



**Studiu de Fezabilitate pentru Modernizarea
liniei feroviare Caransebeș – Timișoara – Arad**

CONTRACT 134/29.12.2015

Autoritatea Contractanta : **Compania Națională de Căi Ferate „CFR”-S.A.**

Contractant : **Consis Proiect SRL**

**STUDIU GEOTEHNIC
VOLUMUL 2
INVESTIGAȚII CU GEORADAR**

FOAIE DE SEMNĂTURI

Lucrarea: Studiu de Fezabilitate pentru modernizarea
liniei feroviare Caransebeș – Timișoara – Arad


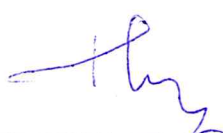

Beneficiar: CNCF „CFR” SA

Proiectant general: CONSIS PROIECT SRL

Proiectant de specialitate: GEO-SERV SRL

Contract: Nr.134/29.12.2015

Numele documentului: Studiu Geotehnic – Volumul 2

 Elaborat: Ing. Istrate Mihaela Ing. Duțu Mihai	Verificat: Dr.ing. Moldoveanu Traian 	Șef proiect: Ing. Cătălin Șerban 
--	--	---

Nr. ediție:	2			
Nr. revizie:	1			
Data:	25.03.2017			

BORDEROU

1. Memoriu Tehnic
2. Piese desenate – Radargrame
 1. Profil longitudinal Georadar Manevră Caransebeş - Caransebeş - Zăgujeni
 2. Profil longitudinal Georadar Zăgujeni - Căvăran
 3. Profil longitudinal Georadar Căvăran - Jena
 4. Profil longitudinal Georadar Jena - Găvojdia
 5. Profil longitudinal Georadar Găvojdia - Tapia
 6. Profil longitudinal Georadar Tapia - Lugoj
 7. Profil longitudinal Georadar Lugoj - Jabăr
 8. Profil longitudinal Georadar Jabăr - Belinţ
 9. Profil longitudinal Georadar Belinţ - Chizătău
 10. Profil longitudinal Georadar Chizătău - Topolovăţ
 11. Profil longitudinal Georadar Topolovăţ - Recaş
 12. Profil longitudinal Georadar Recaş - Remetea Mare
 13. Profil longitudinal Georadar Remetea Mare - Timișoara Est
 14. Profil longitudinal Georadar Timișoara Est - Timișoara Nord
 15. Profil longitudinal Georadar Timișoara Nord - Ronaţ Triaş Gr. D
 16. Profil longitudinal Georadar Ronaţ Triaş Gr. D - Sânandrei
 17. Profil longitudinal Georadar Sânandrei - Băile Călacea
 18. Profil longitudinal Georadar Băile Călacea - Orțișoara
 19. Profil longitudinal Georadar Orțișoara - Vinga
 20. Profil longitudinal Georadar Vinga - Şag
 21. Profil longitudinal Georadar Şag - Valea Viilor
 22. Profil longitudinal Georadar Valea Viilor - Aradu Nou
 23. Profil longitudinal Georadar Aradu Nou - Arad
 24. Profil longitudinal Georadar Firul II CF Zăgujeni - Căvăran
 25. Profil longitudinal Georadar CF 122 Caransebeş - Caransebeş Triaş - Zăgujeni
 26. Profil longitudinal Georadar CF 133 Timișoara N. - Ronaţ Tj. Gr. D

Întocmit
Mihaela ISTRATE





MEMORIU TEHNIC

CUPRINS

1. INTRODUCERE	2
2. METODA GEORADAR. APARATURA UTILIZATĂ	2
2.1. Principiul metodei Georadar	3
2.2 Principii de prelucrare și interpretare a măsurătorilor.....	4
2.3. Aparatura utilizată	5
3. REZULTATELE MĂSURĂTORILOR	6
4. CONCLUZII	11

INVESTIGAȚII GEORADAR PE TRASEUL CĂII FERATE CARANSEBEȘ-TIMIȘOARA-ARADUL NOU PENTRU OBIECTIVUL "STUDIU DE FEZABILITATE PENTRU MODERNIZAREA LINIEI FERoviARE CARANSEBEȘ-TIMIȘOARA-ARAD"

1. INTRODUCERE

La solicitarea beneficiarului, CONSIS PROIECT SRL, au fost efectuate măsurători georadar pe tronsoanele căii ferate CARANSEBEȘ-TIMIȘOARA-ARAD, cu o lungime de 155 km.

