



Advanced Studies and Research Center
Str. Ion Luca Caragiale nr. 19, Bucharest
Phone: +40-21-3133314, Fax: +40-21-3133315
info@asrc.ro www.asrc.ro

Monitorizarea la suprafata a locatiilor de stocare geologica a CO₂ prin Interferometria Radar

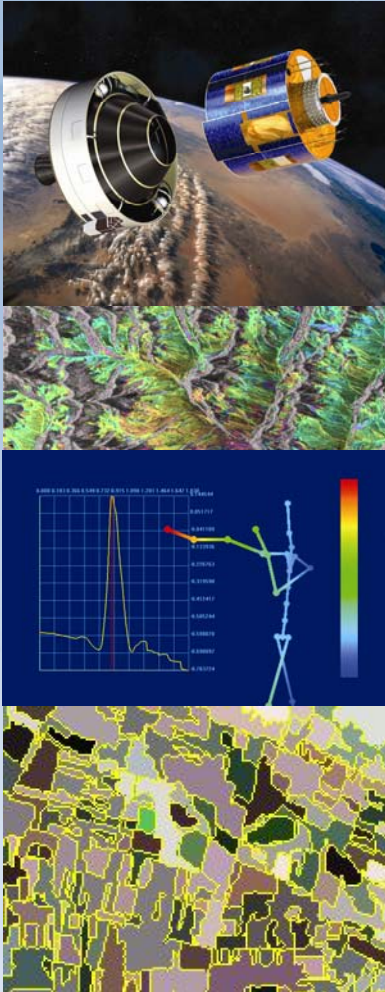
Florin Serban

Martie 2012, Craiova

Cuprins

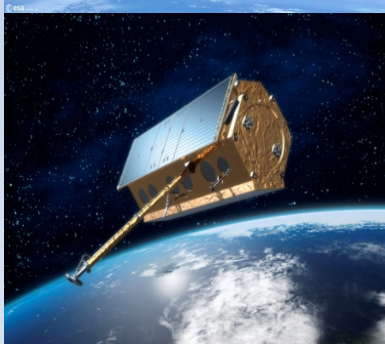
- Advanced Studies and Research Center (ASRC)
- Introducere – Interferometria Radar (InSAR)
- Monitorizarea stocarii geologice a CO₂ prin InSAR
- Experienta ASRC:
 - Monitorizarea alunecarilor de teren: Barajul Siriu (Buzau)
 - Monitorizarea deformarii terenului la scara mare: Bucuresti
 - Monitorizarea subsidentei: Ocnele Mari
 - Monitorizarea stabilitatii iazurilor de decantare: Ostra
 - Monitorizarea cotelor apelor Dunarii: Delta Dunarii
- Concluzii

Advanced Studies and Research Center (ASRC)

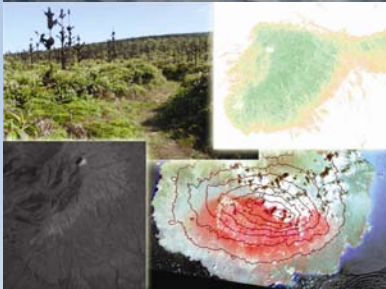


- ASRC este singura companie romaneasca ce detine competente recunoscute in extragerea automata de informatii din imagini digitale de teledetectie.
- Obiect de activitate: dezvoltarea de servicii geo-informationale
- Domenii de expertiza: Geoinformatica, Dezvoltarea de Tehnologii
- Mai multe informatii: <http://www.asrc.ro>

Introducere – Interferometria Radar (InSAR)



- InSAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar) este o tehnica recenta de prelucrare a imaginilor satelitare obtinute cu ajutorul senzorilor radar SAR aflati (in general) la bordul satelitilor (e.g. ERS, ENVISAT, TerraSAR-X sau ALOS).
- Produse finale obtinute prin InSAR:
 - ❑ **harti de deformare (elastica) a terenului;**
 - ❑ **modele digitale de elevatie (teren, constructii, etc.).**
- Tehnica InSAR a fost validata in cadrul unor proiecte ale Agentiei Spatiale Europene (TerraFirma, <http://www.terrafirma.eu.com/>).

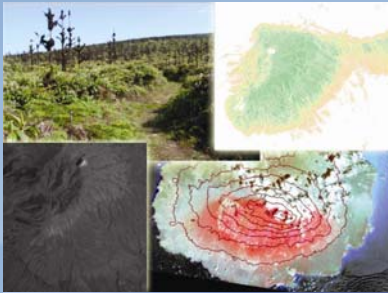


Aplicatii

InSAR se aplica in scopul monitorizarii tasarii/ridicarii terenului, cu rezultate foarte bune, intr-o serie de domenii:

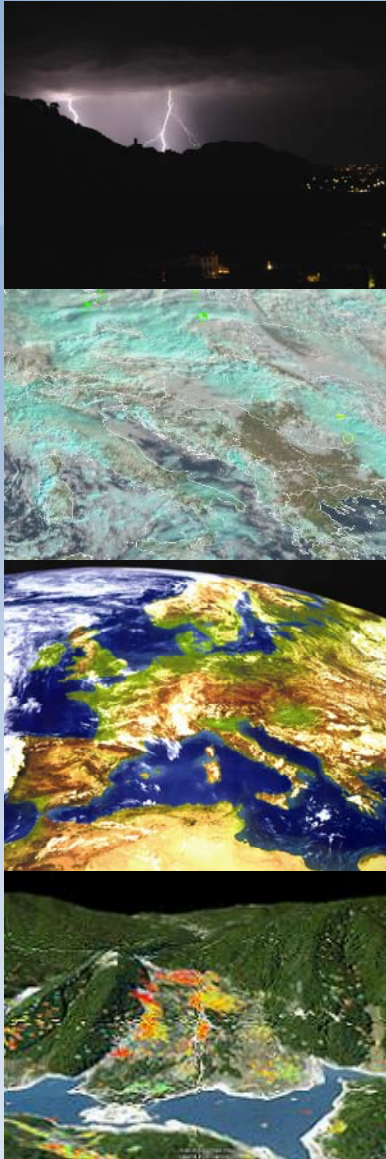
- Mediul inconjurator - deplasarea ghetarilor, evolutia zonelor costiere, tasarea cauzata de extragerea apei din subteran, siturile unde se depoziteaza dioxidul de carbon, etc.
- Infrastructura – cladiri, baraje, aeroporturi, centrale nucleare, etc.
- Dezastre naturale – alunecari de teren, cutremure, despaduriri, etc.

Aplicatii



- Asigurari – estimarea primelor de asigurare in cazul pagubelor produse asupra infrastructurii
- Extractia de petrol si gaze – deplasarea solului datorita extractiei, depozitarii, transportului prin conducte, etc.
- Activitatile miniere – subsidenta cauzata de minele active si inactive.

Avantaje



- Sistemele SAR pentru preluarea imaginilor satelitare opereaza **independent de conditiile meteorologice, atat ziua, cat si noaptea.**
- Aplicabila pentru **suprafete intinse** – se pot realiza masuratori in sute si mii de puncte, oferind informatii complexe, altfel greu de obtinut pentru suprafete intinse sau obiective precis determinate (cladiri, baraje, etc.) fara informatii de la sol; chiar si in **zone greu accesibile** (versanti muntosi, alunecari de teren, etc.).
- **Precizie** – masuratorile au o precizie de milimetri/an.
- **Timp** – monitorizarea poate fi realizata periodic (lunar si chiar saptamanal), pentru o perioada indelungata de timp.

Avantaje

- **Costuri eficiente pe termen lung** – monitorizarea realizata cu ajutorul InSAR are costuri mai reduse decat metodele clasice (masuratori de nivelment, tomografia seismica, etc.).

