

**Investigarea geofizică a structurilor rutiere cu echipamentul Georadar GPR-RoadScan  
din dotarea CESTRIN.**

**Poate fi utilizat în ROMANIA? Sunt măsurătorile realizate cu acest echipament valide  
din punct de vedere al legislației privind calitatea lucrărilor executate? Cu siguranță DA!.**

**Mod de lucru și recomandarea CESTRIN**

**Echipamentul Georadar - GPR-RoadScan**

Echipamentul Georadar - GPR-RoadScan este un echipament pentru investigarea geofizică nedistructivă a structurilor rutiere/terasamentelor/zonelor drumului, bazat pe propagarea și reflectarea undelor electromagnetice. Echipamentul GPR conține un sistem de scanare și colectare, precum și un sistem de prelucrare a datelor colectate:

❖ Primul sistem, sistemul SIR.30, este un sistem de scanare a structurii rutiere și de colectare a datelor. Acest sistem include o unitate centrală (monitor, tastatură, mouse) folosită pentru setarea parametrilor înainte de măsurători, pentru stocarea datelor scanate și pentru vizualizarea datelor/radargramelor în timpul scanării - neprelucrate/ulterior - prelucrate. Datele sunt stocate și vizualizate într-un sistem georeferențiat. Sistemul de scanare și colectare date se poate conecta la 4 antene cu frecvențe de: 2 GHz, 1 GHz, 900 MHz și 400 MHz.



Echipamentul GPR – Georadar împreună cu sistemul SIR-30 de colectare date scanate ale structurii rutiere, unitatea centrală, folosită pentru setarea parametrilor și vizualizare radargrama în timp real, DMI (instrument precis de măsurare a distanței), antenna GPS pentru înregistrarea poziției exacte și reprezentarea traseului.

*Echipament GPR/Sistem SIR-30*

❖ Sistemul de prelucrare a datelor colectate este reprezentat în mod fundamental de software-ul RADAN 7. Acest software prelucrează datele colectate și le prezintă sub forma unor radargrame. Prelucrarea datelor poate fi realizată atât automat, cât și manual, în funcție de specificul situației.

***RADAN este acronimul pentru Radar Data Analyzer și a fost dezvoltat de GSSI în 1987.***



Măsurătorile cu acest echipament sunt efectuate prin:

- Deplasarea antenelor prin aer (fără a exista contact cu suprafața scanată) – utilizat în special pentru identificarea grosimilor straturilor structurilor rutiere;



- Deplasarea antenelor în contact cu suprafața scanată – utilizat pentru scanări de adâncime mai mare și pe "ținte" mai precise.

