



RAPORT PROIECT NUCLEU

PN 19080201

FAZA 19.07.2019

Anexa nr. 10 la Contract nr. _____/2019

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. : PN 19080201

Proiectul: *"Dezvoltarea si implementarea de noi instrumente pentru seismologia in timp real si de transfer al produselor si rezultatelor cercetării către potențiali beneficiari."*

Faza: *"Constituirea bazei de date geologice, geofizice și satelitare complexe; discretizarea rețelei de stații de măsură GNSS în elemente finite."*

Termen de încheiere a fazei: 19.07.2019

▪ **Obiectivul proiectului:**

Proiectul își propune să fie o componentă importantă la rezolvarea obiectivelor generale ale INCDFP legate de studiile de risc seismic în concordanță cu alinierea la competitivitatea internațională a cercetării românești, prezența pe piețele internaționale a produselor inovatoare realizate în țară și deschiderea globală a pieței naționale de C&D.

Obiectivul fundamental al proiectului este de a se determina, pe baza cunoașterii deplasărilor punctelor în cadrul unor rețele de observatoare GPS existente, deformațiile tridimensionale la suprafața terestră, ceea ce va constitui un aport important de informație în studiile de risc seismic.

▪ **Rezultate preconizate pentru atingerea obiectivului:**

Se vor identifica rețelele de observatoare GNSS existente, atât cele naționale cât și cele regionale și se vor realiza discretizările în elemente finite, cu analiza ulterioară a calității rețelelor astfel obținute.

Pentru zona de maxim potențial seismogen a României se va realiza o scurtă caracterizare geologică și geofizică, informațiile fiind prezentate succint, în funcție de metodologia aleasă. Pentru rețelele geodezice astfel realizate se vor calcula componentele tensorului de deformație, în corelare cu caracteristicile geologice și geotectonice ale zonei studiate.

Rezultatele proiectului vor putea fi folosite de orice beneficiar direct interesat în domeniu, în acord cu orientarea politicilor institutului de deschidere a rezultatelor cercetării și a bazelor de date existente, cerință majoră a directivelor UE.

▪ **Obiectivul fazei:**

1. Identificarea rețelelor geodezice existente la nivel național,
2. analiza primară a caracteristicilor acestora,
3. discretizarea în elemente finite, analiza calitativă a discretizărilor,
4. caracterizarea geologică și geotectonică a zonei de maxim impact seismologic din România.

▪ **Rezultate preconizate pentru atingerea obiectivului fazei:**

1. Schema EF pentru rețeaua de stații de măsură GNSS,
2. Analiza calitativa a rețelelor de EF,
3. Baza de date geologice și geofizice pentru aria investigată,
4. Valorificarea rezultatelor cercetării prin lucrări / prezentări la conferințe naționale și internaționale.

▪ **Rezumatul fazei (maximum 5 pagini):**

Prezentul Raport este structurat în **Introducere, 6 capitole și Concluzii**, totalizând un număr de **56** pagini, care conțin **21** figuri și **7** tabele.

Studiile referitoare la *Mișcările Crustale Recente* pe teritoriul României efectuate prin intermediul tehnicilor geodeziei spațiale sunt o *componentă definitorie a cercetărilor privind dinamica crustei terestre* și pot evidenția atât fenomenele care apar în interiorul crustei cât și cele dezvoltate sub crusta terestră, ultima afirmație fiind încă destul de controversată.

După epuizarea informațiilor rezultate din observația directă, de suprafață cercetătorii din domeniul geostiintelor și-au extins imaginația și în adâncime, încercând să intuiască structura profundă și relațiile dintre diferitele entități tectonice. În această direcție, *geofizica, prin diversele ei metode a avut contribuții notabile* dintre care, unele s-au referit la nivele foarte adânci ale Globului. Acolo unde posibilitățile geofizicii devin insuficiente, *geodezia prin tehnicile ei geospațiale vine să completeze și să ajute la elucidarea unor probleme sensibile* și de mare interes.

Rezultatele obținute prin interpretările datelor geologice, oceanografice cât și a celor geofizice în corelație cu determinările geodezice contribuie la clarificarea problemelor referitoare la procesul evoluției în timp a Pământului și la dezvoltarea cunoștințelor asupra proceselor care au loc în interiorul globului terestru într-o încercare de a evidenția și prognoza evoluția acestora în viitor.

Cercetările efectuate pe plan mondial și european ca și pe plan național sunt menite să contribuie la înțelegerea proceselor mecanice cuplate și interconectate și a interacțiunilor temporale dintre procesele geofizice care conduc la activitatea periculoasă (riscantă) asociată cutremurelor din zona Vrancea, Romania (**Zoran M. et al, 2008**).