Fig. 1 Costurile monitorizarii

Preluata din articolul:

Glenn R. McColpin (Pinnacle Technologies, Houston), Surface Deformation Monitoring as a Cost Effective MMV Method, Energy Procedia I, 2009

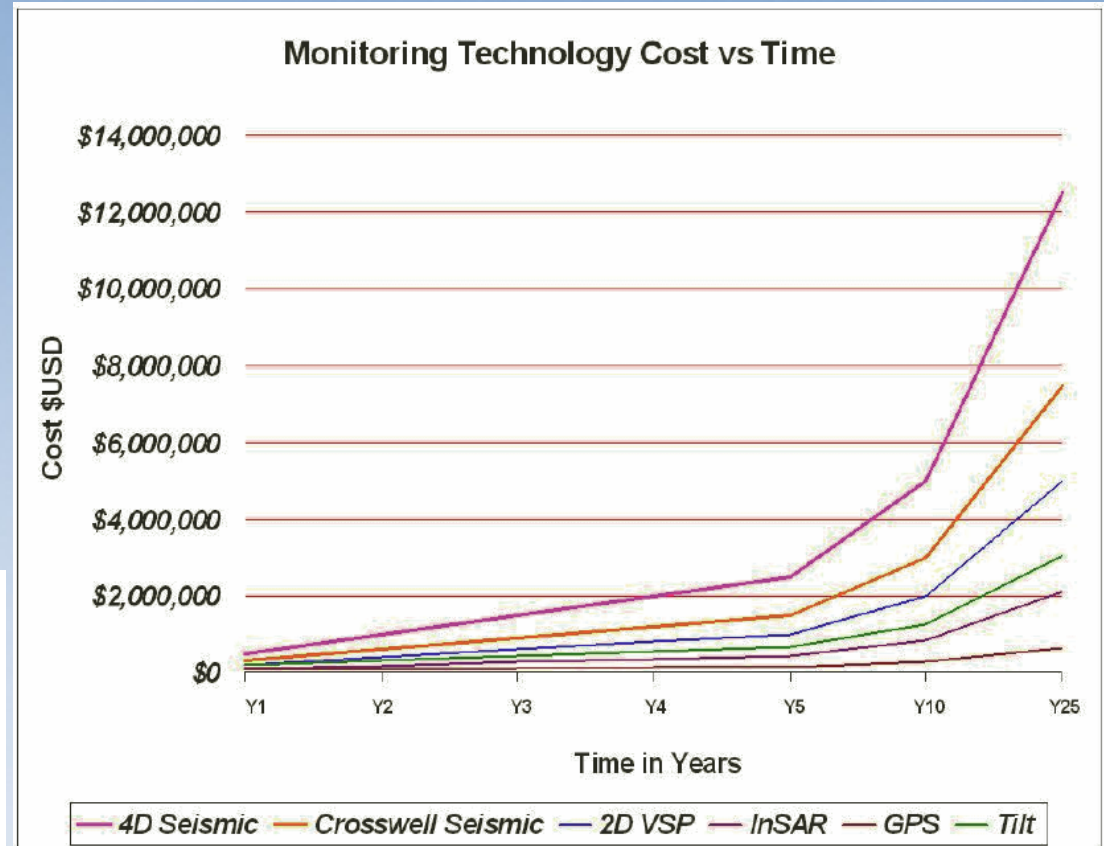


Figure 7. MMV Monitoring Costs

Monitorizarea stocarii geologice a CO₂ prin InSAR

- La nivel international exista o serie de proiecte in care se utilizeaza InSAR pentru monitorizarea stocarii geologice a CO₂:
- Agentia Spatiala Europeana – locatie: Belridge Oil Fields (California);
- Guvernul Canadei, TransAlta si Universitatea din Calgary – locatie: Wabamun, Alberta;
- BP, Sonatrach si Statoil – locatie: In Salah/Krechba, Algeria.

- Proiect de stocare a CO₂ la scara industrială la In Salah, operational din 2004.
- Imaginile provin de la satelitul Envisat, din perioada 2004 - 2009.

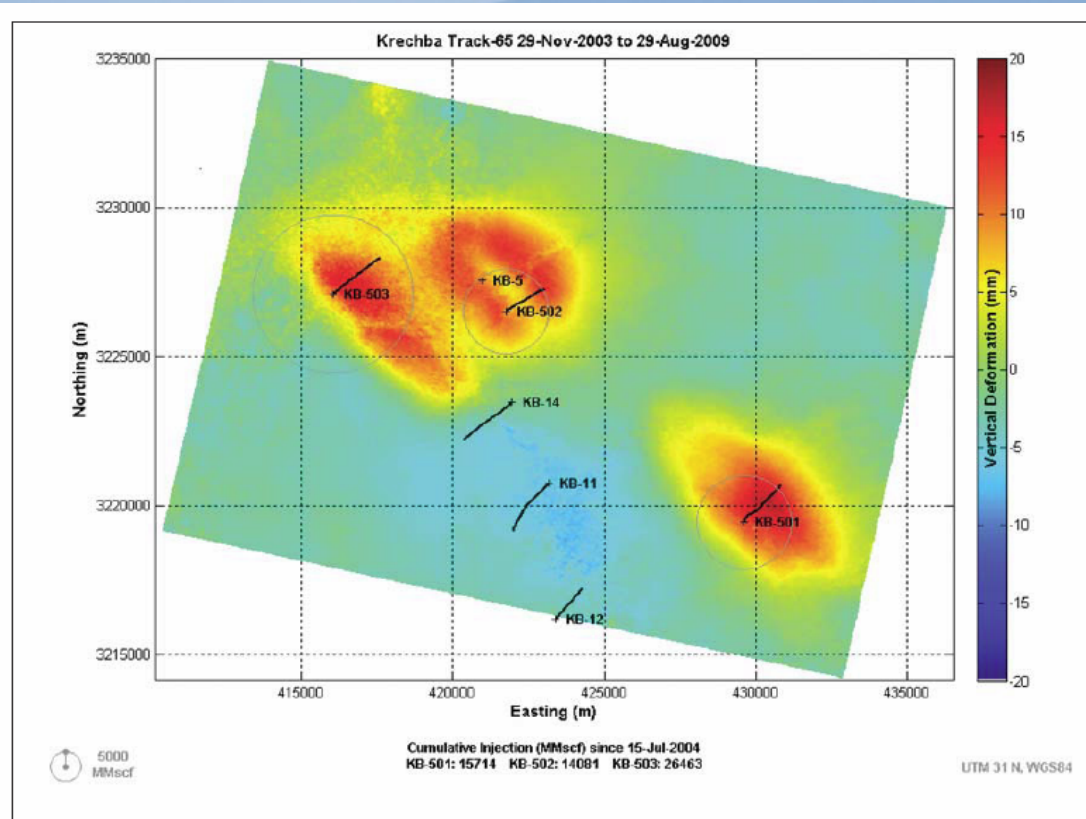


Figure 5. Satellite image of surface deformation at Krechba due to CO₂ injection (courtesy of MDA/Pinnacle Technologies).

Fig. 2 Deformarea terenului in Salah/Krechba, Algeria

- Metoda a fost considerata 'successful and cost-effective' <http://www.insalahco2.com/index.php/en/co2-storage-at-in-salah/monitoring-technologies.html>

Legenda:

- Rosu -> ridicare
- Albastru -> subsidenta

- Rezultatele prelucrării imaginilor folosind tehnologia InSAR pentru zona Krechba, Algeria.
- Imaginile au fost achiziționate de către satelitul Terrasar-X în perioada martie – septembrie 2008.