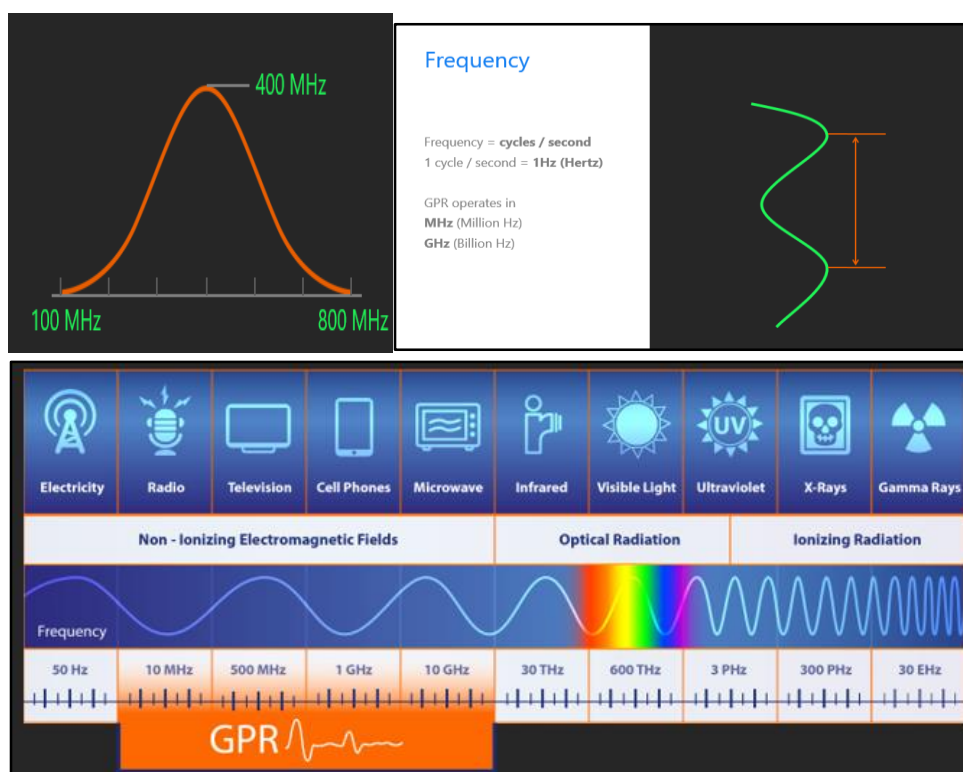


Pentru investigațiile cu echipamentul Georadar - GPR, s-a ținut cont de standardul internațional ASTM D6432-19.

### ***Ce este echipamentul GPR?***

Acronimul GPR își are originea în Ground Penetrating RADAR (Radio Detection And Ranging).

Echipamentul utilizează unde electromagnetice de frecvență ridicată (viteza de propagare, reflexie și absorbție). Folosește în acest sens Ultra Wide Band (UWB), respectiv o plajă foarte largă de frecvențe.



*Sursa : Manual Producator*

Ca și zona de lățime de bandă a frecvențelor, echipamentul GPR se situează în zona frecvențelor de Radio, TV, Telefonie mobilă și cuptoare cu microunde.

Date privind antenele utilizate de echipament.

| Tipul antenei – Frecvență   | Adâncime de măsurare (m) | Utilizare                                                       |
|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Antena Horn aer – 2,000 MHz | 0.5                      | Structuri rutiere.<br>Imbracaminte, strat superior de fundatie. |
| Antena Horn aer – 1,000 MHz | 0.8                      | Straturi de fundație                                            |
| Antena de sol – 900MHz      | 1                        | Straturi de fundație, terasamente și teren de fundare           |
| Antena de sol – 400MHz      | 2.5                      | Terasamente sau teren de fundare                                |

Alte echipamente complementare, utilizate la realizarea investigațiilor nedistructive - geofizice.



Percometrul este un echipament ce se utilizează pentru determinarea în situ a valorii dielectricului pentru materialul de la suprafața zonei care urmează a fi investigate. Valoarea dielectricului este necesară ca dată primară de tip input pentru setarea inițială a echipamentului de scanare.

Cu ajutorul Percometrului se determină valorile dielectricului ori de câte ori materialul de la suprafața zonei investigate se modifică și ori de câte ori se observă variații de umiditate la suprafață. Dielectricul materialelor este cuprins între valorile 1 pentru Aer și 81 pentru Apă. În cazul metalelor, dielectricul se consideră  $\infty$ .

### ***Realizarea investigațiilor cu Antenele 1 și 2.***

Se introduce valoarea medie a dielectricului în sistemul SIR.30 de colectare date, și încep măsurătorile cu cele două antene HORN de aer, montate în fața autovehiculului.

Principiul investigațiilor, Antenele GPR:

- Emit unde „Electro Magnetice” de înaltă frecvență, 2000 MHz și 1000 MHz în sistemul rutier;
- Recepționează undele EM reflectate din sistemul rutier.

Practic, în momentul în care unda EM ajunge la interfata de separație a două straturi cu dielectric diferit (conductivitate diferită), o parte din „energia” undei EM este reflectată și captată de receptorul Antenei, iar cealaltă parte își continuă propagarea, în adâncime, prin noul strat/material până la momentul în care găsește o altă interfata de separare, când fenomenul de reflexie și propagare se repetă.