Capitolul I, intitulat „*Informații geofizice*” face referire la o serie de date din domeniile *gravimetric, magnetometric, magnetoteluric, geotermic, reologic, seismic, seismologic, geodinamic și stress tectonic*, cu aplicabilitate în zona Vrancea, de maxim interes seismologic în România.

Capitolul II, „*Informații geotectonice*” conține unele informații de sinteză din domeniul științelor geonomice și a disciplinelor conexe. Sunt descrise cele mai importante teorii în ceea ce privește evoluția în timp a arealului situat în zona de curbură a Carpaților Orientali, responsabil de generarea cutremurelor subcrustale majore din România.

Orice model care abordează evoluția geotectonică a unei catene orogenice trebuie să aibă ca punct de plecare un model structural. Incertitudinile care privesc modelul structural se regăsesc fără voie în stabilirea celui dintâi. Pentru marea majoritate a cercetătorilor, existența catenei vulcanice, predominant andezitice, a fost punctul de plecare pentru elaborarea modelelor, acceptând geneza magmelor ca urmare a existenței unor paleoplane de consum. În esență, ceea ce individualizează fiecare model elaborat de diverși autori, este poziția acestor paleoplane, evoluția lor în timp și caracterul scoarței consumate.

Zona seismogenă Vrancea și mai ales singularitatea acesteia a atras atenția unor cercetători de prestigiu, care, în câteva lucrări fundamentale dezvoltă și perfecționează modelele precedente prin elaborarea unui model seismotectonic care încearcă să explice acest fenomen. Autorii își concentrează atenția asupra proceselor tectonice ce se produc în faza de coliziune de

tip continent - continent, când fenomenul de subducție încetează iar lespedeaa subdusă se rupe și se detașează de placa acoperitoare.

Capitolul III, denumit „Discretizarea în elemente finite - principii fundamentale” face scurte referiri la metoda elementului finit, MEF, cu aplicabilitate în studiile geodezice pentru calculul componentelor tensorului de deformație precum și asupra criteriilor de proiectare a rețelelor de elemente finite.

Discretizarea făcută cu elemente finite - triunghi are multă suplețe în aproximarea conturilor curbe ale corpurilor. Orice curbă poate fi reprezentată aproximativ printr-un arc poligonal, iar laturile acestuia se pretează în mod ideal la alcătuirea de suprafețe trianghiulare exacte în zone în care este nevoie de o mai mare densitate.

Funcțiile de aproximare ale profilului geometric și câmpurilor parametrice variabile (deplasări, tensiuni, etc.) pot fi identificate utilizând coordonatele globale (x, y) .

Pentru calculul parametrilor care descriu modificările de stare ale rețelei geodezice între două epoci de măsurare (Ep_1, Ep_2) s-au utilizat rezultatele măsurătorilor (coordonatele punctelor geodezice) efectuate în rețelele geodezice propuse în continuare. În discretizarea folosită, s-a ținut cont de condițiile care trebuie îndeplinite de aplicarea metodei elementelor finite în cadrul prelucrărilor datelor specifice rețelelor geodezice, și anume:

- *caracteristicile și proprietățile funcțiilor de aproximare;*
- *dimensiunile și numărul elementelor finite;*
- *configurația tipică a elementului finit.*

Pentru optimizarea proiectării rețelelor de elemente finite au fost avute în vedere o serie de criterii, care pot fi grupate în următoarele categorii:

- *criterii geometrice;*
- *criterii geologice;*
- *criterii calitative.*

Capitolul IV, intitulat „Rețeaua geodezică Vrancea extinsă” analizează rețeaua geodezică regională denumită Vrancea extinsă ce a fost proiectată și materializată în cadrul unui amplu proiect internațional denumit SFB 461 (*Sonderforschungsbereich 461*) și a fost “centrată” pe zona seismogenă Vrancea (**Figura 1**), fiind alcătuită inițial din 25 de puncte, care, din motive ușor de înțeles acoperă și o parte din regiunile învecinate ariei de interes.