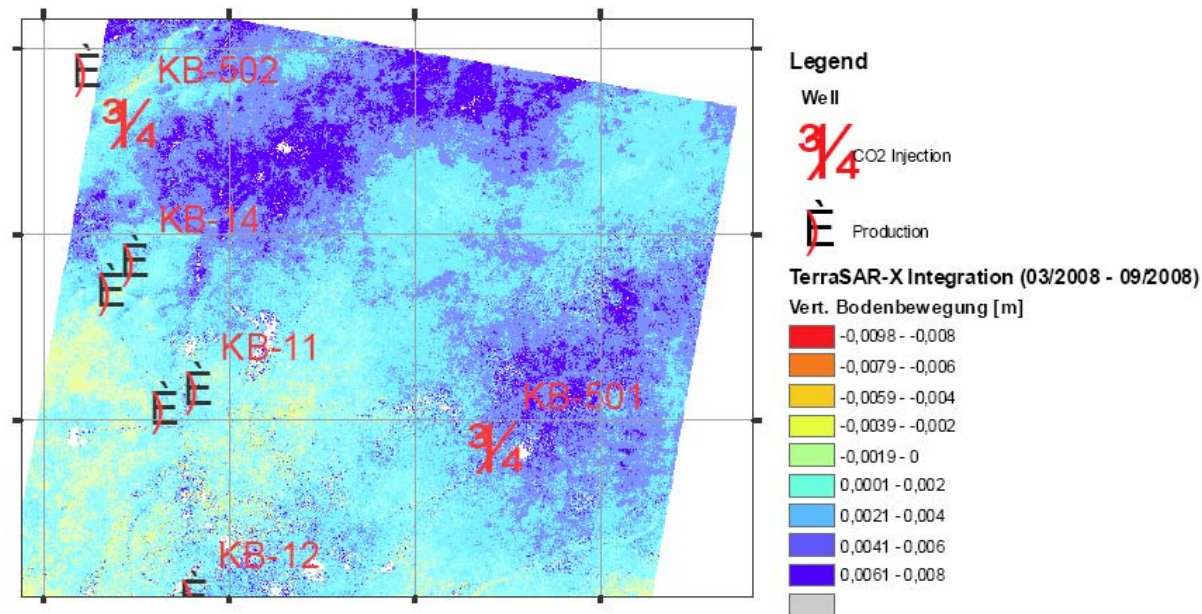


Figure 4. TerraSAR-X Surface Displacement Map at In Salah Gasfield (Algeria) and CO2 Injection/Storage site

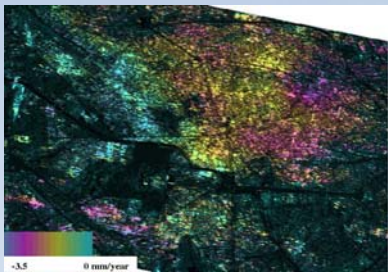
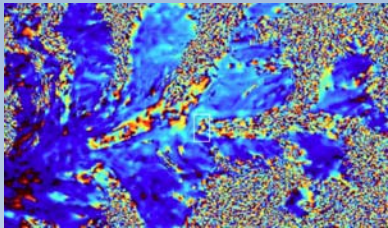
Legenda:

- Albastru -> ridicare
- Rosu -> subsidenta

Fig. 3 Figura preluata din: "TerraSAR-X: Applications for spaceborne high resolution SAR data", Infoterra GmbH)

Alegerea zonei pentru stocarea geologica de CO₂

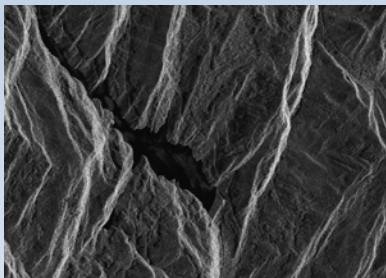
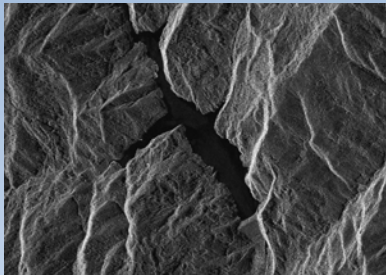
Recomandari privind monitorizarea prin intermediul InSAR:



- Alegerea zonei de stocare este o etapa importanta pentru reusita monitorizarii prin InSAR;
- Aceasta etapa va fi initiata cu cateva luni inainte de injectia CO₂ ;
- Se recomanda evitarea zonelor acoperite de apa, vegetatie abundenta sau gheata (in aceste zone se pot instala reflectori radar).

Prelucrarea imaginilor satelitare

Recomandari privind monitorizarea prin intermediul InSAR:



- Alegerea celei mai potrivite directii de vedere a satelitului (**orbita ascendenta** sau **descendenta**) si a unghiului de vedere;
- Achizitionarea unei serii temporale de imagini satelitare si prelucrarea lor corespunzatoare (pentru combaterea eventualelor efecte atmosferice si de orbita) sub forma unor interferograme/harti de deformare/profile de deformare;
- Deplasarile sunt masurate pe directia de vedere a satelitului; de aceea se face **proiectarea** lor pe o directie data.

Rezultate relevante pentru proiectul GETICA CCS

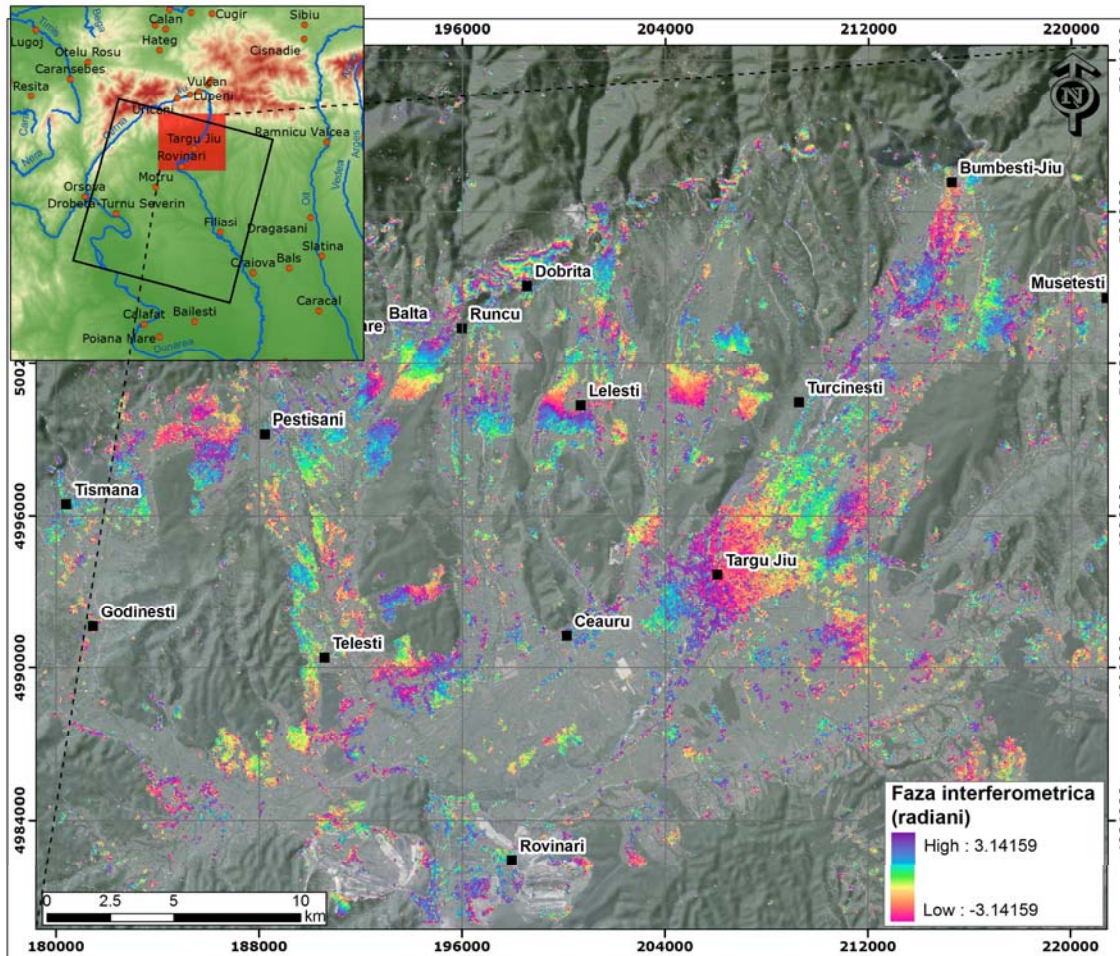


Fig. 4 Interferograma radar a zonei Targu-Jiu – Rovinari (28.08 – 06.11.2009)

**Experienta ASRC
in prelucrarea imaginilor
satelitare pentru monitorizarea
deformarii terenului**



Advanced Studies and Research Center
Str. Ion Luca Caragiale nr. 19, Bucharest
Phone: +40-21-3133314, Fax: +40-21-3133315
info@asrc.ro; www.asrc.ro

