

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

Studiu de caz: Structuri rutiere rigide

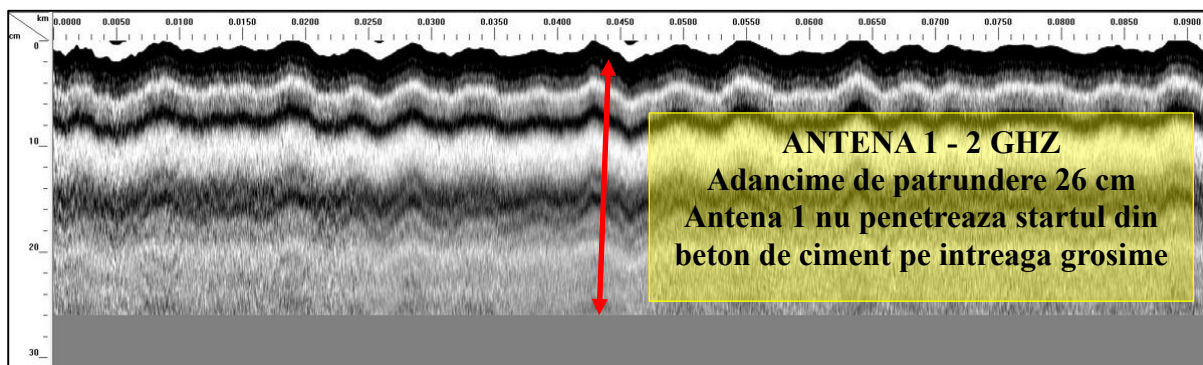
În acest articol, prezentăm mai întâi studiul de caz, iar în a doua parte expunem justificările și aspectele tehnice.

Studiul de caz:

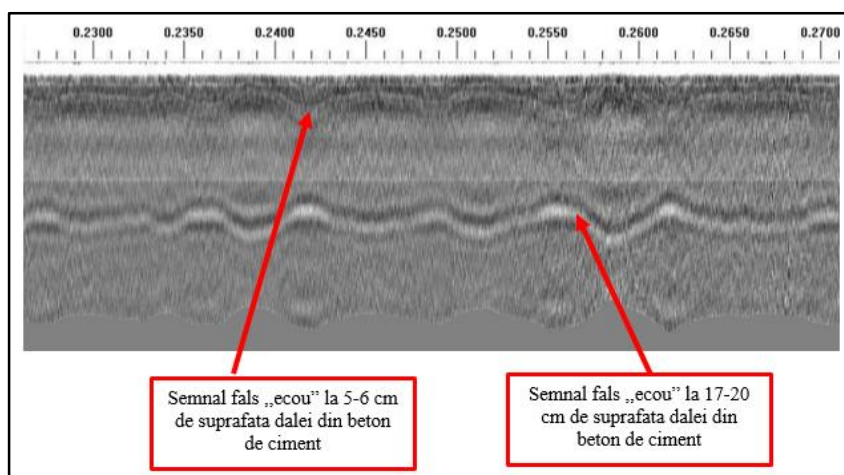
Structura rutieră rigidă – compoziția structurii rutiere proiectate:

- 24 cm beton Bcr 4,5;
- 2 cm nisip pilonat;
- Folie de polietilenă;
- 15 cm - strat superior de fundație din piatră spartă;
- 15 cm – strat inferior de fundație din balast;
- 15 cm – strat de formă din pământ stabilizat cu lianți hidraulici.

