

**BENEFICIAR:  
SOCIETATEA DE TRANSPORT BUCUREȘTI**

**EXPERTIZĂ TEHNICĂ LA CALEA DE RULARE A  
TRAMVAIULUI ÎN CADRUL INVESTIȚIEI  
„REABILITARE SISTEM RUTIER PE B-DUL PACHE  
PROTOPOPESCU ȘI STR. TRAIAN”**



**Expert tehnic A5, B3, D  
Dr. Ing. Laurențiu Mărculescu**



**MINISTERUL DEZVOLTĂRII REGIONALE ȘI ADMINISTRAȚIEI PUBLICE**  
Direcția Generală Dezvoltare Regională și Infrastructură

D-na/Dl. **MAKCOLESCU C. LAURENTIU**

Cod numeric personal: **1700420280835**

Profesie: **INGINER**



**ATESTAT**

Pentru competența: **EXPERT TEHNIC**

În domeniile: **CONSTRUCȚII DIN TERRE**

(A.S., S.R.L.)

În specialitatea: .....

Privind cerințele esențiale: **REZISTENȚĂ MECANICĂ ȘI STABILITATE (A.S.) ȘI SIGURANȚA ÎN EXPLOATARE (A.S., S.R.L.)**

Director General  
Șef serviciu  
16.02.2016  
DIRECTOR GENERAL  
ȘEF SERVICIU

Semnătura titularului: **[Signature]**  
Data eliberării: **18.05.2016**

Prezența legăturilor este valabilă însoțită de certificatul de atestare tehnico-profesională emis în baza Legii nr. 10/1995 privind calitatea în construcții, republicată, cu modificările și completările ulterioare, și a Hotărârii Guvernului nr. 1/2013 privind organizarea și funcționarea M.D.R.A.P., cu modificările ulterioare

Seria VD Nr. **09621**

**MINISTERUL DEZVOLTĂRII REGIONALE ȘI ADMINISTRAȚIEI PUBLICE**  
 Direcția Generală Dezvoltare Regională și Infrastructură

D-na/ Dl. MĂRCULESCU C. LAURENTIU

Cod numeric personal: 1700420280835

Profesie: INGINER



**ATESTAT**

Pentru competența: EXPERT TEHNIC

În domeniile: CONSTRUCȚII CĂI FĂRATE  
(AS, SI, B)

În specialitatea: \_\_\_\_\_

Privind cerințele esențiale: REZISTENȚĂ MECANICĂ ȘI STABILITATE (A); SIGURANȚĂ ÎN EXPLOATAȚIE (B); IGIENĂ, SĂNĂTATE ȘI MEDIU (C)

Director General,  
DIANA TEHIEA  
 Șef serviciu, 26.02.2016

Semnătura titularului \_\_\_\_\_

Data eliberării: 18.05.2016

Prezența legitimației este valabilă însoțită de certificatul de atestare tehnico-profesională emis în baza Legii nr. 10/1995 privind calitatea în construcții, republicată, cu modificările și completările ulterioare, și a Hotărârii Guvernului nr. 1/2013 privind organizarea și funcționarea M.D.R.A.P. și modificările ulterioare

**Seria VD Nr. 09621**



Prezența legitimației va fi vizată de emitent din 5 în 5 ani de la data eliberării

|  |  |  |
|--|--|--|
| Prelungit valabilitatea<br>până la _____ | Prelungit valabilitatea<br>până la _____ | Prelungit valabilitatea<br>până la _____ |
| Prelungit valabilitatea<br>până la _____ | Prelungit valabilitatea<br>până la _____ | Prelungit valabilitatea<br>până la _____ |

**MINISTERUL DEZVOLTĂRII REGIONALE ȘI ADMINISTRAȚIEI PUBLICE**

**LEGITIMAȚIE**

**Seria VD Nr. 09621**

## RAPORT DE EXPERTIZĂ

### nr. 97

### februarie 2022

Subsemnatul Dr. Ing. **Mărculescu Laurențiu**, având calitatea de **EXPERT TEHNIC** în domeniul - pentru construcții - pentru următoarele cerințe de calitate:

A5 – rezistență și stabilitate la solicitări statice, dinamice, inclusiv la cele seismice, pentru construcții de căi ferate;

B3 – siguranța în exploatare pentru construcții de căi ferate;

D – sănătatea oamenilor și protecția mediului, pentru toate domeniile;

legitimația MLPAT seria VD, nr. 09621, prezint următoarea expertiză tehnică la solicitarea **Societății de Transport București STB S.A.**

Beneficiarul final al lucrării este **Societatea de Transport București STB S.A.**

### Capitolul 1. DATE GENERALE

|                     |   |
|---------------------|---|
| Denumirea lucrării: | Expertiză tehnică la calea de rulare a tramvaiului în cadrul investiției „Reabilitare sistem rutier pe b-dul Pache Protopopescu și str. Traian” |
| Faza de proiectare: | Servicii de expertiză tehnică linii de tramvai, aparate de cale   |
| Beneficiar:         | Societatea de Transport București STB S.A.  |
| Proiectant:         | -   |
| Amplasament:        | Bulevardul Pache Protopopescu și strada Traian din Sectorul 2, delimitată la nord-vest de Piața Ianului și la sud-est de Calea Călărași         |

### Capitolul 2. DESCRIEREA SITUAȚIEI EXISTENTE

#### 2.1. Cadrul natural

Liniile de tramvai supuse expertizei sunt situate pe următoarele străzi din sectorul 2 București:

- b-dul Pache Protopopescu între Piața Ianului și strada Traian;
- strada Traian între b-dul Pache Protopopescu și Calea Călărași;
- strada Traian între b-dul Pache Protopopescu și strada lanou Cavalier de Flondor





Figura 1. Amplasamentul lucrării

### 2.1.1. Caracteristici topografice și geomorfologice

Unitatea morfologică de care aparține se numește Câmpia Bucureștiului, în cadrul Câmpiei Vlasiei, parte componentă a marii unități Câmpia Română.

Această unitate s-a format morfo-genetic pe cuverturi fluvio-lacustre, aluvio-pluviale de vârstă pliocen-cuaternară acoperite în cea mai mare parte de depozite argiloase, nisipoase și roci aluviale (pietrișuri).

### 2.1.2. Caracteristici geologice

Depozitele acestui perimetru sunt atribuite Pleistocenului Superior și Holocenului.

Pleistocenul superior este reprezentat în bază de nisipurile de Mostiștea (nisipuri medii și fine, cu intercalații de concrețiuni grezoase sau calcaroase). Aceste nisipuri suportă o serie de depozite: argilele intermediare (argile, argile nisipoase, uneori cu aspect loessoid) și pietrișurile de Colentina, acoperite local de depozitele loessoide (alcătuite din prafuri nisipoase-argiloase, intercalate cu prafuri argiloase).

Holocenul este reprezentat de aluviunile grosiere ale teraselor joase ale Colentinei (nisipuri și pietrișuri) și de aluviunile fine ale acestora (nisipuri prăfoase, nisipuri argiloase, cu frecvente concrețiuni calcaroase).



### 2.1.3. Caracteristici hidrogeologice

Din punct de vedere hidrogeologic orizontul acvifer freatic este cantonat în orizontul „complexul pietrișurilor de Colentina”, este un acvifer cu nivel liber situat la adâncimea de 5÷10 m. Apa subterană are o dinamică activă și are o direcție generală de curgere de la NNV spre SSV ca și rețeaua hidrografică. Valorile medii ale coeficienților de permeabilitate, determinate prin pompări experimentale și obținute din literatura de specialitate sunt următoarele:  $k = 5 \div 10 \times 10^{-2}$  cm/s pentru pietrișurile de Colentina,  $k = 5 \div 10 \times 10^{-3}$  cm/s pentru nisipurile de Mostiștea, sub  $k = 1 \times 10^{-3}$  cm/s pentru intercalațiile nisipoase din complexul intermediar.

### 2.1.4. Caracteristici climatologice

#### *Climat*

Din punct de vedere al sectoarelor de climă zonală în zona studiată este un climat continental de pădure, cu etaj topoclimatic de câmpie.

#### *Precipitații*

Din punct de vedere al precipitațiilor atmosferice, zona studiată are valori medii multianuale de 600 mm, în luna iunie (luna cea mai ploioasă) înregistrându-se valori de 90 mm, iar în luna februarie (luna cea mai secetoasă), înregistrându-se valori de 30 mm. Numărul mediu al zilelor cu cerul acoperit dimineața (nebulozitatea medie anuală) este între 5-6/10 (5-6 zile din 10), durata medie de strălucire a soarelui fiind de la 2000 până la 2250 de ore într-un an.

#### *Temperaturi*

Temperatura medie a lunii ianuarie este între  $-5^{\circ}\text{C}$  și  $-3^{\circ}\text{C}$ . Temperatura medie a lunii iulie este între  $20^{\circ}$  și  $23^{\circ}\text{C}$ . Temperatura aerului (valori medii multianuale) este între  $10^{\circ}\text{C}$  și  $11^{\circ}\text{C}$ . Din punct de vedere al frecvenței medii a zilelor tropicale, amplasamentul se situează în aria regiunilor celor mai calde (peste 30 zile). Frecvența medie a zilelor de iarnă, în care temperatura maximă este de sub  $0^{\circ}\text{C}$  este de 30-40 zile.

#### *Vânturi*

Amplasamentul studiat, se află într-o zonă în care există vânturi dominante din sectorul estic și nordic (E, NE, SE, N).

Presiunea de referință a vântului pentru zona București, mediată pe 10 min, având 50 ani interval mediu de recurență este de 0,5 kPa.

### 2.1.5. Adâncimea de îngheț

În conformitate cu STAS 6054-77: „Teren de fundare. Adâncimi maxime de îngheț. Zonarea teritoriului României”, zona studiată, are adâncimea de îngheț de 80-90 cm.

În conformitate cu STAS 1709/1-90: „Adâncimea de îngheț în complexul rutier”, zona studiată are un tip climatic I cu indicele de umiditate Thornthwaite  $I_m = -20 \dots 0^{\circ}\text{C}$  zile. Indicele de îngheț pentru sisteme rutiere rigide este  $I_{med}^{30} = 500^{\circ}\text{C}$  zile, pentru sisteme rutiere nerigide trafic greu și foarte greu este  $I_{med}^{3/30} = 450^{\circ}\text{C}$  zile, iar pentru clasele de trafic mediu, ușor și foarte ușor este  $I_{med}^{5/30} = 400^{\circ}\text{C}$  zile.

Prima zi de îngheț apare după 21 Octombrie, iar ultima zi de îngheț se înregistrează înainte de 11 aprilie. Numărul zilelor cu solul acoperit de zăpadă este de peste 50 de zile. Grosimea medie anuală a stratului de zăpadă pe sol este de peste 60 cm.



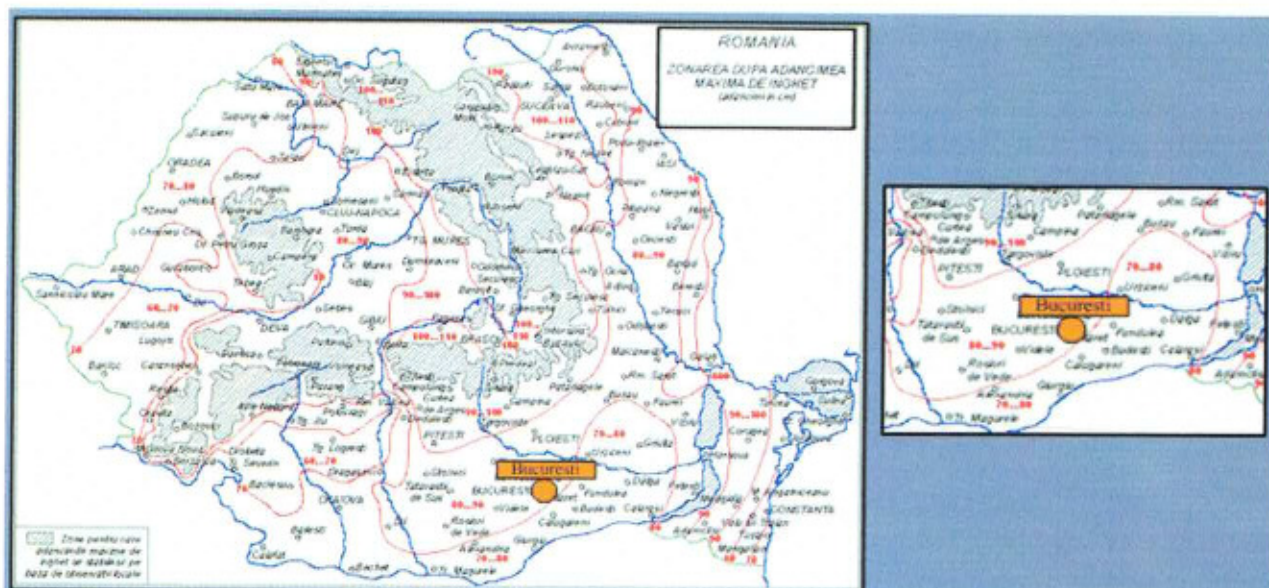


Figura 2: Zonarea teritoriului României după adâncimea de îngheț, conform STAS 6054/77 „Adâncimi maxime de îngheț” – Amplasament Municipiul București, Sector 2

### 2.1.6. Caracteristici seismice

Din punct de vedere seismic, zona cercetată este caracterizată de valoarea de vârf a accelerației terenului pentru proiectare  $a_g = 0.24g$  pentru cutremure având intervalul mediu de recurență  $IMR = 100$  ani și perioada de control (colt)  $T_c = 1.6$  sec (conform „Codului de proiectare seismică – Partea I – Prevederi de proiectare pentru clădiri” - indicativ P 100-1/2013).