Monitorizarea alunecarilor de teren - Barajul Siriu (Buzau) -

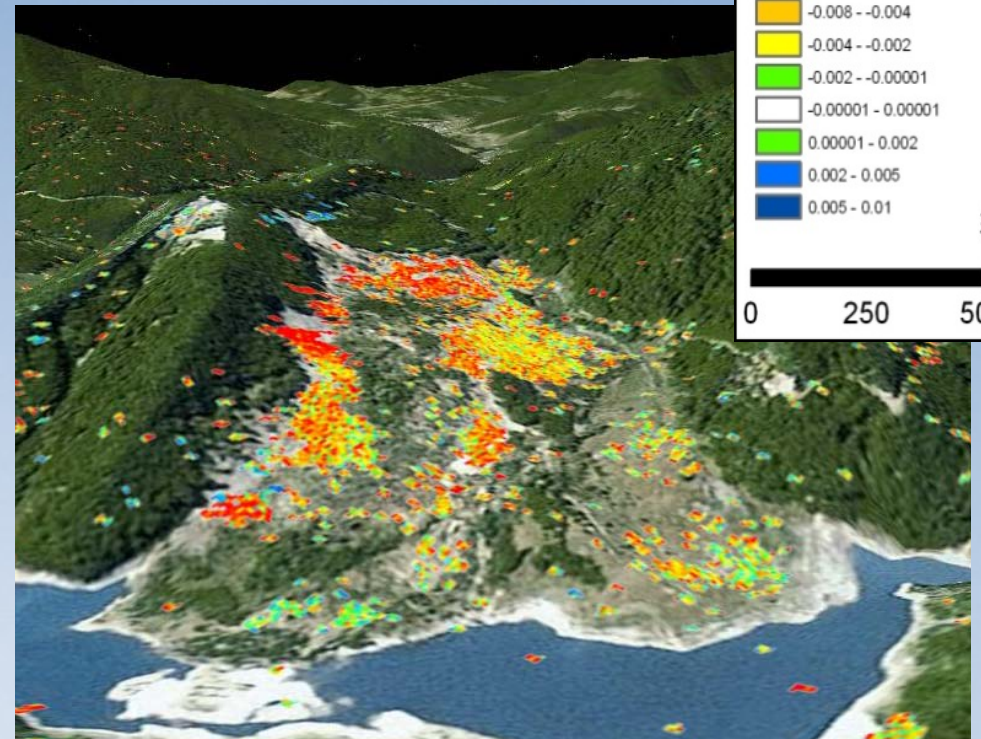
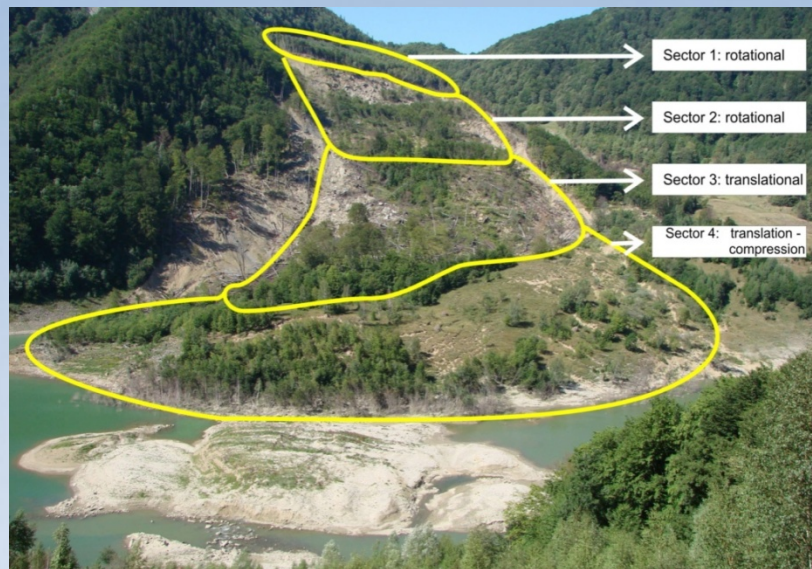


Fig. 5 Zona Groapa Vantului, Siriu (stanga – fotografie*, dreapta – harta de deformare)

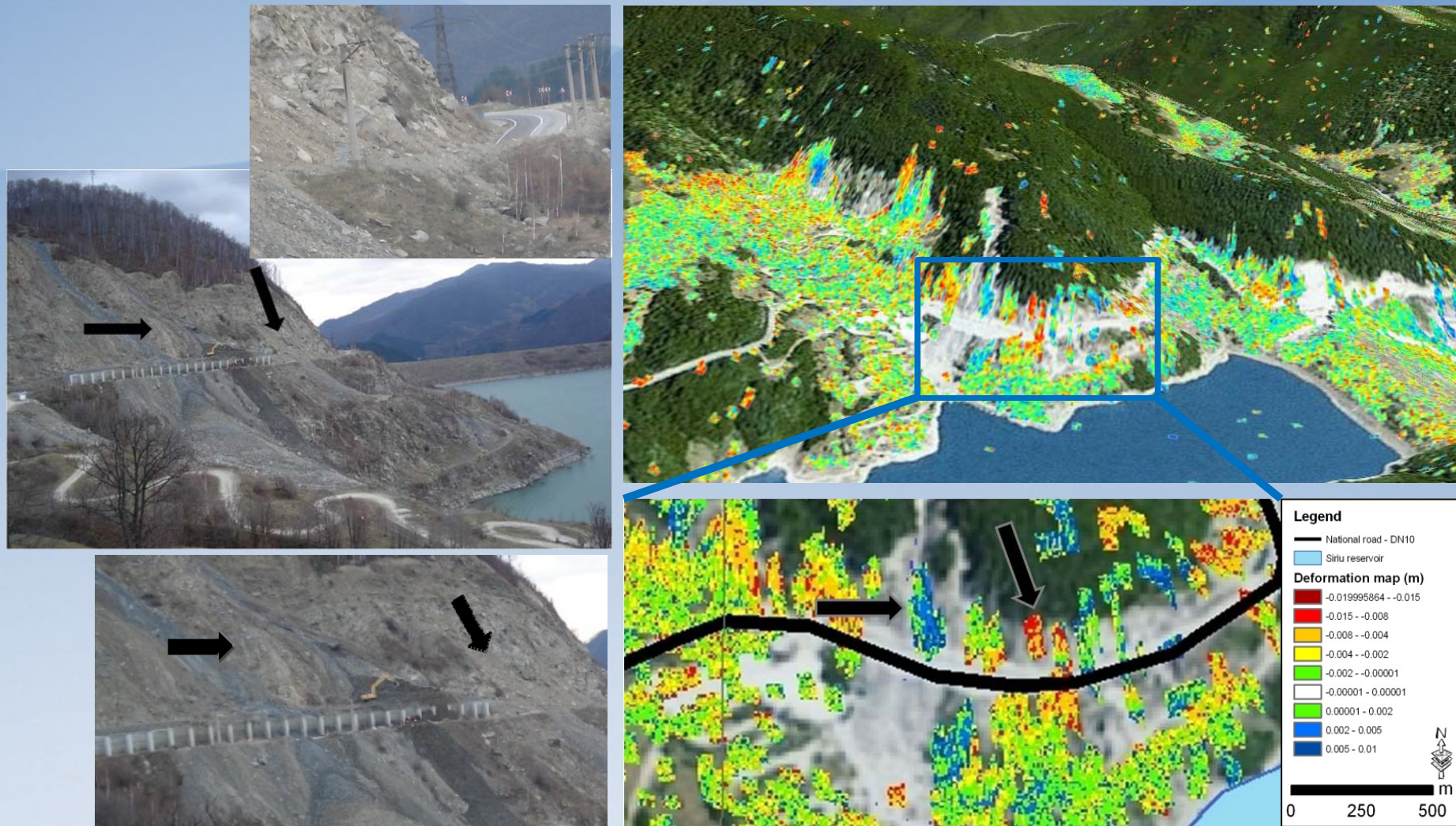


Fig. 6 Alunecare de teren afectand DN10, Siriu (stanga - fotografie, dreapta - harta de deformare)

