistrări seismice.
- Tratarea teoretică a sistemului de analiză post-seismică bazat pe depășirea spectrului de proiectare al clădirii. (în timp real sau la scurt timp după producerea seismului).
- Exemplificare practică în zone urbane afectate de seisme medii - puternice din România.

4. Rezultate preconizate pentru atingerea obiectivului fazei:

- o bază de date a clădirilor monitorizate în prezent de aparatura INCDFP (locație, sistem structural, istoricul seismic al clădirii, felul monitorizării, etc.);
- interpretarea inginerescă a înregistrărilor seismice;
- analiza comportării din punct de vedere structural a unei clădiri, după un seism mediu - puternic, funcție de codul real de proiectare, din România, cu care a fost construită la vremea respectivă. Analiza va fi adaptată seismicității și normelor din România.
- posibilitatea de a crea noi metodologii de monitorizare a clădirilor (mai ales a celor care prezintă o vulnerabilitate peste medie) rezultând din concluziile acestui proiect.

5. Rezumatul fazei:

1) **Bază de date cu clădirile monitorizate seismic de INFP. (locație, sistem structural, istoricul seismic al clădirii, felul monitorizării, etc.). Înregistrări seismice.**

Institutul Național de C-D pentru Fizica Pământului în cadrul "Rețelei Seismice Naționale" a instalat accelerometre pe 4 clădiri din București, 1 pe o clădire în orașul Măgurele (Județul Ilfov) și 1 în orașul Focșani, (reședința de județ a Județului Vrancea).

Tabel 1.1. Seismografe pe clădiri din București, Măgurele și Focșani. Caracteristici.

Nr.	Locația seismografelor	Adresa	Număr stații	Nr. etaje	An construcție	Sistem structural
A	Primăria Generală a Municipiului București	București; Bulevardul Regina Elisabeta nr. 47	4 accelerometre	S+P+3E+Ma	1906	Zidărie de cărămidă cu planșee de beton armat cu chesoane întoarse
B	Teatrul Nottara	București; B-dul. General Ghe. Magheru nr. 20	3 Accelerometre	P+9E/P+6E+Ma	1946	Zidărie cu structură de beton armat
C	Arcul de Triumf	București; Piața Arcul de Triumf	2		1921	Beton, zidărie
D	Clădirea Victor	București; Calea	2	S+P+	1905	Zidărie de

	Slăvescu, ASE	Griviței 2-2A		2E+Ma		cărămidă cu acoperiș tip șarpantă
E	IFA – clădirea turn	Măgurele; Str. Atomiștilor nr. 407	3	S+P+M+9E	1974	Structură de beton armat
F	Hotel Unirea	Focșani; B-dul.Unirii 1-3	3	P+8E	1971	Structură de beton armat

1.1. Înregistrări seismice.

În cadrul proiectului s-a realizat o bază de date cu înregistrări seismice la cutremure recente de magnitudine medie din locațiile prezentate mai sus. Se va prezenta felul monitorizării cu specificarea locului din clădire unde se realizează și caracteristici specifice ai locației.

A. Primăria Generală a Municipiului București

- Cele 4 accelerometre transmit date în timp real. Senzorii seismici sunt plasați la parter, etaj 2, 3 și mansardă, de remarcat că toți sunt plasați deasupra sistemului de amortizare seismică a clădirii.
- Clădirea a fost consolidată după 2010 și a fost dotată cu izolatori seismici la subsol.

B. Teatrul Nottara

- Trei accelerometre la etajele 7, 9 și deasupra sălii de spectacol (NTR3), datele se transmit în timp real;

- Un complex de trei clădiri, una din ele fiind încadrată în clasa I de risc seismic (cu bulină roșie);

- Clădirea teatrului a fost reconsiderată prin calcul de la clasa I la clasa II de risc seismic în anul 2016, teatrul funcționând la ora actuală cu public.

C. Arcul de Triumf

- Monumentul este dotat cu 2 accelerometre, unul la parter și unul pe arc la cota superioară datele se transmit în timp real;

- Monumentul este dotat cu izolatori și amortizori seismici. Senzorii sunt deasupra sistemului de izolare seismică.

D. Clădirea Victor Slăvescu, Academia de Științe Economice

- Clădirea este monitorizată cu două accelerometre off-line și sunt situate la subsol deasupra izolatoarelor seismice;

- Clădire izolată seismic cu amortizori de cauciuc și amortizori cu piston;

E. Blocul Turn - Institutul de Fizică Atomică (Măgurele)

- Clădirea este monitorizată cu 3 accelerometre seismice triaxiale, on-line, la nivelul subsol, etajul 6 și 10 pe cele trei direcții : N-S, E-W și vertical;

F. Hotel Unirea, Focșani, Județul Vrancea

- Clădirea este monitorizată cu trei accelerometre seismice triaxiale, on-line, la nivelul subsol, etajul 4 și 8 pe cele trei direcții : N-S, E-W și vertical;

Înregistrările seismice de după anul 2012 pe clădirile monitorizate au creat posibilitatea calculării unor parametri foarte importanți pentru caracterizarea comportării structurii la seisme cu sursa în regiunea Vrancea. Astfel am considerat un număr de 14 seisme cu magnitudini M_w între 3,8 și 5,6 și cu adâncimi ale focarului între 40,9 - 147,3 km, înregistrate pe clădirea Turn din Măgurele (Județul Ilfov) (T1) și pe clădirea Hotel Unirea din Focșani (Județul Vrancea) (T2), Tabel 1.2.

Astfel au fost calculate accelerațiile la fiecare accelerometru așezat pe fiecare etaj monitorizat. Valorile acestor accelerații sunt prezentate la secțiunea 6.1. Rezultate.