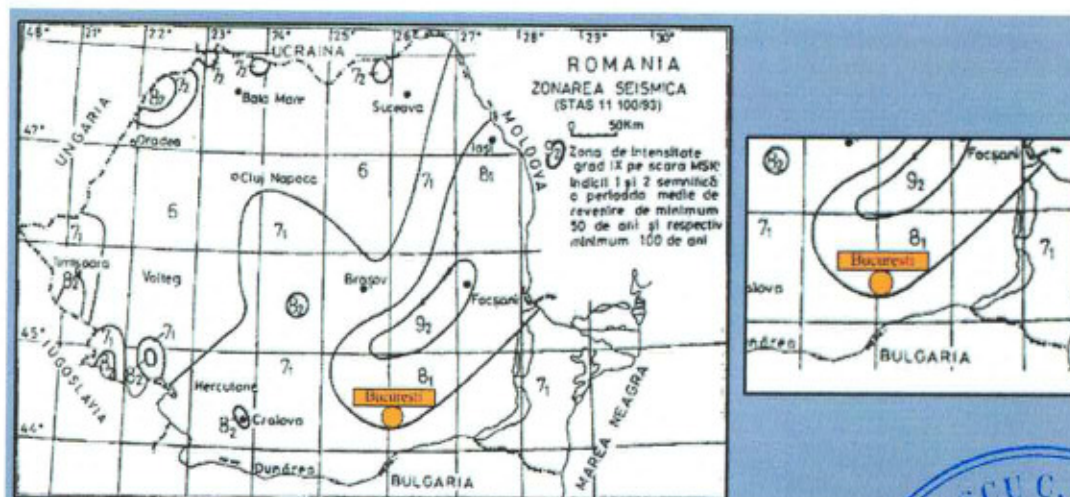


Figura 3: Zonarea teritoriului României în termeni de intensitate seismică conform P100-1/2013 „Cod de proiectare seismică” – Amplasament Municipiul București, Sector 2



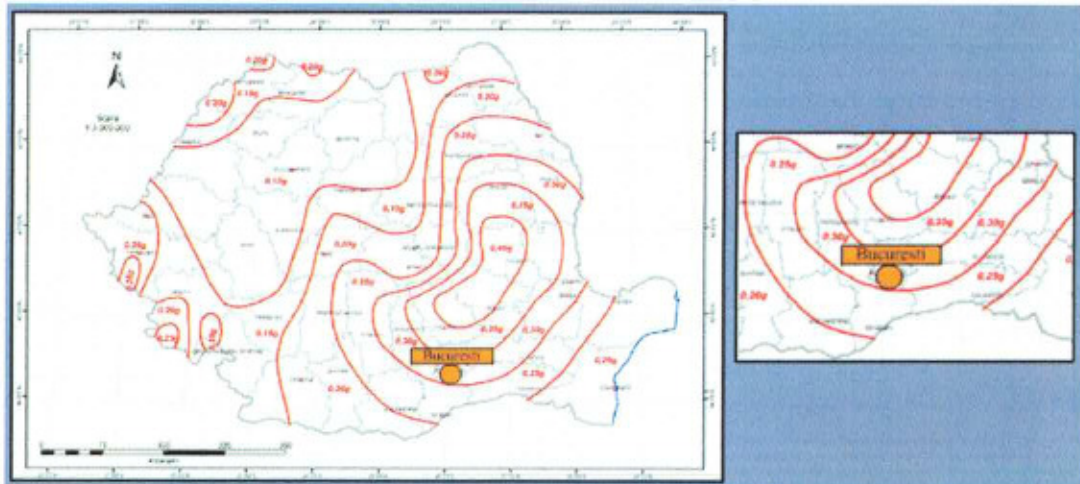


Figura 4: Zonarea teritoriului României în termeni de accelerație maximă, ag conform P100-1/2013 „Cod de proiectare seismică” – Amplasament Municipiul București, Sector 2

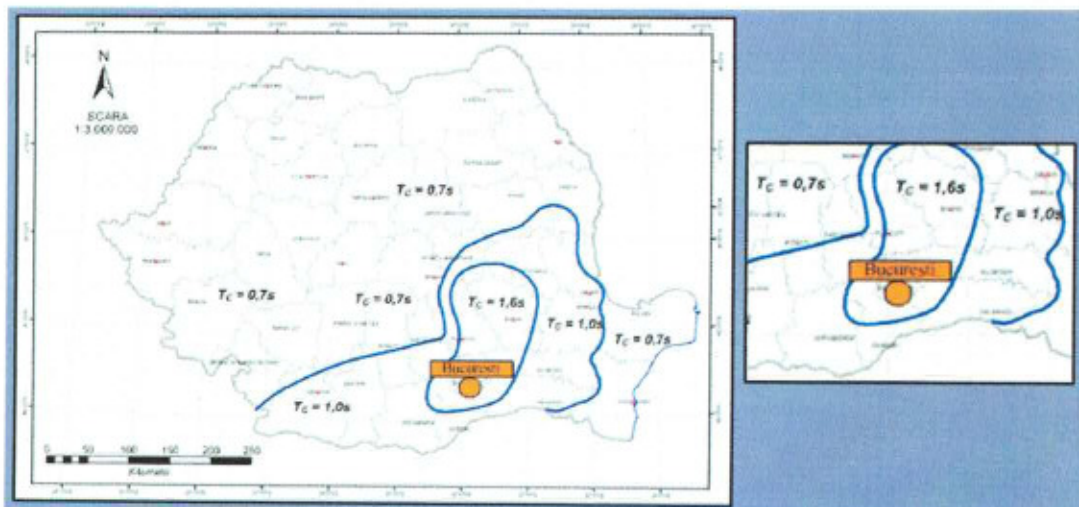


Figura 5: Zonarea teritoriului României în termeni de perioadă de control (colț), Tc a spectrului de răspuns, conform P100-1/2013 „Cod de proiectare seismică” – Amplasament Municipiul București, Sector 2

### 2.1.7. Factorii de risc

Încadrarea în zonele de risc natural, la nivel de macrozonare, a ariei pe care se găsește zona studiată se va face în conformitate cu legea 575/noiembrie 2001: Lege privind aprobarea Planului de amenajare a teritoriului național – Secțiunea a V-a: zone derisc natural. Riscul este o estimare matematică a probabilității producerii de pierderi umane și materiale pe o perioadă de referință viitoare și într-o zonă dată pentru un anumit tip de dezastru. Factorii de risc avuți în vedere sunt: cutremurele de pământ, inundațiile și alunecările de teren.

Cutremurele de pământ: zona de intensitate seismică pe scara MSK este 8<sub>1</sub>, cu o perioadă de revenire de cca. 50 de ani.

Inundații: aria studiată se încadrează în zone cu cantități de precipitații cuprinse între 150-200 mm în 24 de ore, cu arii afectate de inundații din cauza revărsării unui curs de apă.

Alunecări de teren: aria studiată se încadrează în zone cu potențial de producere a alunecărilor scăzut, cu probabilitate de alunecare „practic zero”.



## 2.2. Date asupra situației existente

Liniile de tramvai supuse expertizei sunt situate pe următoarele străzi:

- b-dul Pache Protopopescu între Piata Iancului și strada Traian;
- strada Traian între b-dul Pache Protopopescu și Calea Călărași;
- strada Traian între b-dul Pache Protopopescu și strada Iancu Cavalier de Flondor.

Clasificarea liniilor de tramvai:

- după destinație și funcționalitate: linii curente.
- după ecartament: linii cu ecartament normal: 1435 mm.
- după numărul de fire de circulație: linii duble.
- după poziția față de partea carosabilă a străzii: linii înglobate în partea carosabilă
  - linii situate în axul strazii
  - linii situate lateral pe o parte a părții carosabile
- după tipul de sină folosită: OR și șină cu canal;
- după intensitatea circulației generale urbane: linii cu circulație medie.

Sarcina maximă admisă pe osie 12 t.

Viteza tehnică maximă admisibilă 70 km/h.

Caracteristici tehnice ale liniilor de tramvai și ale aparatelor de cale asupra cărora se va interveni și care sunt supuse expertizei sunt prezentate în tabelele 1 și 2.

Tabelul 1. Linii de tramvai de pe traseul liniei de tramvai 55

Sursa: STB

| Linie de tramvai | Număr de inventar | Denumire  | Soluție constructivă a liniei de tramvai           | Lungime cale dublă (m) | Data PIF | Observații                     |
|------------------|-------------------|---|--|------------------------|----------|--------------------------------|
| LT 1232          | 239392            | Linie dublă de tramvai pe Bd. Pache Protopopescu de la str. Traian Si 379 la P-ța Iancului Si 318 – T16 447 | Șină canal pe traverse                             | 1018,7                 | 1985     | 63,175 mcd modernizați în 2009 |
|                  |                   |   | Șină Oțelu Roșu înglobată în dale de beton 6 x 2 m |                        |          |                                |
| LT 1208          | 23913             | Linie dublă de tramvai pe str. Traian de la Calea Călărași D 421 la Bd. Protopopescu D452                   | Șină canal pe traverse                             | 622,4                  | 1984     |                                |

Tabelul 2. Aparate de cale de pe traseul liniei de tramvai 55

Sursa: STB

| Tip aparat de cale | Număr de inventar | Denumire  | Data PIF | Observații |
|--------------------|-------------------|---|----------|------------|
| Si 379             | 24016             | Schimbător simplu intrare Pache Protopopescu x Traian | 1985     |            |
| Se 380             | 24015             | Schimbător simplu ieșire Traian x Pache Protopopescu  | 1985     |            |
| SD 452             | 22666             | Schimbător dublu strada Traian x Pache Protopopescu   | 1974     |            |





Figura 6. Poziționarea aparatelor de cale în intersecția dintre b-dul Pache Protopopescu și strada Traian.

Pe b-dul Pache Protopopescu, de o parte și de alta a zonei căii de rulare există câte o bandă de circulație auto.

Pe strada Traian între b-dul Pache Protopopescu și strada Vișinilor, linia de tramvai este inclusă în banda de circulație auto pentru fiecare sens. Pe strada Traian între strada Vișinilor și Calea Călărași, de o parte și de alta a zonei căii de rulare există câte o bandă de circulație auto.

Pe strada Traian între strada Iancu Cavalier de Flondor și b-dul Pache Protopopescu liniile de tramvai sunt cuprinse în benzile auto către Calea Călărași.

Pe b-dul Pache Protopopescu și strada Traian aliniamentele sunt lungi legate prin curbe cu raze mai mari de 50 m. Raze mici (aproximativ 20 m) sunt pe liniile de legătură dintre aparatele de cale.

Declivitățile sunt mai mici de 2‰ (calcul făcut pentru elemente de profil mai mari de 100 m).

Distanța dintre cele două fire de circulație este de aproximativ 3,00 m.

Pe zona studiată stâlpii liniei de contact sunt comuni cu stâlpii de iluminat și sunt poziționați pe trotuare.

Pe b-dul Pache Protopopescu circulă numai tramvaiul 55 și sunt două stații de tramvai: Mătășari și Școala Iancului.

Pe strada Traian între strada Iancu Cavalier de Flondor și b-dul Pache Protopopescu circulă numai tramvaiul 14 și este o singură stație de tramvai: Bd. Pache Protopopescu. Stațiile de mai sus sunt poziționate pe trotuare. În lipsa unei semnalizări corespunzătoare, acest lucru pune în pericol siguranța călătorilor.



În data de 05.01.2022, la coborârea din tramvai, o elevă de 11 ani a fost accidentată de un autoturism pe Bd. Pache Protopopescu nr. 43, iar un echipaj al Poliției Locale Sector 2, aflat în zonă, a intervenit de urgență prin apelarea numărului unic de urgență 112 și, ulterior, prin devierea și fluidizarea traficului rutier. Potrivit Poliției Locale, minora a fost lovită ușor la nivelul membrelor inferioare și a fost transportată la Spitalul Clinic de Urgență pentru Copii Grigore Alexandrescu pentru investigații amănunțite.

Pe strada Traian între b-dul Pache Protopopescu și Calea Călărași circulă tramvaiele 14 și 55.

La intersecția străzii Traian cu Calea Călărași este stația Hala Traian.

Din datele primite de la beneficiar rezultă că pe aceste sectoare de linie s-au realizat mai multe intervenții în cale:

- suduri la șina OR, șina cu canal, legături șina cu canal – șina OR;
- înlocuiri de șine OR, șine cu canal;
- repunere la cotă șine;
- încărcarea cu sudură a șinelor în curbe;
- încărcarea cu sudură a fururilor la inimile de încrucișare;
- polizarea uzurii ondulatorii a șinelor;
- înlocuirea de repere de rulare uzate la aparatele de cale;
- înlocuirea de dale de beton.

Pe strada Traian în data de 27.06.2020 a fost întreruptă circulația din cauza dilatării șinei.

### Capitolul 3 – CONSTATĂRI ȘI DESCRIEREA DEFECTELOR

Calea prezintă defecte de direcție și de nivel pe toată lungimea tronsonului analizat. Se observă denivelări accentuate la trecerea de la o dală la alta.

Șina Otelul Roșu (OR), fiind o șină cu caracteristici mecanice scăzute, a suferit în timp din cauza greutății tramvaielor o uzură ondulatorie cu lungime de undă scurtă vizibilă chiar cu ochiul liber. În zona sudurilor șinelor apar defecte de nivel și de direcție accentuate. Elementele elastice ce fixează șina OR sunt deteriorate sau absente. Jghiabul de tablă în care este fixată șina în dala prefabricată s-a degradat în timp. În unele zone prezintă urme produse de circulația tramvaiului pe acesta, existând pericolul de deraiere; de asemenea tabla acestui jghiab poate deteriora pneurile vehiculelor auto.

Șina OR nu prezintă rupturi pe b-dul Pache Protopopescu. Șina cu canal de pe strada Traian prezintă rupturi, în special în dreptul sudurilor efectuate la realizarea CFJ. Se pare că linia de tramvai de pe strada Traian, are un comportament defectuos la variații de temperatură. Singura explicație poate fi rezistența slabă în prinderi.

Sudarea șinelor fie nu s-a realizat pe toată secțiunea șinei, fie s-a realizat prin încărcarea excesivă cu material, care prin răcire a lăsat discontinuități pe conturul șinei.

Starea căii de rulare a tramvaiului a fost analizată având în vedere elementele dimensionale și parametrii de stare ai căii.

Elementele dimensionale atașate căii în totalitate, părților ei componente, subansamblurilor și elementelor componente ale acestor subansambluri trebuie să corespundă limitelor impuse prin norme (standarde, instrucții, ordine) și prin documentațiile tehnice de execuție. Când nu există reglementări se folosesc date din literatura de specialitate și din cercetările științifice.

Parametri de stare aferenți căii în totalitate, părților ei componente, subansamblurilor și elementelor componente ale acestor subansambluri trebuie să corespundă limitelor impuse prin norme (standarde, instrucții, ordine) și prin documentațiile tehnice de execuție.



Când nu există reglementări se folosesc date din literatura de specialitate și din cercetările științifice.