Monitorizarea deformarii terenului la scara mare - Bucuresti -

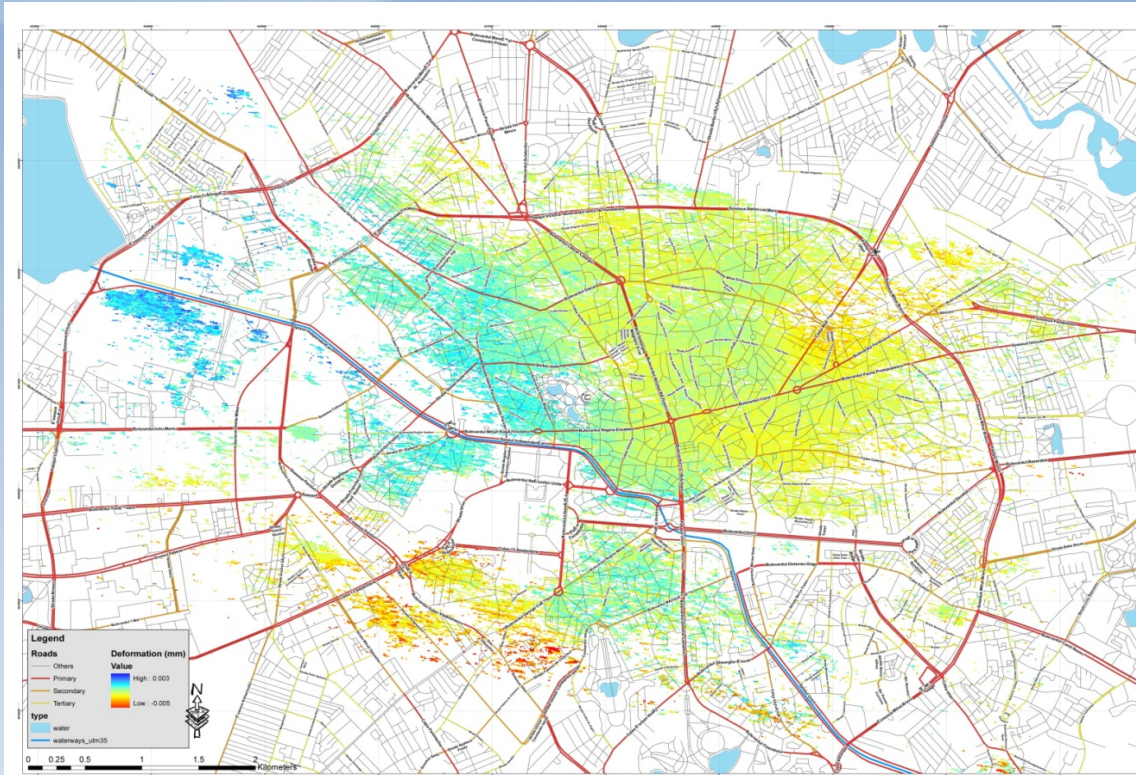


Fig. 7 Harta de deformare a orasului Bucuresti.
Se pot identifica zone care sufera un proces de tasare/ridicare



Fig. 8 Imagine a Bucurestiului de la satelitul ERS-1

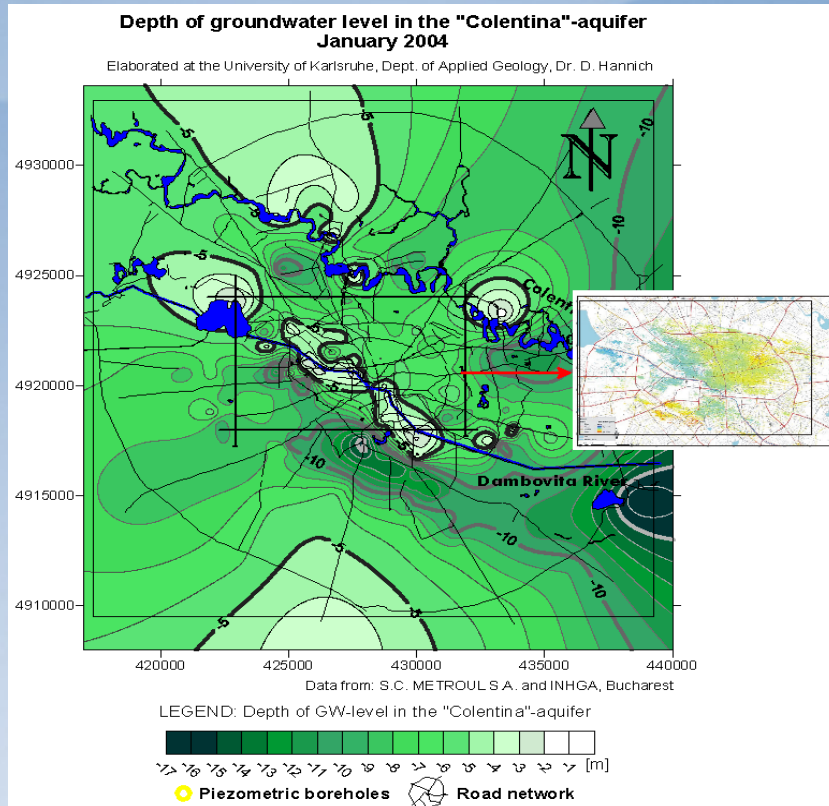


Fig. 9 Corelarea hartii de deformare a orasului Bucuresti cu harta nivelului apei subterane (exemplu: acviferul Colentina)

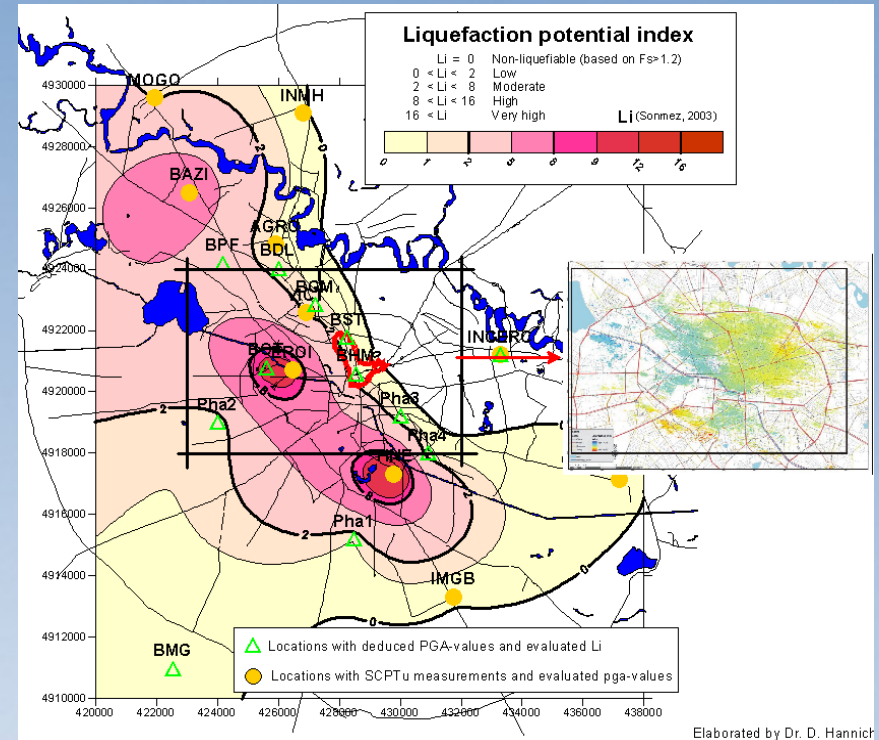


Fig. 10 Corelarea hartii de deformare a orasului Bucuresti cu harta potentialului de lichefactie. Linii de contur ale indexului potential de lichiefiere pentru Bucuresti, in cazul unui cutremur de magnitudine 7.2