În vederea identificării infrastructurii căii de rulare, în special grosimea stratului de piatră spartă și balast, măsurătorile s-au realizat cu aparatura GEORADAR SIR20 (SUA) folosind 3 antene, două de 400 MHz și una de 200 MHz care au asigurat o adâncime maximă de investigare de aproximativ 6 m.

Măsurătorile georadar au fost efectuate pe 2 canale, câte unul pe fiecare parte a căii ferate cu antenele de 400 MHz și pe un canal în axul firului de circulație cu antena de 200 MHz.

2. METODA GEORADAR. APARATURA UTILIZATĂ

Metoda de prospecțiune georadar (Ground Penetrating Radar) reprezintă o tehnologie modernă de investigare care a fost creată relativ recent. Imediat după cel de-al doilea război mondial, SUA au folosit această metodă numai în aplicații militare, iar din anii șaizeci și în aplicații civile. Un avânt deosebit a luat această metodă după 1970, când s-au dezvoltat și trei mari firme producătoare de echipament: Geophysical Survey Systems Inc. (GSSI) din SUA, Ekko Pulse-Canada și ABEM Instrument AB din Suedia.

Domeniile de aplicație ale metodei sunt foarte diverse: geologie inginerească, hidrogeologie și hidrologie, construcții și inginerie civilă, arheologie și protecția mediului, etc.

În domeniul geologiei inginerești, metoda georadar poate fi folosită pentru determinarea structurilor geologice, faliilor, limitelor reper în masive de rocă omogenă, pentru cercetarea rocii de bază, la determinarea golurilor și cavităților în masive de rocă, determinarea variației calității (gradului de alterare) rocilor în cadrul aceluiași masiv reflectate în schimbarea proprietăților electrice, localizarea zonelor de rocă decomprimată care periclitează securitatea lucrărilor miniere etc.

În domeniul hidrogeologiei și hidrologiei metoda poate fi folosită pentru cartarea pânzei de apă freatică, determinări de umiditate, măsurători ale grosimii gheții și noroiului (ca de exemplu în cazul rezervoarelor decantoare), detectarea scurgerilor din conducte sau detectarea reliefului râurilor și lacurilor, detectarea reliefului pe fundul râurilor și lacurilor.

În ingineria civilă și domeniul construcțiilor industriale prin metoda georadar pot fi detectate cabluri și corpuri metalice și nemetalice (conducte, țevi, canalizări, rezervoare), goluri și cavități, pentru detectarea faliilor, fisurilor și rupturilor în beton și alte materiale compozite, detectarea structurilor de rezistență și localizarea armăturilor sau la testarea integrității căilor de rulare (șosele, căi ferate, etc.), evaluarea grosimii pavajelor.

Metoda georadar poate fi folosită și în domeniile arheologiei și protecției mediului la detectarea structurilor îngropate, a rămășițelor organice și anorganice, la localizarea corpurilor și obiectivelor îngropate, la detectarea și delimitarea zonelor ascunse îngropate (foste locuri de deversare a gunoaielor) și la examinarea și delimitarea zonelor poluate cu hidrocarburi sau cu diferite substanțe chimice din sol și subsol prin activitatea industrială.

2.1. Principiul metodei Georadar

Metoda Georadar (Ground Penetrating Radar - GPR) este o tehnică nedistructivă, bazată pe principiul propagării undelor radar (electromagnetice) în soluri, roci sau în orice alte medii de investigație (masive muntoase, betoane etc.). Aceasta se aplică pentru definirea structurilor care prezintă caracteristici electrice (conductivitate și permitivitate) contrastante în raport cu mediul înconjurător.

Achiziția analog digitală a sistemului GPR permite măsurători quasicontinue, evidențierea rapidă "în situ" a structurilor îngropate și prelucrarea rapidă a înregistrărilor obținute.