Mentionăm că:

- O dată cu adâncimea, „energia” undei scade;
- Cu cât diferența la nivel de dielectric este mai mare, cu atât această interfata va fi mai proeminentă în radargramă;
- Viteza de deplasare a undelor EM este diferită și depinde de tipul de material pe care le străbat (corelat cu dielectricul materialului străbătut);
- Viteza de deplasare a undelor EM nu este constantă.

| Material                   | Dielectric | Viteză (mm/ns) |
|----------------------------|------------|----------------|
| Aer                        | 1          | 300            |
| Apă dulce                  | 81         | 33             |
| Apă de mare                | 81         | 33             |
| Zăpadă polară              | 1.4 – 3    | 194 - 252      |
| Gheață polară              | 3 - 3.15   | 168            |
| Gheață temp.               | 3.2        | 167            |
| Gheață pură                | 3.2        | 167            |
| Gheață de lac de apă dulce | 4          | 150            |
| Gheață de mare             | 2.5 – 8    | 78 – 157       |
| Permafrost                 | 1 – 8      | 106 – 300      |
| Nisip costal (uscat)       | 10         | 95             |
| Nisip (uscat)              | 3 – 6      | 120 - 170      |
| Nisip (umed)               | 25 – 30    | 55 – 60        |
| Nămol (umed)               | 10         | 95             |
| Argilă (umedă)             | 8 – 15     | 86 – 110       |
| Sol argilos                | 3          | 173            |
| Mlaștină                   | 12         | 86             |
| Teren agricol              | 15         | 77             |
| Pășune                     | 13         | 83             |
| “Sol mediu”                | 16         | 75             |
| Granit                     | 5 – 8      | 106 – 120      |
| Calcaros                   | 7 – 9      | 100 – 113      |
| Dolomită                   | 6.8 – 8    | 106 – 115      |
| Bazalt (umed)              | 8          | 106            |

|                |       |           |
|----------------|-------|-----------|
| Șist (umed)    | 7     | 113       |
| Gresie (umedă) | 6     | 112       |
| Cărbune        | 4 – 5 | 134 – 150 |
| Cuarț          | 4.3   | 145       |
| Beton          | 5 – 8 | 55 – 120  |
| Asfalt         | 3 – 5 | 134 – 173 |
| PVC            | 3     | 173       |

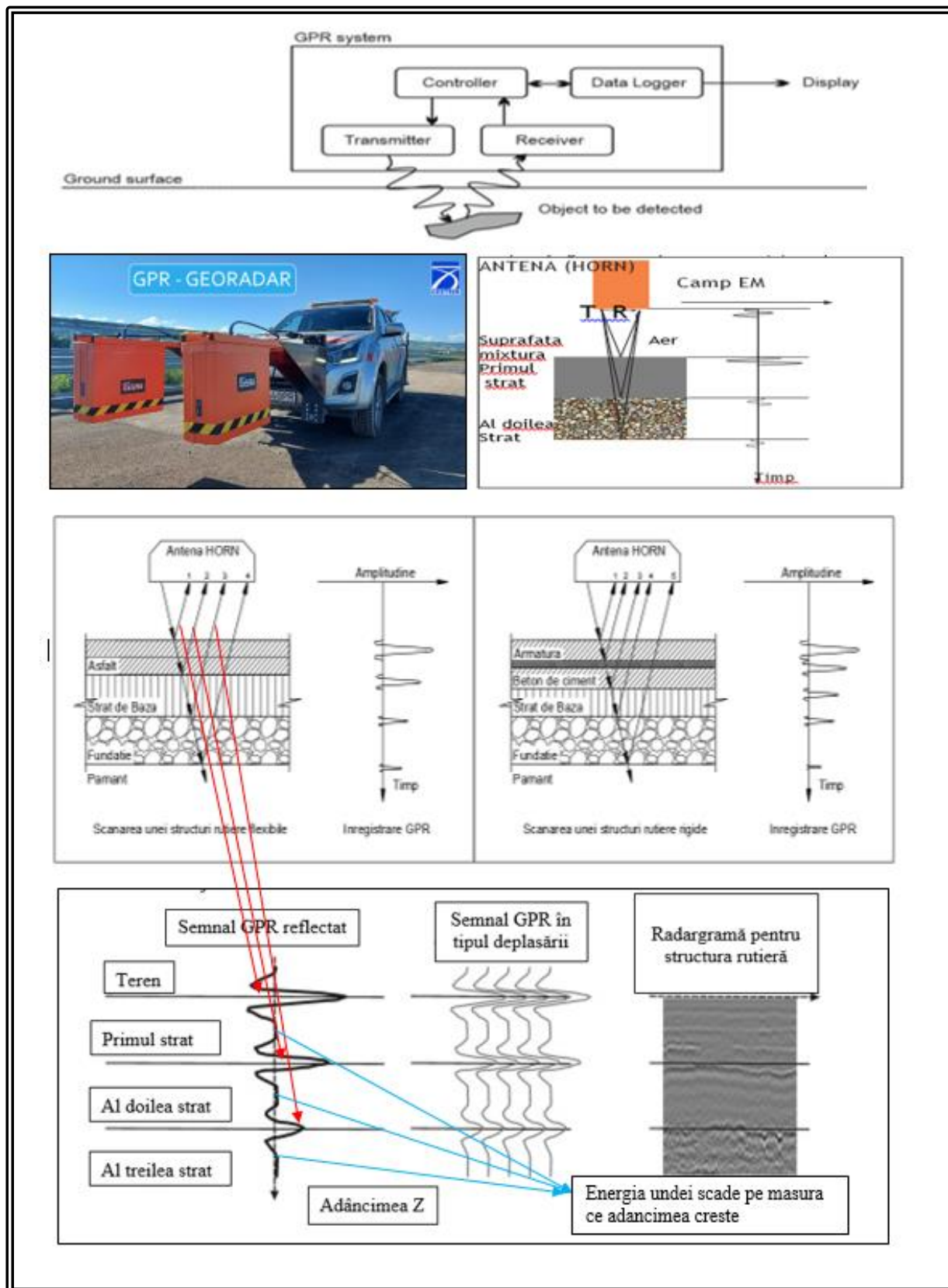
\*\*Factor de conversie metru la unități engleze:  
2,54 cm în 1 inch.