Monitorizarea subsidentei - Ocnele Mari -

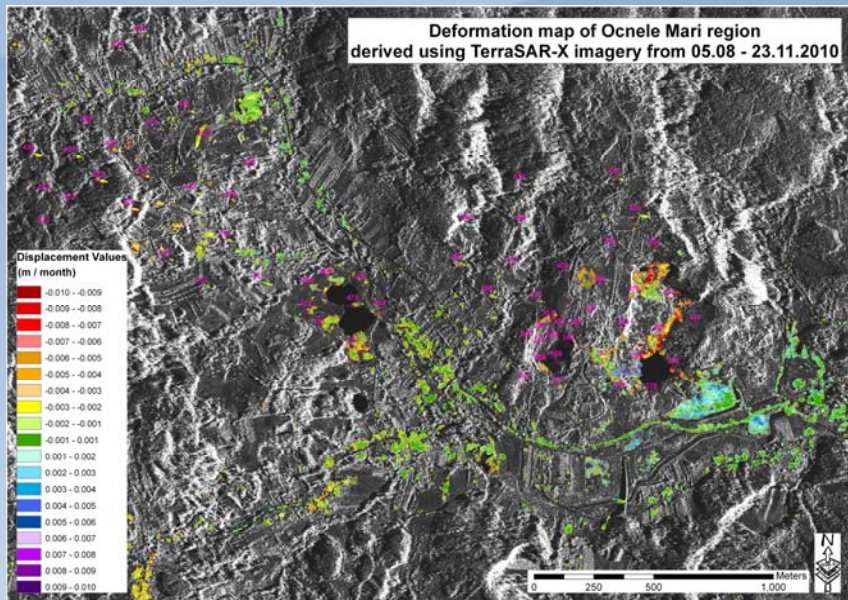
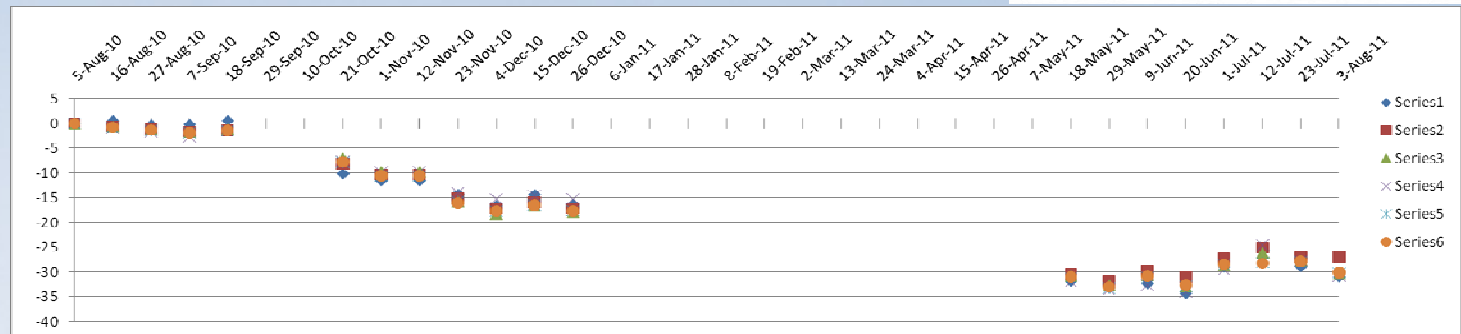
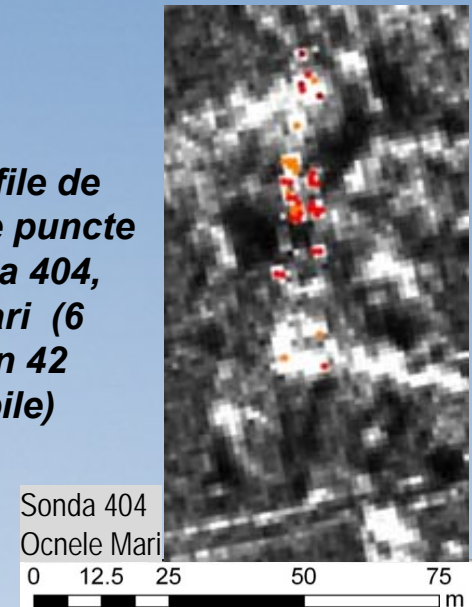


Fig. 11 Harta de deformare a zonei Ocnele Mari (05.08 – 23.11.2010)

Fig. 12 Profile de deformare pe puncte de pe sonda 404, Ocnele Mari (6 profile din 42 disponibile)



Monitorizarea stabilitatii iazurilor de decantare - Ostra -

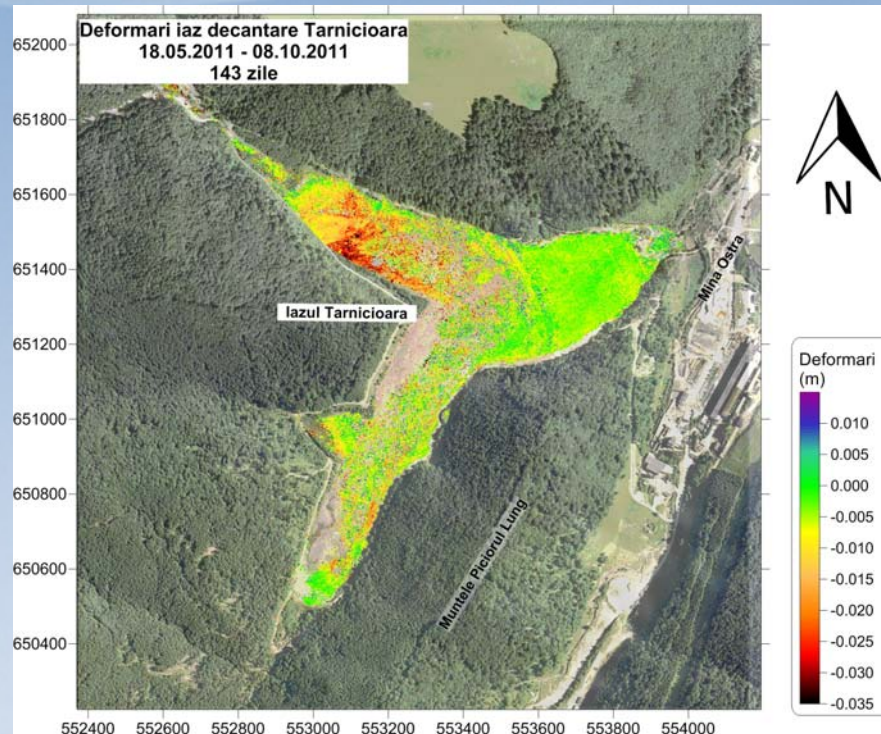


Fig. 13 Harta de deformare pentru iazul Tarnicioara (18.05 – 08. 10. 2011)