Undele radar de foarte scurtă durată (cuprinse între 1 - 15 ns) sunt emise în banda de frecvență 10 - 2.500 MHz, cu ajutorul unei antene plasate la suprafața mediului studiat (suprafața solului, a rocii, a peretelui unui zid etc.). Propagându-se în mediu, undele sunt reflectate sau difractate de către interfețele care limitează structurile cu caracteristici electrice contrastante și sunt remise spre suprafață, unde sunt captate de o altă antenă, apoi înregistrate, în funcție de timp (Fig. 1).

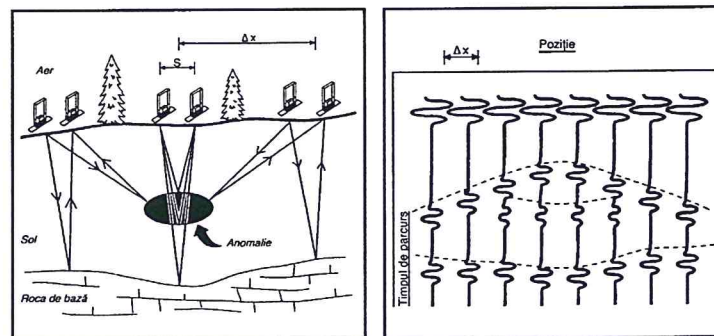
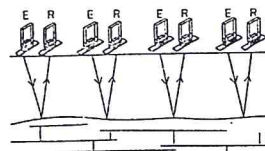


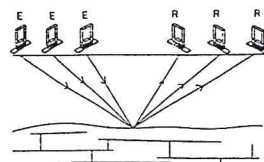
Fig.1 Principiul metodei georadar

Măsurătorile sunt realizate continuu, sau punct cu punct de-a lungul profilelor, prin metodele: reflexiei (a), transparenței (tomografiei) (b), sau sondajului vertical (c), Fig. 2.

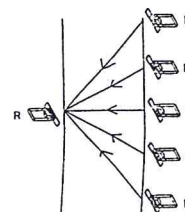
a) Metoda reflexiei



c) Metoda CMP/WARR



b) Metoda transparenței



E - Antena de emisie
R - Antena de recepție

Fig.2 Schemele de măsurare a trei metode de bază în georadar

Antenele sunt legate prin cablu la o unitate de control și de înregistrare, în general instalată într-un vehicul. Antenele sunt trase pe sol sau pe pante de un operator, dar pot fi, în aceeași măsură, tractate sau transportate de un vehicul. Trebuie obținut un cuplaj al antenelor cu solul sau cu peretele.

Diferitele antene permit emiterea semnalelor radar de frecvențe diferite.

Frecvențele înalte permit o rezoluție ridicată în detrimentul adâncimii de investigație. Invers, când frecvența este joasă, adâncimea de investigație crește, dar rezoluția scade.

Adâncimea de investigație este, de asemenea, controlată de natura terenurilor prospectate ale căror caracteristici de absorbție (a undelor radar) sunt variabile.

În general, formațiunile bune conducătoare de electricitate (argile, de exemplu) produc o absorbție ridicată și limitează penetrarea undelor radar.

Determinarea în adâncime a structurilor de interes este obținută pornind de la înregistrările în timp datorită vitezei de propagare a undelor radar în mediile considerate. Acest parametru poate fi estimat pornind de la cunoașterea naturii mediilor cu ajutorul tabelor de caracteristici fizice ale materialelor, publicate în diverse tratate sau articole. Acesta poate fi, în egală măsură evaluat, pornind de la înregistrări (formele hiperbolelor de difracție), prin etalonarea pe un punct cunoscut (foraj etc.) sau pornind de la "sondaje radar".

Sondajele radar, sau sondajele de viteză, sunt cunoscute sub denumirile "Common Mid Point" (CMP) sau "Wide Angle Reflection and Refraction" (WARR) (Fig. 2). Viteza este, în acest caz, evaluată pornind de la variațiile timpilor de propagare a undelor radar, obținuți pentru diferite distanțe, între antena emițătoare și antena receptoare.