\*\* Tabel de valor de dielectric adaptat de la:  
Reynolds, John M.

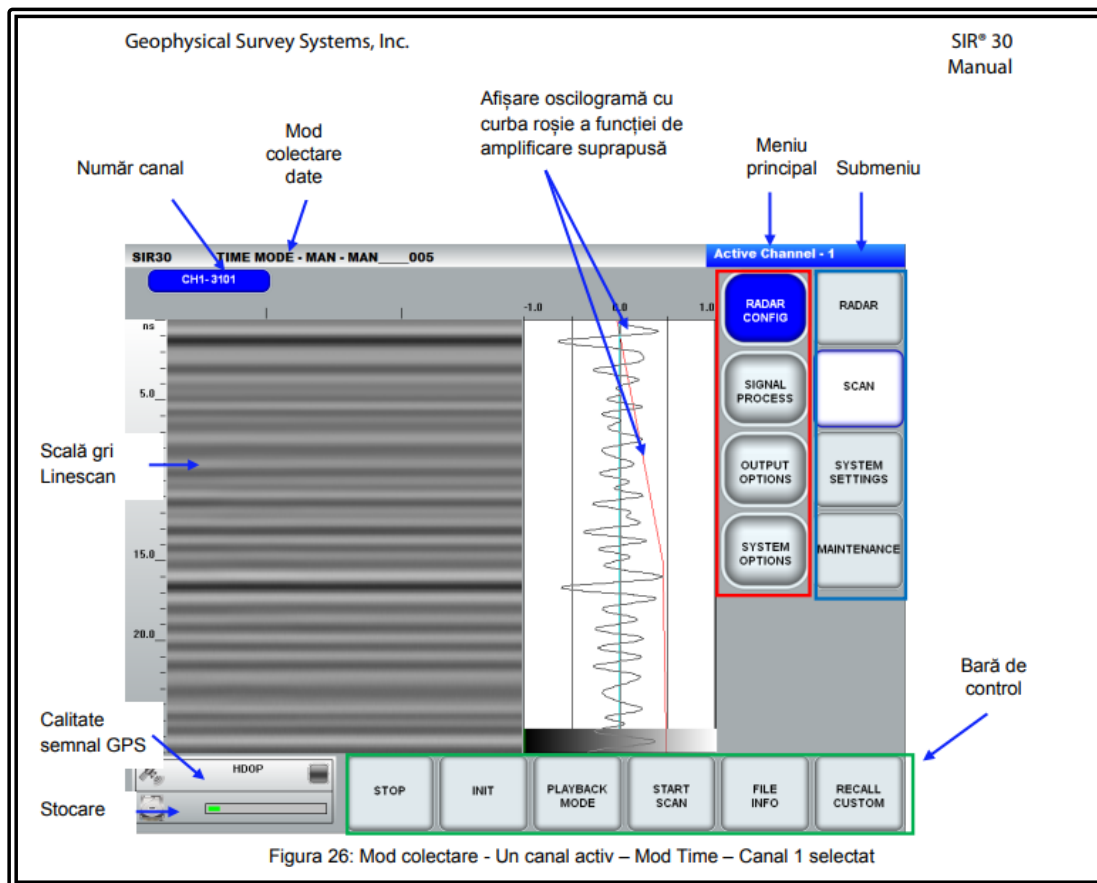
1997 An Introduction to Applied and  
Environmental Geophysics, John Wiley &  
Sones, New York.

