Anexa nr. 9 la Contract nr. 21N/2016

Contractor: Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizica Pământului (INCDFP)
Cod fiscal : 5495458 (anexa la procesul verbal de avizare interna nr. ……/.....)

De acord,
DIRECTOR GENERAL
Dr. Ing. Constantin Ionescu

Avizat,
DIRECTOR DE PROGRAM
Prof. Dr. Gheorghe Mărmureanu

RAPORT DE ACTIVITATE AL FAZEI

Contractul nr.: 21N/2016
Proiectul: Studiu seismotectonic complex şi analize geomagnetice la nivel ionosferic pe teritoriul României, folosind investigaţii GNSS (**PN 16 35 03 08**)

Faza: I : Studiul furtunilor geomagnetice la nivel ionosferic, folosind reţeaua GNSS permanentă, amploare şi efecte.
II. Folosirea datelor GNSS de înaltă frecvenţă în vederea emiterii de răspunsuri rapide în cazul evenimentelor seismice majore pe teritoriul României.
Termen: 01.06.2017

1. Obiectivul proiectului:

Obiectiv general: Obiectivul principal al proiectului constă în testarea şi implementarea metodelor de ultimă generatie, de analiză în timp real a undelor seismice, utilizând tehnologia satelitară, GNSS de înaltă frecvenţă. Totodată se doreşte analizarea efectelor, la nivel ionosferic, a furtunilor geomagnetice ce pot influenta acurateţea măsurătorilor satelitare şi produce disturbaţii în diverse domenii de activitate.

Obiectivele specifice: Constau în analizarea tuturor furtunilor solare majore (1-2 pe an) din ultimul deceniu ce au străbătut teritoriul Romaniei. Studiul şi are baza în cercetarea elaborată din 2015 în cadrul proiectul bilateral cu Frederick Research Center, Filokyprou, Nicosia, Cipru referitor la anomaliile ionosferice **[1] , [2]** ce au însotit cutremurele majore din ultimii 10 ani. **[3]**

Un număr relevant de evenimente (>10) vor constitui o bază de date utilă şi complexă. Obiectivul principal al activităţii prevăzute în etapa II a proiectului constă în studierea, testarea şi dezvoltarea studiului undelor seismice şi reconstituirea 3D a mişcării scoarţei terestre în timpul unui eveniment seismic major **[4], [5].**

Datele GNSS adaugă eficienţă sistemului EWS (Early Warning System), deoarece sunt măsurători independente. Senzorii seismici sunt practic o masă pe un arc, în timp ce sistemul GNSS măsoară variaţia poziţiei folosind schimbările de variaţie de la o constelaţie de sateliţi, aşadar este o metodă diferită de observaţie. Având ambele tipuri de date, sistemul este mult mai puternic deoarece putem elimina imediat erorile venind de la un senzor sau altul. Diversitatea observaţiilor ne aduce mai multă eficienţă.

2. ***Rezultate preconizate pentru atingerea obiectivului:***

Pentru atingerea obiectivelor proiectului avem în vedere obținerea următoarelor rezultate:

- Realizarea unei baze de date cu evenimentele ce urmează să fie analizate, caracteristicile acestora şi datele în format standardizat ce urmează să fie utilizate;
- Dezvoltarea unui portal web în vederea diseminării produselor GNSS;
- Realizarea unui material ştiinţific elaborat şi diseminarea rezultatelor;

3. ***Obiectivul fazei:***

În urma acestui studiu se doreşte realizarea de măsurători (PPP – Precise Point Positioning şi DD – Double Differential) de înaltă frecvrenţă în vederea analizei undelor seismice, experimente de comparare cu unităţile inerţiale de măsurare şi studii pe caz concret în vederea minimizării erorilor din postprocesarea datelor GNSS prin aplicarea corecţiilor obţinute.

4. ***Rezultate preconizate pentru atingerea obiectivului fazei:***

- Inventarierea metodelor folosite la nivel international în vederea coroborării datelor seismice cu cele GNSS şi de nivelment;
- Facilitarea accesului la datele satelitare produse de reţeaua de staţii permanente GPS/GNSS a INCDFP şi realizarea de servicii web gratuite atât publicului larg, cât şi firmelor private. Dezvoltarea unui portal web în vederea diseminării produselor GNSS [***Figura 6***];
- Implementarea şi testarea sistemului VADASE în laborator şi pe teren cu ajutorul receptorului GR10 şi a celor două noi receptoare model GR30. Analiza complexă a datelor de înaltă frecvenţă **[6]**;

- Măsurători (PPP – Precise Point Positioning şi DD – Double Differential) de înaltă frecvrenţă în vederea analizei undelor seismice, experimente de comparare cu unităţile inerţiale de măsurare şi studii pe caz concret;
- Stagiu de lucru în cadrul unui institut de cercetare european specializat în prelucrarea datelor satelitare;

5. Rezumatul fazei:

Reţeaua INCDFP de staţii GPS permanente, achiziţia datelor GNSS de frecvenţă mare şi începutul coroborării datelor Reţelei Seismice Naţionale cu aceasta. Analiza calitativă şi cantitativă a datelor GNSS şi procesarea datelor de la staţiile permanente de referinţă şi de campanie.