2.2 Principii de prelucrare și interpretare a măsurătorilor

Pentru toate mediile susceptibile a fi investigate prin metoda georadar, viteza de propagare a undelor electromagnetice este:

$$v^2 = c^2 / \epsilon_r,$$

unde c este viteza luminii în vid = 30 cm/ns și $\epsilon_r = \epsilon / \epsilon_0$ permitivitatea relativă.

Semnul coeficientului de reflexie al undelor radar pe o interfață este caracterizat de contrastul între proprietățile electrice (conductivitate și permitivitate) între două medii de o parte și de cealaltă a interfaței. Într-o primă aproximare, pentru două medii conductoare cu permitivități ϵ_1 (mediul de deasupra) și ϵ_2 (mediul de jos), coeficientul de reflexie r este:

$$r = \frac{\sqrt{\epsilon_1} - \sqrt{\epsilon_2}}{\sqrt{\epsilon_1} + \sqrt{\epsilon_2}}$$

Domeniul de variație al permitivității relative (ϵ_r) se poate reduce în intervalul 1 (pentru vid) – 80 (pentru apă).

Permitivitatea unui mediu geologic (implicit și viteza sa) este influențată de conținutul în apă:

$$\epsilon = (1-n)\epsilon_m + n\epsilon_w,$$

unde ϵ_m este permitivitatea matricei, ϵ_w permitivitatea apei și n este indicele gradului de saturare în apă.

Ținând cont că mediile investigate uzual prin această metodă sunt caracterizate de o valoare a lui ϵ_r de 4 până la 25, viteza de propagare în soluri este cuprinsă între 6 și 15 cm/ns, iar coeficientul de reflexie în localizarea unui nivel de apă este negativ.

În continuare sunt prezentate câteva valori ale vitezei pentru mediile cel mai des întâlnite:

- Granit 12,5 cm/ns
- Apă pură 3,4 cm/ns
- Asfalt 18,3 cm/ns
- Gheață 16,8 cm/ns
- Cuarțite 13,1 cm/ns
- Anhidrite 12,3 cm/ns
- Argile 7 cm/ns

Adâncimea de investigare depinde de:

a. *Rezistivitatea terenului:*

- soluri și formațiuni argiloase: câțiva metri
- rocă stâncoasă fracturată normal: 15 - 40m
- rocă stâncoasă masivă: 40 - 150m
- sare pură, gheață, calcare și granite masive: până la 300m

b. *Frecvența antenelor:*

f(MHz):	2600	1000	900	400	200	100
h(m):	0,4	0,6	1	4	9	15

Eroarea metodei GEORADAR depinde de frecvența antenelor folosite:

1m	la 100 MHz
0,1m	la 900 MHz
0,05m	la 2500 MHz

Metoda georadar permite detectarea structurilor și a lucrărilor îngropate fie că au elemente metalice sau nu.

Trebuie menționat faptul că metoda georadar este o investigație indirectă a terenului și este limitată de anumiți factori, precum:

- gradul de umiditate al solului
- contactul dintre antenă și suprafața terenului trebuie menținut permanent sau constant. Schimbările de direcție ale antenei de recepție datorate neregularității suprafeței solului pot cauza perturbații în cadrul imaginilor obținute după procesarea datelor, perturbații ce pot fi ușor confundate cu anomalii ale solului, conducând astfel spre interpretări greșite ale imaginilor radar.
- proprietățile electrice și magnetice ale solului investigat. Diferite tipuri de rocă absorb undele radar în mod diferit. În general, formațiunile care sunt bune conductoare de electricitate (și anume argila) sunt bune absorbante, împiedicând astfel o bună penetrare a undelor radar.
- dimensiunile și diametrele prea mici ale obiectelor de interes
- undele radar nu penetrează metalul, așadar un obiect de metal va reflecta toată energia radar și va „umbri” tot ce se află sub el
- prezența unor posibile surse externe emitente de câmp electromagnetic ce poate interfera cu câmpul radar (televiziune, radio FM precum și alte benzi de frecvență radio folosite în comunicații)
- prezența liniilor de înaltă tensiune care reprezintă un generator de zgomot electromagnetic.

2.3. Aparatura utilizată

Pentru efectuarea măsurătorilor georadar s-a utilizat un echipament de producție americană, model GSSI tip SIR 20 cu 2 canale. S-au folosit o antenă de 200 MHz și 2 de 400 MHz.