În cadrul respectivei configurații au fost incluse și 5 puncte din rețeaua europeană **CEGRN**, măsurată începând cu anul 1995 în cadrul Proiectului Internațional **CERGOP**, la a cărei realizare a participat și România. Aceste puncte au fost: **VTRA** (*Vatra Dornei*), **VRAN** (*Vrâncioaia*), **MACI** (*Măcin*), **FUND** (*Fundata*) și **MAGU** (*Măgurele*). În anul 2000 rețeaua Vrancea a fost extinsă cu încă 10 puncte: **BUCU** (*București*), **CATE** (*Căteasca*), **CIRT** (*Cârțișoara*), **IASI** (*Iași*), **LUPS** (*Lupșa*), **NADE** (*Nadeș*), **ODOR** (*Odorheiu Secuiesc*), **TOPA** (*Toplița*), **TUTA** (*Tutana*), **UDUP** (*Udupu*). În anul 2003 s-au mai amplasat încă 6 puncte în Dobrogea, astfel: **AGIL** (*Agighiol*), **CEAM** (*Ceamurlia*), **HORA** (*Horia*), **TARI** (*Tariverde*), **AMZA** (*Amzacea*) și **ADAM** (*Adamclisi*). La acestea s-au adăugat: **ROSM** (*Roșia Montană*, în Munții Apuseni), **PERA** (*Perșani*) și **SANZ** (*Sânzieni*). În rețeaua extinsă a fost inclus și punctul **IASI** (*Iași*) din cadrul rețelei **CEGRN**.

Rețeaua de elemente finite pentru zona Vrancea a fost proiectată ținând pe cât posibil seama de constrângerile teoretice, specifice metodei. Având în vedere că nici o rețea analizată nu a fost proiectată pentru folosirea acestei metode și că întotdeauna criteriul geologic primează în stabilirea amplasamentelor, s-a optat și în acest caz pentru un compromis între impunerile teoretice și situația practică existentă în teren. Schema elementelor finite astfel rezultată este prezentată în **Figura 2**.

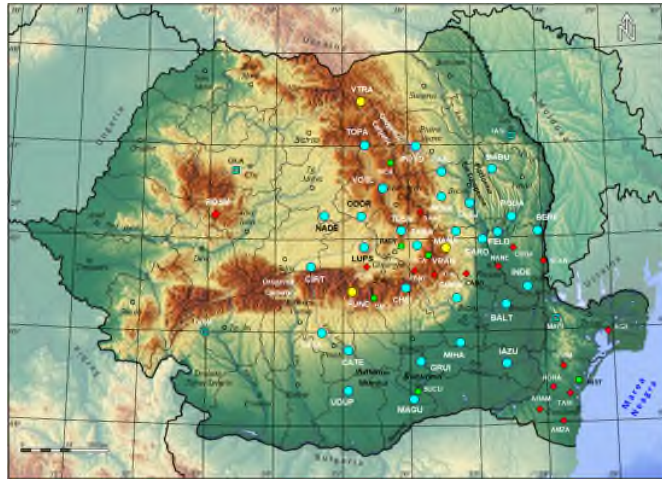


Figura 1. Amplasarea stațiilor de măsură GPS din cadrul rețelei Vrancea extinsă, ● - stații folosite în calcul, ● - stații de referință, FUND, eliminate pentru incompatibilitate cu criteriul geometric, VTRA, ■ - stații permanente, ◆ - stații fără legătură cu rețeaua Vrancea extinsă, ○ - localități.

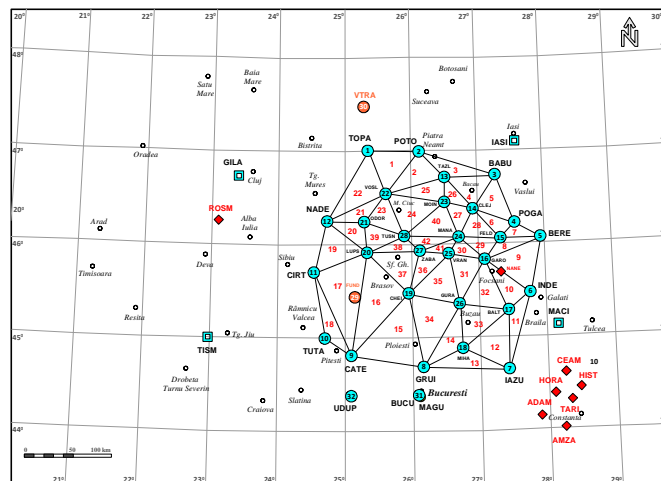


Figura 2. Schema elementelor finite rezultate pentru rețeaua regională Vrancea extinsă.

- ① - nod de rețea, numărul atribuit elementului finit, ● - referință, ◆ - stații care nu au fost folosite în discretizare,
- - stații care aparțin de rețeaua globală CEGRN, xx - numărul elementului finit, ○ - localități.