« O REŢEA GNSS/GPS REGIONALĂ PENTRU MONITORIZAREA DEFORMĂRILOR IN SPAŢIUL CARPATO - DANUBIANO - PONTIC ŞI STUDIUL IMPACTULUI CUTREMURELOR LOCALE » Reţeaua modernă GNSS/GPS (Sistemul Satelitar de Navigaţie Globală/Sistemul Global de Poziţionare) a fost proiectată şi implementată începând cu anul 2001, când prima staţie permanentă a fost instalată pe vârful Lăcăuţi, în zona de curbură a Carpaţilor Orientali, la vest de zona epicentrală Vrancea. Reţeaua este constituită în prezent din 27 de staţii operaţionale în anul 2017. Pot fi evidenţiate ca obiective principale: monitorizarea la suprafaţă a mişcărilor crustale care apar în interiorul şi în jurul Carpaţilor româneşti, precum şi ale unităţilor tectonice învecinate, ca un rezultat direct al proceselor tectonice la scală globală (de exemplu: interacţiunea dintre placa Euro-Asiatică şi placa Africană) şi observaţii privind mişcările crustale, pentru o mai bună înţelegere a interconexiunii suprafaţă-adâncime a cutremurelor din zona Vrancea. Reţeaua de staţii GNSS/GPS poate oferi de asemenea măsurători fiabile, de înaltă precizie privind prognoze meteo la nivel global, monitorizarea climei, precursori seismici (studii ionosferice), studii coseismice, poziţionarea şi navigarea GNSS şi alte cercetări în scopuri complementare **[7]**.
[http://gps.infp.ro/].

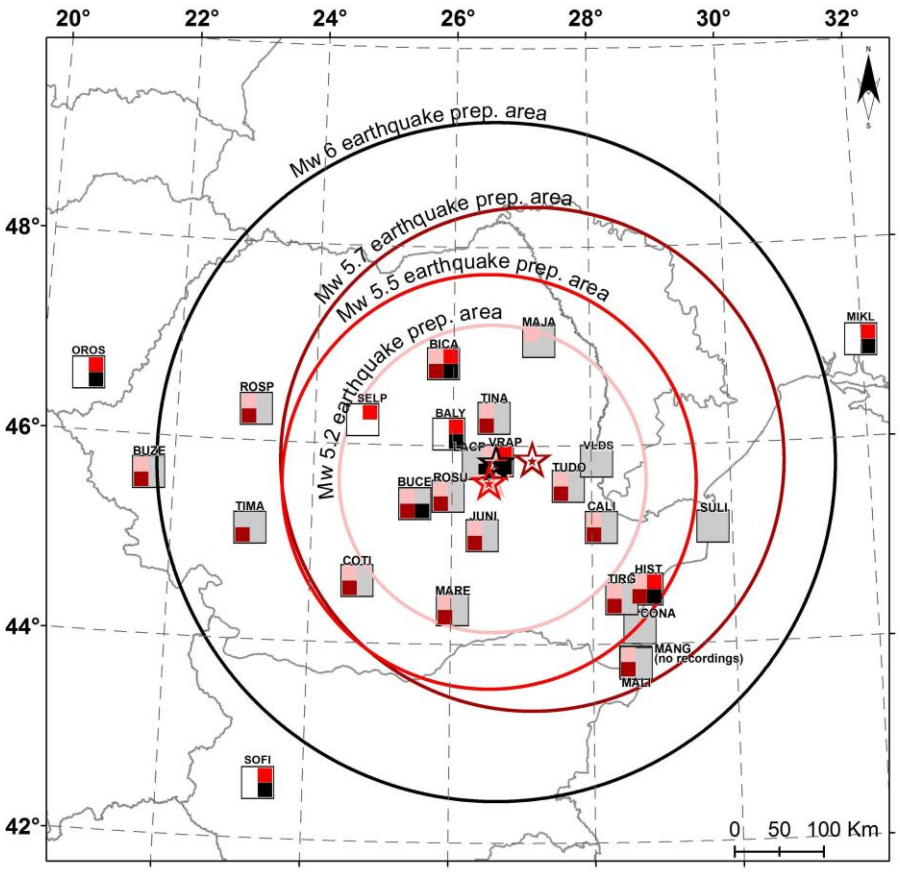


Figura 1: Harta Romaniei care prezintă: a) zonele de preparare şi epicentrele celor 4 cutremure examinate, b) Reţeaua de staţii GNSS/GPS, pătratele colorate roz notează staţiile GPS folosit pentru evenimentul de 5,2 Mw, pătratele colorate cu roşu ne arată staţiile utilizate pentru evenimentul de 5,5 Mw, pătratele corespunzatoare culorii roşii corespund evenimentului de 5.7 Mw şi culoarea negră evenimentului de 6 Mw.

Evenimentele Seismice Nr.	An	Lună	Zi	Latitudine Nord (°)	Longitudine Est (°)	Magnitudine Mw	Adâncime (Km)	Zona de preparare Rază (Km)
1.	2014	11	22	45.87	27.15	5.7	39	282.488
2.	2013	10	6	45.67	26.58	5.2	135.1	172.1869
3.	2005	5	14	45.64	26.53	5.5	148.5	231.7395
4.	2004	10	27	45.84	26.63	6	105.4	380.1894

Tabelul 1: Lista celor patru evenimente seismice studiate din Romania şi caracteristicile lor