Georadar GSSI tip SIR 20

O antenă cu frecvență mai mică sau mai mare (900 sau 100 MHz) nu ar fi putut asigura adâncimea de investigare solicitată. Dacă frecvența antenei ar fi fost mai mică am fi putut obține informații de la adâncimi și mai mari dar în dauna rezoluției, dacă frecvența antenei ar fi fost mai mare, puteam obține informații cu rezoluție mai ridicată însă pe adâncimi reduse.

Prin rezoluție se înțelege dimensiunea minimă a unui detaliu observabil. Limita teoretică de rezoluție este dată de criteriul lui Rayleigh:

$$\delta x \geq \frac{\lambda}{4}$$

unde : δx este rezoluția, iar λ este lungimea de undă. În aplicații practice limita de rezoluție nu este atinsă datorită zgomotului de fond, propagării undelor prin medii eterogene, necompactitatea mediului, etc. O măsurătoare georadar poate fi considerată ca excepțional de bună din punct de vedere practic dacă se obține o rezoluție: $\delta x \approx \lambda$.

Adâncimea de pătrundere h_{max} depinde de permitivitatea mediului și de lungimea de undă folosită. Mediile conductoare nu permit pătrunderea undelor radar decât pe grosimi foarte mici, în timp ce mediile dielectrice permit o pătrundere apreciabilă a acestora. Adâncimea de pătrundere crește cu creșterea lungimii de undă radar.

Valori uzuale ale adâncimii de pătrundere și rezoluției sunt date în tabelul 1 pentru un sol uzual cu permitivitate relativă $\epsilon_r = 16$.

Tabel 1 Rezoluții geometrice uzuale și adâncimi de pătrundere pentru un sol uzual

f (MHz)	λ (cm)	Z_{max} (m)	δx (cm)
10	750	50	1500
50	150	20	300
100	75	15	120
400	19	5	30
900	8	1	8

Se observă că trebuie totdeauna făcut un compromis între adâncimea de pătrundere și rezoluție funcție de aplicația concretă avută în vedere și de solicitările beneficiarului.

3. REZULTATELE MĂSURĂTORILOR

Măsurătorile georadar au fost efectuate pe linia feroviară Caransebeș–Timișoara-Arad, pe profile cu o lungime de aproximativ 155 km.

În vederea identificării infrastructurii căii de rulare, în special grosimea stratului de piatră spartă și balast, măsurătorile s-au realizat cu aparatura GEORADAR SIR20 (SUA)

folosind 3 antene, două de 400 MHz și una de 200 MHz, care au asigurat o adâncime maximă de investigare de aproximativ 6 m. Măsurătorile au fost efectuate conform ASTM D6432-11 „Standard Guide for using the Surface Ground Penetrating Radar Method for Subsurface Investigation”.

Măsurătorile georadar au fost efectuate pe 2 canale, câte unul pe fiecare parte a căii ferate cu antenele de 400 MHz și pe un canal în axul firului de circulație cu antena de 200 MHz.

Antenele au fost fixate pe o Drezină Pantograf la o înălțime de aproximativ 60 - 65 cm față de NST (Nivelul Superior al Traversei).

Viteza drezinei a variat în domeniul 40 – 60 km/h, exceptând zonele unde s-a circulat cu viteză redusă.

În condițiile în care roata de măsurat distanțe nu s-a putut fixa corespunzător pe drezină, implicit nici calibrarea acesteia nu a fost posibilă, măsurătorile nu au putut fi efectuate în „modul distanță” (georadarul colectează datele în scan/metru), motiv pentru care s-au efectuat în „modul timp” (georadarul a colectat datele în scan/secundă), marcându-se manual elementele de reper întâlnite pe traseu: borne hectometrice și kilometrice, poduri, podețe, pasarele, râuri, stații (gări, halte, triaje). Acestea se regăsesc pe radargramele anexate.

După terminarea fazei de achiziție a datelor, acestea au fost prelucrate utilizându-se programul Radan 6.6 al firmei producătoare a echipamentului GSSI - SUA.

