

## Consolidarea capacitatilor de detectare a tsunami in Marea Neagra

### INFORMATII GENERALE

Zona Marii Negre poate fi expusa generarii fenomenelor de tip tsunami, iar statisticile arata ca in trecut au fost generate peste 20 de evenimente de acest tip (G.A. Papadopoulos, 2011). Partea de vest a Marii Negre ar putea fi afectata cel mai grav de cutremure generate in zona Shabla, cel mai cunoscut eveniment de acest gen din trecut fiind cutremurul generat in data de 31 martie 1901, atunci cand, conform studiilor din trecut, un cutremur cu magnitudine  $M_w = 7.2$  a generat valuri tsunami cu inalimi de pana la 5 m.

Valuri tsunami pot fi generate in principal in Marea Neagra de catre cutremure cu  $M_w > 6.5$  si la adancimi mai mici de 40 km. Tipurile de plan de faliere care pot genera tsunami sunt falie inversa sau normala.

Institutul National de CD pentru Fizica Pamantului (INCDFP), in colaborare cu alte institutii din Romania, actioneaza concomitent pentru imbunatatirea colaborarii si schimbului de date cu celelalte tari ce inconjoara Marea Neagra. In prezent, numarul total de statii seismice pe care le detine Reteaua Seismica Nationala apartinand de INCDFP este de 102 statii, raspandite pe intreg teritoriul tarii. Schimbul de date cu tarile riverane Marii Negre implica achizitia in timp real a datelor de la 17 statii din Bulgaria, Turcia, Georgia si Ucraina. Acest lucru imbunatateste capacitatea Retelei de a monitoriza si localiza cat mai precis cutremurile generate in zona Marii Negre.