Tabel 1.2. /1/

Nr. seism	Data	Timp	Latitudine	Longitudine	Adâncime [km]	M _w	Clădire
1	23.01.14	06:15:05	45.4877	26.2537	132.3	4.4	T1
2	29.03.14	19:18:05	45.6094	26.4709	134.4	4.6	T1
3	24.08.14	07:12:50	45.5684	26.3675	147.3	4.2	T1
4	10.09.14	19:45:58	45.5967	26.4532	106.1	4.3	T1
5	22.11.14	19:14:17	45.8683	27.1517	40.9	5.4	T1
6	24.01.15	07:55:47	45.7123	26.5712	88.4	4.3	T1
7	16.03.15	15:49:49	45.5991	26.4484	118.2	4.3	T1
8	29.03.15	00:44:58	45.6193	26.4780	145.4	4.3	T1
9	01.03.16	11:06:13	45.8075	26.9778	65.0	3.8	T2
10	23.09.16	23:11:20	45.7148	26.6181	92.0	5.5	T1, T2
11	27.12.16	23:20:56	45.7139	26.5987	96.9	5.6	T1, T2
12	08.02.17	15:08:21	45.4874	26.2849	123.2	4.8	T1, T2
13	19.05.17	20:02:45	45.7228	26.7547	121.6	4.5	T1, T2
14	02.08.17	2:32:13	45.5286	26.4106	131.0	4.6	T2

2) Tratarea teoretică a sistemului de analiză post-seismică bazat pe depășirea spectrului de proiectare al clădirii.

Ceea ce se va trata în capitolul de față este explicarea unui ”Sistem de Alarmare Post Seism” (SAPS) care poate fi folosit în timp real sau cu o întârziere rezonabil de mică după producerea unui seism puternic, care pentru zona sursei seismogene Vrancea este considerat un eveniment cu magnitudinea M_w mai mare decât 7.

Sistemul SAPS se folosește în general la clădiri de importanță deosebită (centrale nucleare electrice, clădiri de termocentrale, unități chimice cu potențial de explozie, clădiri care integrează centre de comandă din sistemul de producere și distribuție a energiei electrice, a gazelor naturale, etc.), dar poate fi folosit pe orice clădire s-ar considera de interes.

Sistemul se compune din unul sau mai multe seismografele instalate pe structurile de interes, sau în imediata apropiere a acestora, care transmit datele înregistrate la serverele de analiză. Datele pot fi prelucrate în timp real cu transmitere permanentă on-line, cu sistem de prag sau cu preluare off-line, la scurt timp după producerea evenimentului.

Sistemul furnizează informații valoroase care permit luarea unor decizii cât mai repede și corecte în timpul momentelor critice și dificile imediate după un cutremur puternic.

Principalele beneficii care ar rezulta din implementarea SAPS sunt următoarele :

- Creează posibilitatea personalului care activează în zona monitorizată să ia de urgență măsuri care evită efecte secundare ale seismului cum ar fi: incendii, răspândire de substanțe chimice etc.;
- Evită riscul unor reacții exagerate, față de evenimentul produs, din partea personalului care activează în zona monitorizată. Se evită astfel evacuări inutile, opriri ale procesului de producție care pot fi costisitoare;
- Ne furnizează informații imediate și relativ precise asupra situației în care anumite structuri ar putea fi afectate, ceea ce dă posibilitatea celor care iau decizii să-și aloce mai bine resursele și să direcționeze acțiunile de salvare.

Odată cu începerea construirii centralelor nucleare-electrice în toată lumea au început cercetări în legătură cu protejarea lor la cutremure. În acest sens documente importante au constituit publicarea codurilor ”Regulatory Guide NRC-1.166” /2/ și studiile relizate, de-a lungul anilor, de ”Electric Power Research Institute” care au căutat să găsească mărimile care caracterizează un seism și care sunt

cele mai evidente a fi estimate (relativ ușor și repede) considerate a fi direct răspunzătoare de pagubele în urma unui eveniment seismic. Aceste studii au concluzionat că o combinație de doi parametri sunt răspunzători direct proporțional cu pagubele constatate la sute de seisme analizate, aceștia fiind maximul spectrului de accelerații (sau pseudo spectrul de accelerații) a seismului și viteza absolută cumulată. În această lucrare vom analiza numai primul parametru.

Pentru a realiza acest lucru, clădirile sunt instrumentate, datele sunt transmise, apoi procesate la un centru dedicat și se constată (automat sau prin observare umană) dacă mișcarea de input a seismului, prin spectrul de accelerații a acesteia, depășește spectrul de accelerații la care clădirea a fost proiectată.

Institutul Național pentru Fizica Pământului deține programul Antelope /3/, pentru localizarea, calcularea parametrilor cutremurelor și bază de date a activității seismice de pe teritoriul României. Pe un modul al acestui software s-au realizat rulări tip teste, care combină monitorizarea în timp real a spectrelor de răspuns și emite alarme pe baza depășirilor spectrelor de proiectare. Modulul calculează spectrele de răspuns elastice din accelerațiile înregistrate la stațiile free-field, le compară cu spectrele de proiectare configurate manual și emite alarme, în funcție de depășirea acestora. În momentul redactării acestui raport procesarea nu se face în timp real. Un exemplu va fi prezentat în paragraful 3.3.1.

3) Exemplificare practică în zone urbane afectate de seisme puternice din România

3.1. Coduri Românești de proiectare la seisme

Secolul XX a fost marcat chiar de la începutul său de o dezvoltare foarte mare a construcțiilor în România cu precădere de beton armat. Tot odată a fost marcat de patru evenimente seismice puternice cu importante pagube materiale și pierderi de numeroase vieți omenești: 10 noiembrie 1940, $M_w = 7,4$; 4 martie 1977, $M_w = 7,4$, sute de imobile distruse în București și în țară, aproximativ 1500 de victime; 30 august 1986 $M_w = 7,1$ și 30 mai 1990 $M_w = 6,9$.

În perioada interbelică s-a folosit cu precădere standardul german la construcția de blocuri de 6-10 etaje, reglementare care nu avea elemente de asigurare la cutremure.

Seismul din 1940 prin imobilele distruse trage un semnal de alarmă proiectanților și se realizează o reglementare în decembrie 1941 după norma din Italia (1938), care consideră o forță seismică de bază egală cu 5% din rezultanta forțelor gravitaționale, distribuită uniform pe planșeele clădirii /4/.