Au fost identificate următoarele tipuri de defecte:

- defecte de direcție ale aliniamentului căii de rulare a tramvaiului;
- defecte la șină;
- defecte la aparatele de cale;
- defecte ale sistemului de prindere sau înglobare al șinei;
- defecte la dale;

### 3.1. Defecte de direcție ale aliniamentului căii de rulare a tramvaiului

Defectele de direcție se manifestă atât în plan cât și în profil longitudinal. Ele apar în mod special în zonele unde șina nu mai are un suport continuu, între dale, sau la trecerea de la un sistem constructiv la altul. Defectele de direcție semnificative observate în curbe sunt din cauza tehnologiei de curbare a șinelor ce producea o geometrie imprecisă a curburii șinei. La realizarea curbilor cu raze mici este necesară utilizarea de sine curbate preliminar, prin deformare plastică, cu ajutorul dispozitivelor ce curbează continuu șina.

Deformări ale căii apar la sistemul cu șină OR în intersecții din cauza vehiculelor care pornesc de la semafor de pe străzile laterale (exemplu intersecția b-dul Pache Protopopescu cu strada Popa Nan).

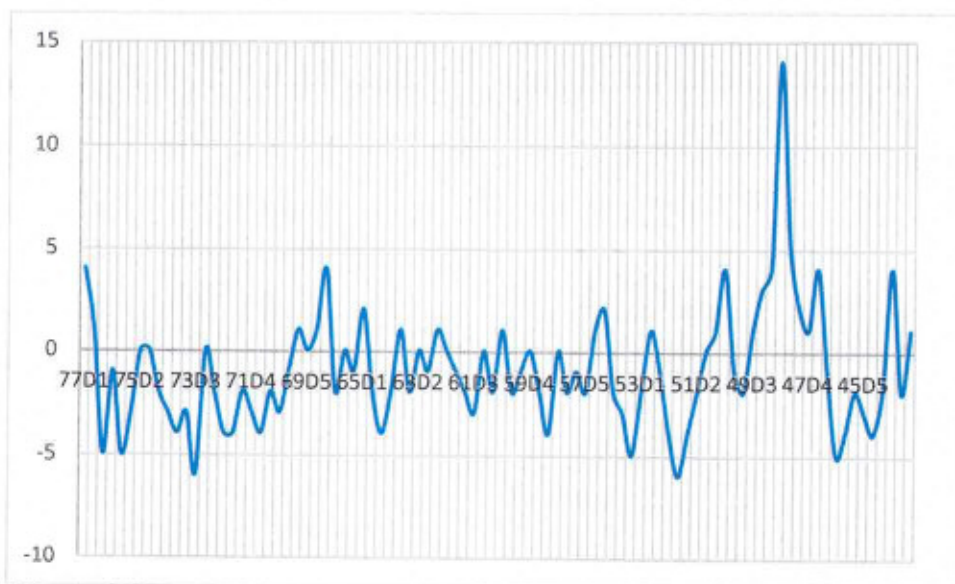


Figura 7. Abateri (în mm) ale ecartamentului pe b-dul Pache Protopopescu (între Piața lanului și strada Traian)

### 3.2. Defecte la șină

La șină defectele au fost observate numai la nivelul ciupercii șinei sau la partea superioară a șinei (în cazul șinei OR) având în vedere că șina este înglobată în carosabil.

La șină au fost remarcate știrbituri și exfolieri pe suprafața de rulare, crăpături transversale, patinări și desprinderi de material, turtiri și uzuri neuniforme la suprafața de rulare.

Cauzele defectelor la șină sunt:

- defectele de fabricație;
- defectele din cauza rezistenței de contact insuficiente;
- defecte din cauza profilului defectuos al secțiunii șinei;
- defecte cauzate de întreținerea necorespunzătoare a căii;



- defecte din cauza unor acțiuni anormale a materialului rulant (locuri patinate, porțiuni de frânare);

- defecte prin sudare necorespunzătoare;
- defecte prin încărcare cu sudură necorespunzătoare;
- defectări mecanice prin scule, unelte, descărcări de materiale, loviri de piese ale materialului rulant.

Fixarea șinei OR este elastică și are calitate izolante, dar nu asigură ecartamentul constant al căii din cauza comportamentului necorespunzător în timp al cordoanelor de cauciuc.

La sudurile șinelor defectele sunt de mai multe tipuri și au cauze diferite:

- încărcarea cu sudură necorespunzătoare;

- crăpături transversale în ciuperca șinei în zona sudurii din cauza deficiențelor tehnologice la executarea sudurii;

- turtiri ale ciupercii șinei din cauza sudurilor defectuoase;
- ruperi transversale ale șinelor prin rosturile sudate;
- deformări ale șinelor din cauza sudurii necorespunzătoare.

Modul de realizare al suprastructurii pe zona de tranziție de la un sistem constructiv la altul (de la șina OR la șina cu canal) este improvizat. Sudurile de legătură sunt defectuoase. Șina prezintă defecte de direcție atât în plan cât și în profil longitudinal.

Pe zona supusă expertizei s-a observat la șine uzura ondulatorie, în special la șina tip O.R.

Acest tip de defect are un efect negativ asupra circulației tramvaielor, în special în zonele în care fundamentul este slab iar șinele prezintă turtiri și bavurări semnificative.

În categoria celor mai importanți factori ce provoacă uzura ondulatorie sunt:

- calitatea materialului și tehnologia de fabricare a șinelor;
- vibrațiile din cauza circulației;
- alunecarea roții, provocată de regimul de conducere a vehiculului și anume:
  - o frânarea energetică la viteze mari;
  - o accelerații mari la demarare sau în procesul de conducere;
- elasticitatea neuniformă a fundației căii;
- defecte la construcția și întreținerea căii:
  - o diferența de nivel între cele două fire de șină;
  - o lărgimea căii care nu este constantă;
  - o prezența șocurilor (în special în zona joantelor).
- particularitățile vehiculului:
  - o fixarea blocată a roților pe osia propriuzisă;
  - o torsionarea osiilor propriuzise din cadrul osiilor montate;
  - o diametre diferite ale roților de la aceeași osie montată sau diametre diferite ale roților de la osiile montate ale aceluiași vehicul;
  - o diferența de încărcare de la o roată la alta a osiei montate;
  - o rigidități diferite ale elementelor elastice ale suspensiilor;
  - o roți ale aceleiași osii montate care nu sunt paralele între ele;
  - o mișcarea de șerpuire a vehiculului;
  - o alte defecte în construcția și întreținerea materialului rulant.

În categoria factorilor care favorizează intensificarea dezvoltării uzurii ondulatorii sunt:

- neregularitățile inițiale pe suprafața de rulare a șinelor;
- rigiditatea căii;
- masa nesuspendată a vehiculului;
- viteza de circulație;
- intensitatea circulației;
- sarcinile pe osie.



Reducând rigiditatea căii se poate încetini dezvoltarea uzurii ondulatorii.

În funcție de dimensiunile neregularității se poate evalua variația presiunii dinamice a roților asupra șinei, variație care și provoacă deteriorarea căii, distrugerea șinelor și a altor elemente ale suprastructurii căii, precum și deteriorarea vehiculelor. Variația mărimii presiunii dinamice a roților asupra șinei și asupra căii în totalitate depinde de mai mulți factori:

- dimensiunile neregularității;
- rigiditatea căii;
- viteza de circulație;
- tipul tramvaiului.

În tabelul 3 sunt prezentate defectele constatate și măsurile ce trebuie luate ținând cont de categoria defectului (Instrucția 306).

Tabelul 3

| Tipul defectului la șină   | Categoria defectului | Măsuri   |
|--|----------------------|--|
| Exfolieri și știrbituri pe suprafața de rulare, din cauza defectelor de fabricație   | II                   | Șina trebuie ținută sub observație             |
| Știrbituri pe muchia de rulare, din cauza rezistenței de contact insuficiente a șinei (oboseala materialului)                  | II                   | Șina trebuie ținută sub observație             |
| Patinări și fisuri de călire și știrbituri de material pe suprafața de rulare, cauzate de patinări - adâncime mai mare de 2 mm | I                    | Înlocuire sau regenerare în cel mai scurt timp |
| Turtiri pe fața de rulare a ciupercii șinei  | II                   | Șina trebuie ținută sub observație             |
| Turtiri ale ciupercii șinei din cauza rezistenței insuficiente a metalului   | II                   | Șina trebuie ținută sub observație             |
| Turtiri ale ciupercii șinei din cauza sudurilor defectuoase  | II                   | Regenerare în cel mai scurt timp               |
| Uzură ondulatorie la liniile electrificate   | III                  | Șinele defecte trebuie polizate                |

Numărul foarte mare de șine rupte din ultima perioadă și defectele prezentate mai sus indică o atingere a limitelor maxime admise ale uzurilor dar și a capacității de transport reglementate.

Mai jos este făcută o analiză a defectelor la șină, având la bază prevederile fișei UIC 712R.

**Uzura ondulatorie cu lungime de undă mică** este cauzată de încărcările din trafic. Acest defect este caracterizat de o secvență pseudo-periodică de creste luminoase și goluri întunecate pe suprafața de rulare. Lungimea de undă variază între 3 și 8 cm.

**Uzura ondulatorie cu lungime de undă mare** este cauzată de încărcările din trafic. La acest tip de uzură nu există nicio diferență de aspect între creste și goluri. Uzura ondulatorie cu lungime de undă mare este caracterizată de depresiuni mai mari sau mai mici pe suprafața de rulare pronunțate și neuniforme în raport cu un profil rectiliniu ideal.

Lungimea de undă variază între 8 și 30 cm. Uzura ondulatorie cu lungime de undă mare apare de regulă pe firele de șină interioare ale curbilor.

**Uzura laterală** este cauzată de circulația materialului rulant. Uzura laterală constituie un defect atunci când amplitudinea sa este:

- prejudiciabilă pentru întreținerea căii, din cauza măririi ecartamentului;



- este posibil să provoace ruperea prin slăbirea profilului (afectând curba de racordare dintre ciupercă și inima șinei);

**Uzura verticală** este cauzată de circulația materialului rulant. Ea progresează în funcție de încărcările din trafic. În general vorbind, această uzură nu este un defect feroviar ca atare. Cu toate acestea, pe unele șine poate apărea o uzură verticală anormală. Valoarea ei depășește clar valoarea medie de pe șinele adiacente în condiții similare de trafic.

Această uzură anormală poate provoca ruperea prin slăbirea profilului. (În astfel de cazuri, trebuie verificat dacă ruperea nu rezultă dintr-un alt defect).

**Exfolierea suprafeței de rulare** reprezintă o deformare pseudo-ondulatoare a suprafeței de rulare. Exfolierea nu este în general un defect izolat și cel mai adesea apare în mai multe zone. Acesta este un defect intern care se inițiază la o adâncime de 2 – 8 mm. În stadiile inițiale ale dezvoltării, exfolierile devin vizibile sub forma unor pete întunecate.

**Știrbituri pe muchia de rulare.** Aceste defecte debutează ca pete întunecate lungi, distanțate aleatoriu în lungul muchiei de rulare. Aceste pete sunt semnele precoce ale dezintegrării metalului din ciuperca șinei și care după o perioadă de evoluție se caracterizează prin formarea unei buze pe fața laterală, de fisuri și în cele din urmă de exfolieri pe muchia de rulare. În această etapă a procesului, fluajul metalic cauzat de încărcările de trafic conduce la formarea simultană de depresiuni pe suprafața de rulare.

**Fisurarea ciupercii șinei. Exfolieri pe muchia de rulare.** Aceste defecte arată ca niște fisuri mici, paralele, distanțate în mod regulat sau nu. Distanța dintre fisuri variază în funcție de condițiile locale și tipul oțelului din șină, mergând de la 1 mm la câțiva cm.

Dacă se repetă periodic, poate apărea ca o rupere pe câțiva metri, fiind ca atare deosebit de periculos.

#### **Strivire**

Suprafața de rulare a șinei este extrudată lateral pe o distanță considerabilă.

La colțul superior exterior al ciupercii șinei se formează o buză. La defectele avansate apare la marginea buzei o fisură, care se poate extinde pe toată lungimea șinei. Această fisură tinde să despartă buza formată de ciuperca șinei.

Acest defect apare în general pe șina interioară a curbelor cu rază mică.

#### **Denivelare locală a suprafeței de rulare**

De cele mai multe ori este un defect de fabricație. Este un defect neobișnuit, a cărui origine exactă nu poate fi identificată imediat. Suprafața de rulare prezintă un gol izolat, destul de scurt, care în general este însoțit de o lărgire a căii de rulare.

#### **Patinarea roții**

Este un defect cauzat de vehiculul de tracțiune.

Alunecarea unei axe motrice poate provoca prin topirea locală a metalului formarea unei suprafețe plane în formă de eliptică.

Această suprafață poate dispărea sau se poate dezvolta.

Acest defect apare de obicei la șinele din apropierea semafoarelor.

#### **Îndesare/Fisurare și depresiune locală a suprafeței de rulare**

Acest defect este vizibil pe suprafața de rulare ca o lărgire și o depresiune. Este produsă de contactul roată/șină. Defectul principal este însoțit de o pată întunecată care conține fisuri în formă de arc circular sau în formă de „V”.

Fisurile se propagă în interiorul ciupercii șinei, la început sub un unghi adânc față de suprafață. Apoi, când ajung la adâncime de 3-5 mm se propagă în jos transversal, producând fractura șinei.

Acest defect este adesea întâlnit la sudurile electrice și aluminotermice și deasemenea, în zonele cu uzură ondulatorie.

Aceste defecte nu au o periodicitate în apariție, pot fi în schimb concentrate într-o anumită zonă, ceea ce le face deosebit de periculoase din cauza riscului de rupere.



De obicei astfel de defecte apar în curbe la firul exterior de șină.

### Zdrobiri

Aceste defecte rezultă din impacturi accidentale de diferite origini: deraieri, târârea unor părți desprinse din vehicule, bandaje deteriorate, operațiuni defectuoase de manipulare; utilizarea necorespunzătoare a sculelor, cum ar fi ciocanele de oțel (și dălți plane pentru îndepărtarea cordoanelor de sudură, amprente de la piatra spartă, încrustarea unui corp străin în bandaj provocând o amprentă care se repetă la intervale, materiale care cad din trenuri. Când zdrobirea are un profil ascuțit, poate avea un efect de creștere și poate fi la originea fisurilor și ruperilor, în special pe șinele din oțel dur. Pe termen lung, aceste zdrobiri se dezvoltă în fisuri orizontale la câțiva milimetri sub suprafață, ulterior însoțită de depresiuni locale pe suprafața de rulare. Astfel de fisuri se pot curba în jos și pot avea ca rezultat ruperi.