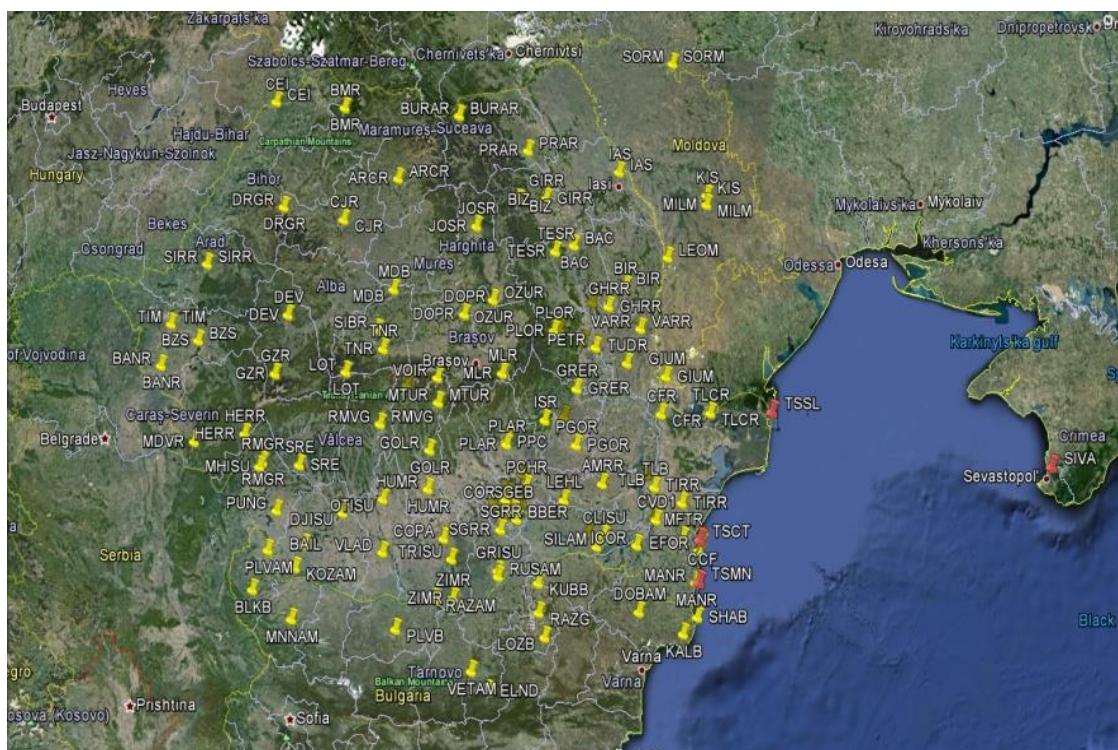
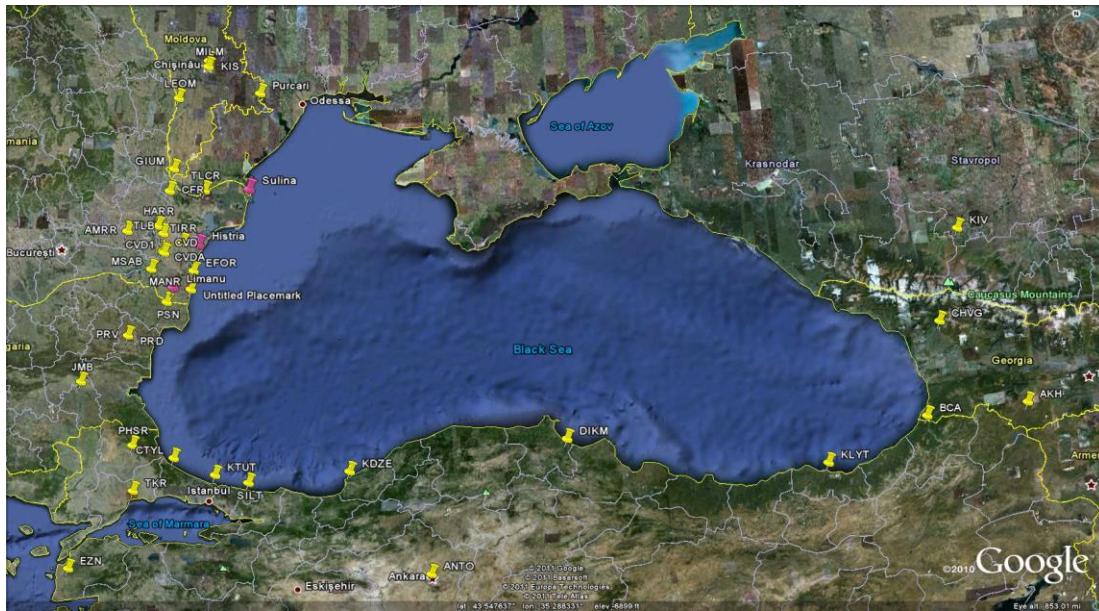


Figura 22. Reteaua Seismica din Romania.



**Figura 23.** Statiile din jurul Marii Neagre implicate in schimbul de date cu Romania.

INCDFP este atat punct national de contact (TNC) cat si punct focal de alarmare la tsunami (TWFP) pentru **The Intergovernmental Coordination Group for the Tsunami Early Warning and Mitigation System in the North-eastern Atlantic, the Mediterranean and connected seas (ICG/NEAMTWS)**.

## MONITORIZAREA SEISMICA

INCDFP opereaza o retea seismica digitala care functioneaza in timp real. Reteaua este compusa din statii seismice digitale echipate cu diferite digitizoare performante (Kinematics K2, Quanterra Q330, Quanterra Q330HR, PS6-26, Basalt), seismometre de banza scurt si larta (CMG3ESP, CMG40T, KS2000, KS54000, KS2000, CMG3T, STS2, SH-1, S13, Mark 14c, Ranger, gs21, Mark 122) si senzori de acceleratie Episensor Kinematics. Reteaua in timp real contine 102 statii si 2 retele individuale, una situata in nordul tarii (reteaua BURAR) si una situata in zona Vrancea (reteaua PLOR) (vezi Figura 22).