După război urmează elaborarea următoarelor acte normative:

- 1952 – STAS 2923-1952 care cuprinde o hartă de zonare seismică;
- P13-63, „Normativul condiționat pentru proiectarea construcțiilor civile și industriale din regiuni seismice” a intrat în vigoare la 18 iulie 1963, fiind realizat în concordanță cu „Regulile de bază pentru proiectarea construcțiilor în regiuni seismice” redactate în cadrul CAER;
- P13-70, „Normativ pentru proiectarea construcțiilor civile și industriale din regiuni seismice”, decembrie 1970; hartă STAS 2923-1963;
- P100-78 „Normativ pentru proiectarea antisismică a construcțiilor de locuințe social culturale, agrozootehnice și industriale” cu aplicare experimentală;
- P100-81 normativul de mai sus definitivat; cu harta de zonare seismică STAS 11100 / 1-77; sunt precizate 7 zone cu grade diferite de protecție seismică.
- P100-91 și P100-92 cu hărți de zonare seismică proprii; sunt precizate 6 zone cu grade diferite de protecție seismică.
- P100-1/2004, „Prevederi de proiectare pentru clădiri – Partea I”. Acest act normativ este elaborat pe scheletul și în formatul codului european EC8 (SR EN 1998-1:2004), având ca obiectiv armonizarea reglementărilor din țara noastră cu cele din Uniunea Europeană;
- P 100-1/2006 ”Prevederi de proiectare pentru clădiri”; cu hartă de zonare proprie.

- P 100-1/2013 , Cod de proiectare seismică – Partea I -, ”Prevederi de proiectare pentru clădiri”, cu hartă de zonare proprie.

De remarcat la codurile de după seismul din 1977, P100-78 și P100-81 este renunțarea la factorul dinamic β stabilit pe baza spectrelor de răspuns ale mișcărilor terenului generate de cutremure californiene de suprafață (de exemplu, Imperial Valley - El Centro din 1940), și introducerea spectrului elastic normalizat de proiectare al accelerațiilor absolute, compatibil compoziției spectrale a mișcărilor seismice generate de cutremure caracteristice sursei subcrustale Vrancea. /4,5,6/. Seismele din 30 august 1986 și cele din 30, 31 mai 1990 grație aparatului montate în cei aproximativ 10 ani de la cutremurul din 1977 au dus la Normativele P100 – 91 și 92 în care se iau în considerare poziții de amplasament și condițiile de teren fiind incluse în harta de zonare seismică în funcție de perioadele de colț T_c . /7/.

Aici mai trebuie să amintim și Eurocode 8 EN 1998-1:2004 cu ”SR EN 1998-1:2004 – Standard Român după Eurocodul 8” – versiune în limba română și ”SR EN 1998-1:2004/NA:2008” – anexa națională NA care definește condițiile de aplicare pe teritoriul României a standardului SR EN 1998-1:2004.

3.1.2. Cod de proiectare seismică- elemente principale

La proiectarea clădirilor trebuie să se țină seama de următoarele valori de bază :

a_g – valoarea de vârf a accelerației seismice orizontale a terenului, în m/s^2 , /8/ ;

- pentru codurile mai vechi de anul 1992, hărțile de zonare sunt date în **intensități (MSK)**, iar fiecărei intensități îi corespunde un coeficient seismic **K_s** (echivalentul lui a_g din codul actual). A se vedea Tabelul 3.1.

- în **P100-92** apare pentru prima dată zonarea teritoriului României din punct de vedere al perioadelor de colț T_c dar și o hartă a parametrului **K_s** , care înlocuiește **intensitatea**;

Tabulul 3.1.

Localitate	K_s 92 (g)	a_g 06 (g)	a_g 13 (g)	T_c 92 (s)	T_c 06 (s)	T_c 13 (s)
BACĂU	0.2	0.28	0.35	1	0.70	0.70
BUCUREȘTI	0.2	0.24	0.30	1.5	1.60	1.60
BUZĂU	0.25	0.28	0.35	1.5	1.60	1.60
FOCȘANI	0.32	0.32	0.40	1.5	1.00	1.00
GALAȚI	0.2	0.24	0.30	1.5	1.00	1.00
IAȘI	0.2	0.20	0.25	1	0.70	0.70
PLOIEȘTI	0.25	0.28	0.35	1.5	1.00	1.60
VASLUI	0.25	0.24	0.30	1	0.70	0.70

Spectre de răspuns elastice al accelerațiilor absolute orizontale ale mișcării terenului în amplasament, $S_e(t)$ [m/s^2] /8/ : $S_e(T) = a_g \beta (T)$; $\beta (T)$ – spectrul normalizat de răspuns elastic al accelerațiilor absolute. T reprezintă perioada de vibrație a unui sistem cu un grad de libertate dinamică și cu răspuns elastic.

Spectrele normalizate de răspuns elastic ale accelerațiilor absolute pentru componentele orizontale ale mișcării terenului $\beta (T)$, pentru valoarea convențională a fracțiunii din amortizarea critică $\xi = 0,05$, le-am exemplificat în Fig. 3.1. pentru localitățile București și Focșani funcție de cum au variat ele la codurile de proiectare din 1992, 2006 și 2013.

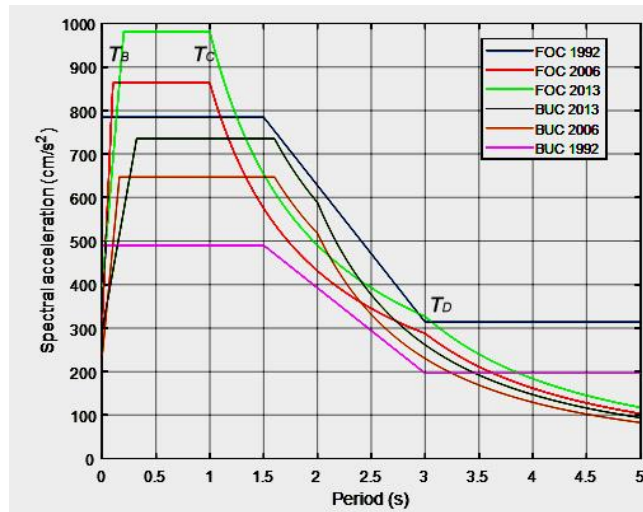


Fig. 3.1.