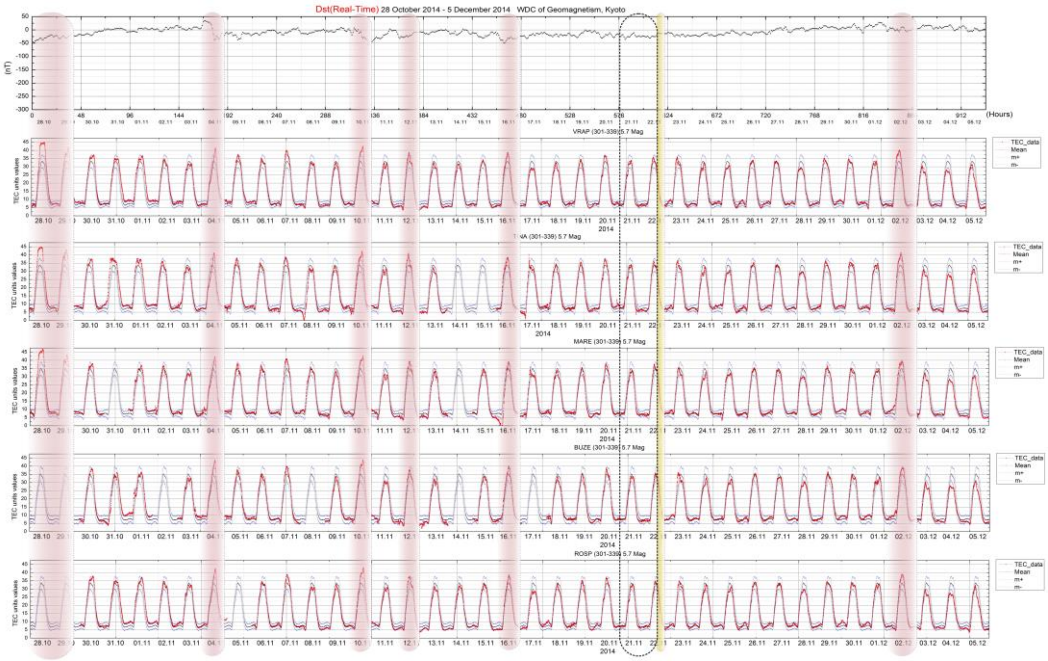


Figura 2 : Variaţiile diurne vTEC (roşu) şi limitele corespunzătoare, superioară şi inferioară (negru) la m± 1.34σ sunt reprezentate pentru toate staţiile GPS selectate în intervalul de 30 de zile înainte, în timpul şi până la 7 zile după evenimentul seismic selectat. Zonele umbrite cu roz arată perioadele cu perturbaţii geomagnetice şi linia verticală galbenă ilustrează momentul producerii cutremurului.

De cand s-a demonstrat că prin intermediul tehnologiei GPS/GNSS se pot efectua măsurători ale liniilor de bază, cu o acurateţe de câţiva centimetri, folosim această tehnologie în mod frecvent pentru a măsura cu mai multă precizie deformările crustale. În particular, progresele semnificative la nivelul echipamentelor şi al procesării datelor permit efectuarea unor măsurători GPS la frecvenţă foarte mare.

Studiile geodezice şi seismologice cu ajoutorul tehnologiei GPS au fost dintotdeauna considerate instrumente distincte, care se concentrează pe benzi de frecvenţă diferite ale spectrului de deformare. Geodezia GPS se concentrează pe deformarea seculară tectonică pe termen lung şi pe deformările statice provenite de la seisme mari, în timp ce, în cadrul studiului seismologiei, se măsoară deplasările dinamice cu durata variind de la câteva fracţiuni de secundă la maxim câteva minute. Poziţionarea GPS de mare frecvenţă a fost recunoscută ca o unealtă eficace în a estima deplasările staţiilor de referinţă, un lucru semnificativ în domeniul seismologiei. Avantajele majore în a folosi receptoarele GPS pe post de seismometre sunt reprezentate de faptul că pot măsura deplasările dinamice fără saturare. Pe de altă parte, tehnologia GPS/GNSS este cu câteva nivele mai puţin precisă decât seismometrele, având în vedere faptul că această tehnologie poate detecta mişcări doar la nivel de zgomot, de câţiva milimetri sau acceleraţii mai mici de un cm/s^2.