Datele sunt transmise catre Centrul National de Date (CND) din Magurele si catre Observatorul Seismologic Dobrogea, din Eforie. Observatorul Seismologic Dobrogea reprezinta un centru de rezerva pentru CND, si de asemenea de aici se monitorizeaza evenimentele de tip tsunami generate in Marea Neagra. Un numar total de 18 statii seismice sunt in permanenta folosite pentru monitorizarea activitatii seismice din zona Dobrogea, care ar fi cea mai afectata in cazul generarii unui cutremur de magnitudine mare, si implicit a unui tsunami, in zona de vest a Marii Negre.

Pentru achizitia in timp real a datelor (TR) si pentru schimbul de date se folosesc urmatoarele programe: Antelope si Seedlink, care este parte si Seiscomp3. Transmiterea in timp real a datelor este asigurata de diferite tipuri de transmisii: GPRS, radio, satelit, comunicatie prin Internet si o linie dedicata asigurata de o retea guvernamentală.

Procesarea si analiza datelor la cele 2 centre de operare se face prin intermediul programului Antelope 5.2™, program ce ruleaza pe 3 statii de lucru: una care ruleaza pe o platforma CentOS si 2 care ruleaza pe MacOS. Programul Seiscomp 3 este folosit si ca program de rezerva, in cazul in care Antelope nu functioneaza.

Ambele sisteme de achizite si analiza a datelor seismice asigura informatii in legatura cu parametrii cutremurelor locale, regionale si globale. In plus, programul Antelope este folosit pentru procesarea manuala a datelor seismice (asocierea cu un anumit eveniment, calculul magnitudinii, crearea unei baze de date, trimitera buletinelor seismice, calculul PGA si PGV, etc) si pentru generarea hartilor de tip ShakeMap si contribuie la interactiunea cu celelalte centre de date de pe Glob.

## SISTEMUL DE ALARMARE RAPIDA LA TSUNAMI

Sistemul de alarmare rapida la tsunami a fost realizat in cadrul unui proiect international, intitulat "*Set-up and implementation of key core components of a regional early-warning system for marine geohazards of risk to the Romanian-Bulgarian Black Sea coastal area - MARINEGEOHAZARDS*" in colaborare cu institute de profil din Romania si Bulgaria (Institutul National de Cercetare-Dezvoltare pentru Geologie si Geoecologie Marina - GeoEcoMar, Institutul de Oceanografie al Academiei Bulgare de Stiinte si Institutul Geologic al Academiei Bulgare de Stiinte)

Sistemul de alarmare este compus atat din echipamente instalate pe uscat cat si din echipamente instalate in larg, unele dintre acestea fiind instalate si dezvoltate in cadrul proiectului MARINEGEOHAZARDS, altele existente dinainte de acesta. In mare parte, echipamentele instalate pe tarm aparțin de INCDFP si sunt mentinute de personalul de la Observatorul din Dobrogea, iar echipamentele din larg sunt intretinute de catre GeoEcoMar si Institutele din Bulgaria.

## ECHIPAMENTELE DIN LARG

Echipamentele instalate in larg contin un sistem de 5 balize si module subacvatice pentru supraveghere la tsunami, instalate in diferite locatii. Pozitionarea acestora se poate vizualiza in Tabelul 20 si in Figura 24.