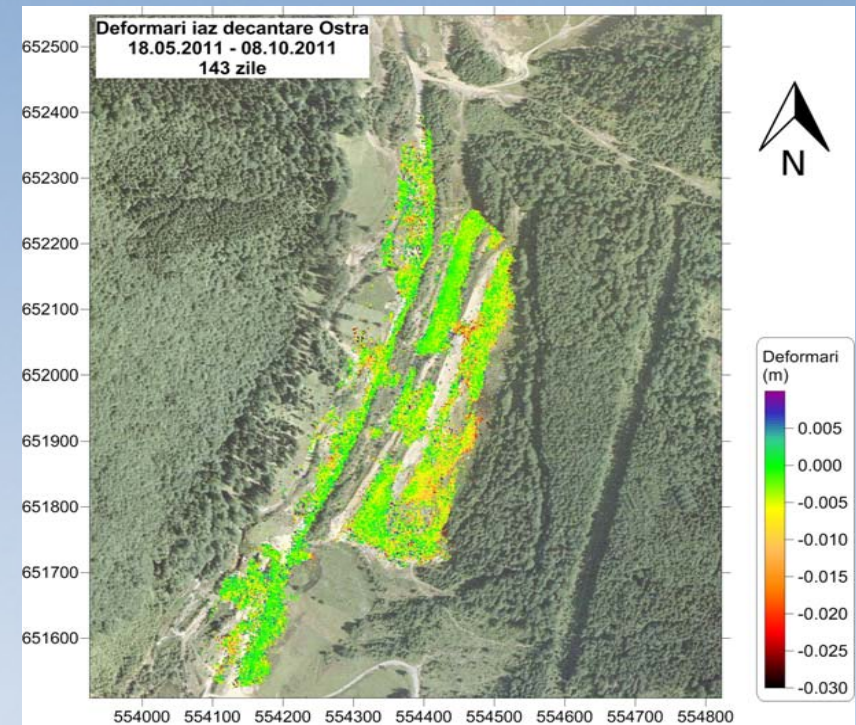
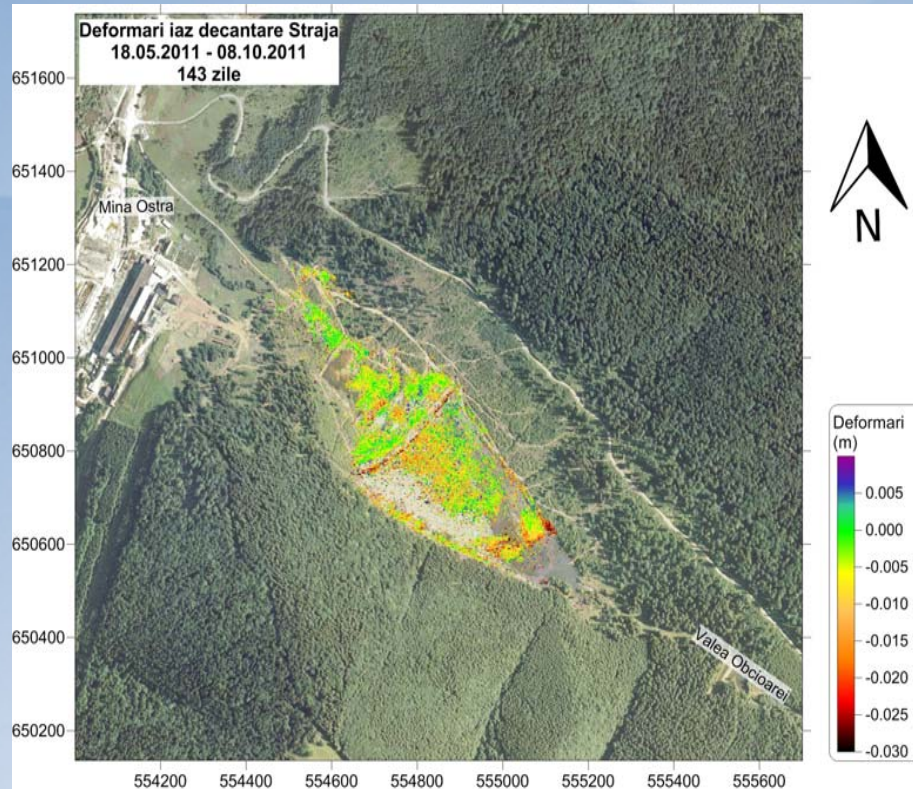
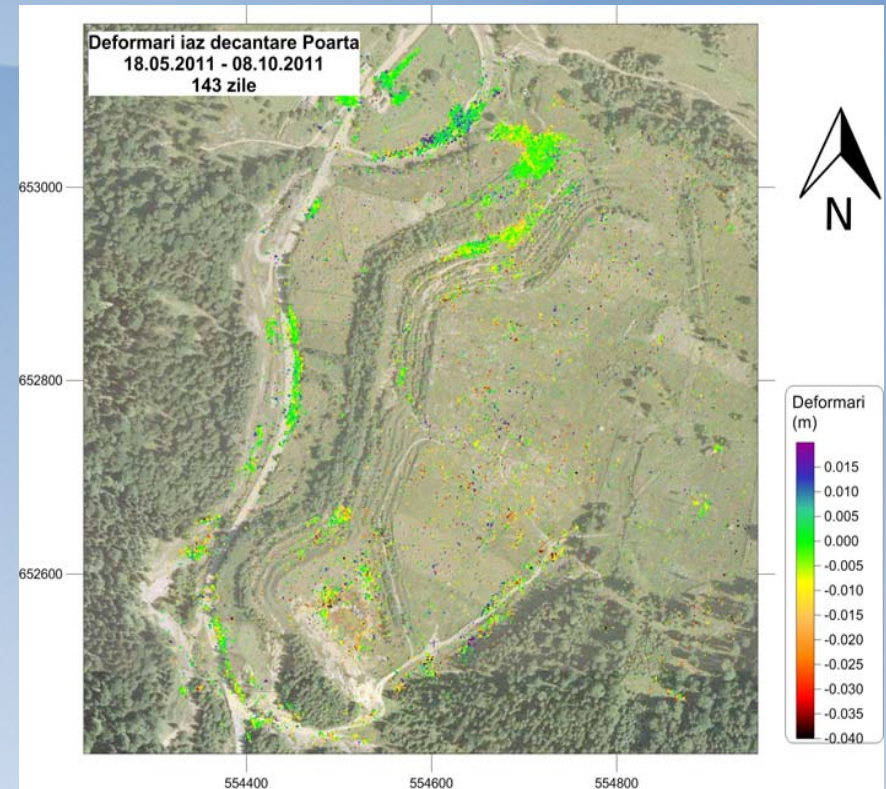


Fig. 14 Harta de deformare pentru iazul Ostra (18.05 – 08. 10. 2011)



**Fig. 15 Harta de deformare pentru iazul Straja
(18.05 – 08.10. 2011)**



**Fig. 16 Harta de deformare pentru iazul Poarta
Veche
(18.05 – 08. 10. 2011)**

Monitorizarea cotelor apelor Dunarii - Delta Dunarii -

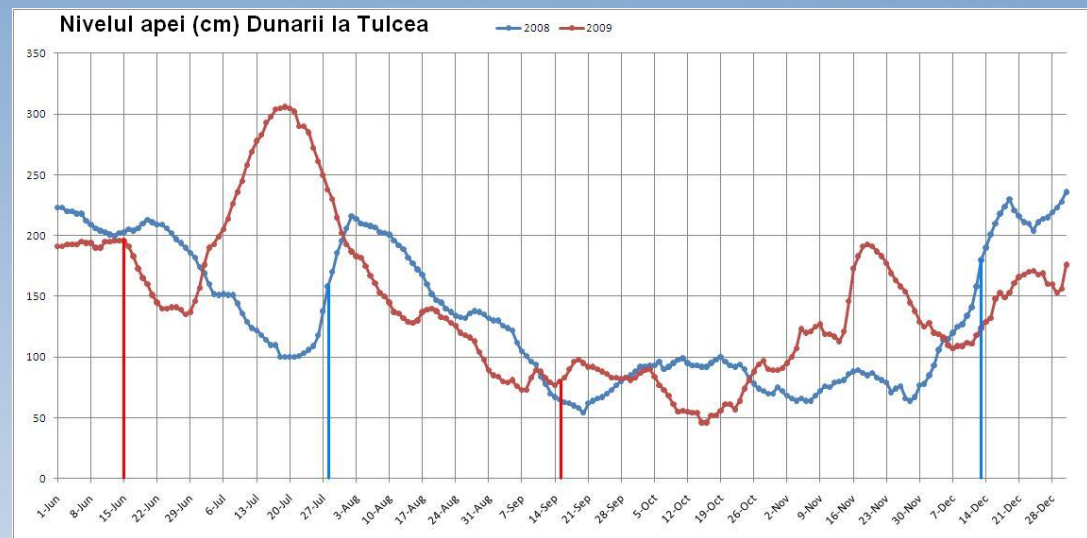
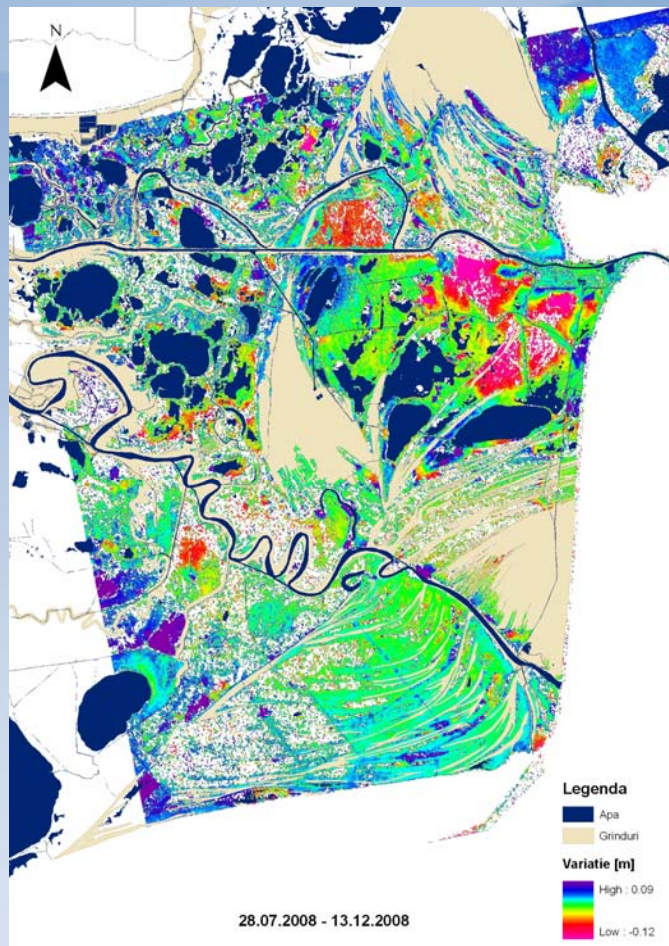