*Schema – Investigație și interpretare structură rutieră*



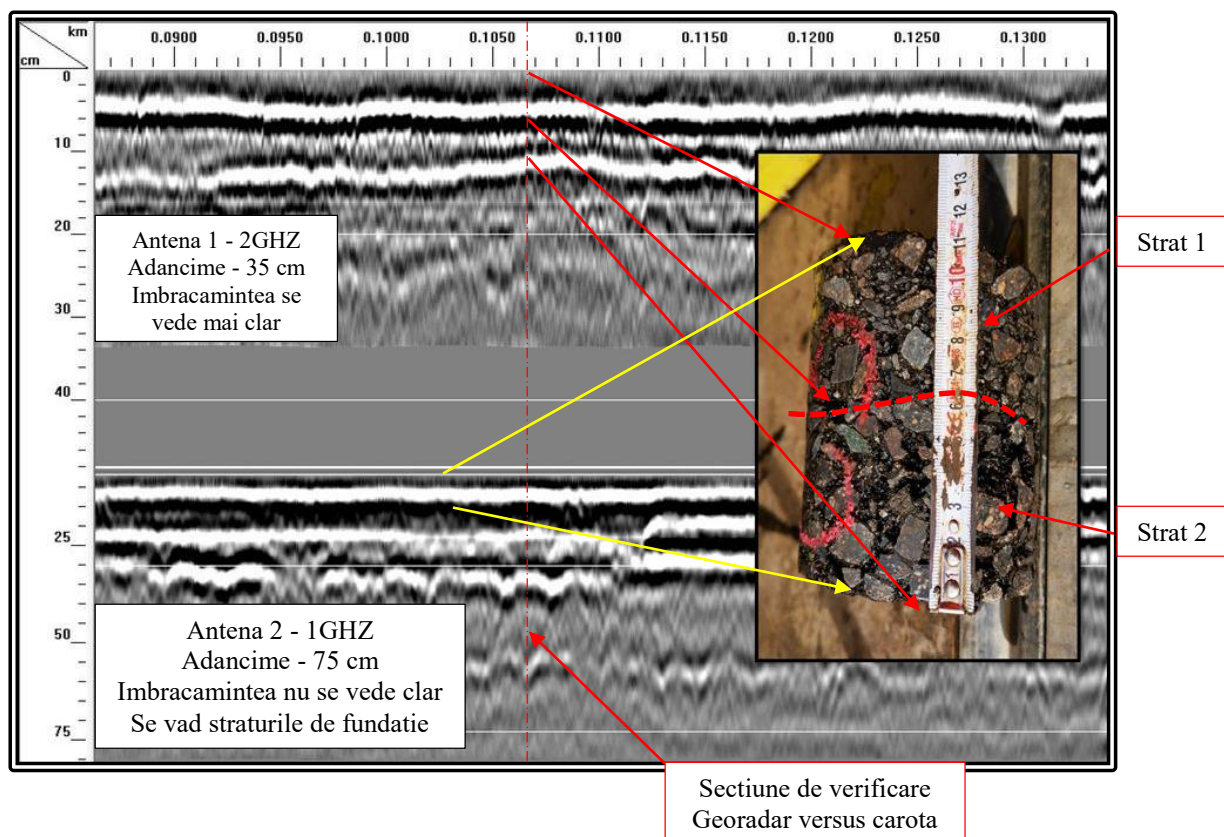


*RADARGRAMA – IN SITU*



*RADARGRAMA RADAN – prelucrată.*

*Exemplificare din experiența CESTRIN*



### Concluzie:

În termeni generali, GPR funcționează prin emiterea de impulsuri scurte de unde radio de înaltă frecvență către un mediu țintă. Transmiterea unei unde EM printr-un mediu dispersiv este definită conform teoriei lui Maxwell. Când se întâlnește un contrast EM, o parte din energie este reflectată înapoi, în timp ce partea rămasă este refractată (adică, transmisă la următorul mediu dielectric) până când întâlnește un contrast dielectric suplimentar. Această apariție se repetă până când unda se atenuează (devine imperceptibilă de receptor). Proprietățile electromagnetice ale materialului investigat pot fi, prin urmare, estimate prin interpretarea tendinței amplitudinilor de reflexie față de timpul de recepție.