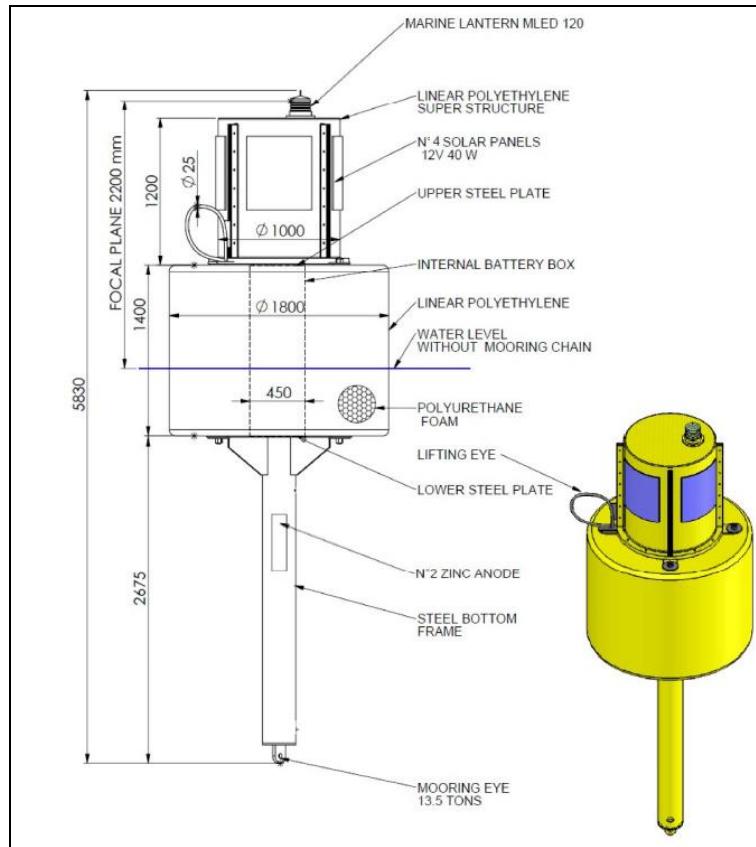
**Tabelul 20. Pozitionarea fiecarei balize si fiecarui modul pentru monitorizare de tsunami.**

| Station ID | Latitude [deg.min.sec] | Longitude [deg.min.sec] | Depth [m] |
|------------|------------------------|-------------------------|-----------|
| EUXRo01-1  | 44.40.00               | 31.04.00                | 228       |
| EUXRo02-2  | 44.09.00               | 31.03.50                | 506       |
| EUXRo03-3  | 43.54.44               | 30.35.47                | 615       |
| EUXBg04-1  | 43.25.51               | 28.47.58                | 76        |
| EUXBg05-2  | 43.04.10               | 28.25.30                | 77        |



**Figura 24-** Locatiile balizelor si modulelor de monitorizare pentru tsunami.

Fiecare baliza este un sistem numit Surface Relay Buoy (SRB) sau semi-spar buoy. In Figura 25 este reprezentata schema acestor balize.



**Figura 25.** Schema pentru Surface Relay Buoy (SRB)

Senzorii balizelor sunt urmatorii: statie meteo, pachet de instrumente subacvatice, senzor de directie si senzor de monitorizare a defectiunilor / erorilor.

Statia meteo da informatii despre masuratori ale diferitilor parametrii: presiune, temperatura, umiditate relativa, viteza vantului si directia vantului.

Pachetul de instrumente subacvatice este compus dintr-un datalogger model Seaguard RCM (SW) pentru 300 m adancime si are urmatoarele specificatii, structurate in Tabelul 21.

**Tabelul 21. Specificatiile instrumentelor subacvatice**

| Parameter        | Range                                      | Accuracy   | Resolution                            |
|------------------|--|--|---------------------------------------|
| Current sensor   | 0..300 cm/s (speed)<br>0..360° (direction) | 0.15 cm/s (speed)<br>5° (direction)                              | 0.1 mm/s (speed)<br>0.01° (direction) |
| Conductivity     | 0..7.5 S/m                                 | 0.0018 S/m   | 0.0002 S/m                            |
| Temperature      | -4..+36°C                                  | 0.03°C   | 0.001°C                               |
| Pressure         | 0..3100 kPa                                | 0.04%  | 0.0001%                               |
| Dissolved Oxygen | 0..16 g/l                                  | 0.2 mg/l   | 0.03 mg/l                             |
| Turbidity        | 0..500 FTU                                 | 2%   | 0.1 FTU                               |
| Chlorophyll      | 0..500 µg/l                                | Linearity 0.99R <sup>2</sup> for serial dilution of Rhodamine WT | 0.025 µg/l                            |

Senzorul de directie si inclinare sunt utilizate pentru monitorizarea inclinarii si ratatilor balizelor. Masurarea directiei este compensata pentru inclinari la unghiuri de pana la 40 de grade.