Fig. 18 Valori zilnice ale nivelului apelor Dunarii masurate la Tulcea

Fig. 17 Harta de deformare a Deltei Dunarii, interpretata ca harta de variatie a nivelului apei (28.07-13.12.2008)

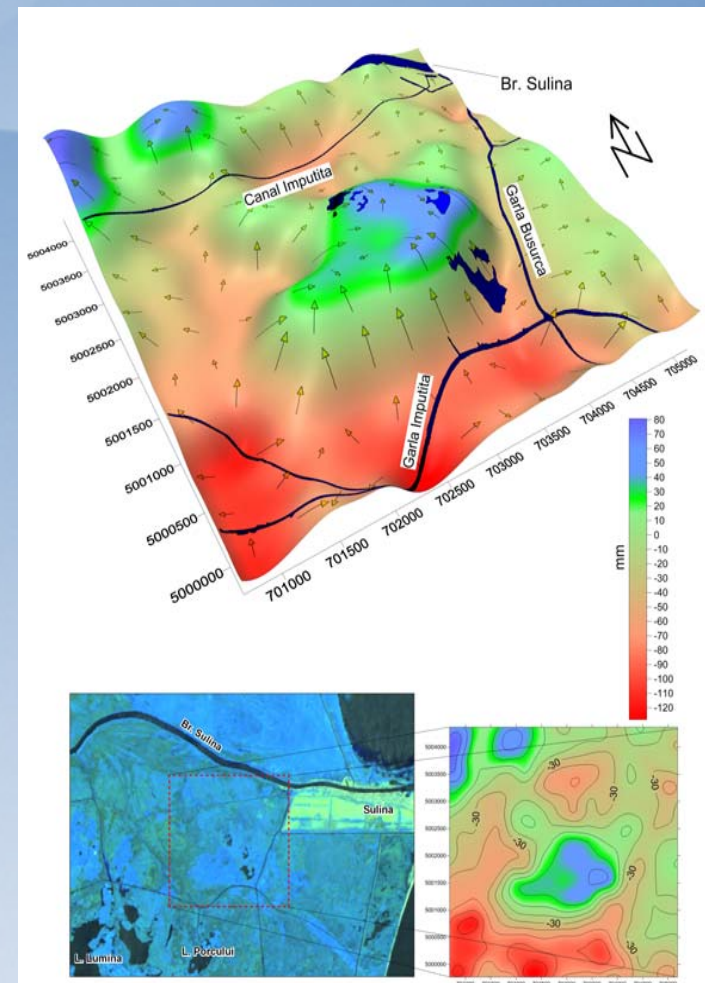
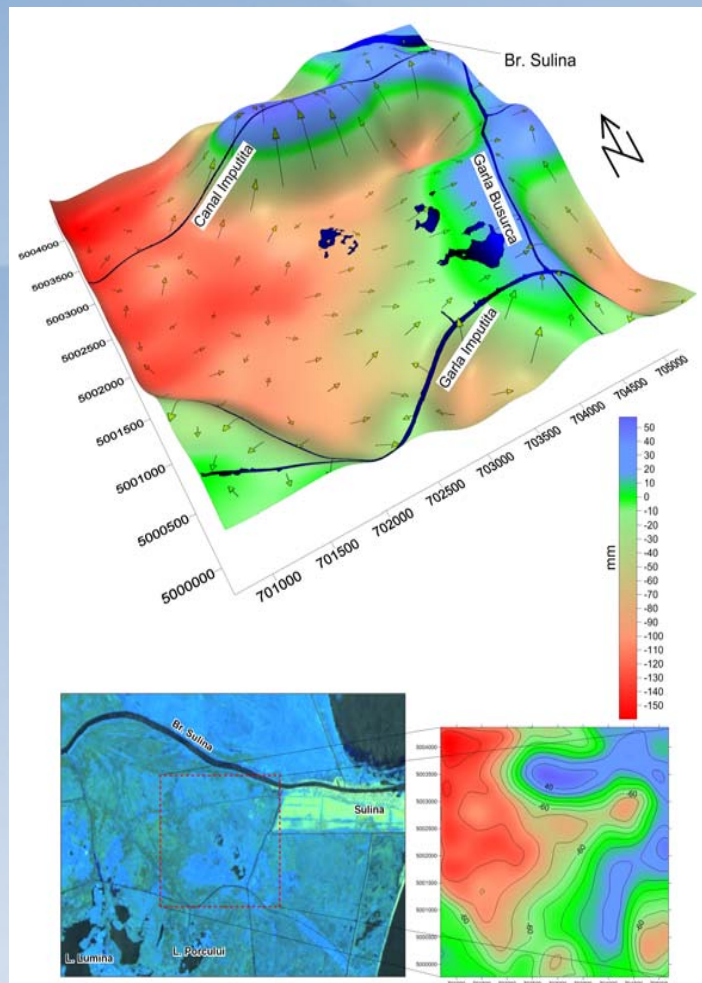


Fig. 19 Modelarea variatiei nivelului apei intr-o zona test, localizata la Vest de Sulina, pentru 2 perioade: (stanga) in 2008, cand nivelul apelor Dunarii a crescut de la 158 cm (in iulie) la 180 cm (in decembrie); (dreapta) in 2009, cand nivelul apelor Dunarii a scăzut de la 196 cm (in iunie) la 80 cm (in septembrie)

Concluzii

- S-a demonstrat utilitatea, eficienta si valoarea adaugata a informatiilor care pot fi obtinute cu tehnica de monitorizare InSAR.
- Prin intermediul acestei tehnici pot fi puse in evidenta zonele stabile, dar si cele "sensibile", respectiv acele zone in care se inregistreaza deplasari semnificative ale terenului sau in care exista potential pentru astfel de deplasari in viitorul apropiat.
- S-a demonstrat ca InSAR reprezinta o alternativa viabila la tehnicile clasice cu ajutorul careia s-au obtinut rezultate complexe (sub forma hartilor de deformare a terenului), ce nu pot fi realizate numai cu informatii de la sol.

Concluzii

- InSAR permite monitorizarea unei arii largi in jurul zonei de injectie, de aproximativ 100 km x 100 km.
- Este eficienta din punct de vedere al costurilor.
- Pot fi identificate zonele cu eventuale scapari de CO₂.
- ASRC are experienta in prelucrarea cu ajutorul tehnicii InSAR a diverse tipuri de imagini radar.



Advanced Studies and Research Center
Str. Ion Luca Caragiale nr. 19, Bucharest
Phone: +40-21-3133314, Fax: +40-21-3133315
info@asrc.ro www.asrc.ro

Va multumesc pentru atentie!