Prelucrarea datelor s-a executat în următoarele etape de procesare: normalizarea înregistrărilor, eliminarea marcajelor multiple, diminuarea, acolo unde a fost posibil, a zgomotului de fond.

Datorită faptului că măsurătorile s-au efectuat în „modul timp”, normalizarea distanțelor nu a putut fi realizată. Astfel, pe tronsoanele în care drezina s-a deplasat cu viteză mică lungimea radargramei/1 km este mai mare decât în zonele în care vitezele de deplasare a fost ridicată. În acest context, markerile puse manual sunt în concordanță cu distanțele din teren, ajutând la identificarea zonelor de interes.

Filtrarea orizontală a asigurat o îmbunătățire a raportului semnal – zgomot și o diminuare a reflexiilor multiple. Prezența liniei de înaltă tensiune, precum și a liniilor sub tensiune îngropate, au reprezentat un generator de zgomot electromagnetic care a perturbat măsurătorile georadar. Acest lucru poate fi observat pe radargrame printr-un bruiat ce a făcut dificilă interpretarea acestora. În acest context, pentru determinarea perturbațiilor generate de linia de contact, au fost efectuate măsurători pe anumite intervale și cu linia de contact scoasă de sub tensiune.

Pentru înregistrările astfel prelucrate s-a luat în calcul o constantă dielectrică $\epsilon = 10$, aceasta fiind estimată cunoscând tipul litologic al mediului investigat din forajele puse la dispoziție. Astfel s-a realizat calibrarea măsurătorilor plecând de la o limită cunoscută într-un foraj.

Întregul tronson de cale ferată de 155 km a fost împărțit în 23 profile longitudinale pentru firul principal corespunzătoare următoarelor intervale de stații:

1. Caransebeș – Zăguzeni
2. Zăguzeni – Căvăran
3. Căvăran – Jena
4. Jena – Găvojdia
5. Găvojdia – Tapia
6. Tapia – Lugoj
7. Lugoj – Jabăr
8. Jabăr – Belinț
9. Belinț – Chizătău
10. Chizătău – Topolovăț

11. Topolovăț – Recaș
12. Recaș – Remetea Mare
13. Remetea Mare – Timișoara Est
14. Timișoara Est – Timișoara Nord
15. Timișoara Nord – Ronaț Triaj Gr. D
16. Ronaț Triaj Gr. D – Sânandrei
17. Sânandrei – Băile Calacea
18. Băile Calacea – Orțișoara
19. Orțișoara – Vinga
20. Vinga – Șag
21. Șag – Valea Viilor
22. Valea Viilor – Aradu Nou
23. Aradu Nou – Arad

Suplimentar, s-au efectuat 3 profile longitudinale pe fire adiacente, corespunzătoare următoarelor intervale de stații:

24. Zăgujeni – Căvăran fir 2
25. Caransebeș – Zăgujeni CF 122
26. Timișoara Nord – Ronaț Triaj Gr. D CF 133

Rezultatele măsurătorilor georadar sunt reprezentate pe radargramele anexate studiului, după cum urmează:

1. Caransebeș – Zăgujeni
 - grosime medie piatră spartă: ~ 60 - 62 cm
 - grosime medie balast: ~ 40 cm
2. Zăgujeni – Căvăran
 - grosime medie piatră spartă: ~ 63 cm
 - grosime medie balast: ~ 38 - 40 cm
3. Căvăran – Jena
 - grosime medie piatră spartă: ~ 65 cm
 - zonă de adâncire piatră spartă:
 - km 496+400 – km 496+450: ~ 70 cm
 - grosime medie balast: ~ 45 cm
4. Jena – Găvojdia
 - grosime medie piatră spartă: ~ 63 - 64 cm
 - zonă de adâncire piatră spartă:
 - km 498+420: ~ 68 – 69 cm
 - grosime medie balast: ~ 42 cm
5. Găvojdia – Tapia
 - grosime medie piatră spartă: ~ 60 - 61 cm
 - zone de adâncire piatră spartă:
 - km 507+950: ~ 69 cm
 - km 508+950: ~ 68 cm
 - grosime medie balast: ~ 45 - 47 cm
6. Tapia – Lugoj
 - grosime medie piatră spartă: ~ 63 cm
 - zone de adâncire piatră spartă:
 - km 509+800 – km 509+900: ~ 68 – 69 cm
 - km 513+850 – km 513+900: ~ 68 cm
 - grosime medie balast: ~ 46 - 48 cm