Senzorii de monitorizare a defectiunilor permit verificarea "situatiei tehnice" a sistemului si au in componenta: 2 senzori de voltaj si curent, un senzor de temperatura, unul de presiune si unul detector de apa.

### **RETEAUA FOLOSITA PENTRU MONITORIZAREA SEISMICA**

INCDFP a dezvoltat o retea de statii seismice, instalata in zona litorala, pentru monitorizarea seismicitatii marine. Aceasta retea consta in 3 statii seismice noi instalate pe litoralul Marii Negre, in 3 locatii diferite: Constanta (TSCT), Mangalia (TSMN) and Sulina (TSSL) (Figura 26). Fiecare statie asigura transmiterea diferitelor tipuri de date: GNSS, nivelul apei, rata de precipitatii, viteza vantului, directia vantului, temperatura aerului, presiunea, umiditatea relativă, presiunea apei, temperatura apei.



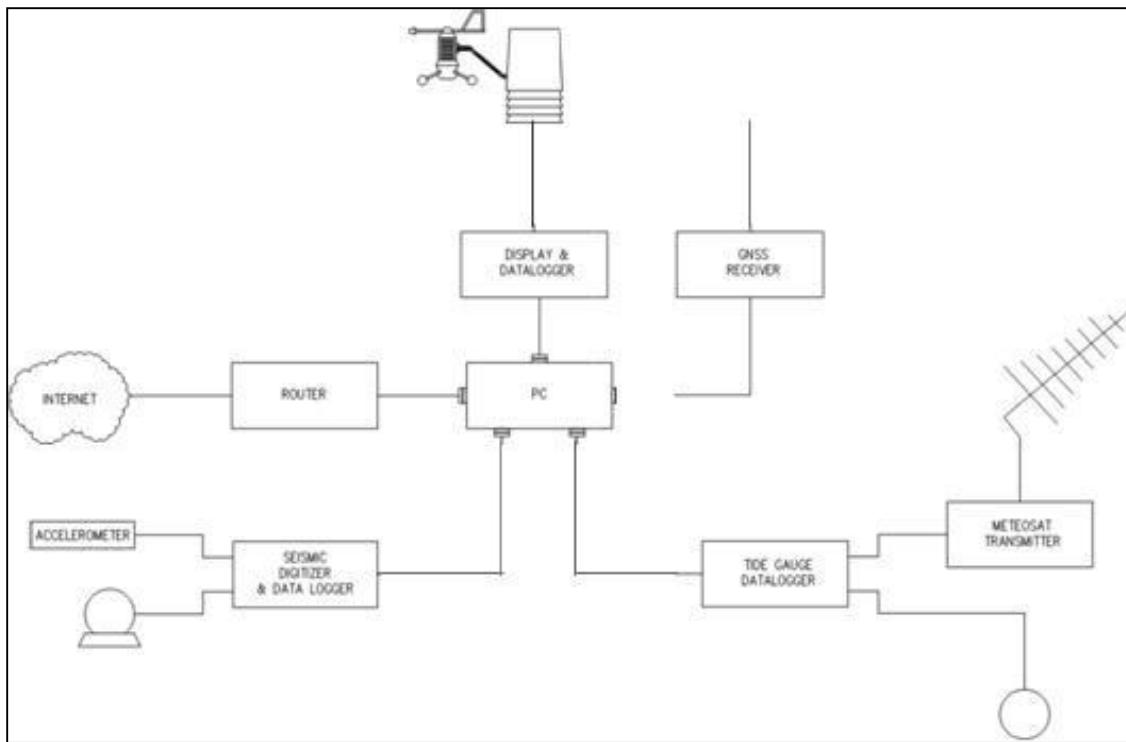
**Figura 26-** Locatia celor 3 statii seismice instalate in zona costiera a Marii Negre