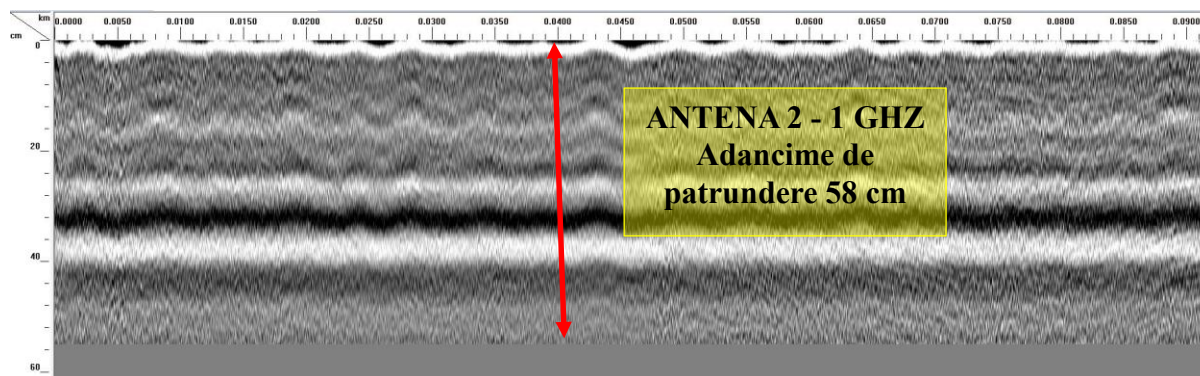
Înainte de realizarea scanării/măsurătorii, a fost măsurat dielectricul îmbrăcăminții de beton de ciment, având valori cuprinse între 6,5 și 8,2. Vârsta betonului este mai mică de 1 an. Radargramă Antena 1 neprelucrată. Adâncimea scanată este mai mică decât grosimea stratului din beton de ciment real executat (în baza carotei).



Radargramă Antena 1 prelucrată. La prelucrare a apărut mult zgomot. Datele de la Antena 1 nu pot fi utilizate.