Dacă se dorește re folosirea unor șine scoase din cale, trebuie făcută o clasificare atentă a acestora la momentul demarării investiției. În prezent anumite porțiuni de șină nu pot fi clasificate ca fiind semibune, ci ele se înscriu în categoria șinelor uzate. Șinele uzate pentru a putea fi reutilizate în cale, necesită în prealabil o prelucrare.

Șinele semibune sunt șine scoase din cale, care nu au atins limita de uzură, nu au defecte majore, au o rezervă de capacitate de transport și pot fi utilizate în cale, fără nici o prelucrare, dacă îndeplinesc următoarele condiții:

- au capacitate de transport rămasă de minim 200 milioane tone brute;
- au defecte inferioare celor menționate în tabelul 4:

Informații despre capacitatea de transport rămasă a șinei nu există, în schimb defectele au putut fi constatate

Tabelul 4 – Defectele admise în cazul șinelor semibune

| Defect posibil                                    | Condiții de admitere a defectului  |
|---|--|
| lungime mică                                      | lungimea minimă utilizabilă, cu condiția ca pe această lungime să nu existe defecte neadmise, este:<br>- 4,5 m, pe linii secundare curente și directe cu viteza ≤ 50 km/h;<br>- 6 m, pe linii secundare curente și directe cu viteza de 51-80 km/h;<br>- 3 m, pe restul liniilor din stații, triaje, depouri, ateliere, etc. |
| defecte interne detectate la controlul ultrasonic | nu se admit  |
| exfolieri, știrbituri pe suprafața de rulare      | nu se admit  |
| bavuri la ciuperca șinei                          | nu se admit  |
| capete bătute                                     | nu se admit  |
| uzură la ciuperca șinei uzură ondulatorie         | 1/2 din valoarea maximă admisă instrucțional cu adâncime maximă de 0,2 mm/100 mm   |
| găuri de eclisare fisurate, ovalizate             | nu se admit  |
| șine răsucite                                     | nu se admit  |
| suduri cu bavuri                                  | nu se admit  |

Șinele uzate sunt șine care, pentru a putea fi utilizate în cale, necesită în prealabil o prelucrare (recondiționare). Șinele trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

- au capacitate de transport rămasă de minim 140 milioane tone brute.



- au defecte inferioare celor menționate în tabelul 5:

Informații despre capacitatea de transport rămasă a șinei nu există, în schimb defectele au putut fi constatate.

Tabelul 5 – Defectele admise în cazul șinelor uzate

| Defect posibil  | Condiții de admiterea defectului  |  |   |
|---|---|--|---|
|   | Șină reutilizabilă clasa I  | Șină reutilizabilă clasa II-a  |   |
| lungime mică  | lungimea minimă utilizabilă este de 3 m, cu condiția ca pe această lungime să nu existe defecte neadmise. |  |   |
| defecte interne detectate la controlul ultrasonic     | nu se admit pe lungimea utilizabilă   | se admit mici incluziuni în ciupercă   |   |
| exfolieri, știrbituri pe suprafața de rulare          | nu se admit pe lungimea utilizabilă   | se admit cele cu adâncime de până la 2 mm  |   |
| bavuri la ciuperca șinei                              | se admit, cu respectarea uzurii verticale și orizontale admise  |  |   |
| capete bătute   | nu se admit   | nu se admit  | se îndepărtează   |
| uzură la ciuperca șinei din curbă                     | - maxim 2 mm pe verticală;<br>- maxim 4 mm pe orizontală<br>(numai pe o parte)                            | - maxim 5 mm pe verticală;<br>- maxim 10 mm pe orizontală<br>(numai pe o parte)  |   |
| uzură la ciuperca șinei din aliniament                | - maxim 8 mm pe verticală;<br>- maxim 2 mm pe orizontală<br>(numai pe o parte)                            | - maxim 10 mm pe verticală;<br>- maxim 13 mm pe orizontală<br>(numai pe o parte) |   |
| uzură ondulatorie                                     | cu adâncime maximă de 0,2 mm/100 mm   | cu adâncime maximă de 0,3 mm/100 mm  |   |
| găuri de eclisare fisurate, ovalizate                 | nu se admit   | nu se admit  | se îndepărtează   |
| șine răsucite   | nu se admit   | nu se admit  |   |
| bavuri din suduri                                     | nu se admit   | nu se admit  |   |
| lovituri în marginea tălpii                           | maxim 2 mm adâncime   | maxim 3 mm adâncime  |   |
| găuri în inima șinei altele decât găurile de eclisare | una la 3 m, dacă nu are defecte și cu $r$ max. 30 mm  |  | dacă gaura este ovalizată și/sau cu defecte porțiunea de șină se taie |

Șinele declasate sunt șinele care prezintă următoarele uzuri și deformații:

- șine cu talpă uzată peste 25% din secțiunea inițială a tălpii;
- părți defecte tăiate din șine;



- șine cu coturi, răsuciri și încovoieri ce nu mai pot fi îndreptate;
- cupoane de șine sub 3 m lungime, indiferent de stare și uzură;
- **șine cu uzuri peste limitele instrucționale;**
- șine cu defecte interne;
- șine rupte în cale, care nu pot fi folosite prin cuponare

Măsurători nedistructive la șine au fost realizate cu durometrul LEEB din dotare. Au fost testate șinele OR 95/80 de pe bulevardul Pache Protopopescu, reperate de rulare ale aparatelor de cale și șinele cu canal de pe strada Traian.

Media măsurătorilor la șinele OR 95/80 și la reperate de rulare ale aparatelor de cale a fost de 550 HLD, echivalent cu 270 HBW. Media măsurătorilor la șinele cu canal a fost de 520 HLD, echivalent cu 240 HBW.

Corespondența între diferite scări de măsurarea durițăților este prezentată în figura 8.

La prima vedere pare surprinzător faptul că șina OR are durițăți pe suprafața de rulare mai mari decât șina cu canal.

Valorile durițăților la șina OR sunt caracteristice pentru structura de echilibru a unui oțel ușor hipereutectoid, slab aliat, ca cel din care sunt realizate șinele OR. Valorile durițăților arată modificarea structurii în timp prin fenomene de ecruisare superficială, adică o durificare sub sarcină, tip de solicitare la care sunt supuse în general șinele de cale ferată în exploatare.

Aceste date demonstrează inclusiv metalografic o utilizare a șinei cu mult peste limita sa de funcționare.

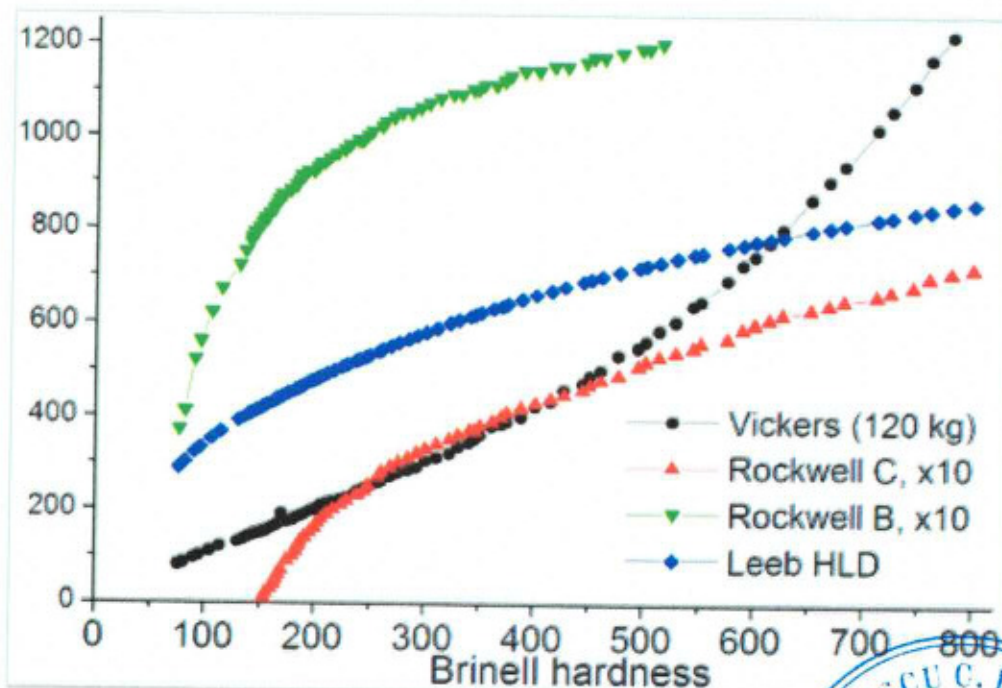


Figura 8. Corespondența între diferite scări de măsurare a durițăților

### 3.3. Defecte la aparatele de cale

Reperate de rulare ale aparatelor de cale sunt uzate. De asemenea șinele de legătură dintre aparatele de cale prezintă uzuri mari. Aceste uzuri sunt cauzate de:

- frecarea de rostogolire a bandajului pe șină;
- frecarea laterală din cauza forțelor centrifuge;
- solicitările metal pe metal sub forțele verticale statice și dinamice;



- abrazivitatea dintre bandaj și șină din cauza nisipului ce se găsește pe șine și în jghiabul șinelor.

### 3.4. Defecte ale sistemului de prindere sau înglobare al șinei

Cordoanele de cauciuc din interiorul jghiabului sunt deplasate, deformate remanent, îmbătrânite și chiar lipsesc în anumite zone.

### 3.5. Defecte la dale

Defecte cu o frecvență mare întinse pe toată lucrarea sunt întâlnite în zona canalului de la dalele prefabricate din beton armat. Jgheabul de tablă încadrat în placa de beton este degradat. Pe anumite zone jgheabul de tablă nu mai este prezent la partea superioară a dalei.

Un alt defect întâlnit la dalele de beton armat este legat de poziția relativă a acestora. Există rosturi între dale chiar de 10 cm. Sunt situații în care dalele nu sunt aliniate nici la nivel, existând praguri de câțiva centimetri între dale.

Degradări ale dalelor se întâlnesc în special la dalele de acoperire în zona șinelor cu canal. Betonul de acoperire este degradat până la armături.

Un aspect ce nu trebuie neglijat se referă la circulația auto pe liniile de tramvai. O parte din degradările și defectele căii sunt cauzate și de circulația auto în zona căii de rulare a tramvaielor. Multe dintre autoturisme se folosesc de zona căii de rulare pentru a schimba direcția de mers. Solicitățile liniilor de tramvai din cauza vehiculelor auto sunt atât în lungul căii cât și transversal acesteia.

Din examinarea vizuală s-au constatat următoarele:

- Existența unor degradări ale platformei;
- Suprafata exfoliată;
- Peladă;
- Decolmatare rosturi;
- Deschiderea rosturilor longitudinale;
- Rupturi;
- Fisuri și crăpături transversale;
- Fisuri și crăpături longitudinale;
- Fisuri și crăpături diagonale;
- Fisuri și crăpături de colț;
- Gropi;
- Tasarea dalelor;
- Faianțări;
- Distrugere totală a unor dale.

Activități specifice efectuate:

- Calculul degradărilor suprafeței existente.
- Evaluarea cantitativă a stării de degradare.

Aprecierea cantitativă a degradărilor pentru îmbrăcămințile din beton de ciment se efectuează prin luarea în considerare a tuturor tipurilor de degradări și a ponderii acestora.

Starea de degradare pe fiecare sector omogen este caracterizată de indicele de degradare (ID) calculat cu relația:

$$ID = \frac{\text{număr de dale degradate}}{\text{număr total de dale pe banda de circulație}}$$



$$Nr. dale degradate = D_1 + 0,5 \times D_2 + \frac{0,5 \times D_3 \times N}{S} + 0,3 \times D_4$$

în care:

N = numărul dalelor pe bandă

S = suprafața sectorului de măsurare pe bandă (m<sup>2</sup>)

D<sub>1</sub> = numărul de dale tasate

D<sub>2</sub> = numărul de dale plombate și faianțate

D<sub>3</sub> = suprafața afectată de fisuri și crăpături transversale de colț, longitudinale de formă neregulată

D<sub>4</sub> = suprafața exfoliată

Coeficienții 0,5 și 0,3 aplicați degradărilor tip D<sub>2</sub> și D<sub>4</sub> țin cont de ponderea defecțiunii respective.

Coeficientul 0,5 aplicat degradării tip D<sub>2</sub> ține cont de lățimea pe care este afectată suprafața îmbrăcăminții de degradările D<sub>3</sub> pentru a fi exprimate în m<sup>2</sup>.

Starea de degradare pe un tronson omogen este caracterizată prin valoarea medie a indicelui de degradare (ID) măsurată pe sectoarele omogene de drum.

Pentru evaluarea stării de degradare a fiecărui obiect expertizat a fost efectuată evaluarea inițială a sectorului de stradă și au fost stabilite direcțiile de investigare și analizare.

S-a realizat inspecția vizuală a fiecărui obiect, ce a fost considerat ca un sector omogen din punct de vedere al caracteristicilor traficului și al tipului de structură rutieră existentă.

Defecțiunile întâlnite au fost localizate și măsurate, prezentând grade de severitate diferite.

Calificativul stării de degradare pentru fiecare obiect analizat s-a stabilit în funcție de indicele global de degradare, conform Normativ CD 155-2001.

Tabelul 6

| Calificativ | Indicele de degradare |          |
|-------------|-----------------------|----------|
|             | IG                    | ID       |
| REA         | < 77                  | > 13     |
| MEDIOCRĂ    | 77 - 90               | 7,5 - 13 |
| BUNĂ        | 90 - 95               | 5 - 7,5  |
| FOARTE BUNĂ | > 95                  | < 5      |

Valorile indicilor de degradare reprezintă media valorilor individuale determinate pe sectoare omogene de drum.