| Low Conductivity<br>Good results for GPR.              | Medium Conductivity Average<br>results for GPR.                                | High Conductivity<br>Poor results for GPR. |
|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Air, Dry Granite,<br>Dry Limestone, Concrete, Asphalt. | Freshwater, Freshwater Ice, Snow,<br>Sand, Silt,<br>Dry Clay, Basalt, Sea Ice. | Wet Clay, Wet Shale, Seawater.             |

Cu cât diferența de dielectric a două materiale din zona scanată este mai mare, cu atât va fi mai mare și vizibilitatea interfetei celor două materiale pe radargramă (interfața va fi deschisă la culoare și clară - ca și mod de reprezentare pe radargramă).

Cu cât diferența de dielectric a două materiale din zona scanată este mai mică, cu atât va fi mai mică și vizibilitatea interfetei celor două materiale pe radargramă (interfața va fi închisă la culoare și mai greu perceptibilă - ca și mod de reprezentare pe radargramă).

În cazul investigațiilor cu Antena 1 și 2 (Antenele în aer deasupra părții carosabile):

- este necesară realizarea unor calibrări pentru ca, în urma prelucrării datelor, lama de aer dintre Antena și partea carosabilă să fie eliminată din radargramă;
- scanarea structurii rutiere se poate face și la viteze de 80-90 km/h, și chiar mai mari.

***Poate fi utilizat în ROMÂNIA? Sunt măsurătorile realizate cu acest echipament valide din punct de vedere al legislației privind calitatea lucrărilor executate? Cu siguranță DA!***

To Whom It May Concern,

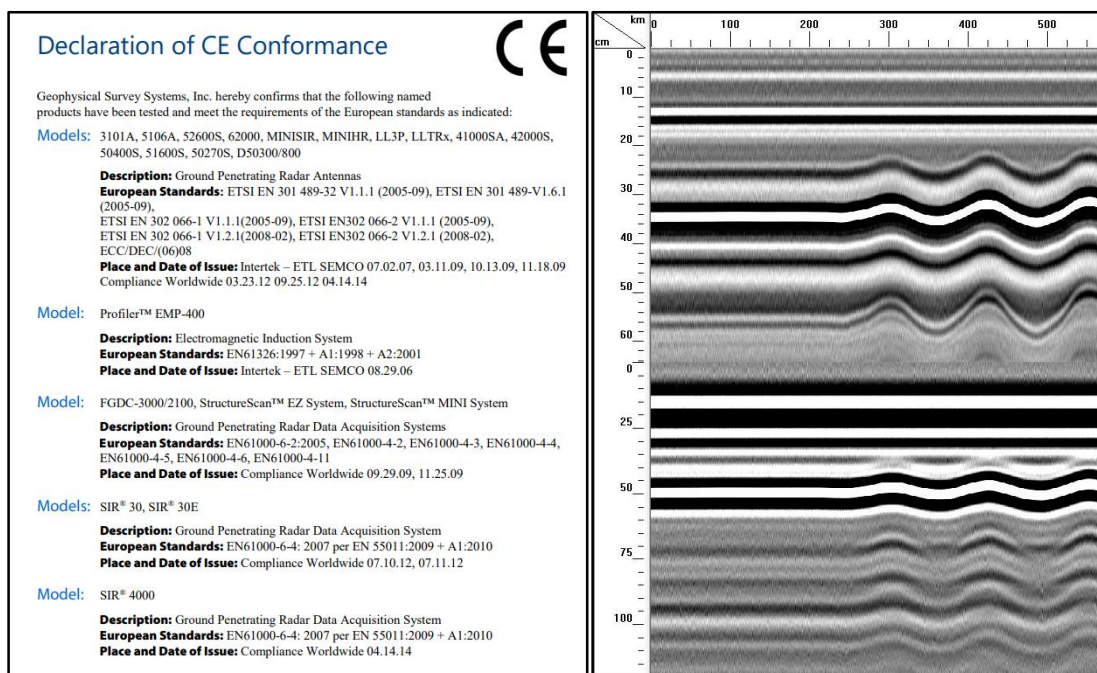
GSSI Radar Controller units and Antennas do not require factory calibration. There are no calibration certificates available. These units have been designed to self-calibrate automatically each time the unit is turned on.