Radargramă Antena 2 brută

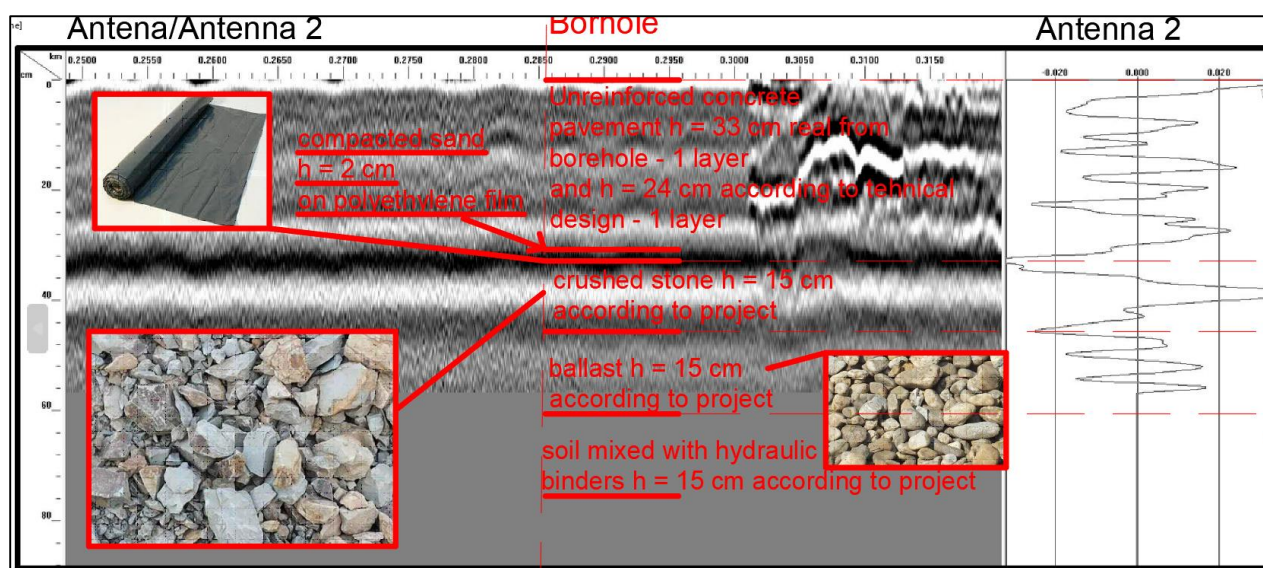


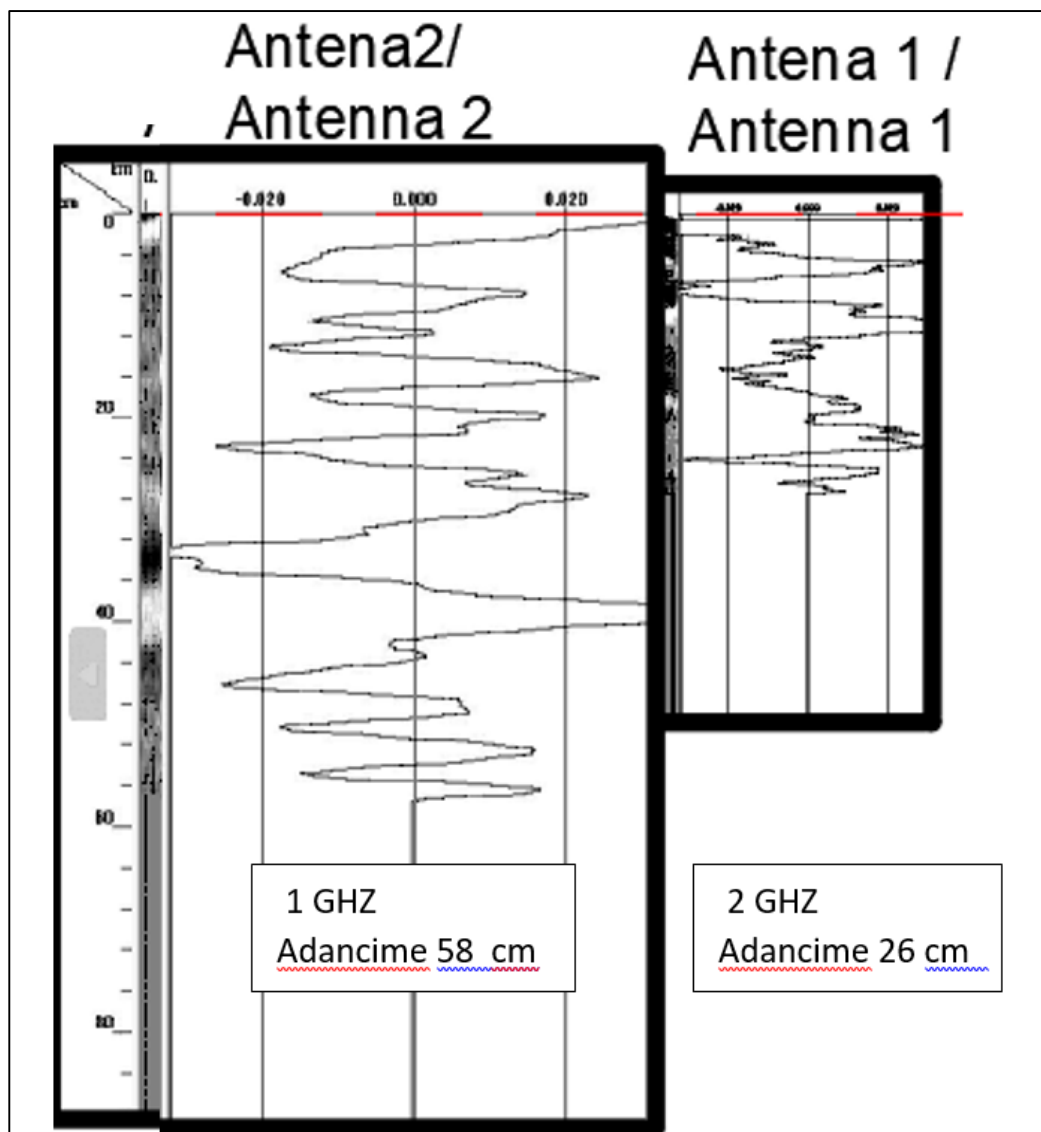
Folia de polietilenă este un material foarte bun dielectric, având o valoare dielectrică între 1,8 și 2,5. Pe radargramă, folia de polietilenă apare cu o culoare neagră și un relief bine definit, datorită diferenței semnificative de valoare dielectrică între ea și straturile adiacente.