De exemplu, pe sectorul cuprins între Piața lanoului și strada Traian, pe firul din dreapta avem următoarele estimări:

N = 160 bucăți

S = 320 m<sup>2</sup>

D<sub>1</sub> = 6 bucăți

D<sub>2</sub> = 6 bucăți

D<sub>3</sub> = 8 m<sup>2</sup>

D<sub>4</sub> = 3 m<sup>2</sup>



$$Nr. dale degradate = 6 + 0,5 \times 6 + \frac{0,5 \times 8 \times 160}{320} + 0,3 \times 3 = 12$$

$$ID = \frac{12}{160} = 7,5\%$$

Rezultă de mai sus că starea suprafeței carosabile pe zona liniei de tramvai este la limita dintre bună și mediocră.

Evident în calcul nu s-a ținut cont de rosturile tehnologice transversale sau longitudinale. Zona căii de rulare are discontinuitățile tehnologice menționate mai sus (plus jghiabul șinei) și nu poate constitui o suprafață de rulare perfectă pentru automobile.

Deci în cazul zonei căii de rulare, indicele de degradare nu exprimă decât într-o anumită măsură confortul la rulare.

Măsurătorile nedistructive la betoane au fost realizate cu sclerometrul din dotare.

Au fost testate dalele care înglobează șina OR 95/80 de pe bulevardul Pache Protopopescu și dalele din îmbrăcămintea liniei de tramvai de pe strada Traian. Au rezultat valori ale rezistenței la compresiune a betonului cuprinse între 45 N/mm<sup>2</sup> și 50 N/mm<sup>2</sup>.

Aceste valori sunt în corelare cu starea suprafeței carosabile de pe zona liniei de tramvai.

## Capitolul 4 – INVESTIGAȚII DE TEREN

Din Studiul Geotehnic au fost extrase următoarele informații:

- sub dala de beton, până la adâncimea de 0,90m este un strat de pietriș cu nisip, compactat;
- sub acest strat se află o argilă prăfoasă, cafenie, cu plasticitate mare, plastic vârtoasă;
- pământurile străbătute prin penetrare dinamică sunt pământuri cu compresibilitate medie;
- indicele de consistență este cuprins între 0,75 – 1,00.
- limita de curgere este mai mică decât 50% (dar foarte aproape de această valoare).

## Capitolul 5 – DOCUMENTE DE REFERINȚA PENTRU ÎNTOCMIREA EXPERTIZEI

### Legi

|                                    |  |
|------------------------------------|--|
| Legea 10/1995 consolidată în 2021  | Lege privind calitatea în construcții.                         |
| Legea 319/2006 consolidată în 2021 | Legea Securității și Sănătății în Muncă                        |
| Legea 265/2006 consolidată în 2012 | Legea pentru aprobarea OUG 195/2005 privind protecția mediului |
| Legea 55/2006 consolidată în 2019  | Legea privind siguranța feroviară.                             |



|   |   |
|---|---|
| Legea 107/1996, republicată, cu modificările și completările ulterioare consolidată în 2021 | Legea apelor.   |
| Legea 128/2007  | Lege pentru modificarea și completarea OUG 34/2006 privind atribuirea contractelor de achiziție publică de lucrări publice și a contractelor de concesiune de servicii. |
| Legea 307/2006 consolidată în 2021  | Lege privind apărarea împotriva incendiilor   |

#### Ordonanțe și Hotărâri ale Guvernului României

|   |  |
|---|--|
| HG 343/2017   | Hotărâre privind aprobarea Regulamentului de recepție a lucrărilor de construcții și instalații aferente acestora.   |
| HOTĂRÂRE nr. 273 din 14 iunie 1994 consolidată în 2017 cu HGR 343/2017    | pentru aprobarea Regulamentului privind recepția construcțiilor  |
| Hotărâre nr. 845 din 24 octombrie 2018                                    | pentru aprobarea Regulamentului privind recepția construcțiilor din domeniul infrastructurii rutiere și feroviare de interes național  |
| HGR 300/2006 consolidată în 2007  | Hotărâre privind cerințele minime de securitate și sănătate pentru șantierele temporare sau mobile.  |
| HGR 2139/2004 consolidată în 2008   | Hotărâre privind durata normală de funcționare a mijloacelor fixe.   |
| H.G. 766/1997 consolidată în 2017   | Hotărârea Guvernului României pentru aprobarea unor regulamente privind calitatea în construcții.  |
| Ord. 135/2010   | Metodologiei de aplicare a evaluării impactului asupra mediului pentru proiectele publice și private   |
| Directiva 2007/60/CE  | a Parlamentului European și a Consiliului European din 23 octombrie 2007 privind evaluarea și gestionarea riscului la inundații  |
| Ordonanța de Urgență a Guvernului României nr. 1/2014 consolidată în 2020 | privind unele măsuri în domeniul managementului situațiilor de urgență, precum și pentru modificarea și completarea Ordonanței de urgență a Guvernului nr. 21/2004 privind Sistemul National de Management al Situațiilor de Urgență |
| OUG 34/2006 consolidată în 2016   | Atribuirea contractelor de achiziție publică, a contractelor de cesiune de lucrări publice și a contractelor de concesiune de servicii.  |

#### Normative cu caracter republican

|   |   |
|---|---|
| P 130-99  | Normativ privind urmărirea comportării în timp a construcțiilor.  |
| PC 001-97   | Ghid pentru întocmirea cărții tehnice a construcției.   |
| Ord. comun: MLPAT nr. 5/N/2000, MIC nr. 78/2000<br>OPC nr. 1/147/2000 | Pentru aprobarea regulamentului privind exercitarea controlului calității materialului elementelor de construcții și produselor destinate construcțiilor. |
| ID 28/2004  | Normativ de proiectare sisteme constructive de pozarea a cablurilor în profilul transversal al căii ferate.   |



|             |   |
|-------------|---|
| NP 074-2002 | Normativ privind principiile, exigențele și metodele cercetării geotehnice a terenului de fundare   |
| NP - 122    | Normativ privind determinarea valorilor caracteristice și de calcul ale parametrilor geotehnici   |
| NP - 125    | Normativ privind fundarea construcțiilor pe pământuri sensibile la umezire  |
| NP - 126    | Normativ privind fundarea construcțiilor pe pământuri cu umflări și contracții mari   |
| NE-008-97   | Normativ privind îmbunătățirea terenurilor de fundare slabe prin procedee mecanice. Caietul VIII - Compactare cu maiul foarte greu  |
| C 29-85     | Normativ privind îmbunătățirea terenurilor de fundare slabe prin procedee mecanice. Caietele 0 I ... VII  |
| C 29-79     | Instrucțiuni tehnice departamentale pentru proiectarea și executarea fundațiilor pentru lucrările de drumuri din pământuri stabilizate cu ciment.   |
| C 196-1986  | Instrucțiuni tehnice pentru folosirea pământurilor stabilizate la lucrările de fundații   |
| C 251-1994  | Instrucțiuni tehnice pentru proiectarea executarea, recepționarea lucrărilor de îmbunătățire a terenurilor slabe de fundare prin metoda îmbunătățirii cu materiale locale de aport pe cale dinamică |
| GE-026-97   | Ghid pentru execuția compactării în plan orizontal și înclinat a terasamentelor   |
| GP-014-97   | Ghid de proiectare. Calculul terenului de fundare la acțiuni seismice în cazul fundării directe   |
| NP 075-2002 | Normativ pentru utilizarea materialelor geosintetice la lucrările de construcții  |
| P 134-1995  | Ghid pentru proiectarea lucrărilor ce înglobează materiale geosintetice   |
| I 22-99     | Normativ pentru proiectarea și execuția conductelor de aducțiune și a rețelelor de alimentare cu apă și canalizare ale localităților  |
| CD 125-87   | Normativ departamental privind realizarea mecanizată a terasamentelor de c.f.   |
| C 16 - 84   | Normativ pentru realizarea pe timp friguros a lucrărilor de construcții și instalații aferente.   |
| C 17 - 82   | Instrucțiuni tehnice privind compoziția și prepararea mortarelor de zidărie și tencuială  |
| C 56 - 2002 | Normativ pentru verificarea calității și recepția lucrărilor de construcții și instalații aferente.   |
| NP 095 - 04 | Normativ privind proiectarea zonei platformei căii din punct de vedere al protecției împotriva înghețului   |
| NTF 72:2003 | Infrastructură feroviară. Terasamente de cale ferată. Prescripții tehnice, metodologice pentru controlul calității execuției la linii noi, modernizate sau refacționate.                            |
| NP 067-2002 | Normativ pentru proiectarea lucrărilor de apărare a drumurilor, căilor ferate și podurilor, împotriva acțiunii apelor curgătoare și lacurilor   |

|             |  |
|-------------|--|
| NP 123:2010 | Normativ privind proiectarea geotehnica a fundatiilor pe piloți.   |
| GP 046-1998 | Ghid de proiectare și execuție pentru construcțiile aferente căii de rulare a tramvaielor. Satisfacerea exigențelor de calitate. |

**Standarde  
Aplicații feroviare**

|                       |   |
|-----------------------|---|
| STAS 3197/1-91        | Lucrări de cale ferată. Prisma căii   |
| STAS 3197/2-90        | Căi ferate normale. Elemente geometrice   |
| STAS 3989/2-91        | Căi ferate. Planuri de situație. Semne convenționale pentru construcții și lucrări conexe   |
| STAS 3989/1-91        | Căi ferate. Planuri de situație. Semne convenționale pentru infrastructura și suprastructura căii                                   |
| STAS 3989/3-83        | Căi ferate. Planuri de situație. Semne convenționale pentru tracțiunea electrică feroviară  |
| STAS 4958-91          | Căi ferate. Profiluri în lung. Reguli de reprezentare grafică și semne convenționale  |
| STAS 7582-91          | Lucrări de căi ferate. Terasamente. Prescripții de proiectare și de verificare a calității  |
| STAS 10849-85         | Lucrări de cale ferată. Infrastructura și suprastructura căii. Terminologie   |
| SR 1244-1:1996        | Siguranța circulației. Treckeri la nivel cu calea ferată. Condiții tehnice, clasificarea și stabilirea categoriei trecerii la nivel |
| SR 1244-2:2004        | Siguranța circulației. Treckeri la nivel cu calea ferată. Partea 2: Instalații neautomate - Prescripții                             |
| SR 1244-3:2014        | Siguranța circulației. Treckeri la nivel cu calea ferată. Partea 3: Instalații de semnalizare automată                              |
| SR EN 13848-1:2019    | Aplicații feroviare. Cale. Calitatea geometriei căii. Partea 1: Caracterizarea geometriei căii                                      |
| SR EN 13848-2:2021    | Aplicații feroviare. Cale. Calitatea geometriei căii. Partea 2: Sisteme de măsurare. Vehicule de măsurat calea                      |
| SR EN 13848-3:2009    | Aplicații feroviare. Cale. Calitatea geometriei căii. Partea 3: Sisteme de măsurare. Mașini pentru construcția și întreținerea căii |
| SR EN 13848-4:2012    | Aplicații feroviare. Cale. Calitatea geometriei căii. Partea 4: Sisteme de măsurare. Dispozitive manuale și de greutate redusă      |
| SR EN 13848-5:2018    | Aplicații feroviare. Cale. Calitatea geometriei căii. Partea 5: Niveluri de calitate ale geometriei căii. Linie curentă             |
| SR EN 13848-6+A1:2021 | Aplicații feroviare. Cale. Calitatea geometriei căii. Partea 6: Caracterizarea calității geometriei căii                            |
| SR CEN/TR 16513:2016  | Aplicații feroviare. Cale. Analiza calității geometriei căii  |
| SR EN 13803:2017      | Aplicații feroviare. Cale. Parametri de proiectare a traseului căii. Ecartament 1435 mm și mai mare.                                |
| STAS 9312-87          | Subtraversări de căi ferate și drumuri cu conducte. Prescripții de proiectare   |
| SR EN 13230-1:2016    | Aplicații feroviare. Cale. Traverse și suporturi de beton. Partea 1: Cerințe generale   |



|                    |  |
|--------------------|--|
| SR EN 13230-2:2016 | Aplicații feroviare. Cale. Traverse și suporturi de beton. Partea 2: Traverse monobloc de beton precomprimat |
| SR EN 13230-3:2016 | Aplicații feroviare. Cale. Traverse și suporturi de beton. Partea 3: Traverse bibloc din beton armat         |
| SR EN 13230-5:2016 | Aplicații feroviare. Cale. Traverse și suporturi de beton. Partea 5: Elemente speciale                       |
| SR EN 13230-6:2020 | Aplicații feroviare. Cale. Traverse și suporturi de beton. Partea 6: Proiectare                              |

### Transport urban

|                       |  |
|-----------------------|--|
| STAS 10796/2-79       | Lucrări de drumuri. Construcții anexe pentru colectarea și evacuarea apelor, rigole, șanțuri și casiuiri. Prescripții de proiectare și execuție  |
| STAS 10144/1-90       | Străzi. Profiluri transversale. Prescripții de proiectare  |
| STAS 10144/3-91       | Elemente geometrice ale străzilor. Prescripții de proiectare   |
| STAS 10144/4-95       | Amenajarea intersecțiilor de străzi. Clasificare și prescripții de proiectare  |
| SR 13342/96           | Transport public urban de călători. Parametrii tehnici   |
| SR 13353 – 1/96       | Calea de rulare a tramvaielor. Clasificare și condiții tehnice generale  |
| SR 13353 – 2/97       | Calea de rulare a tramvaielor. Prescripții privind elementele geometrice   |
| SR 13353 – 3/97       | Calea de rulare a tramvaielor. Prescripții generale de proiectare privind infrastructura   |
| SR 13353 – 4          | Calea de rulare a tramvaielor. Prescripții generale de proiectare privind suprastructura   |
| SR 13353 – 5          | Calea de rulare a tramvaielor. Prescripții privind gabaritele.   |
| SR 13353 – 6          | Calea de rulare a tramvaielor. Prescripții generale de proiectare privind aparatele de cale  |
| SR EN 14811:2019      | Aplicații feroviare. Cale. Șine speciale. Șine cu canal și profiluri de construcție asociate   |
| SR EN 15273-1+A1:2017 | Aplicații feroviare. Gabarite. Partea 1: Generalități. Reguli comune pentru infrastructură și material rulant  |
| SR EN 15273-2+A1:2017 | Aplicații feroviare. Gabarite. Partea 2: Gabarit al materialului rulant  |
| SR EN 15273-3+A1:2017 | Aplicații feroviare. Gabarite. Partea 3: Gabarit de liberă trecere   |
| SR 13436:1999         | Transport public urban de călători. Calea de rulare a tramvaielor. Vocabular   |
| SR 13435:1999         | Transport public urban de călători. Rețea de contact. Vocabular  |
| SR EN 12299:2009      | Aplicații feroviare. Confortul de mers al călătorilor. Măsurare și evaluare  |
| SR EN 17319:2020      | Aplicații feroviare. Infrastructură. Cerințe de performanță pentru sistemele de fixare a șinelor pentru tramvaie   |
| STAS 11395-80         | Șine de tramvai  |
| SR EN 50122-2:2011    | Aplicații feroviare. Instalații fixe. Securitate electrică, legare la pământ și circuit de retur. Partea 2: Măsură de protecție împotriva efectelor curenților vagabonzi produși de rețele de tracțiune în curent continuu |
| SR EN 50162:2004      | Protecția împotriva coroziunii provocate de curenții vagabonzi din rețelele de curent continuu   |