Aceste spectre sunt dependente de perioadele de colț T_B , T_C și T_D care sunt date de relații explimate în coduri. În codul de proiectare P 100-1/2013, /8/ există o hartă de zonare a teritoriului României în termen de perioadă de control (colț), T_C a spectrului de răspuns.

Este important de observat și reținut: condițiile locale de teren sunt descrise simplificat prin valorile perioadei de control (colț) T_C a spectrului de răspuns pentru zona amplasamentului considerat. Unde proiectantul crede de cuviință că amplasamentul prezintă caracteristici, geologice, geotehnice care depășesc prin complexitate rezolvările din cod, va efectua analize dinamice – seismice suplimentare pentru a asigura un grad ridicat de siguranță la proiectare.

3.2. Mediul construit din București

Bucureștiul, capitala României, din 1859, a văzut multe etape de dezvoltare, construcții de locuințe, clădiri administrative și economice foarte diferite. Prin aceasta se înțeleg clădiri de toate formele și dimensiunile, cu înălțimi de până la 15 etaje (înainte de 1989) și zeci de etaje în anii după 2000. Varietatea de materiale este de asemenea incredibilă, iar marile cutremure din secolul XX au interacționat cu case "adobe", cărămidă, beton, beton armat (cadre, diafragme, panouri prefabricate etc.), clădiri cu cadre metalice și tot felul de variante mixte.

4 martie 1977 a fost punctul de cotitură în seismologie, inginerie seismică și seismologie ingineriască, în România, pentru că cercetătorii din domeniu au luat la cunoștință prima înregistrare reală la stația INCERC, (nu a existat nici o înregistrare a seismului din 10 XI 1940 în România), a unui cutremur puternic din sursa Vrancea cu toate caracteristicile sale asociate.

După cutremurul din 1977, care a avut efecte catastrofale asupra clădirilor înalte de beton armat construite între cele două războaie mondiale în București, a început un efort al cercetătorilor din seismologie, inginerie seismică și al proiectanților care a continuat până astăzi și care s-a materializat în coduri din ce în ce mai sigure.

3.3. Exemple de evaluare postseismică în România

Necesitatea SAPS este întărită și de felul cum a evaluat proiectarea construcțiilor, lipsa și mai apoi evoluția codurilor /normelor de proiectare la seisme pe durata de mai mult de un secol de când se folosește betonul armat și se construește multietajat în orașele din România. În acest sens se va discuta figura 3.2 care prezintă bazele teoretice pentru un astfel de sistem de alarmare.

Se consideră o clădire la care cunoaștem data construirii și felul structurii din care este alcătuită, se folosește un seismograf pe 3 direcții, care se montează la parterul ei sau în imediata apropiere

pentru a beneficia de aceste măsurători și alte clădiri din zona apropiată. Se consideră, pe raza Municipiului București, că nu avem variații semnificative în structura geotehnică și geologia locală pe o rază de câteva sute de metri în jurul unui punct de înregistrare. În condițiile producerii unui cutremur mediu – puternic, seismograful înregistrează și trimete în timp real caracteristicile acestei la un punct de procesare unde se calculează spectrul de accelerații al mișcării seismice produsă. Odată calculat acest spectru, se compară cu spectrul de proiectare care s-a folosit la proiectarea acelei clădiri (presupunând că îl cunoaștem prealabil).

Vom prezenta în continuare spectrele de accelerații elastice ale seismelor din 4 martie 1977, $M_w = 7,4$; 30 august 1986, $M_w = 7,1$ și 30 mai 1990 $M_w = 6,9$ înregistrate la stațiile INCERC și Măgurele, cum se situează ele față de spectrele de proiectare aferente codurilor din 1981, 1992, 2006 și 2013 (din România) la care adăugăm și spectrul de proiectare aferent Euro Code 8 (EC8).

În Figura 3.2 avem spectrul de accelerații elastic din 04.03.1977 stația INCERC (de altfel singura înregistrare viabilă a acestui eveniment) (Inc), pe direcțiile N- S și E – W care se compară cu spectrele de proiectare (pentru orașul București) pe care ni le dau codurile din 1981, 1992, 2006, 2013 și EC 8.

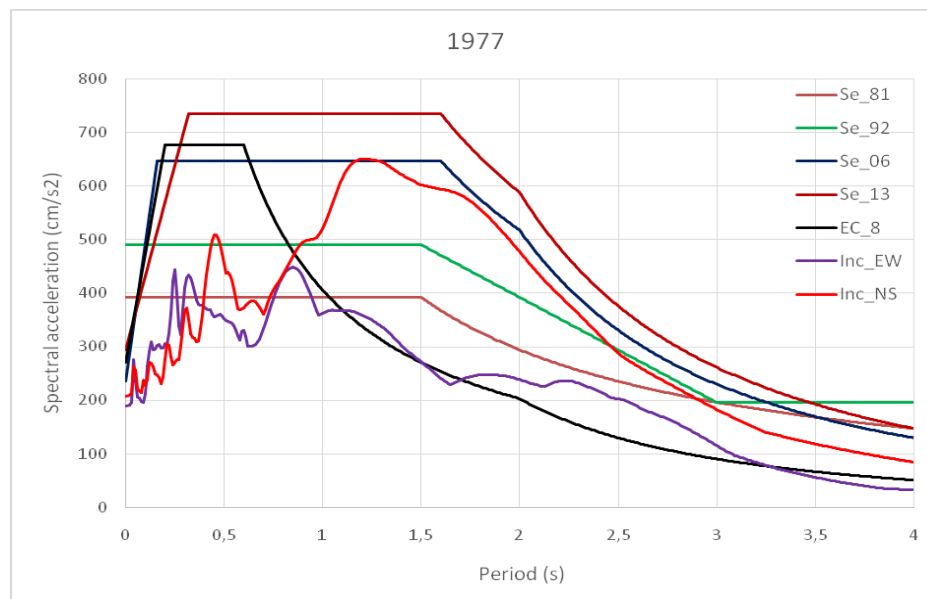


Fig. 3.2.

Mișcarea seismică, prin spectrul de accelerații pe care îl produce, pe direcția N-S depășește semnificativ spectrul de proiectare din 1981, 1992 și e tangentă la spectrul din 2006, dar se situează sub spectrul de proiectare 2013.