Fiecare statie reprezinta de fapt un sistem de echipamente si aparatura, continand cate 4 elemente (Figura 27, Tabelul 22): partea marina (senzor radar de masurare a nivelului marii, senzor de presiune, datalogger, GPS, statie meteo, unitate de alimentare), un seismometru (de tip Kinematics), un calculator si o cabina de lucru.

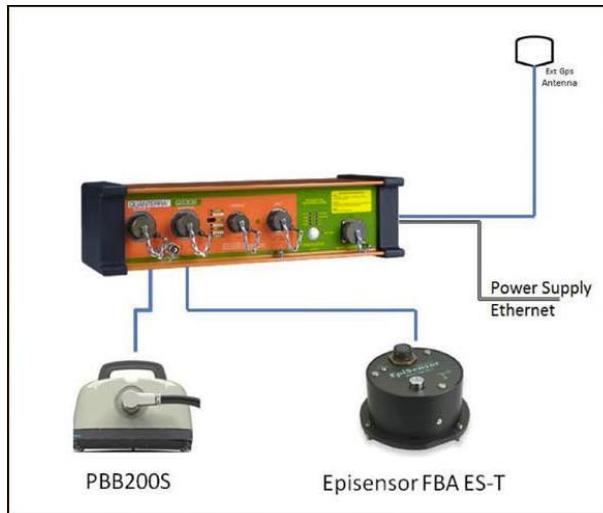
Pe langa cele 3 statii seismice, o statie de masurare a nivelului apei a fost instalata la o adancime situata intre 12-20 m, langa zona de coasta, in orasul Mangalia.

**Tabelul 22: Specificatiile fiecarei parti componente din cadrul unei statii**

| LOCATIA STATIE               | Constanta   | Sulina  | Mangalia  |
|------------------------------|---|---|---|
| <b>CODUL STATIEI</b>         | Site01 / TSCT   | Site02 / TSSL   | Site03 / TSMN   |
| <b>LATITUDINE</b>            | 28,65   | 45,16   | 43,80   |
| <b>LONGITUDINE</b>           | 44,16   | 29,72   | 28,59   |
| <b>COMPONENTA MARINA 1</b>   | radar tide gauge<br>sensor: OTT model<br>RLS                            | radar tide gauge<br>sensor: OTT model<br>RLS                            | radar tide gauge<br>sensor: OTT model<br>RLS                            |
| <b>COMPONENTA MARINA 2</b>   | pressure sensor: In-situ model Level TROLL 500 with anti-folding shield | pressure sensor: In-situ model Level TROLL 500 with anti-folding shield | pressure sensor: In-situ model Level TROLL 500 with anti-folding shield |
| <b>COMPONENTA MARINA 3</b>   | tide gauge datalogger: OTT model DuoSens                                | tide gauge datalogger : OTT model DuoSens                               | tide gauge datalogger : OTT model DuoSens                               |
| <b>COMPONENTA MARINA 4</b>   | GPS: MODEL SEPTENTRIO ASTERX2E HOC GPS/SBAS L1+L2                       | GPS MODEL SEPTENTRIO ASTERX2E HOC GPS/SBAS L1+L2                        | GPS MODEL SEPTENTRIO ASTERX2E HOC GPS/SBAS L1+L2                        |
| <b>COMPONENTA MARINA 5</b>   | Weather station:<br>Davis Instruments<br>MODEL Cable<br>Vantage Pro2    | Weather station:<br>Davis Instruments<br>MODEL Cable<br>Vantage Pro2    | Weather station:<br>Davis Instruments<br>MODEL Cable<br>Vantage Pro2    |
| <b>COMPONENTA SEISMICA 1</b> | Q330S data logger   | Q330S data logger   | Q330S data logger   |
| <b>COMPONENTA SEISMICA 2</b> | PBB 200S portable broadband Seismometer                                 | PBB 200S portable broadband Seismometer                                 | PBB 200S portable broadband Seismometer                                 |
| <b>COMPONENTA SEISMICA 3</b> | FBA ES-T episensor  | FBA ES-T episensor  | FBA ES-T episensor  |