### Geosintetice

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| SR EN 13250:2016               | Geotextile și produse înrudite. Caracteristici impuse pentru utilizarea în construcția de căi ferate   |
| SR EN 13251:2016               | Geotextile și produse înrudite. Caracteristici impuse pentru utilizarea în lucrări de terasamente, fundații și structuri de susținere  |
| SR EN 13252:2016               | Geotextile și produse înrudite. Caracteristici impuse pentru utilizarea în sisteme de drenaj   |
| SR EN 13253:2016               | Geotextile și produse înrudite. Caracteristici impuse pentru utilizarea în lucrări de control al eroziunii (protecții costiere, apărări de maluri)                                 |
| SR EN 13254:2016               | Geotextile și produse înrudite. Caracteristici impuse pentru utilizarea în construcția de rezervoare și baraje   |
| SR EN 13255:2016               | Geotextile și produse înrudite. Caracteristici impuse pentru utilizarea în construcția de canale   |
| SR EN 13256:2016               | Geotextile și produse înrudite. Caracteristici impuse pentru utilizarea în construcția de tuneluri și structuri subterane  |
| SR EN 13361:2018               | Bariere geosintetice. Caracteristici impuse pentru utilizarea în construcția de rezervoare și baraje   |
| SR EN 13362:2018               | Bariere geosintetice. Caracteristici impuse pentru utilizarea în construcția de canale   |
| SR EN 13249:2016               | Geotextile și produse înrudite. Caracteristici impuse pentru utilizarea în construcția de drumuri și alte zone de circulație (cu excepția căilor ferate și a straturilor de uzură) |
| SR EN ISO 10318-1:2015         | Geosintetice. Partea 1: Termeni și definiții   |
| SR EN ISO 10318-1:2015/A1:2018 | Geosintetice. Partea 1: Termeni și definiții. Amendament 1   |
| SR EN ISO 10318-2:2015         | Geosintetice. Partea 2: Simboluri și pictograme  |
| SR EN ISO 10318-2:2015/A1:2018 | Geosintetice. Partea 2: Simboluri și pictograme. Amendament 1  |

### Lucrări hidrotehnice

|                 |  |
|-----------------|--|
| STAS 9850-89    | Lucrări de îmbunătățiri funciare. Verificarea compactării terasamentelor   |
| STAS 4068/1-82  | Debite și volume maxime de apă. Determinarea debitelor și volumelor maxime ale cursurilor de apă                                       |
| STAS 4068/2-87  | Debite și volume maxime de apă. Probabilitățile anuale ale debitelor și volumelor maxime în condiții normale și speciale de exploatare |
| STAS 4273-83    | Construcții hidrotehnice. Încadrarea în clase de importanță  |
| STAS 9470-73    | Hidrotehnică. Ploi maxime. Intensități, durate, frecvențe  |
| SR 1846-2:2007  | Canalizări exterioare. Prescripții de proiectare. Partea 2: Determinarea debitelor de ape meteorice                                    |
| SR 1846-1:2006  | Canalizări exterioare. Prescripții de proiectare. Partea 1: Determinarea debitelor de ape uzate de canalizare                          |
| SR EN 1916:2003 | Tuburi și accesorii din beton simplu, beton slab armat și beton armat  |

### Agregate

|                     |  |
|---------------------|--|
| SR EN 13242+A1:2008 | Agregate din materiale nelegate sau legate hidraulic pentru utilizare în inginerie civilă și în construcții de drumuri |
| STAS 4606-80        | Agregate naturale grele pentru betoane și mortare cu lianți minerali. Metode de încercare                              |
| SR EN 13450:2003    | Agregate pentru balast de cale ferată  |

### Acțiuni în construcții

|                     |   |
|---------------------|---|
| SR EN 1990:2004     | Eurocod: Bazele proiectării structurilor. Anexă națională   |
| SR EN 1991-1-1:2004 | Eurocod 1: Acțiuni asupra structurilor. Partea 1-1: Acțiuni generale. Greutăți specifice, greutăți proprii, încărcări din exploatare pentru construcții |
| SR EN 1991-2:2004   | Eurocod 1: Acțiuni asupra structurilor. Partea 2: Acțiuni din trafic la poduri  |
| SR EN 1991-3:2007   | Eurocod 1: Acțiuni asupra structurilor. Partea 3: Acțiuni induse de poduri rulante și mașini. Anexa națională   |
| SR EN 1998-1:2004   | Eurocod 8: Proiectarea structurilor pentru rezistența la cutremur. Partea 1: Reguli generale, acțiuni seismice și reguli pentru clădiri                 |
| SR EN 1998-5:2004   | Eurocod 8: Proiectarea structurilor pentru rezistența la cutremur. Partea 5: Fundații, structuri de susținere și aspecte geotehnice                     |
| STAS 3684-71        | Scara intensităților seismice   |
| STAS 8879/1-81      | Microzonare seismică. Studii pentru elaborarea harților de microzonare  |
| SR 11100-1:1993     | Zonare seismică. Macrozonarea teritoriului României   |

### Teren de fundare

|                        |   |
|------------------------|---|
| STAS 6054-77           | Teren de fundare. Adâncimi maxime de îngheț. Zonarea teritoriului Republicii Socialiste România.                        |
| SR EN ISO 14688-1:2018 | Cercetări și încercări geotehnice. Identificarea și clasificarea pământurilor. Partea 1: Identificare și descriere      |
| SR EN ISO 14688-2:2018 | Cercetări și încercări geotehnice. Identificarea și clasificarea pământurilor. Partea 2: Principii pentru o clasificare |
| SR EN 1997-1:2004      | Eurocod 7: Proiectarea geotehnică. Partea 1: Reguli generale  |
| SR EN 1997-2:2007      | Eurocod 7: Proiectarea geotehnică. Partea 2: Investigarea și încercarea terenului                                       |
| STAS 2745-90           | Teren de fundare. Urmărirea tasărilor construcțiilor prin metode topografice.   |
| SR EN ISO 18674-1:2015 | Cercetări și încercări geotehnice. Supraveghere geotehnică in situ prin aparatură. Partea 1: Reguli generale            |

### Protecție împotriva zgomotului

|                |  |
|----------------|--|
| STAS 10009-88  | Acustica în construcții. Acustica urbană. Limite admisibile ale nivelului de zgomot.   |
| STAS 6156-86   | Acustica în construcții. Protecția împotriva zgomotului în construcții civile și social - culturale. Limite admisibile și parametri de izolare acustică      |
| STAS 7335/9-88 | Protecția împotriva coroziunii a construcțiilor metalice îngropate. Protecția catodică și legarea la pământ cu anodi reactivi metalici. Prescripții generale |



|                   |   |
|-------------------|---|
| SR EN 1793-1:2017 | Dispozitive pentru reducerea zgomotului din traficul rutier. Metodă de încercare pentru determinarea performanței acustice. Partea 1: Caracteristici intrinseci ale absorbției acustice |
| SR EN 1793-3:1999 | Dispozitive pentru reducerea zgomotului din traficul rutier. Metodă de încercare pentru determinarea performanței acustice. Partea 3: Spectrul sonor standardizat al circulației        |
| SR EN 1794-1:2011 | Dispozitive pentru reducerea zgomotului din traficul rutier. Performanțe neacustice. Partea 1: Performanțe mecanice și cerințe de stabilitate   |
| SR EN 1794-2:2020 | Dispozitive pentru reducerea zgomotului din traficul rutier. Performanțe neacustice. Partea 2: Cerințe generale pentru securitate și mediu  |
| SR EN 14389:2015  | Dispozitive de reducere a zgomotului din traficul rutier. Metode de evaluare a performanțelor pe termen lung. Partea 1: Caracteristici acustice.  |

#### Instrucții

|          |   |
|----------|---|
| 300/1982 | Instrucțiuni de întreținere a suprastructurii căii ferate.  |
| 303/2003 | Instrucțiuni pentru lucrări de reparații capitale a liniilor de cale ferată   |
| 305/1997 | Instrucția privind fixarea termenelor și a ordinei în care trebuie efectuate reviziile căii.  |
| 306/1972 | Instrucția pentru determinarea defectelor șinelor și pentru verificarea șinelor în cale.  |
| 314/1989 | Instrucția de norme și toleranțe pentru construcția și întreținerea căii, linii de ecartament normal. (cu toate corectările și completările ulterioare) |
| 317/2004 | Instrucțiuni pentru restricții de viteză, închideri de linie și scoaterea de sub tensiune a liniei de contact.  |
| 341/1980 | Instrucția pentru alcătuirea, întreținerea și supravegherea căii fără joante.   |
| 348/1972 | Instrucția pentru controlul nedistructiv al șinelor   |



## Capitolul 6 – CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI

### 6.1. Analiza cerințelor beneficiarului

În Caietul de Sarcini – „Servicii de expertiză tehnică linii de tramvai, aparate de cale” cod CS SVA 334, elaborat de către beneficiar sunt menționate următoarele cerințe în ceea ce privește conținutul expertizei tehnice:

- Descrierea posibilităților tehnologice de execuție a soluțiilor de intervenție;
- Buletine de analiză de material, fișe tehnice (după caz): nu este cazul;
- Rezultatul măsurărilor nedistructive (după caz): nu este cazul;
- Materialul documentar utilizat și recomandat;
- Recomandări pentru proiectare și lucrări de intervenții;
- Prioritatea realizării ansamblului lucrărilor de intervenție;
- Recomandări privind calitatea lucrărilor;
- Posibile condiții de execuție a lucrărilor, cu recomandările necesare;
- Influențe asupra mediului înconjurător și al vecinătăților obiectivului.

### 6.2. Recomandări privind realizarea infrastructurii căii de rulare a tramvaiului.

Adâncimea de îngheț de calcul ( $h_{\text{inghet}}$ ) pentru zona platformei căii se stabilește pe baza indicelui de îngheț cu formula:

$$h_{\text{inghet}} = g \times \sqrt{I}$$

în care:

$h_{\text{inghet}}$  = adâncimea de îngheț de calcul, măsurată în cm;

$I$  = indicele de îngheț

$g$  = coeficient de calcul

(conform NP 095-05 Normativ privind proiectarea zonei platformei căii din punct de vedere al protecției împotriva înghețului)

Pentru zona studiată rezultă:

$$g = 4.5$$

$$I = I_{\text{med}}^{3/30} = 450$$

$$h_{\text{inghet}} = g \times \sqrt{I} = 4.5 \times \sqrt{450} = 95.5 \text{ cm}$$

Grosimea stratului de protecție din pietriș cu nisip ( $h_{\text{sp}}$ ) se stabilește cu relația:

$$h_{\text{sp}} \geq h_{\text{inghet}} - (h_{\text{suprastructură}} + h_{\text{admis}})$$

unde

$h_{\text{sp}}$  = grosimea stratului din pietriș cu nisip în cm,

$h_{\text{inghet}}$  = adâncimea de îngheț de calcul, măsurată în cm,

$h_{\text{suprastructură}}$  = grosimea constructivă a suprastructurii, măsurată în cm,

$h_{\text{admis}}$  = grosimea pământului înghețat stabilită în corelație cu gradul de sensibilitate al acestuia la îngheț, categorie de linie și regim hidrologic.

Pentru categoria de importanță a liniei B, pământuri foarte sensibile la îngheț și un regim al apei subterane nefavorabil, rezultă o grosime admisă de înghețare a pământului din zona platformei de 15 cm.

Rezultă

$$h_{\text{sp}} \geq h_{\text{inghet}} - (h_{\text{suprastructură}} + h_{\text{admis}}) = 95.5 - (50 + 15) = 31.5 \text{ cm}$$

În cazul utilizării în substratul căii a unui amestec de piatră spartă și piatră reciclată, rezultă:



$$h_{str} = h_{sp} \times \frac{\lambda_{str}}{\lambda_{sp}}$$

unde

$h_{str}$  = grosimea stratului proiectat în cm,

$h_{sp}$  = grosimea stratului din pietriș cu nisip în cm,

$\lambda_{str}$ ,  $\lambda_{sp}$  = conductibilitățile termice ale stratului proiectat și ale stratului de pietriș cu nisip.

Rezultă:

$$h_{str} = h_{sp} \times \frac{\lambda_{str}}{\lambda_{sp}} = h_{sp} \times \frac{2}{2.3} = 0.87 \times h_{sp} = 0.87 \times 31,5 = 27,4cm$$

În cazul terasamentelor existente de pe liniile care urmează să fie modernizate, la care este necesară refacerea fundației căii și eventual ranforsarea cu geogriile, grosimea stratului portant se stabilește în funcție de modulul de deformare dorit la nivelul platformei căii ( $E_{pl}$ ) și de modulul de deformare măsurat sau estimat la nivelul platformei de pământ ( $E_0$ ).

În cazul nostru:  $E_{pl} = 80 \text{ MN/m}^2$ .

Dimensionarea grosimii stratului portant ( $h_s$ ) se face în funcție de  $E_0$  măsurat în situ. În situația în care valorile lui  $E_0$  nu sunt cunoscute, la proiectare se pot adopta valori de calcul  $E_0$  și  $h_s$  conform tabelului de mai jos, în funcție de condițiile locale pentru care se face dimensionarea (natura terenului, procentajul de părți fine din curba granulometrică,  $I_p$ ,  $I_c$ ,  $W_L$ , condițiile hidrologice extrase din studiul geotehnic), astfel:

- Caz I: Pe adâncimea de 1.50 m de la NST este asigurat drenajul și nu există umiditate;  $I_c \geq 1$ .

- Caz II: Pe adâncimea de 1.50 m de la NST sunt posibilități de acumulare temporară a apelor; apa se va scurge periodic;  $0.75 \leq I_c < 1$ .