Capitolul V, „Rețeaua geodezică INFP” analizează rețeaua de stații permanente înființată de INFP, extinsă până la un număr de 24 de stații, la finele anului 2017, alte stații fiind proiectate pentru a fi ulterior instalate. Acestea nu au fost incluse în analiză fiind fără istorie de funcționare. Rețeaua de stații permanente pe teritoriul României a fost inițiată în anul 2001 printr-o primă stație instalată la Lăcăuți. Rețeaua a fost concepută în ideea *îndesirilor succesive pentru obiective generale la nivel național* dintre care s-au analizat un număr de 24 stații (**Figura 3**). Rețeaua de

elemente finite construită este schematizată în **Figura 4**. Scopul principal al măsurătorilor este legat de *monitorizarea mișcărilor crustale tridimensionale cu precizii ridicate* impuse de cercetările geodinamice fundamentale și necesare pentru teritoriul național unde nu sunt evidențiate deplasări semnificative ca valoare, acestea încadrându-se întotdeauna în domeniul milimetric.

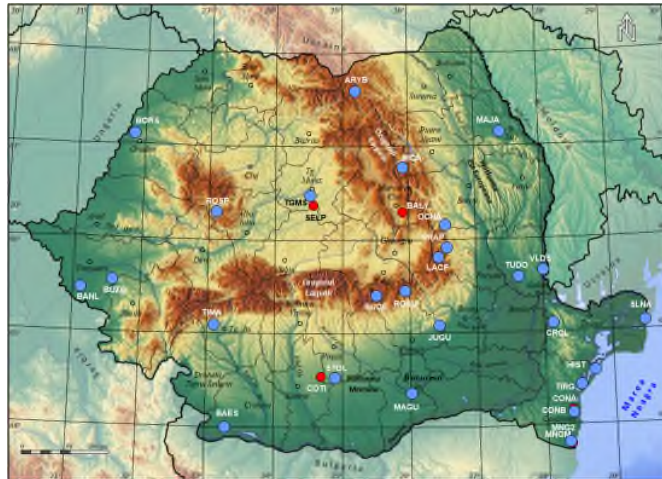


Figura 3. Amplasarea GPS stațiilor permanente pe hartă, ● - reprezintă stațiile folosite în discretizare, ● - stații vechi, dezafectate, ○ - localități.

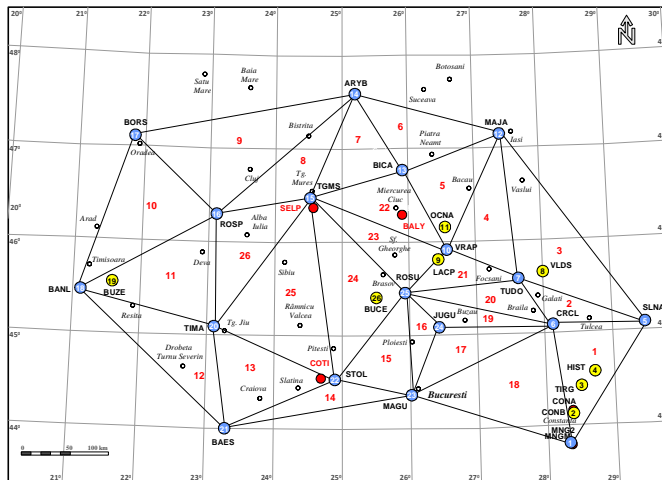


Figura 4. Schema elementelor finite obținută prin discretizarea rețelei de stații permanente din zona Vrancea și împrejurimi, ● - stații admise, ● - stații neincluse în rețea, xx - numărul elementului finit, ii - numărul nodului de rețea.

Capitolul VI, „Rețeaua geodezică ANCPI” analizează o rețea concepută și realizată în teren pentru altfel de obiective, fără legătură cu cercetările geodinamice, de către o agenție națională de cadastru. Prin disponibilitatea colegilor din cadrul ANCPI ne-au fost puse la dispoziție o serie de date privind rețeaua geodezică de stații permanente GNSS gestionate de instituția lor, stații ale căror coordonate vor putea fi folosite pentru scopuri de cercetare în cadrul proiectelor INFP prin reciprocitate în ceea ce privește schimbul de date. Stațiile care aparțin de CNC sunt *distribuite relativ uniform* (**Figura 5**) pe tot teritoriul național, în general în orașele reședință ale județelor, scopul lor fiind legat în principal de operații de cadastru și lucrări funciare, motiv pentru care și *precizia măsurătorilor nu se impune a fi foarte ridicată*, nefiind cu totul indicate pentru scopuri geodinamice. Schema rezultată din discretizarea rețelei este finalizată în **Figura 6**, unde se poate

observa că rețeaua astfel rezultată respectă în bună măsură cerințele impuse teoretic, referitoare la geometria rețelei.