**Figura 27.** Schema si componenta fiecarei statii



**Figura 28.** Diagrama reprezinta componenta seismica a fiecarei statii

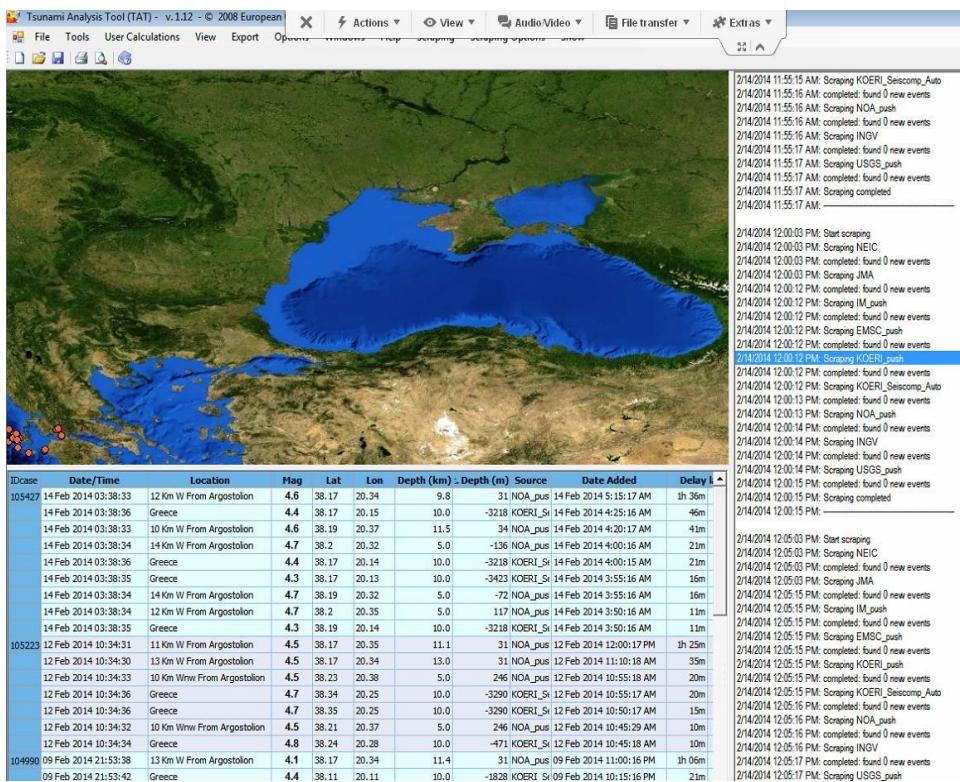
S-au instalat două programe de lucru, folosite pentru monitorizarea activitatii seismice si aparitiei fenomenelor de tip tsunami in Marea Neagra, la ambele centre de lucru, Centrul de Date din Magurele, si Observatorul Seismologic Dobrogea, din Eforie. Aceste programe sunt Tsunami Analysis Tool (TAT) si GEM (versiune 2.1 Marine Geohazard - Tsunami Early Warning System).