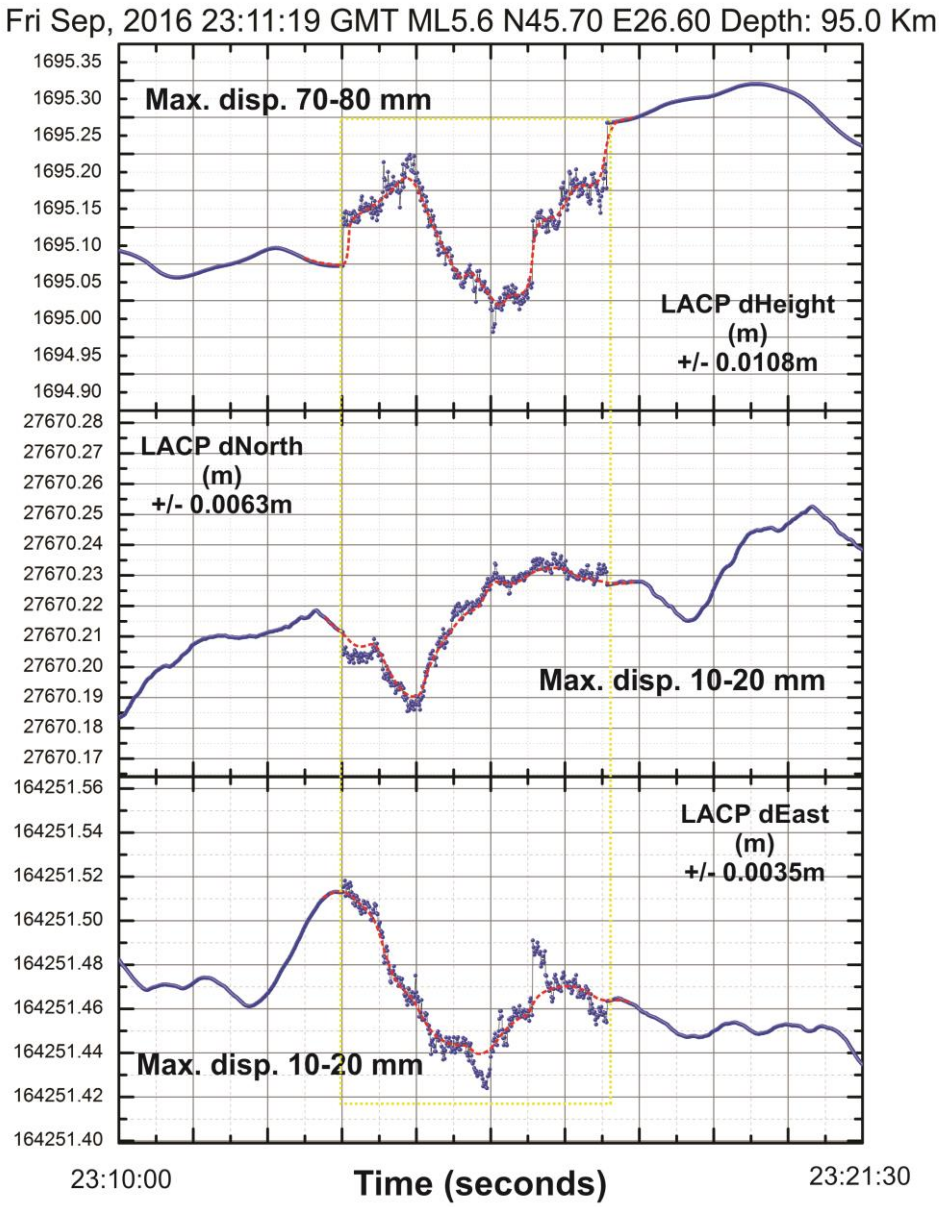


Figura 3: Analiză postseismică realizată cu ajutorul tehnologiei GPS pe toate cele 3 componente (Lat.,Long.,H), pentru evenimentul produs în zona Vrancea din 23.09.2016 ora 23:11:19 GMT, ML 5.6, 95 Km adâncime

Scopul analizei efectuate este să furnizeze date la frecvenţă de 1 Hz atât pe componenta orizontală, cât şi pe cea verticală şi mişcări reconstruite 3D, în vederea comparării datelor cu deplasările derivate din vitezele măsurate la staţiile seismice broadband aflate în apropiere. Reţelele GPS ce fac înregistrări de mare frecvenţă, în timp real, pot capta deplasările co-seismice rapide ale scoarţei dintr-o serie de frecvenţe şi

amplitudini care sunt într-o oarecare masură mai mari decât cele înregistrate de senzorii seismici. Aceste reţele pot astfel îmbunătăţi atât detectarea seismelor, cât şi tehnicile de reducere a riscului seismic.

Sistemul de avertizare utilizează caracteristicile fizice ale seismelor, care generează două tipuri principale de unde: unda primară de mişcare rapidă sau unda P şi unda secundară, de suprafaţă (S) care este mai înceată şi cauzează mişcări mai intense, ce produc mai multe pagube. Prin detectarea şi analiza localizării şi magnitudinii unui cutremur reflectate de energia undei P, putem estima nivelele trepidaţiilor pământului de-a lungul unei regiuni şi se pot trimite avertizări populaţiei locale odată cu sau după unda S. Sistemul avansat de alertare poate varia de la câteva secunde la mai mult de un minut, în funcţie de distanţa de la zona afectată la epicentrul cutremurului [**8**].

Sistemul de poziţionare GNSS este în mod particular bun la a ne informa cu rapiditate despre schimbarea poziţiei unei staţii. Senzorii seismici măsoară vibraţiile foarte bine, dar GNSS este mai bun la măsurarea deplasărilor permanente.

În cazul unui cutremur major, o staţie se poate deplasa cu câţiva metri în câteva secunde, şi nu doar în linie dreaptă. Zdruncinarea poate include mişcări oscilatorii dezordonate care sunt de câteva ori mai mari decât deplasarea permanentă. Chiar dacă sistemul GNSS nu a fost niciodată creat pentru a a măsura asemenea mişcări mari, intermitente şi neaşteptate, am descoperit ca funcţionează foarte bine şi asigură un mare ajutor senzorilor seismici care sunt folosiţi în prezent pentru avertizarea timpurie de cutremur.