Mișcarea seismică, prin spectrul de accelerații pe care îl produce, pe direcția E-W depășește spectrul de proiectare din 1981 și se situează sub spectrul de proiectare din 1991, 2006 și 2013.

Spectrul de proiectare din 1981 este depășit pe ambele direcții.

Interesantă este poziționarea spectrului de proiectare datorat EC8 care este acoperitor până la ~ 0,70 s după care coboară sub componenta N- S a seismului ceea ce poate provoca avarii/distrugeri la clădiri.

În Figura 3.3 avem spectrul de accelerații elastic din 30 august 1986, la stația INCERC (Inc) și la stația Măgurele (Bmg) pe direcțiile N- S și E – W, care se compară cu spectrele de proiectare (pentru orașul București) pe care ni le dau codurile din 1981, 1992, 2006, 2013 și EC 8.

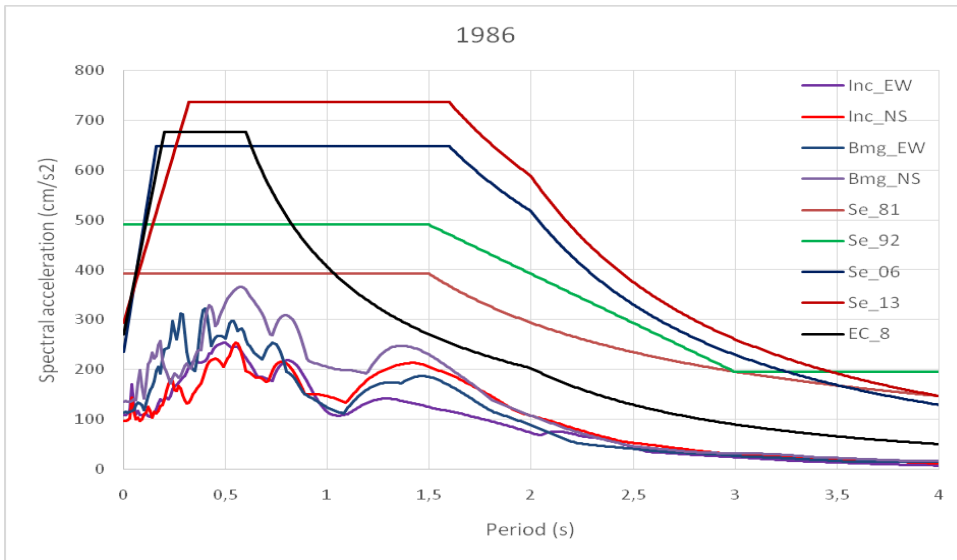


Fig. 3.3

După cum se vede din Fig. 3.3 nici una din componentele înregistrate la cele două stații nu ajung să intersecteze spectrele de proiectare prezentate în grafic. Concluzia este că structurile proiectate cu aceste coduri nu ar trebui să aibă probleme structurale, eventual numai la elemente interioare.

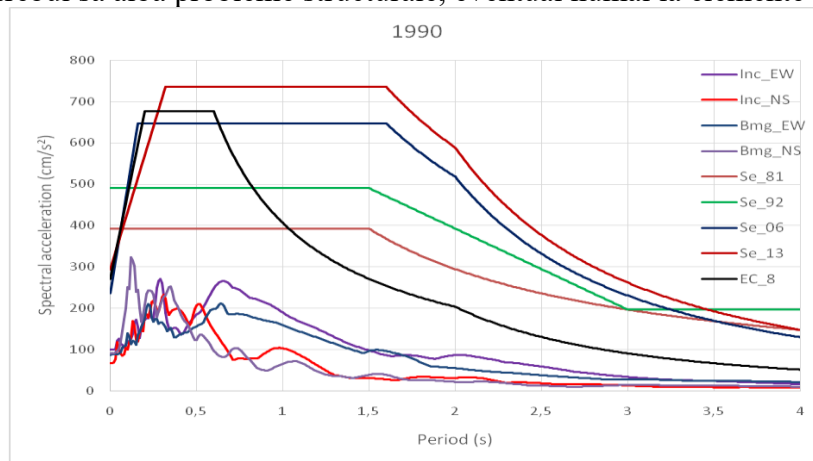


Fig. 3.4

În Figura 3.4 avem spectrul de accelerații elastic din 30 mai 1990, la stația INCERC (Inc) și la stația Măgurele (Bmg) pe direcțiile N- S și E – W, care se compară cu spectrele de proiectare (pentru orașul București) pe care ni le dau codurile din 1981, 1992, 2006, 2013 și EC 8.

După cum se vede din Fig. 3.4 nici una din componentele înregistrate la cele două stații nu ajung să intersecteze spectrele de proiectare prezentate în grafic. Concluzia este că structurile proiectate cu aceste coduri nu ar trebui să aibă probleme structurale.

Când la centrul de procesare după un seism puternic, dacă sistemul este setat să lucreze în timp real, s-au calculat automat spectrele de accelerații ale șocului principal și ale eventualelor replici ale acestuia, se realizează comparația acestuia cu spectrele de proiectare a unei clădiri sau a unui complex de clădiri din zona monitorizată, știind fiecare clădire cărui cod corespunde.

Avem trei posibilități conform analizei noastre :

1. Spectrul de accelerații a mișcării seismice înregistrate este sub spectrul de proiectare a clădirii monitorizate. În această situație se presupune că nu ar exista probleme structurale la clădire și

nu e nevoie de întreruperea activității curente sau evacuarea ei. Dacă este un seism peste $M_w = 6,0$ se impune totuși o inspecție structurală și asupra utilajelor, aparaturii, instalațiilor de apă, gaz, electricitate, sau orice altă instalație existentă în clădire fiind posibile efecte mecanice nedorite asupra acestora datorită unor neconformități locale.