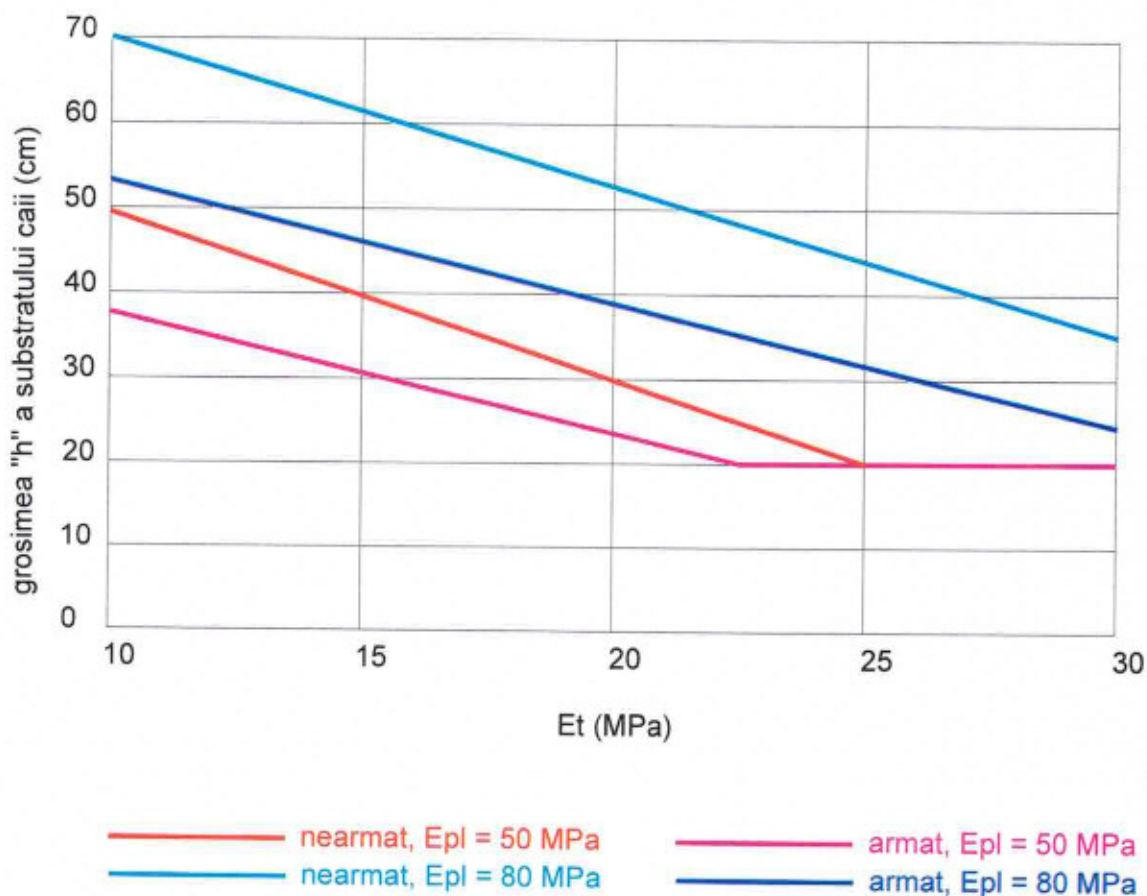
- Caz III: Pe adâncimea de 1.50 m de la NST nu este asigurat drenajul și există umiditate permanentă; apa nu se poate scurge;  $I_c < 0.75$ .

Se estimează  $E_0 = 15 \text{ MPa}$ .

Grosimea necesară a substratului cu și fără armătură se stabilește conform digramei din figura 3 din NP 109-04.

Rezultă o grosime de 62 cm a substratului fără armătură, respectiv o grosime de 47 cm a substratului armat.





Prezența geogrilei reduce cu 25% grosimea substratului.

Pentru a reduce și mai mult grosimea se poate folosi geogrila la jumătatea substratului căii. Din calcule rezultă un substrat cu grosimea de 40 cm cu un strat de geogrila în bază și un strat de geogrila la mijlocul grosimii substratului.

Soluția cu geogrile conduce la un cost de execuție al substratului cu 25% mai mic, la o durată de execuție mai mică cu 2 zile și o reducere a emisiilor de carbon cu 20%.

Deci infrastructura căii de rulare a tramvaiului va avea următoarea configurație:

- platformă de pământ amenajată; platforma de pământ are estimat un moduli de deformație la reîncărcare de 15 MPa; în cazul în care din măsurători nu se obține această valoare, se va realiza o stabilizare în zona platformei cu var și ciment;
- geotextil peste platforma de pământ cu rol principal de separație;
- geogrila în baza substratului cu rol de ranforsare;
- substratul căii cu grosimea de 40 cm și geogrila la jumătatea grosimii.

### 6.3. Recomandări privind realizarea suprastructurii căii de rulare a tramvaiului.

Se recomandă ca pe zonele în curbă să se folosească curbele progresive. Evident acest lucru nu este posibil pentru curbele care fac legătura între aparatele de cale, din cauza spațiului restrâns.

Supralărgirea căii va fi realizată prin deplasarea firului interior de sina spre centrul curbei. Pe zona arc de cerc supralărgirea va avea valoare constantă (s), iar pe zona curbei progresive, supralărgirea se va pierde liniar cu variația de cel mult 0,5 mm/m. Dacă nu sunt prevăzute curbe progresive, atunci pierderea supralărgirii căii se va face pe zonele de aliniament situate la extremitățile arcului de cerc, respectând variația maximă de 0,5 mm/m.

Valoarea supralărgirii se va calcula ținând cont de geometria șinei, a bandajului și modul de realizare a îngustărilor de canale.

Se recomandă instalarea de ungătoare înaintea tuturor curbilor cu rază mai mică de 70 m și înaintea tuturor schimbătoarelor de intrare, pentru reducerea frecărilor și micșorarea uzurilor.

Pentru șine se recomandă folosirea materialelor care permit o mai ușoară încărcare cu sudură la atingerea limitei maxime de uzură.

Se recomandă realizarea CFJ la temperaturi de fixare situate în partea superioară a intervalului prescris de fixare  $17^{\circ}\text{C} - 27^{\circ}\text{C}$ . Având în vedere că șina va fi înglobată în carosabil și că fixarea șinei este corespunzătoare, nu este nevoie de aparate de dilatație sau panouri tampon.

Sudarea va fi aluminotermică sau electrică (metoda topirii intermediare și presiunii pe capete). Alte metode de sudură vor fi folosite numai dacă sunt agreate de către STB.

Aparatele de cale folosite la calea de rulare a tramvaielor trebuie proiectate pentru o sarcină maximă statică pe osie de 12 t și pentru o frecvență maximă a circulației de 250 de osii pe ora și pe sens. Se vor folosi numai macaze cu două ace flexibile atât la intrare cât și la ieșire. Se interzice folosirea de macazuri cu raza mai mică de 50 m în linie curentă.

Aparatele de manevra manuale sau automate se vor prevedea cu separatoare de nămol și ulei, racordate la canalizarea orașenească pentru evacuarea apelor pluviale.

Se recomandă instalarea de ungătoare înaintea aparatelor de cale (schimbătoare de cale) și a curbilor, pentru reducerea frecărilor și micșorarea uzurilor.

Se va realiza polizarea preventivă a șinei pentru îndepărtarea neregularităților șinei. Aceasta este o condiție importantă pentru rularea liniștită și pentru scăderea emisiei de zgomot. Polizarea preventivă va stopa de asemenea apariția uzurii ondulatorii, creșterea defectelor la ciuperca șinei. Uzura ondulatorie în acest caz se dezvoltă mult mai încet.

(Comparativ cu calea de rulare cu balast, neregularitățile din zona sudurilor și a joantelor (izolante) se vor dezvolta considerabil mai încet deoarece forțele dinamice sunt mai scăzute și în consecință, vor produce o deteriorare mai lentă a reazemelor șinei.)

Din cauza configurației străzilor, a lățimii lor, a numărului de benzi și a dispunerii lor, calea de rulare a tramvaiului va rămâne carosabilă.

Exemple de realizarea a sistemului constructiv a suprastructurii căii de rulare sunt prezentate în figura de mai jos (figura 9).

Indiferent de soluția aleasă de către proiectant, trebuie avută în vedere asigurarea protecției împotriva vibrațiilor și zgomotului induse de circulația tramvaielor.

Se recomandă folosirea sistemului mass-spring, aplicat pe suprafața completă sau pe benzi (la blocheți).

Structura căii de rulare trebuie să fie astfel dimensionată încât să se comporte corespunzător în timp la solicitările provenite de la încărcările date de traficul tramvaielor și la solicitările date de traficul auto care poate acționa în lungul căii dar și transversal căii.



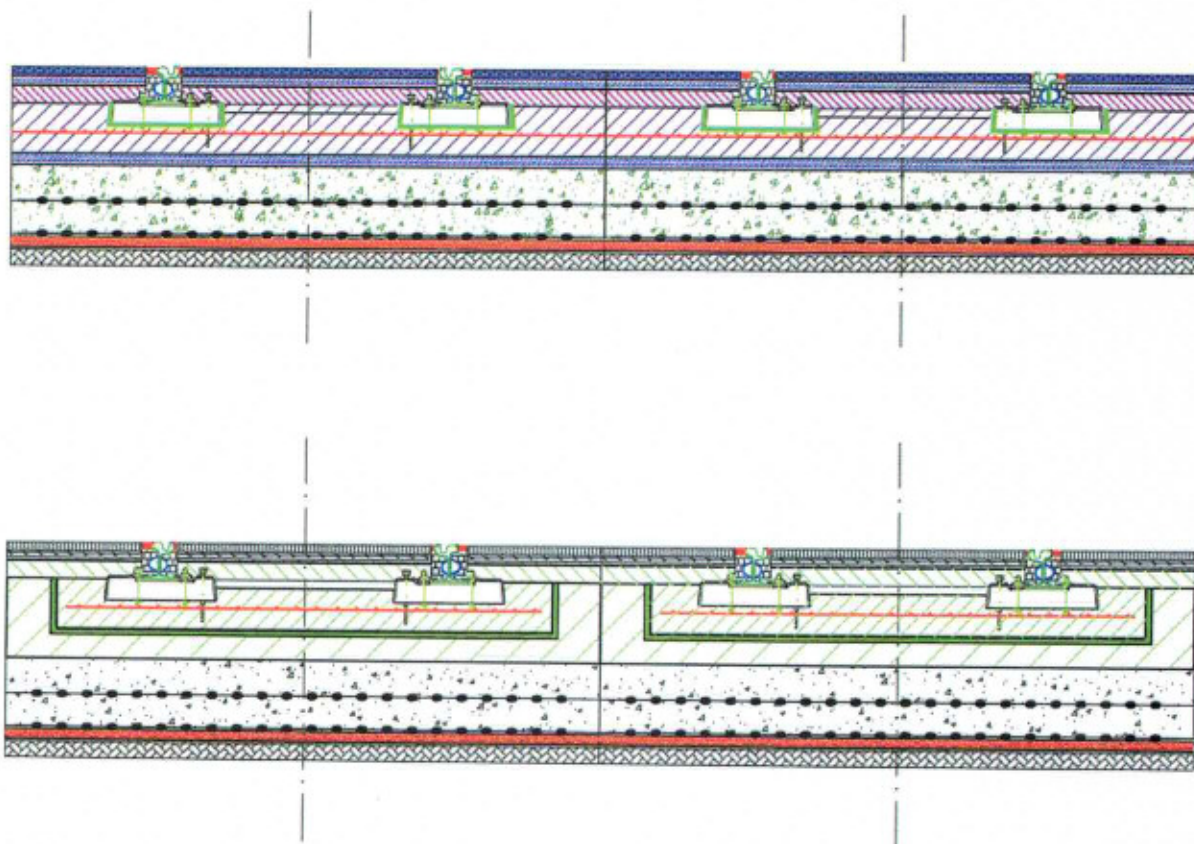


Figura 9. Exemple de realizarea a sistemului constructiv a suprastructurii căii de rulare

Legătura dintre infrastructura și suprastructura căii de rulare se va realiza printr-un strat AB22,4 bază 50/70 de 6,5 cm grosime.

Se vor realiza dispozitive de colectarea și scurgerea apelor de suprafață din zona căii de rulare a tramvaiului. Numărul și dispunerea acestora se va face în funcție de profilul longitudinal al străzii, în punctele de minim, dar și în funcție de capacitatea de preluare a geigerelor existente.

Se vor realiza eclisajele electrice ale șinelor conform normelor în vigoare.

#### 6.4. Materiale recomandate de expert pentru realizarea căii de rulare a tramvaiului

##### Șina

Șina folosită în cadrul proiectului va fi șina cu canal.

Șina cu canal va respecta prevederile standardului SR EN 14811:2019 "Aplicații feroviare. Cale. Șine speciale. Șine cu canal și profiluri de construcție asociate"

Marca de oțel a șinei va fi:

- R260, iar intervalul de duritate (HBW) va fi 260 până la 300, pentru aliniament și curbe cu raza mai mare sau egală cu 200 m;
- R340GHT tratate termic la ciupercă, iar intervalul de duritate (HBW) va fi 340 până la 390, pentru curbe cu raza mai mică de 200 m.

Pentru creșterea duratei de viață a liniei se pot folosi șine tratate termic.

Trebuie avută o mare grijă în alegerea compoziției oțelului:

- creșterea proporției de C, crește rezistența și rezistența la uzură, în timp ce duritatea scade; în mod normal, proporția de C nu ar trebui să fie mai mare de 0,82%;
- creșterea proporției de Mn, crește rezistența și duritatea, dar dăunează sudării; procentul de Mn este în general 0,6% - 1,0%;



- dacă proporția de Si crește, densitatea și rezistența la uzură vor crește; procentul de Si este în general 0,15% - 0,3%;

- P și S sunt elemente nocive; când există prea mult P, șina este rece și fragilă și ușor de spart; conținutul de P ar trebui să fie mai mic de 0,1%.

#### **Aparatele de cale**

Aparatele de cale vor fi realizate cu șină cu canal și vor avea reperele de rulare din oțel marca R290GHT.

#### **Suporturi din beton**

Suporturile de beton vor fi executate din beton armat, clasa minimă C30/37.