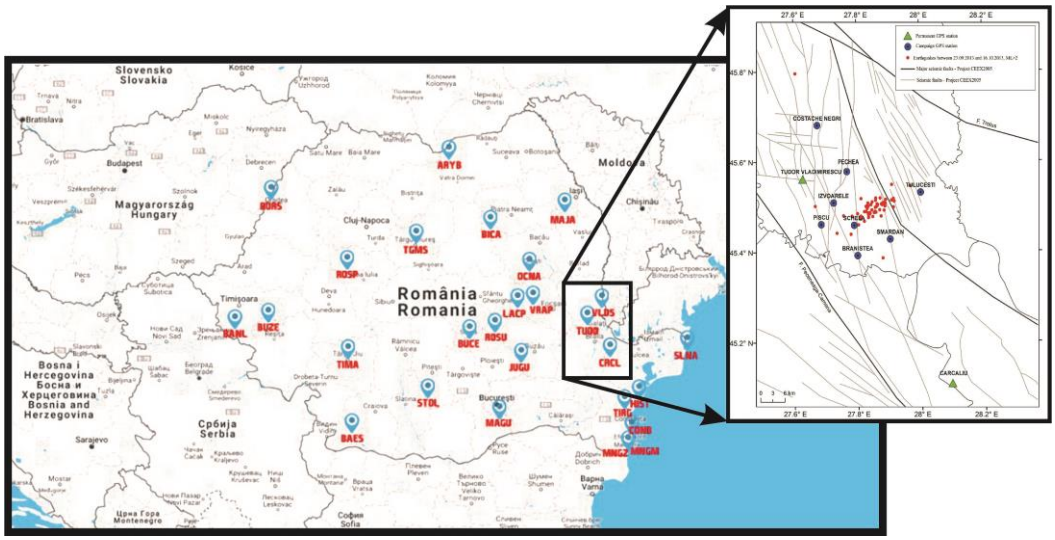
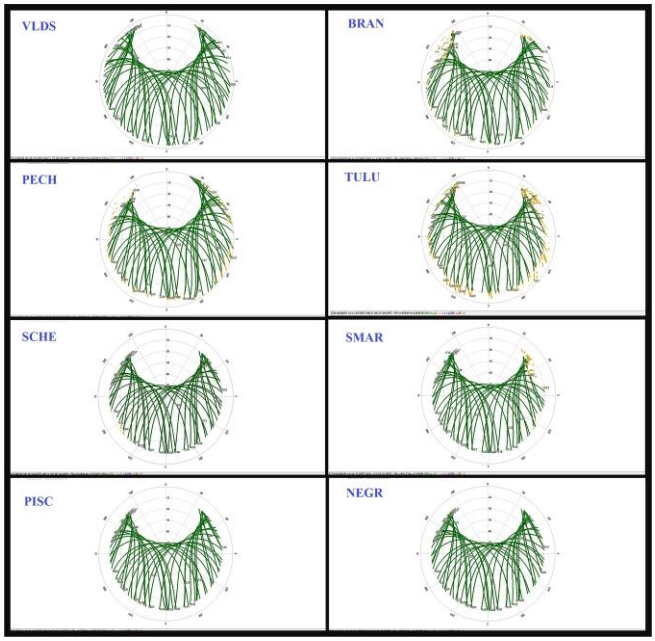
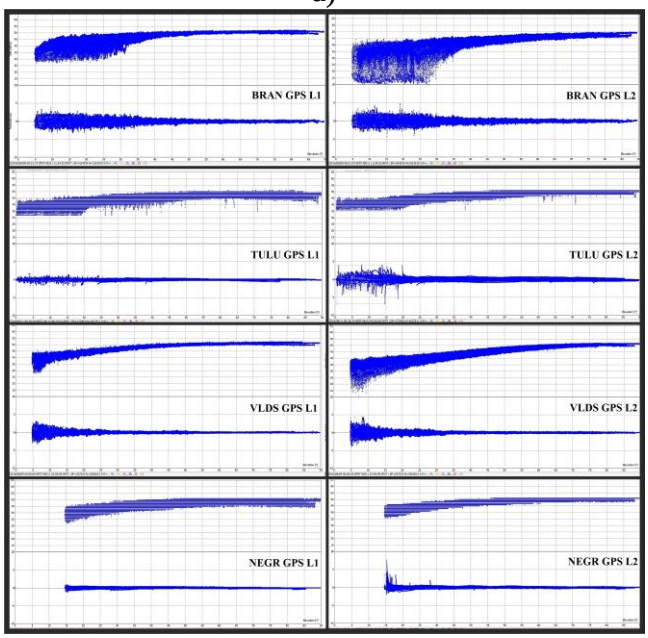


Figura 4: Reţeaua GNSS de staţii permanente, dispersia acestora la nivel naţional şi un extras mărit asupra zonei seismogene NV Galaţi

Prezenta analiză [***Figura 5***] ne ajută în vederea evaluării terenului şi selectării locaţiilor de amplasare pentru staţiile de referinţă/campanie. Le folosim pentru a evalua ("code and phase multipath"), interferenţe RF şi atenuarea semnalului, măsura calitatea şi integritatea datelor şi mai mult decât atât, ca şi în cazul unei analize "Quality Check", pentru verificarea cantităţii (urmărirea informaţiei, discrepanţa datelor), calităţii "cycle slips, multipath, SNR" şi a formatului în conformitatea standardului RINEX, ale datelor colectate.



a)



b)

Figura 5: Analiza calităţii datelor GPS înregistrate în zona seismogenă NV Galaţi. a) Sky plots – analiza vizibilităţii sateliţilor pe tot parcursul înregistrării datelor, implementarea unui unghi de tăiere de 15^0 şi observarea obstrucţiilor. b) Analiza semnal-zgomot în funcţie de înălţime pe frecvenţele L1 şi L2 înregistrate.

Monitorizarea calităţii datelor asigură informaţii nu numai pentru activităţile de procesare de date, dar şi pentru colectarea unor date de mare calitate şi pentru arhivarea lor de către furnizori individuali sau de servicii ştiinţifice, cum ar fi Institutul Naţional pentru Fizica Pământului (INFP).

Pentru reţeaua de staţii GNSS de referinţă pe care o operăm şi din cauza faptului că generează o cantitate mare de date, o analiză detaliată a datelor nu poate fi posibilă

fară instrumente sofisticate de analiză şi de diseminare. În consecinţă, am generat o serie de rapoarte HTML, pagini web ("data repository" şi "unavailability") [http://gps.infp.ro], grafice şi am pregătit distribuirea măsurătorilor calitative ale datelor brute obţinute de la reţeaua de referinţă în vederea realizării unor investigaţii mai detaliate.