2. Spectrul de accelerații a mișcării seismice înregistrate este tangent fiind sub sau peste cu max 1-2% față de spectrul de proiectare a clădirii monitorizate. În acest caz ar trebui să se manifeste o alertă de precauție, luând legătura cu factorii de răspundere din zona monitorizată, să facă o verificare rapidă asupra utilajelor, aparaturii, instalațiilor de apă, gaz, electricitate, sau orice altă instalație existentă în clădire fiind posibile efecte mecanice care ar putea produce disfuncționalități asupra acestora sau mici avarii. Este necesară și o inspecție a structurii (în mod teoretic nu ar trebui să fie afectată), ar putea apărea crăpături la pereții nestructurali, care nu prezintă pericol iminent.

3. Spectrul de accelerații a mișcării seismice înregistrate depășește spectrul de proiectare a clădirii monitorizate. În această situație dacă nu apar avarii importante vizibile imediate care presupun aplicarea măsurilor locale (pre-stabilite în caz de cutremure puternice), se impune o verificare foarte atentă a utilajelor, instalațiilor de apă, gaz, electricitate, sau orice altă instalație existentă în clădire fiind posibile efecte mecanice care să producă avarii periculoase asupra acestora.

Este imperios necesară o verificare structurală în prezența unui specialist acreditat în astfel de verificări după seisme pentru a aprecia starea exactă a structurii sau structurilor din zona monitorizată, a eventualelor avarii la elementele ne structurale și numai după această constatare a integrității structurii de rezistență în paralel cu verificările la instalații, aparatură de birou, mobilier, etc. se poate relua activitatea normală din zona respectivă.

3.3.1. Exemplu pe Antelope, Modul Big Horn.

Din programul Antelope /3/, Modulul Big Horn a fost extras un exemplu spre prezentare care are ca input seismul din 27.10.2004; Lat. 45,781; Lon 26,662; adâncime = 98,3 km; $M_w = 6,0$ și este înregistrat la stația din București – Măgurele.

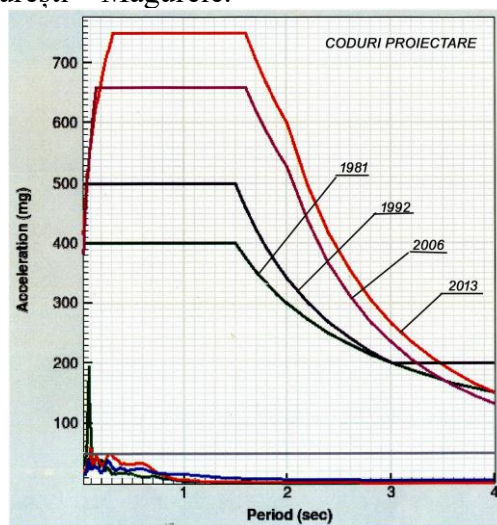


Fig. 3.5.

În Figura 3.5. sunt exemplificate componentele mișcării seismice cu următoarea legendă: componenta verticală (verde), componenta N-S (roșie), componenta E-W(albastră).

Fiind un eveniment seismic moderat se simte în Măgurele cu valori ale spectrului de răspuns, pe cele trei componente, între 30 – 190 mg (vezi figura) și cu valori ale accelerațiilor : componenta verticală , $Z = 30\text{mg}$, componenta N-S = 20mg, componenta E-W = 12mg.

Concluzii

- Prima bază de date despre clădirile monitorizate în cadrul INCDFP;
- În cadrul activității de cercetare întreprinsă pentru realizarea raportului s-a început crearea unei baze de date cu înregistrările de pe aceste clădiri;
- În urma analizei înregistrărilor seismice pe clădirea Turn – Măgurele (T1) și Hotel Unirea – Focșani (T2), ambele fiind clădiri înalte, se pot trage unele concluzii : accelerațiile la partea superioară a clădirii sunt mai mari decât la parter, accelerațiile înregistrate sunt direct proporționale cu magnitudinea seismelor, la clădirea T1 (aproximativ 160 km de sursă), cu cât seismele sunt mai adânci, accelerația este mai mare la partea superioară la aceeași magnitudine, accelerațiile sunt mai mari la clădirea T2 (situată în Vrancea) decât la T1 (Măgurele) la aceleași seisme.
- Utilizarea datelor înregistrate pe clădiri (atât pe structură cât și în câmp liber) pot fi utilizate în multe aplicații inginerești, de la definirea hazardului seismic, calibrarea curbilor de fragilitate, până la input pentru analizele structurale sau pentru sistemele de monitorizare structurală.
- Răspunsul structurilor la vibrațiile provenite atât din surse seismice cât și din vibrații ambientale stau la baza proiectării seismice, prin cunoșterea modului în care anumite tipuri de structuri răspund la cutremur, definirea parametrilor de interes ingineresc care influențează răspunsul clădirii (accelerații, viteze, deplasari, intensitate Arias etc.).
- S-au pus bazele teoretice creării unui ”Sistem de Alarmare Post Seism” (SAPS).
- Spectrele de răspuns sunt un element cheie în definirea forțelor de proiectare, ele au fost introduse în ingineria seismică pentru a caracteriza efectele cutremurelor pe clădiri;
- ”Sistem de Alarmare Post Seism” (SAPS) se bazează pe compararea spectrului de răspuns elastic al accelerațiilor absolute al unui eveniment seismic înregistrat, cu spectrul de proiectare în accelerații care a fost folosit la realizarea construcției, ținând cont de discrepanța destul de mare la codurile de proiectare folosite în România ultimilor aproximativ 80 de ani;
- Montarea unui ”Sistem de Alarmare Post Seism” (SAPS) prezintă un interes deosebit în cazul clădirilor cu funcții speciale, necesare să funcționeze și după un seism puternic prin faptul că pe baza datelor primite se poate face o evaluare rapidă a situației structurale.