7. Lugoj – Jabăr

- grosime medie piatră spartă: ~ 60 - 61 cm
- zone de adâncire piatră spartă:
 - km 516+900: ~ 68 cm
 - km 518+700: ~ 69 cm
 - km 519+400: ~ 67 – 68 cm
- grosime medie balast: ~ 42 - 43 cm

8. Jabăr – Belinț

- grosime medie piatră spartă: ~ 57 - 58 cm
- grosime medie balast: ~ 56 - 58 cm

9. Belinț – Chizătău

- grosime medie piatră spartă: ~ 55 - 56 cm
- grosime medie balast: ~ 56 - 57 cm

10. Chizătău – Topolovăț

- grosime medie piatră spartă: ~ 58 - 59 cm
- zone de adâncire piatră spartă:
 - km 532+850: ~ 78 – 80 cm
 - km 532+930: ~ 73 – 74 cm
 - punctual, în intervalul km 539+600 – km 539+935 (zona Gării Topolovăț): ~ 68 – 70 cm
- grosime medie balast: ~ 46 - 48 cm

11. Topolovăț – Recaș

- grosime medie piatră spartă: ~ 62 - 64 cm
- zone de adâncire piatră spartă:
 - zona Gării Topolovăț: ~ 69 – 70 cm
 - zona Haltei Șuștra km 543+680: ~ 77 – 78 cm
 - km 544+550: ~ 75 – 76 cm
 - km 544+650: ~ 78 - 79 cm
 - km 546+000 – km 546+100: ~ 71 – 72 cm
 - km 547+500 – km 547+800: ~ 68 – 70 cm
 - km 548+130: ~ 73 – 74 cm
 - km 551+000 – km 551+156 (Gara Recaș): ~ 70 – 71 cm
- grosime medie balast: ~ 46 - 48 cm

12. Recaș – Remetea Mare

- grosime medie piatră spartă: ~ 64 -65 cm
- zone de adâncire piatră spartă:
 - zona Gării Recaș km 551+156 – km 552+000: ~ 68 – 70 cm
 - km 552+420: ~ 74 – 75 cm
 - km 554+050: ~ 69 – 70 cm
 - km 554+400: ~ 69 – 70 cm
 - km 554+700: ~ 72 – 73 cm
 - km 554+830: ~ 69 – 70 cm
 - km 554+950: ~ 71 – 72 cm
 - km 555+170: ~ 69 – 70 cm
 - km 556+730: ~ 70 cm
 - km 556+900: ~ 70 cm
 - km 557+200: ~ 74 – 75 cm
 - km 558+950: ~ 69 – 71 cm
- grosime medie balast: ~ 49 - 51 cm

13. Remetea Mare – Timișoara Est

- grosime medie piatră spartă: ~ 66 - 67 cm
- zone de adâncire piatră spartă:
 - km 561+600: ~ 70 cm
 - km 565+400: ~ 70 cm
 - km 565+800 – km 565+850: ~ 70 cm
- grosime medie balast: ~ 43 - 44 cm

14. Timișoara Est – Timișoara Nord

- grosime medie piatră spartă: ~ 65 - 66 cm
- zone de adâncire piatră spartă:
 - km 573+225: ~ 70 cm
 - km 574+020: ~ 70 cm
 - km 574+100: ~ 70 cm
- grosime medie balast: ~ 42 - 43 cm

15. Timișoara Nord – Ronaț Triaj Gr. D

- grosime medie piatră spartă: ~ 59 - 62 cm

16. Ronaț Triaj Gr. D – Sânanndrei

- grosime medie piatră spartă: ~ 60 cm
- zone de adâncire piatră spartă:
 - km 11+340: ~ 70 cm
 - km 11+870 – km 12+950: ~ 70 cm
 - km 13+100 – km 13+171 (zona Gării Sânanndrei): ~ 70 cm