***"Unitățile de control radar GSSI și antenele nu necesită calibrare în fabrică. Nu există certificate de calibrare disponibile. Aceste unități au fost proiectate să se autocalibreze automat de fiecare dată când sunt pornite."***

- Antenele au Declarație de Conformitate CE. Compliance WorldWide;
- Sistemul de achiziție date are Conformitate CE. Compliance WorldWide.



Doar pentru Antenele din Aer (Horn Antennas) este nevoie de o calibrare imediat după montare, calibrare care este automată (fără intervenție umană) și are în vedere stabilirea înălțimii exacte a antenei față de partea carosabilă/zona investigată. Se determină o așa-numită "lama de aer". Calibrarea presupune realizarea unui fișier de calibrare care va fi utilizat la prelucrarea datelor cu Softul Radan7. Fără acest fișier de calibrare, Softul Radan nu poate elimina din radargramă (care se realizează oricum) "lama de aer" de sub antenă.



*Fișier Calibrare*

### **Mod de lucru și recomandarea CESTRIN**

Centrul de Studii Tehnice Rutiere și Informatică și-a dorit achiziționarea acestui echipament de investigații geofizice la nivelul structurilor rutiere și a terasamentelor, în primul rând din respect față de antreprenori și toți cei implicați în executia lucrărilor de drum.

#### ***Mai exact:***

- Cu echipamentul Georadar RoadScan, numărul de carote (investigație distructivă) care trebuie extrase în vederea verificării conformității lucrărilor executate scade dramatic.
- Cu antenele de frecvență joasă, am putut intercepta planul unor alunecări de suprafață în corpul terasamentelor.
- Cu georadarul se poate identifica stratificarea, inclusiv a terasamentului, fără a mai apela la investigații distructive.

### ***Modul de lucru:***

- Se culeg date privind dielectricul materialului de la suprafață (cu percometru);
- Se realizează o primă scanare a zonei de investigat;
- Împreună cu reprezentantul antreprenorului și al beneficiarului se ia la cunoștință de natura lucrărilor care se regăsesc în teren, inclusiv la nivel de grosimi de straturi;
- Funcție de grosimile din proiect, se verifică pe radargramă dacă există zone unde grosimile scanate sunt:
  - ✚ mai mici decât cele din proiect;
  - ✚ excesiv de mari în raport cu cele din proiect;
  - ✚ dacă există aderență sau nu între straturile din mixtură;

Aceste zone sunt apoi recomandate pentru a se realiza investigații rutiere distructive de tipul carotelor. Odată cu aceste carote se face și o analiză radargramă versus carotă, pentru a ne asigura că echipamentul funcționează normal.

Dacă există și alte aspecte de interes care au fost observate pe radargramă (prezența apei, conducte, planuri de alunecare) și acestea vor fi recomandate pentru investigații distructive.

*Decizia finală privind admisibilitatea sau nu a grosimii stratului/straturilor se ia în baza investigației distructive, respectiv prin măsurarea grosimii pe carotă de către un laborator.*

### ***Recomandarea CESTRIN:***

Investigația geofizică nedistructivă realizată cu Georadarul RoadScan reprezintă cea mai bună soluție pentru investigarea grosimilor straturilor lucrărilor executate (precum și alte aspecte conexe). Facem această afirmație pentru că acest tip de investigație prezintă un randament de neegalat față de metodele distructive și, mai ales, pentru beneficiar reprezintă cel mai bun mod prin care se poate asigura de conformitatea lucrărilor, mai ales sub aspect de grosimi straturi rutiere. Bineînțeles, georadarul poate fi folosit și pentru identificarea altor probleme.

*Renunțarea la utilizarea unui astfel de echipament reprezintă o renunțare la calitate.*