Prin urmare, folia de polietilenă este foarte vizibilă pe radargrama brută, dar generează un efect de zgomet puternic, în special pe Antena 1, care are cea mai ridicată frecvență.

S-a efectuat și o serie de carote pentru a determina compoziția sistemului rutier, conform rezultatelor carotelor:

- Stratul de beton Bcr 4,5 are o grosime cuprinsă între 28 și 34 de centimetri, conform carotei;
- Stratul de 2 centimetri de nisip pilonat este în conformitate cu rezultatele carotei;
- Folia de polietilenă este prezentă, conform rezultatelor carotei;
- Restul stratelor se conformează proiectului.





Oscilograma vitezei impulsurilor electromagnetice evidențiază o influență semnificativă a zgomotului asupra performanțelor Antenei 1, făcând-o mai puțin eficientă în comparație cu Antena 2.

Aspecte tehnice și justificări

Referitor la oscilograma vitezei impulsurilor electromagnetice ale Antenei 2 și Antenei 1.

1. Se observă o afectare semnificativă a Antenei 1 de către zgomot.

Echipamentul Georadar - GPR-RoadScan este proiectat pentru investigarea geofizică nedistructivă a structurilor rutiere, terasamentelor și zonei drumului. Funcționează pe baza propagării și reflectării undelor electromagnetice. Echipamentul GPR este dotat cu un sistem de scanare și colectare a datelor, precum și un sistem de prelucrare a acestor date.

Pentru a realiza o scanare detaliată a straturilor din care este alcătuită structura rutieră, s-au utilizat Antena 1 și Antena 2, având frecvențe de 2000 MHz, respectiv 1000 MHz. Scanarea structurilor rutiere s-a efectuat prin deplasarea antenelor prin aer, fără a exista contact direct cu suprafața scanată.



Dielectricul îmbrăcăminții din beton de ciment a fost măsurat cu ajutorul percometrului înainte de realizarea măsurătorii/scanării.

Specificul structurilor rutiere rigide cuprinde următoarele aspecte:

1. Modificarea dielectricului în funcție de condiții:

- În structurile rutiere rigide, valoarea dielectricului betonului de ciment suferă modificări în condiții de creștere a umidității sau în cazul betonului cu vârstă mai mică de 1 an;
- Dielectricul betonului uscat are o valoare cuprinsă între 5-6;
- Pentru betonul cu o vârstă mai mică de un an, dielectricul crește în intervalul 6-9;
- În cazul betonului ud, dielectricul poate ajunge până la 12,5.