După analizarea întregului set de date, una dintre cele mai importante concluzii extrase s-a dovedit a fi faptul că, pentru anumite locaţii, avem nevoie de extensii ("pole") de cupru în cadrul măsurătorilor de campanie, pentru a elimina erorile multipath şi pentru a reduce valorile SNR pentru unghiuri mai mici de elevare ($<15^0$).

Referințe

[1] P.I. Nenovski, M. Pezzopane, L. Ciraolo, M. Vellante, U. Villante and M. De Lauretis. Local changes in the total electron content immediately before the 2009 Abruzzo earthquake. Adv. In Space Res. 55, 243-258 (2015);

[2] H. Le, J.Y. Liu and L. Liu A statistical analysis of ionospheric anomalies before 736 M6.0+ earthquakes during 2002–2010, J. Geophys. Res., 116, A02303 (2011);

[3] Eduard Ilie Nastase, Christina Oikonomou,Dragos Toma-Danila, Haris Haralambous, Alexandra Muntean, Iren Adelina Moldovan," INVESTIGATION OF IONOSPHERIC PRECURSORS OF EARTHQUAKES IN ROMANIA USING THE ROMANIAN GNSS/GPS NETWORK", Rom. Journ. Phys., Vol. 61, No. 7–8, P. 1426–1436, 2016;

[4] Sabrina Ugazio - "High-performance velocity, frequency and time estimation using GNSS", Coordinators of the Research Doctorate Course prof. Letizia Lo Presti, prof. Frank van Graas, prof. Ivo Montrosset, POLITECNICO DI TORINO, 2013;

[5] Monica Marzario – "High frequency GPS as a potential contribution for monitoring a seismogenic structure", Supervisor: Mattia Crespi, Co-Supervisor: Antonio Avallone, Engineering Faculty Department of Civil and Environmental Engineering, Roma, 2012;

[6] Dagoberto Jose Salazar Hernandez - "Precise GPS-based position, velocity and acceleration determination: Algorithms and tools", Advisor: Dr. Jaume Sanz Subirana, Research group of Astronomy and Geomatics (gAGE) Depts. of Applied Mathematics IV and Applied Physics Universitat Politecnica de Catalunya (UPC), Spain, 2010;

[7] E. I. Nastase, A. Muntean, D. Toma-Danila, V. Mocanu, C. Ionescu, A regional GPS network for monitoring the Carpathian-Danubian -Pontic space deformations and the impact of local earthquakes. SGEM2016 Conference Proceedings Volume (accepted for publication), 2016;

[8] Inside GNSS – Engineering Solutions from the Global Navigation Satellite System Community, July/August 2014;

[9] E. I Nastase, A. Muntean, D. Toma-Danila, V. Mocanu, C. Ionescu, Study of NW Galati seiamogenic area, 3 GPS campaigns from 2013-2015, preliminary results, SGEM2016 Conference Proceedings Volume (accepted for publication) (2016);

6. ***Rezultate, stadiul realizării obiectivului fazei, concluzii şi propuneri pentru continuarea proiectului:***

Metodologia descrisă a fost aplicată cu succes pe datele GNSS continue înregistrate pe perioada secvenţei seismice de la Galaţi 2013, dar şi pe datele GPS de campanie colectate în perioada 2013-2016 şi pentru evenimentele ce au avut loc în zona seismică Vrancea în perioada 2004-2017 conform [***Tabel-ului 1***].

Datele GNSS adaugă eficienţă sistemului, deoarece sunt măsurători independente. Senzorii seismici sunt practic o masă pe un arc, în timp ce sistemul GNSS măsoară variaţia poziţiei folosind schimbările de variaţie de la o constelaţie de sateliţi, aşadar este o metodă diferită de observaţie. Având ambele tipuri de date, sistemul este mult mai puternic, deoarece putem elimina imediat erorile venind de la un senzor sau altul. Diversitatea observaţiilor ne aduce mai multă eficienţă.

Cât despre prelucrarea datelor luate la un loc, există o abundenţă de literatură de specialitate, iar noi testăm totul, luându-le pe rând separate, apoi vag împreună sau împreună, aceasta prin folosirea mai multor metode. Sunt avantaje în ceea ce priveşte simplitatea metodei, viteza şi acurateţea pe care le evaluăm în mod constant. Creăm un sistem cu autodeclanşare care este foarte stabil chiar şi în timpul deplasărilor dinamice mari, ...slam dunk. Am învăţat foarte multe lucruri studiind metodele de îmbinare/conlucrare folosite la aparatura din avioane... , adică de la sistemele de navigare şi poziţionare şi privind atât soluţiile comerciale universale, cât şi opţiunile independente/obscure [***International Seminars on Positioning and Navigation Technologies "Courses for curious minds", Ecole Nationale de l'Aviation Civile (ENAC), Toulouse***].

Pentru această fază a proiectului s-au utilizat datele deja înregistrate, fară a beneficia de posibilitatea instalării unei reţele mobile cu o configuraţie stabilită în funcţie de obiectivul şi particularităţile studiului propus. Ca şi propunere pentru continuarea proiectului ar fi îndesirea şi remăsurarea punctelor de campanie GPS pentru a putea oferii o mai mare acurateţe rezultatelor.

Consideram ca obiectivul fazei a indeplinit în totalitate.