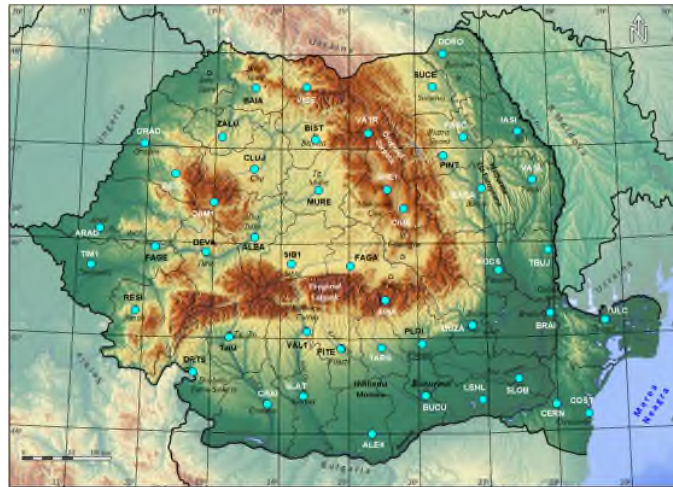


Figura 5. Amplasarea stațiilor GNSS ale ANCPÎ în teritoriul, ● - punct de măsură GNSS, ○ - localități.

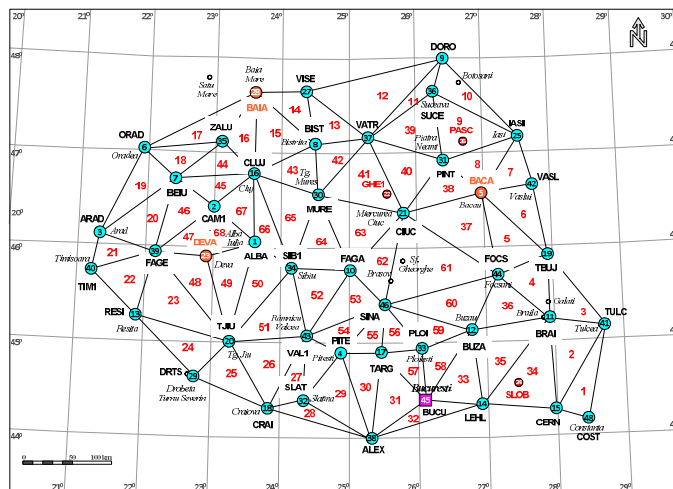


Figura 6. Discretizarea rețelei GNSS a ANCPÎ în elemente finite, **xx** - numărul elementului finit, **ii** - nod de rețea.

Concluziile analizează ceea ce s-a efectuat, sunt calculate suprafețele individuale ale fiecărui element finit din fiecare rețea și se fac aprecieri asupra calității discretizării din punct de vedere geometric. Se fac trimiteri succinte cu privire la softurile utilizate, atât cele general disponibile, cât și foile de calcul EXCEL create special pentru acest scop.

Valorificare: a fost elaborată lucrarea "Applications of Space Geodesy Methods in Romania", autori D. Mateciuc, A. Bălă ce va fi prezentată oral la XIXth International Multidisciplinary Scientific GeoConference, Bulgaria, 2019.

În final sunt prezentate principalele **referințe bibliografice** folosite.

Bibliografie

Zoran M., Mateciuc D., Neuner J., Ciucu C., 2008, *Tehnici Geospatiale de Investigare a Zonelor Seismice*, Ed. Conspress, Bucuresti, 230 pp.

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).

Rezultatele fazei așa cum au fost specificate în Rezumat și în acord cu obiectivele generale ale fazei sunt:

- *Schema EF pentru rețelele de stații de măsură GNSS analizate,*
- *Analiza calitativa a rețelelor de EF,*
- *Baza de date geologice și geofizice pentru aria investigată,*
- *Valorificarea rezultatelor cercetării prin lucrări / prezentări la conferințe naționale și internaționale.*

Stadiu realizării obiectivului fazei:

- *faza a fost realizată integral.*

Concluzii și propuneri pentru continuarea proiectului:

- *concluziile preliminare de fază sunt dezvoltate în cuprinsul Rezumatului, cea mai importantă dintre ele fiind legată de calitatea corespunzătoare pentru cele trei discretizări realizate raportată la cerințele impuse teoretic. Este necesară realizarea fazei 2 a proiectului pentru determinarea componentelor tensorului de deformație în zona analizată, după cum a fost specificat în Planul de Realizare al proiectului, realizarea urmând a fi completată în anul 2020.*

Responsabil proiect,
Dr. Alexandru MĂRMUREANU, CSI

Responsabil fază,
Dr. Doru MATECIUC, CSI