2. Absorbția și pătrunderea undelor electromagnetice:

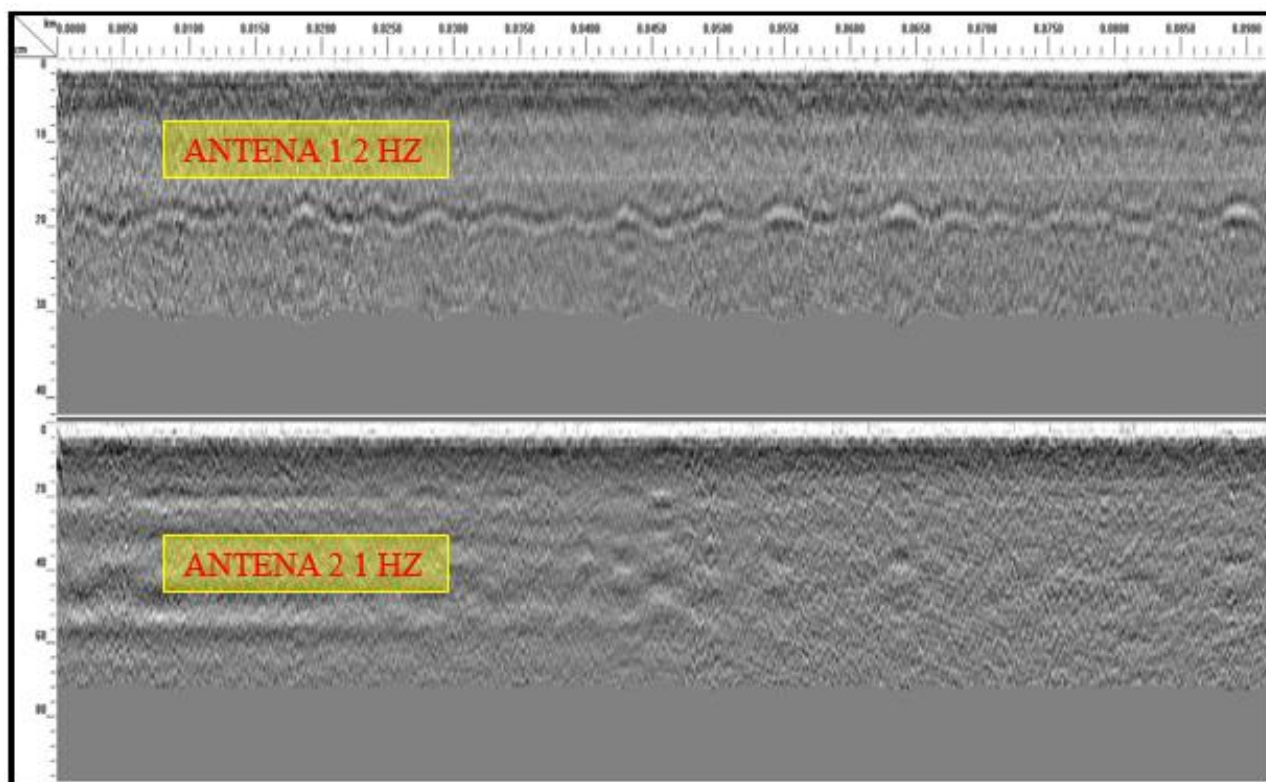
- Având un dielectric mai mare decât asfaltul, betonul determină o absorbție mai intensă a undelor electromagnetice;
- Puterea de pătrundere în adâncime a acestor unde este semnificativ mai mică în structurile rutiere rigide comparativ cu asfaltul.

Air	1	Frozen Soil/Permafrost	6
Snow Firn	1.5	Dry Salt	6
Dry Loamy/Clayey Soils	2.5	Syenite Porphyry	6
PVC	3	Wet Granite	6.5
Asphalt	3 - 5	Travertine	8
Glacial Ice	3.6	Wet Limestone	8
Dry Clay	4	Basalt	8 – 9
Dry Sands	4	Wet Basalt	8.5
Dry Granite	5	Tills	11
Limestone	4 – 8	Wet Concrete	12.5
Concrete	4 – 11	Volcanic Ash	13
Soils & sediments	4 – 30	Wet Sands	15
Coal	4.5	Water saturated sands	19 – 24
Frozen Sand & Gravel	5	Wet Sandy Soils	23.5
Shale	5 – 15	Dry Bauxite	25
Dry Concrete	5.5	Saturated Sands	25
Dry Limestone	5.5	Wet Clay	27
Dry Sand & Gravel	5.5	Peats (saturated)	61.5
Potash Ore	5.5	Organic Soils (saturated)	64
Sandstone	6	Sea Water	81
Dry Mineral/Sandy Soils	6	Water	81