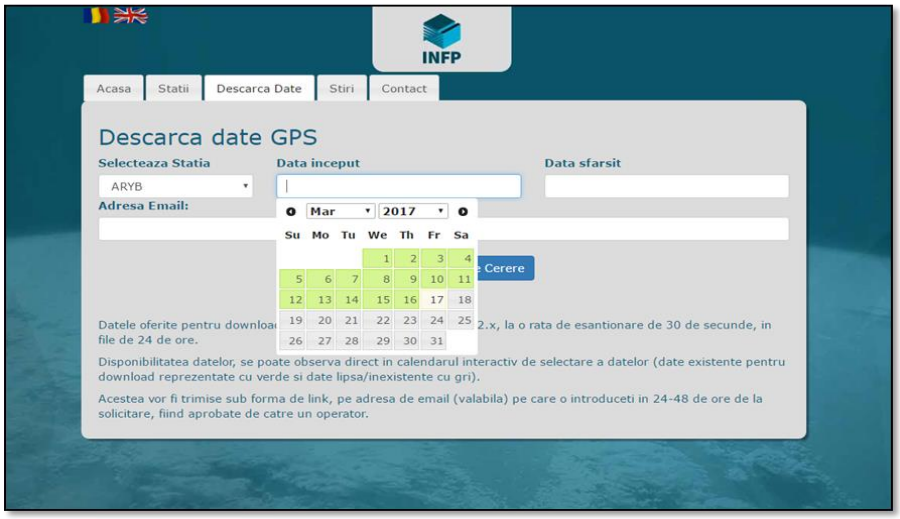


Figura 6: Pagina de Descarcare Date a site-ului dedicat reţelei GPS/GNSS a INCDFP

Diseminarea rezultatelor proiectelor a fost realizată prin următoarele publicații și prezentări la conferințe naționale și internaționale, participarea la stagii de lucru:

Conferinţe naţionale şi internaţionale:

2016:

[1] ***Eduard Ilie NASTASE***, Alexandra MUNTEAN, Dragoş TOMA-DĂNILĂ, Victor MOCANU, Constantin IONESCU,, Preliminary results from 3 GPS campaigns having taken place in the seismogenic area of NW Galati", The 14th International Conference of the Geological Society of Greece", Mai 25-27, 2016, în Thessaloniki, Grecia
(Comunicare Orala la reuniune internationala, autor-prezentator)

[2] ***Eduard NASTASE***, Alexandra MUNTEAN, Victor MOCANU, Constantin IONESCU „ A regional GPS network for monitoring the Carpathian-Danubian-Pontic space deformations and the impact of local earthquakes", Simpozionul Şcolii Doctorale de Geologie – GEODOCT, Mai 2016
(Comunicare Orala la reuniune nationala, autor-prezentator)

[3] A. Muntean, M. Popa, M. Radulian, ***E. I. Năstase*** „HAZARD ANALYSIS IN AREAS WITH ANTHROPIC ACTIVITIES. STUDY CASES: GALATI REGION AND PETROSANIMINING AREA (ROMANIA)" 11th ELSEDIMA International Conference, 26-28 Mai 2016, Cluj-Napoca
(Comunicare Poster la reuniune internationala, coautor)

[4] ***Eduard Ilie Năstase*** , Alexandra Muntean, Dragoş Toma-Dănilă, Constantin Ionescu, Victor Mocanu „STUDY OF NW GALATI SEISMOGENIC AREA, 3 GPS CAMPAIGNS FROM2013-2015, PRELIMINARY RESULTS" 16th edition of the SGEM International GeoConferences, 28 June - 7 July, 2016, Albena, Bulgaria
(Comunicare Orala premiata cu "Best SGEM 2016 presentation"la reuniune internationala, autor-prezentator)

[5] ***Eduard Ilie NASTASE***, Alexandra MUNTEAN, Constantin IONESCU, Victor MOCANU, Boudewijn A.C. AMBROSIUS, A REGIONAL GPS NETWORK FOR MONITORING THE CARPATHIAN-DANUBIAN-PONTIC SPACE DEFORMATIONS AND THE IMPACT OF LOCAL EARTHQUAKES, 16th edition of the SGEM International GeoConferences, 28 June - 7 July, 2016, Albena, Bulgaria
(Comunicare Poster la reuniune internationala, autor-prezentator)

[6] ***Eduard Ilie Nastase***, Alexandra Muntean, Constantin Ionescu, Victor Mocanu and Boudewijn A.C., Ambrosius2013-2016 GPS Campaigns study of Seismic swarm recorded in NW Galati, Romania, 18th General Assembly of WEGENER, 12-15 September 2016, Ponta Delgada, Azores, Portugal
(Comunicare Orala la reuniune internationala, autor-prezentator)

[7] Alexandra MUNTEAN, ***Eduard Ilie NASTASE***, Constantin IONESCU, Victor MOCANU, Boudewijn A.C. AMBROSIUS, Monitoring Crustal deformation in Romania by continuous GNSS Measurements, 18th General Assembly of WEGENER, 12-15 September 2016, Ponta Delgada, Azores, Portugal
(Comunicare Orala la reuniune internationala, coautor)

2017:

[8] ***Eduard Ilie NASTASE***, Alexandra MUNTEAN, Constantin IONESCU, Victor MOCANU, Boudewijn A.C. AMBROSIUS, COMBINED SOLUTIONS FOR AN INTEGRATED GNSS STUDY OVER NW GALATI SEISMOGENIC AREA ISSUED FROM GPS CONTINUOUS AND CAMPAIGN MEASUREMENTS, Conference paper: The 6th National Conference on Earthquake Engineering and the 2nd National Conference on Earthquake Engineering and Seismology - 6CNIS & 2CNISS, 2017
(Comunicare Orala la reuniune nationala, autor-prezentator)