Tsunami Analysis Tool (TAT) este un program dezvoltat de catre Joint Research Centre (JRC), apartinand de Comisia Europeana, folosit cu scopul de a asista operatorul dintr-un centru

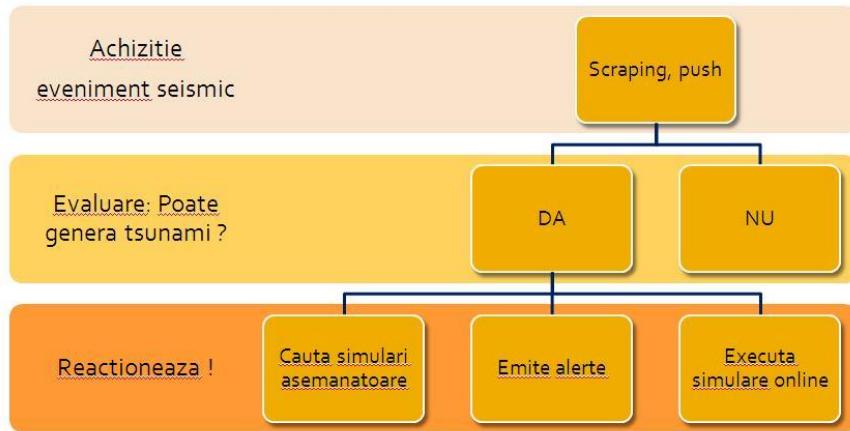
de alarmare si monitorizare tsunami in luarea unei decizii in cazul generarii unui astfel de eveniment. TAT contine o baza de date cu simulari procesate, care vor fi comparate cu datele reale in cazul producerii unui tsunami. Programul colecteaza informatii de la USGS si EMSC-CSEM si le distribuie unui grup de utilizatori, pentru cutremurele de pe Glob cu o magnitudine  $Mw \geq 4.5$ , dar de interes pentru INCDFP sunt in principal cutremurele din Marea Neagra (Figura 29). Schema de functionare a programului este prezentata in Figura 30.

**RedPhone** este o aplicatie conexa programului TAT care este folosita ca o metoda de comunicare si conectare intre membrii unui grup de utilizatori. Reprezinta de fapt un sistem de trimitere a 3 tipuri de mesaje: de informare, de solicitare si de alertare.

**GEM** este un program de alarmare bazat pe informatiile primite de la reteaua seismică, de la aparatura de masurare a nivelului apei, de la sursele GPS si de la modelarea inundabilitatii (din programul TAT).



**Figura 29.** Interfata de lucru pentru programul TAT si activitatea seismică din Marea Neagră



**Figura 30.** Schema de functionare a programului TAT

## Concluzii

INCDFP doreste imbunatatirea Matricei de Decizie pentru Marea Neagra, folosita in cadrul programului TAT si a inceput deja prelucrarea in aceasta privinta, ruland diferite simulari folosind programul, luand in considerare sursele seismice din Marea Neagra si datele de la cutremurele si tsunami-urile din trecut, care au afectat sau ar putea afecta litoralul Marii Negre.

Luand in considerare interesul Institutului manifestat in ultimii ani prin diferite colaborari si proiecte cu tematica „tsunami”, se doreste instalarea de noi echipamente adaugate la reteaua existenta cat si continuarea activitatii de monitorizare a activitatii seismice pentru vestul Marii Negre.

Ca si Stat Membru si participant la intalnirile anuale ale NEAMTWS, Institutul a fost implicat si in exercitiu de simulare a unui tsunami in Marea Neagra intitulat NEAMWave14. Acest exercitiu a fost al doilea de acest gen din cadrul regiunii NEAM (North-Eastern Atlantic, Mediterranean and connected seas) si a fost desfasurat in perioada 28-30 Octombrie 2014. Exercitiul a implicat 4 scenarii de generare a tsunami in diferite zone, dintre care unul a fost generat in Marea Neagra.

Un scop principal al INCDFP este continuarea monitorizarii activitatii seismice din Marea Neagra si asigurarea generarii mecanismelor cutremurelor pentru a fi folosite in rularea de scenarii de cutremure pentru zona de vest a Marii Negre.