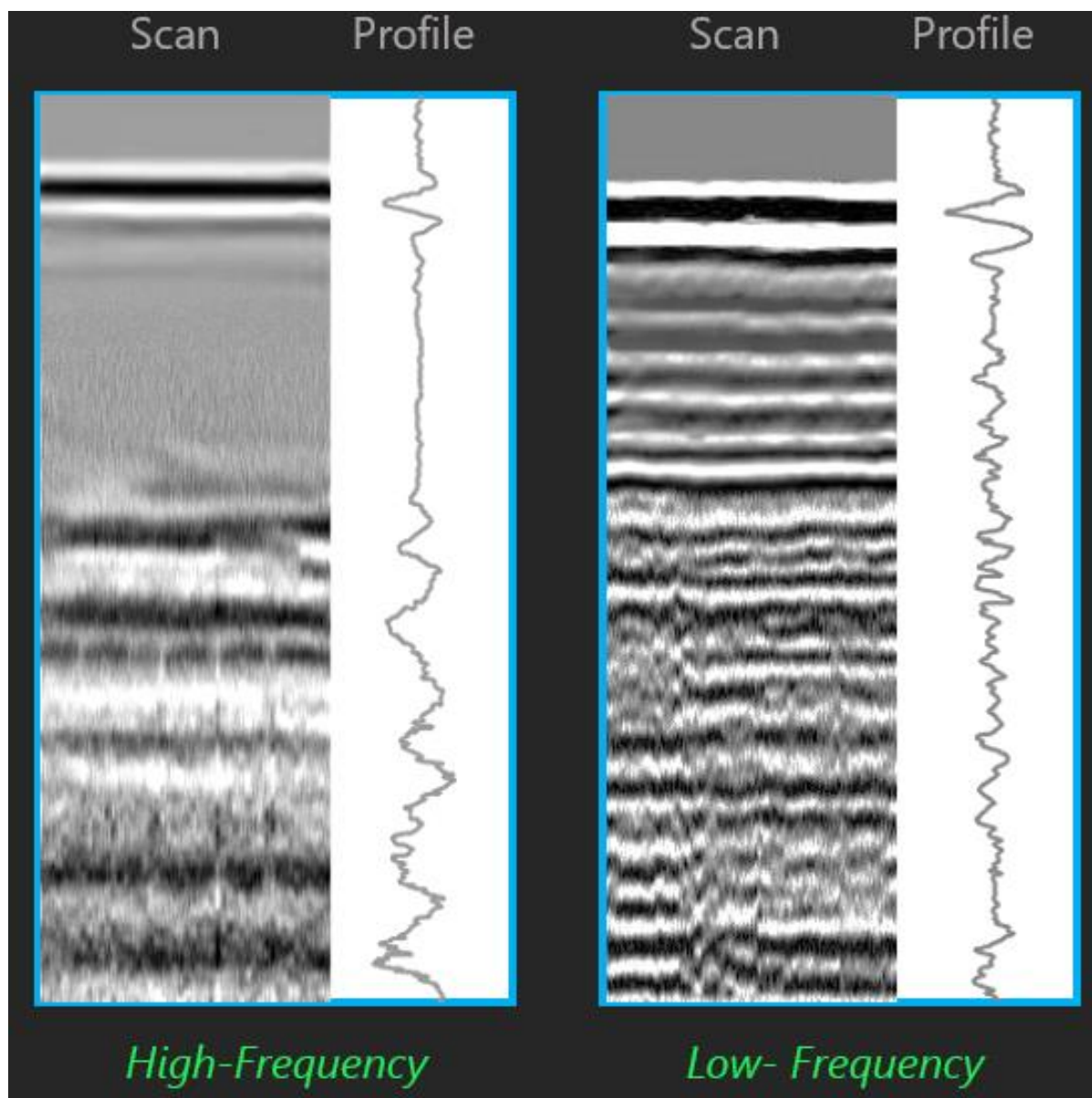
3. Similaritatea dielectricului cu alte materiale de fundație:

- Dielectricul betonului este apropiat de dielectricul materialelor utilizate în fundație sau în stratul superior de fundație;
- Exemple includ beton slab în stratul de fundație, balast stabilizat, balast și piatră spartă.