[9] ***PhD Student Eduard Ilie Năstase*** / Dr. Alexandra Muntean / Dr.Ing. Constantin Ionescu / Prof.Dr.Ing. Victor Mocanu /Prof. Dr. Boudewijn A.C. AMBROSIUS, QUANTITATIVE AND QUALITATIVE CONTROL FOR AN INTEGRATED GNSS STUDY OVER NW GALATI SEISMOGENIC AREA, 17 International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2017
(Comunicare Poster la reuniune internationala, autor)

[10] Alexandra MUNTEAN, Boudewijn A.C. AMBROSIUS , Victor MOCANU, ***Eduard Ilie NASTASE***, Constantin IONESCU, SURFACE MOTIONS IN ROMANIA DERIVED FROM 15 YEARS OFCONTINUOUS GNSS MEASUREMENTS, 17 International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2017
(Comunicare Orala la reuniune internationala, coautor)

[11] ***Eduard NASTASE***, Alexandra MUNTEAN, Sorin NISTOR, TESTING AND DEVELOPMENT OF HIGH-RATE GPS WAVEFORMS STUDY OVER 2016 VRANCEA SEISMIC EVENTS, 17th International Balkan Workshop on Applied Physics and Materials Science - IBWAP 2017
(Comunicare Orala la reuniune internationala, autor-prezentator)

Lucrări ştiinţifice:

2016:

[1] ***Eduard Ilie Năstase*** , Alexandra Muntean, Dragoş Toma-Dănilă, Constantin Ionescu, Victor Mocanu „STUDY OF NW GALATI SEISMOGENIC AREA, 3 GPS CAMPAIGNS FROM2013-2015, PRELIMINARY RESULTS" Conference paper: 16th International Multidisciplinary Scientific Conference SGEM, At Albena, Bulgaria, Volume: III, indexata ISI Web of Science, ISI Web of Knowledge.80, Pag.631-638, 2016.

[2] ***Eduard Ilie NASTASE***, Alexandra MUNTEAN, Constantin IONESCU, Victor MOCANU, Boudewijn A.C. AMBROSIUS, A REGIONAL GPS NETWORK FOR MONITORING THE CARPATHIAN-DANUBIAN-PONTIC SPACE DEFORMATIONS AND THE IMPACT OF LOCAL EARTHQUAKES, Conference paper: 16th International Multidisciplinary Scientific Conference SGEM, At Albena, Bulgaria, Volume: III, indexata ISI Web of Science, ISI Web of Knowledge.48, Pag.381-388, 2016

2017:

[3] ***PhD Student Eduard Ilie Năstase*** / Dr. Alexandra Muntean / Dr.Ing. Constantin Ionescu / Prof.Dr.Ing. Victor Mocanu /Prof. Dr. Boudewijn A.C. AMBROSIUS, QUANTITATIVE AND QUALITATIVE CONTROL FOR AN INTEGRATED GNSS STUDY OVER NW GALATI SEISMOGENIC AREA, Conference paper: 17 International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2017, **Submitted**

[4] Alexandra MUNTEAN, Boudewijn A.C. AMBROSIUS , Victor MOCANU, ***Eduard Ilie NASTASE***, Constantin IONESCU, SURFACE MOTIONS IN ROMANIA DERIVED FROM 15 YEARS OFCONTINUOUS GNSS MEASUREMENTS, Conference paper: 17 International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2017, **Submitted**

[5] ***Eduard NASTASE***, Alexandra MUNTEAN, Sorin NISTOR, TESTING AND DEVELOPMENT OF HIGH-RATE GPS WAVEFORMS STUDY OVER 2016 VRANCEA SEISMIC EVENTS, Conference paper: 17th International Balkan Workshop on Applied Physics and Materials Science - IBWAP 2017, **Submitted**

[6] ***Eduard Ilie NASTASE***, Alexandra MUNTEAN, Constantin IONESCU, Victor MOCANU, Boudewijn A.C. AMBROSIUS, COMBINED SOLUTIONS FOR AN INTEGRATED GNSS STUDY OVER NW GALATI SEISMOGENIC AREA ISSUED FROM GPS CONTINUOUS AND CAMPAIGN MEASUREMENTS, Conference paper: The 6th National Conference on Earthquake Engineering and the 2nd National Conference on Earthquake Engineering and Seismology - 6CNIS & 2CNISS, 2017 **Submitted**

Şcoală de vară, seminarii şi stagii de lucru:

2016:

[1] ***Eduard Ilie Nastase***, Christina Oikonomou, Haris Haralambous, Alexandra Muntean, Investigation of pre-earthquake ionospheric anomalies in Romania and Greece using GNSS global and national networks GNSS4SWEC – “Advanced Global Navigation Satellite Systems tropospheric products for monitoring severe weather events and

climate”, ***Summer School 2016***, Helmholtz-Centre Potsdam - GFZ German Research Centre for Geosciences Telegrafenberg, August 29 - 31, 2016

(Comunicare Poster la reuniune internationala, autor-prezentator)

2017:

[2] ***Eduard Ilie Nastase***, International Seminars on Positioning and Navigation Technologies "Courses for curious minds", 2nd Seminar, May 2017, Ecole Nationale de l'Aviation Civile (ENAC), Toulouse, France, 2017

Responsabil proiect,
Năstase Ilie Eduard