Bibliografie

- /1/ ROMPLUS, National Institute for Earth Physics, Earthquake Catalog, 2018.
- /2/ US Nuclear Regulatory Commission (NRC RG-1.166), Pre-earthquake Planning and Immediate Nuclear Power Plant Operator Post earthquake Actions, Regulatory Guide 1.166, U.S. Nuclear Regulatory Commission Office of Nuclear Regulatory Research, 1997;
- /3/ Antelope software by Boulder Real Time Technologies – BRTT;
- /4/ Cretu D., Demetriu S., Metode pentru calculul răspunsului seismic în codurile Românești de proiectare. Comparații și comentarii. Revista AICPS, Nr. 3/2006;
- /5/ * * *, Normativ pentru proiectarea antiseismică a construcțiilor de locuințe social culturale, agrozootehnice și industriale P100-78, INCERC, București, 1978;
- /6/ * * *, Normativ pentru proiectarea antiseismică a construcțiilor de locuințe social culturale, agrozootehnice și industriale P100-81, INCERC, București, 1982;
- /7/ * * *, Normativ pentru proiectarea antiseismică a construcțiilor de locuințe socialculturale, agrozootehnice și industriale P100-92, Buletinul Construcțiilor, vol. 2, MLPAT, 1992;

/8/ Code de proiectare seismică – Partea I - , Prevederi de proiectare pentru clădiri, Indicativ P 100 – 1/2013.

/9/ Bălan S.F., Țigănescu A., Apostol B.F., „Seismic Monitoring of Structures Subjected to Medium Intensity Earthquakes”, 18-th International Multidisciplinary Scientific GeoConferences SGEM 2018, Albena, Bulgaria.

6. Rezultate, stadiul realizării obiectivului fazei, concluzii și propuneri pentru continuarea proiectului (se vor preciza stadiul de implementare a proiectului, gradul de indeplinire a obiectivului cu referire la tintele stabilite si indicatorii asociati pentru monitorizare si evaluare)

6.1. Rezultate :

- În cadrul proiectului a fost realizată o bază de date cu clădirile monitorizate în cadrul INCDFP (5 clădiri din București și una din Focșani) precizând și o serie de date concrete despre acestea cum ar fi : adresa cu denumirea clădirii, număr de stații pe locație, numărul de etaje al clădirii, an construcție și sistemul structural după cum au fost construite.

- Se prezintă pentru prima dată unitar despre aceste clădiri și o serie de accelerograme înregistrate pe fiecare accelerometru pe direcțiile N-S, E-W și Z (vertical). Înregistrările s-au efectuat în urma unor seisme medii care au avut loc după montarea aparatului.

- În baza de date a proiectului există mai multe accelerograme înregistrate pe aceste clădiri.

- Un rezultat concret al monitorizării clădirilor pe o perioadă mai îndelungată de timp, a creat posibilitatea calculării de accelerații la diferite nivele ale două dintre clădirile monitorizate – clădirea Turn din Măgurele și clădirea hotel Unirea din Focșani -. Accelerațiile calculate sunt datorate mai multor seisme medii după 2012 cu magnitudini M_w între 3,8 și 5,6 și cu adâncimi ale focarului între 40,9 km și 147,3 km. Vezi Tabelul 1.2.

- În Tabelul 6.1 /9/ sunt calculate accelerațiile (în cm/s^2) pe clădirea Turn – Măgurele la subsol, etajul 6 și etajul 10, iar în Tabelul 6.2 /9/ sunt calculate accelerațiile (în cm/s^2) pe clădirea Hotel Unirea – Focșani de la subsol, etajul 4 și 8.

Tabel 6.1. Accelerații pe clădirea Turn (T1) din orașul Măgurele.

Seism nr.	M_w	Acc. N-S [cm/s^2]			Acc. E-W [cm/s^2]			Acc. Z [cm/s^2]		
		B	F6	F10	B	F6	F10	B	F6	F10
1	4.4	4.38	4.47	6.74	3.26	5.32	8.46	1.65	4.23	5.93
2	4.6	3.53	3.17	4.94	3.43	7.21	11.32	2.12	3.26	4.12
3	4.2	1.18	2.28	3.85	2.43	2.22	4.60	0.73	1.67	1.90
4	4.3	1.27	1.68	2.37	1.64	1.56	3.28	1.90	3.56	4.05
5	5.4	6.28	18.65	28.68	6.54	11.64	20.45	3.25	6.16	5.43
6	4.3	0.71	0.87	1.46	0.75	1.27	1.95	0.85	1.65	2.15
7	4.3	2.10	3.37	5.54	2.84	4.32	6.95	1.37	2.75	3.19
8	4.3	5.55	6.25	8.92	16.95	16.35	35.20	5.26	8.81	11.21
10	5.5	11.89	24.75	32.85	11.61	27.00	40.75	7.34	14.50	17.80
11	5.6	10.22	21.91	33.59	12.90	43.46	55.11	8.54	18.12	21.44
12	4.8	10.63	11.08	19.22	4.99	8.02	12.96	4.05	7.40	7.98
13	4.5	1.78	2.69	4.85	1.84	3.33	5.25	1.28	3.02	2.98

Tabel 6.2. Accelații pe clădirea Hotel Unirea (T2) - Focșani.

Seism nr.	M_w	Acc. N-S [cm/s^2]			Acc. E-W [cm/s^2]			Acc. Z [cm/s^2]		
		B	F4	F8	B	F4	F8	B	F4	F8
9	3.8	1.63	4.38	5.30	1.11	2.05	4.13	3.71	6.94	13.80
10	5.5	43.15	78.26	112.93	53.38	58.05	120.91	24.07	34.73	58.32
11	5.6	36.74	38.44	60.21	42.17	35.99	70.24	21.21	37.03	50.99
12	4.8	3.52	5.95	11.79	6.11	6.73	13.60	7.45	13.06	23.85
13	4.5	5.58	10.07	13.88	3.43	6.39	7.70	5.15	12.17	16.89
14	4.6	4.00	7.51	10.99	4.73	10.39	13.62	2.11	3.57	6.10

Legendă (Tabel 1 & 2) : B – subsol, F4 – etaj 4, F6 – Etaj 6, F8 – etaj 8, F10 – etaj 10

- Spectrele de răspuns obținute cu aceste date la clădirile Turn (Măgurele) T1 și Hotel Unirea (Focșani) T2 la parter pe direcțiile N-S și E-W la evenimentele seismice 10 și 11 (vezi Tabelul 1.2) se pot vedea în Figura 6.1 /9/.