Toate aceste caracteristici conduc în final la o radargramă în care interfețele de delimitare dintre îmbrăcămintea din beton de ciment și stratul superior/stratul de fundație sunt foarte dificil de identificat.



Frecvența Antenelor versus adâncimea de pătrundere.



Sursa: Manual Echipament Georadar.

Observăm astfel că pentru date de acuratețe ridicată la nivel de îmbrăcămintă, structură rutieră și strat superior de fundație/strat de fundație, este necesar să folosim antenele cu frecvența cea mai mare.

Problema antenelor cu frecvență mare este aceea că poate ajunge să fie depășită ca și limită tehnică de multitudinea undelor reflectate. Aceste probleme de tip „zgomot” pot apărea mai ales în cazul anumitor materiale, unul dintre acestea fiind și betonul. Pentru a preveni astfel de situații se pot aplica unele filtre la nivelul antenei înainte de scanare sau în softul Radan la prelucrare.

Dielectricul materialelor

Materialele dielectrice sunt materiale care permit trecerea unor câmpuri electrice prin ele.

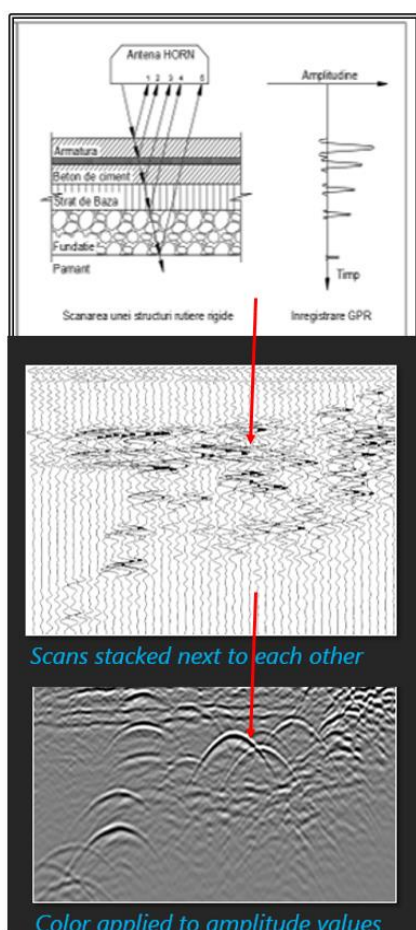
Permitivitatea electrică (sau constanta dielectrică) este o mărime, notată ϵ , care indică rezistența opusă la polarizarea electrică a unui dielectric.

În practică este utilizată o mărime adimensională exprimată prin raportul dintre permitivitatea unui mediu și cea a vidului:

$$\epsilon_r = \frac{\epsilon}{\epsilon_0}$$

numită permitivitate relativă.

GPR funcționează prin transmiterea unui mic impuls de energie electromagnetică în bandă ultra-largă (UWB) în materialul supus investigației și apoi înregistrează timpul necesar pentru ca o parte sau întreaga energie să fie returnată împreună cu o măsură a puterii semnalului său.



Sursa: Manual Echipament Georadar

În cazul echipamentului din dotarea Centrului de Studii Tehnice Rutiere și Informatică aceste scanări se fac din 5 cm în 5 cm.

În momentul interpretării datelor sau a prelucrării datelor cu softul **RADAN - RAdar Data Analyzer** se are în vedere faptul că pe oscilogramă la momentul în care semnalul trece dintr-un material în altul, materiale cu dielectrici diferiți, o parte din energie este reflectată și alta refractată și că viteza de propagare a undei depinde de dielectricul materialului.

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.