17. Sânanndrei – Băile Calacea

- grosime medie piatră spartă: ~ 60 cm
- grosime medie balast: ~ 20 cm

18. Băile Calacea – Orțișoara

- grosime medie piatră spartă: ~ 63 cm
- zone de adâncire piatră spartă:
 - km 21+000 – km 21+200: ~ 66 – 68 cm
 - km 23+800 – km 24+000: ~ 65 – 68 cm
 - km 25+420 – km 25+540: ~ 68 – 70 cm
- grosime medie balast: ~ 25 cm

19. Orțișoara – Vinga

- grosime medie piatră spartă: ~ 62 cm
- zonă de adâncire piatră spartă:
 - km 30+720: ~ 68 – 70 cm
- grosime medie balast: ~ 20 - 25 cm

20. Vinga – Șag

- grosime medie piatră spartă: ~ 62 cm
- zone de adâncire piatră spartă:
 - km 34+650: ~ 68 cm
 - km 39+130: ~ 69 cm
- grosime medie balast: ~ 24 - 26 cm

21. Șag – Valea Viilor

- grosime medie piatră spartă: ~ 60 cm
- zone de adâncire piatră spartă:
 - km 40+300: ~ 68 – 69 cm
 - km 40+530 – km 40+700: ~ 67 – 69 cm
 - km 40+820 – km 40+930: ~ 68 cm
 - km 40+050 – km 41+600: ~ 70 cm

- km 41+900 – km 42+000: ~ 69 cm
 - km 42+090 – km 42+160: ~ 69 cm
 - km 42+940 – km 43+110: ~ 68 - 69 cm
 - km 44+070: ~ 70 cm
 - km 44+570: ~ 69 - 70 cm
 - grosime medie balast: ~ 28 - 30 cm
22. Valea Viilor – Aradu Nou
- grosime medie piatră spartă: ~ 58 cm
 - zone de adâncire piatră spartă:
 - km 46+780 – km 47+180: ~ 68 – 70 cm
 - km 47+750 – km 47+900: ~ 68 cm
 - km 48+350 – km 48+500: ~ 65 - 66 cm
 - grosime medie balast: ~ 28 - 30 cm
23. Aradu Nou – Arad
- grosime medie piatră spartă: ~ 58 - 59 cm
 - zone de adâncire piatră spartă:
 - km 57+700 - km 54+100: ~ 69 – 70 cm
 - km 55+500: ~ 69 – 70 cm
 - km 54+700: ~ 69 cm
 - km 55+250: ~ 69 cm
 - grosime medie balast: ~ 28 - 30 cm
24. Zăgujeni – Căvăran fir 2
- grosime medie piatră spartă: ~ 60 cm
 - grosime medie balast: ~ 46 - 47 cm
25. Caransebeș – Zăgujeni CF 122
- grosime medie piatră spartă: ~ 60 cm
 - grosime medie balast: ~ 47 - 48 cm
26. Timișoara Nord – Ronaț Triaj Gr. D CF 133
- grosime medie piatră spartă: ~ 63 - 64 cm
 - grosime medie balast: ~ 42 - 43 cm

4. CONCLUZII

În urma măsurătorilor georadar, pe 26 de intervale de stații ale tronsonului de linie feroviară CARANSEBEȘ – TIMIȘOARA – ARAD, a fost estimată o grosime medie a stratului de piatră spartă, considerată de la NST (Nivelul Superior al Traversei), de aproximativ 60 – 65 cm iar local s-au identificat zone de adâncire până la 70 - 80 cm.

În general s-au observat în zona gărilor și în zona lucrărilor de artă (poduri, podețe, pasarele) neregularități ale grosimii stratului de piatră spartă.

Având în vedere faptul că metoda georadar este o metodă de investigare indirectă a terenului și ținând cont de particularitățile specifice de efectuare a măsurătorilor, precizia de măsurare este de aproximativ 90%.

Măsurătorile efectuate la capetele de traversă, precum și în mijlocul firului de cale ferată, coroborate cu rezultatele investigațiilor directe de teren, oferă informații complete și continue asupra situației existente în platforma și corpul terasamentului, de pe intervalul C.F. Caransebeș-Timișoara-Arad.