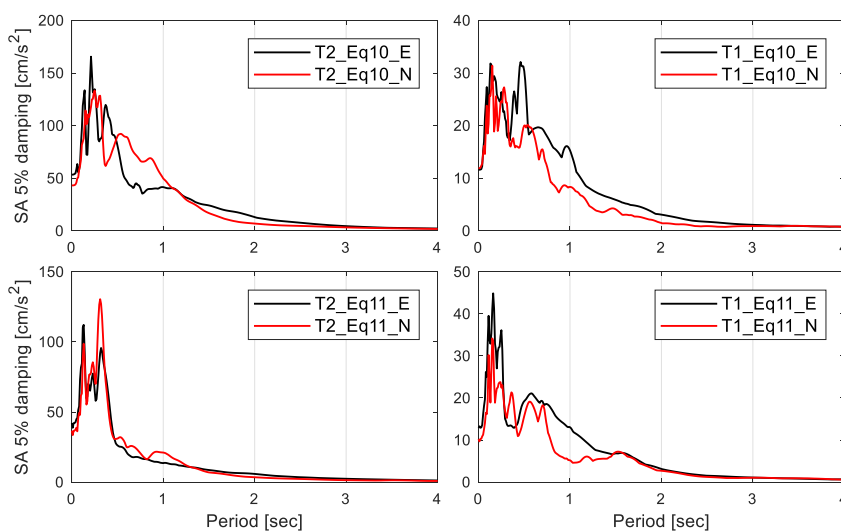


Figura 6.1.

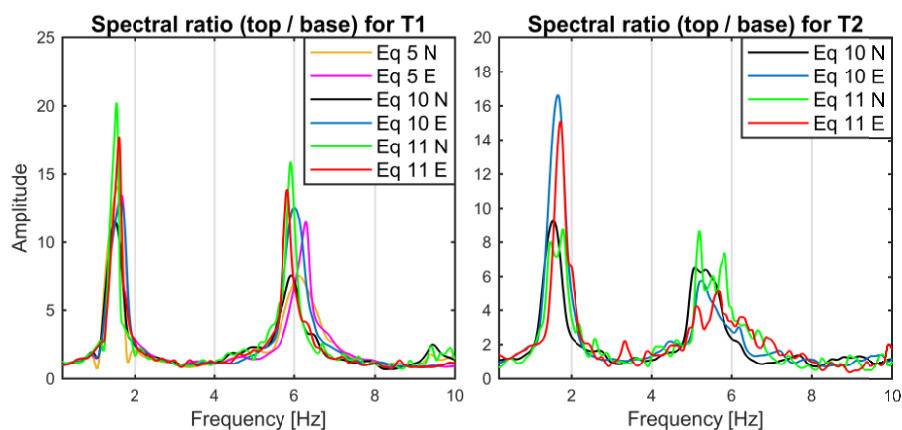


Figura 6.2.

Raportul spectral vârf / bază la clădirile Turn (Măgurele) T1 la evenimentele seismice 5, 10 și 11 (vezi Tabelul 1.2) și Hotel Unirea (Focșani) T2 la evenimentele seismice 5, 10, 11 (vezi Tabelul 1.2) pe direcțiile N-s și E-W se pot vedea în Fig. 6.2 /9/.

- Explicarea teoretică a avantajelor unui "Sistem de Alarmare Post Seism".
- Exemplificarea cu cazuri concrete bazate pe seismele din 1977, 1986 și 1990 de apreciere a stadiului de siguranță a unor clădiri după un seism puternic funcție de codul de proiectare folosit la realizarea lor.
- Un exemplu concret de monitorizare cu Antelope.

Prin rezultatele prezentate **obiectivele fazei au fost îndeplinite în totalitate** și că **angajamentele asumate au fost** atinse, iar proiectul a atins gradul de implementare scontat pentru această fază.

6.2. Propuneri pentru continuarea proiectului:

În această etapă, **obiectivul a fost îndeplinit integral** iar **rezultatele obținute sunt în concordanță cu țintele propuse** venind în sprijinul implementării proiectului. Cu toate acestea, activitățile trebuie continuate, calculele trebuie diversificate și rezultatele îmbunătățite, pe măsura apariției de noi secvențe de cutremure pe teritoriul României și posibilității monitorizării de noi clădiri.

6.3. *Indicatori*: Rezultatele obținute în acesta fază au fost și vor fi prezentate la conferințe științifice naționale și internaționale.

6.3.1. Conferințe internaționale și naționale

- Bălan S.F., Apostol B.F., Ionescu C., "Influence of Nonlinear Effects Induced by Strong Earthquakes on Soil Deposit Parameters", 16th European Conference on Earthquake Engineering, 18-21 June 2018, Thessaloniki, Greece. Sesion : 0512 Site Effects and Microzonation Studies (II).(prezentată).
- Țigănescu Al., Bălan S.F., "Estimation of dynamic parameters of selected RC buildings in Bucharest area from ambient vibrations", European Seismological Commission 36th General Assembly (ESC2018 General Assembly) September 2-7, 2018. Malta. (prezentată).
- Țigănescu Al., Bălan S.F. and Grecu B., "On the use of seismic data for engineering purposes", C65 International Conference "Tradition and Innovation - 65 Years of Constructions in Transilvania", noiembrie 2018. (acceptată).

6.3.2. Publicații - apărute și în curs de apariție la reviste cu referenți cotate ISI:

- C.O. Cioflan, M. Radulian, C. Ionescu, S. F. Balan, B. F. Apostol; "Practical Insights on Seismic Risk Evaluation from Site Structure Dynamic Behavior Perspective for Bucharest Urban Area". Romanian Journal of Physics **63**, 811 (2018).
- Bălan S.F., Țigănescu A., Apostol B.F., „Seismic Monitoring of Structures Subjected to Medium Intensity Earthquakes”, 18-th International Multidisciplinary Scientific GeoConferences SGEM 2018, Gology, Applied and Environmental Geophysics, Conference Proceedings Vol. 18 p: 955-962; ISBN 978-619-7408-35-5; ISSN 1314-2704; DOI 10.5593/sgem2018/1.1; Albena Bulgaria

Au colaborat la realizarea raportului și colegii : ing. Alexandru Țigănescu, ing. Anton Dăneț, ing. Adrian Grigore.

Responsabil fază proiect

Responsabil proiect

Dr.ing. Ștefan Florin Bălan

Dr. Iren Adelina Moldovan