Vor fi respectate următoarele standarde:

- SR EN 13230-3:2016 Aplicații feroviare. Cale. Traverse și suporturi de beton. Partea 3: Traverse bibloc din beton armat

- SR EN 13230-5:2016 Aplicații feroviare. Cale. Traverse și suporturi de beton. Partea 5: Elemente speciale

- SR EN 13230-6:2020 Aplicații feroviare. Cale. Traverse și suporturi de beton. Partea 6: Proiectare

#### **Prinderea**

Prinderile vor respecta SR EN 17319:2020 Aplicații feroviare. Infrastructură. Cerințe de performanță pentru sistemele de fixare a șinelor pentru tramvaie.

Prinderea căii va fi o prindere directă, simplu de instalat și care să permită verificarea regimului de funcționare în cale.

Sistemele de prindere directă trebuie să nu permită ridicarea sau rotirea șinelor în prindere și trebuie să aibă prevăzută standard protecția împotriva suprasolicitării ramurilor elastice (de exemplu în cadrul operației de burare).

#### **Elemente de protecție împotriva vibrațiilor și zgomotelor**

Aceste elemente vor fi realizate din elastomer poliuretanic celular.

#### **Materiale granulare**

Materialele granulare folosite în infrastructura liniei de tramvai va avea următoarele caracteristici:

- conținutul de materii organice trebuie să reprezinte mai puțin de 1% din greutate;
- procentul de particule cu  $d < 0,063$  mm, mai mic de 5%;
- procentul de particule cu  $d > 2,0$  mm, mai mare de 40%;
- coeficientul de neuniformitate  $U_n \geq 15$ ;
- coeficientul de curbură  $C_c = 1...3$ ;
- diametrul echivalent  $d_{85} > 10$  mm;
- coeficientul de permeabilitate  $1 \times 10^{-3} \text{ m/s} \geq K \geq 1 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ .

Greutatea volumetrică a materialului granular în stare uscată va fi mai mare de 16 kN/m<sup>3</sup>.

#### **Geotextile cu rol de separație**

Geotextilele care funcționează ca mijloc de separare sub straturile portante trebuie să satisfacă următoarele cerințe:

- tip polimer și fibră: polimer sintetic unic, fibră calitatea I;
- tip textil: nețesut;
- mod de consolidare: mecanică sau termomecanică;
- masa pe unitatea de suprafață:  $\geq 250 \text{ g/m}^2$  pentru geotextile cu consolidare mecanică;
- masa pe unitatea de suprafață:  $\geq 200 \text{ g/m}^2$  pentru geotextile cu consolidare termomecanică;
- forța de poansonare CBR (străpungere):  $\geq 3000 \text{ N}$ ;
- rezistența maximă la tracțiune:  $\geq 20 \text{ kN}$ ;



- permeabilitatea normală pe plan:  $\geq 50 \text{ l/m}^2\text{s}$ ;
- $O_{90}$  – dimensiunea porilor geotextilului ce rețin 90% din cantitatea de granule va fi cuprinsă între 0,06 și 0,12 mm.

#### **Geotextile cu rol de filtrare**

Geotextilele care funcționează ca element filtrant în dispozitivele de drenare ale terasamentului c.f. trebuie să satisfacă următoarele cerințe:

- tip polimer și fibră: polimer sintetic unic, fibră calitate I;
- tip textil: nețesut;
- mod de consolidare: mecanică sau termomecanică;
- masa pe unitatea de suprafață:  $\geq 150 \text{ g/m}^2$ ;
- forța de poansonare CBR (străpungere):  $\geq 2000 \text{ N}$ ;
- permeabilitatea normală pe plan:  $\geq 70 \text{ l/m}^2\text{s}$ ;
- $O_{90}$  – dimensiunea porilor geotextilului ce rețin 90% din cantitatea de granule va fi cuprinsă între 0,06 și 0,10 mm;

#### **Geogriile pentru creșterea capacității portante a platformei căii și geogriile secundare**

Geogriile utilizate la ranforsarea platformei căii pot fi biaxiale (rețea pătrată) sau multiaxiale (rețea triunghiulară). Respectarea prevederilor referitoare la caracteristicile geogriilor este obligatorie avându-se în vedere faptul că pe baza lor s-a dimensionat substratul căii.

Geogriile biaxiale trebuie să aibă următoarele caracteristici:

- să fie constituite din polipropilenă sau polietilena de înaltă densitate sau poliester de înaltă rezistență sau un polimer asemănător cu densitate mare;
- să aibă noduri integrate sau țesute;
- forța maximă de tracțiune în ambele direcții principale:  $\geq 30 \text{ kN/m}$ ;
- forța de tracțiune în ambele direcții principale la alungire de 2%:  $\geq 10 \text{ kN}$  ;
- forța de tracțiune în ambele direcții principale la alungire de 5%:  $\geq 20 \text{ kN}$  ;
- deschiderea ochiurilor:  $30 \text{ mm} \leq d \leq 40 \text{ mm}$ , (ca deschidere a ochiurilor se definește distanța dintre fețele interioare a 2 vergele de armătură);

Geogriile multiaxiale trebuie să aibă următoarele caracteristici:

- lungimea nervurii:  $30 \text{ mm} \leq l \leq 40 \text{ mm}$ ;
- eficiența joncțiunii:  $\geq 90 \%$  (capacitatea de transfer a încărcării, determinată în conformitate cu GRI-GG2 și GRI-GG1; (GRI-GG2 - Standard Test Method for Geogrid Junction Strength, GRI-GG1 - Standard Test Method for Geogrid Rib Tensile Strength);
- stabilitatea deschiderii:  $\geq 350 \text{ N.mm/deg}$  la 500 N.mm (Kinney, T.C. Aperture stability Modulus ref 3, 3.1.2000);
- modul secant radial mediu, la sollicitare scăzută:  $\geq 350 \text{ kN/m}$  la 0,5% alungire (SR EN ISO 10319:2008).

Ambele tipuri de geogriile trebuie să respecte următoarele condiții:

- rezistența la degradare chimică:  $\geq 95\%$  (ISO/TS 13434:2020);
- rezistența la intemperii:  $\geq 95\%$  (SR EN 12224:2001, ISO/TS 13434:2020);
- rezistența la oxidare:  $\geq 90\%$ ;
- rezistența la deteriorare din instalare:  $\geq 85\%$  (BS 8006:1995).

#### **Separator de lichide ușoare**

Separatorul de lichide ușoare va respecta prevederile SR EN 858-1:2002/A1:2005 SR EN 858-2:2004.

Separatorul de lichide ușoare se va amplasa înainte de deversarea la emisar a apelor colectate de dispozitivul de drenare.

Separatorul de lichide ușoare reține hidrocarburile, uleiurile minerale și decantează materiile solide conținute în apele de scurgere. Atât apele pluviale și apele de procesare



industriale, care conțin uleiuri, hidrocarburi, alte derivate și materii solide (cum ar fi praf, nisip și alte substanțe solide) în prima etapă ajung în trapa de namol.

Modul de intrare a apei asigură scăderea vitezei necesară pentru sedimentarea substanței solide conținute în apele uzate. La faza următoare, apa, care este încă contaminată cu uleiuri și substanțe derivate ajunge în partea de separare adecvată unde are loc un proces de plutire a particulelor de ulei și substanțe derivate reținute de filtrul coalescent.

Apele uzate epurate în acest fel, se caracterizează prin particule în suspensie <50 mg/l și conținutul de ulei și derivați de < 5 mg/l, care pot să fie drenate la un sistem de colectare a apelor uzate urbane sau în emisar (mediu).

Apele reziduale părăsesc separatorul printr-o ieșire echipată cu o închidere automată la umplerea sa cu hidrocarburi.

Trapa de nămol reține toate materiile grele (agregate, pietriș, nisip, nămol, etc) care sunt conținute în apele uzate înainte de a intra în filtrul coalescent al separatorului de hidrocarburi. Separatorul este echipat cu trapa de nămol integrată.

Închiderea automată este un dispozitiv de siguranță pentru a preveni uleiul și substanțele derivate să ajună în sistemul de canalizare sau în mediu, după caz, când separatorul este nesupravegheat sau o supraaglomerare accidentală are loc.

Teava de evacuare este închisă printr-o supapă în legătură cu un flotor care este tarat a se potrivi cu greutatea specifică a hidrocarburii. Acest flotor plutește continuu pe stratul tot mai mare de hidrocarburi (în același timp fiind întotdeauna situat, în partea centrală), până ce cantitatea maximă de ulei sau substanțe derivate a fost atinsă și, în consecință, afluxul închis.

#### 6.5. Măsuri de protecția mediului

Zgomotul este un fenomen supărător, care contaminează mediul și afectează negativ sănătatea persoanelor expuse la niveluri ridicate de zgomot ambiental de peste 70 dB(A) – sau chiar mai scăzute. În mai multe țări europene dezbaterea referitoare la zgomotul generat de tramvai a devenit foarte importantă, deoarece transportul pe șine s-a intensificat și joacă un rol mai important în ecologizarea transportului. Pentru a pune în aplicare Cartea albă privind transporturile a CE din 2011 și pachetul „Ecologizarea transporturilor”, este necesar ca impactul transportului pe șine asupra mediului (dioxidul de carbon, energia, zgomotul etc.) să fie redus la minimum pentru a menține poziția transportului pe șine ca mijloc ecologic de transport.

În general, sunt identificate trei surse diferite de zgomot generat de tramvai:

- zgomotul produs de vehicul ;
- zgomotul de rulare;
- zgomotul aerodinamic.

Zgomotul generat de vehicul este mai mic decât cel produs de automobile și nu are influențe nocive.

Zgomotul de rulare este mai ridicat din cauza mijloacelor feroviare slab întreținute și a tramvaielor care rulează pe o infrastructură slab întreținută.

Zgomotul aerodinamic este neglijabil, având în vedere vitezele de circulație mai mici de 60km/h.

Deci cea mai importantă sursă de zgomot este zgomotul de rulare, care afectează toate tipurile de tramvai.

Pentru a reduce poluarea fonică generată de trafic, se poate face o distincție între măsuri pasive la locul perturbării și măsuri active la sursa de zgomot. Metodele pasive de reducere a impactului zgomotului generat de trafic asupra mediului nu se pot aplica în oraș, în cazul tramvaielor, așa cum se aplică în cazul trenurilor (panouri fonoabsorbante).



În schimb, măsurile orientate către sursă reduc zgomotul la nivelul întregului sistem, dacă sunt introduse la scară largă. Reprezintă măsuri de reducere a zgomotului la sursă suspensiile roților, izolația fonică a echipamentelor de tracțiune.

Zgomotul trebuie redus la sursă, deoarece aceste măsuri au efect la nivelul întregii rețele.

Zgomotul de rulare este un zgomot structural și apare în următoarele situații:

- la contactul roată șină (zgomotul de rostogolire),
- în curbă (zgomotul de curbă, stick slip),
- în cazul discontinuităților șinei (zgomotul de impact),

dar poate fi generat și de efectul de membrană al roții sau de zgomotul care radiază prin infrastructură.

O condiție suplimentară trebuie pusă vehiculelor care vor opera pe această linie și anume: nu vor fi admise vehicule cu roți cu locuri plane pe suprafața de rulare a bandajului.

Zgomotul de curbă apare pentru curbe cu raze mai mici de 200 m. Se recomandă instalarea ungătoarelor de șină. Ungătoarele sunt folosite pentru a reduce uzura apărută între șină și suprafața de rulare a roții și la reducerea zgomotului, specific la firul exterior al curbelor cu raze mici. Prin utilizarea ungătoarelor se va reduce substanțial uzura, în medie cu 60% și se va reduce zgomotul cu 20 dB. Ungătoarele trebuie să fie funcționabile indiferent de anotimp, iar lubrifiantul trebuie să fie biodegradabil.

Atenuarea zgomotului de rostogolire se realizează prin intermediul elementelor elastice din cadrul prinderii. Alegerea corepunzătoare a materialului din care trebuie realizate plăcuțele elastice de sub șină și de sub placa suport metalică, va conduce la reduceri semnificative ale zgomotului structural.

Se vor instala plăci elastice din poliuretan și sub talpa traverselor sau suporturilor de beton.

În timp șinele și vehiculele ar trebui toate întreținute pentru a elimina sursele inutile de zgomot.

Este necesar ca șinele și roțile să fie frecvent monitorizate și întreținute pentru a reduce zgomotul. Calitatea suprafeței roților și a șinelor este un factor-cheie în determinarea zgomotului de rulare și se deteriorează în mod natural de-a lungul timpului; suprafețele grav deteriorate (roțile deformate sau șinele canelate) reprezintă o sursă majoră de zgomot.

În ceea ce privește vehiculele, măsuri suplimentare sunt suspensiile roților, modificatoare de frecare montate pe vehicule (cele mai eficiente în rețelele urbane și suburbane).

Lucrările de protecție ecologică urmăresc diminuarea impactului negativ al lucrărilor, atât pe parcursul execuției cât și după darea în exploatare a acestora.

Principalele măsuri necesare protecției mediului care trebuie luate de antreprenor în timpul execuției lucrărilor sunt:

- programul de lucru pentru execuția lucrărilor trebuie ales astfel încât să nu afecteze major populația;
- amplasarea bazelor de producție să se facă în afara zonelor locuite și cu acceptul organelor administrative locale;
- după ocuparea temporară necesară platformelor, bazelor de aprovizionare și producție, halde de deșeuri, etc. terenurile eliberate și refăcute corespunzător vor fi redat circuitului natural, după caz cu plantații de arbori și arbuști;
- luarea de măsuri privind gestionarea substanțelor toxice, periculoase sau inflamabile, pierderile de carburanți sau ulei de la funcționarea defectuoasă a acestora;
- se vor lua măsuri de protecție în zonele sensibile de mediu, având în vedere că în perioadele ploioase, poluanții din aer sunt transferați în ceilalți factori de mediu (apa de suprafață și subterană, sol, etc.);



- pe perioada execuției se vor lua măsuri de asigurare pe cât posibil a fluenței circulației și evitarea coliziunilor, de organizare a traficului de șantier astfel încât să se evite formarea de ambuteiaje în zona lucrărilor și organizare a traseelor utilajelor astfel încât să asigure un acces simplu la șantier.

Pe ansamblu se poate aprecia că din punct de vedere al mediului, lucrările proiectate nu introduc disfuncționalități asupra solului, drenajului, microclimatului, a apelor de suprafață, a vegetației sau din punct de vedere al zgomotului sau al peisajului, ci dimpotrivă au un efect pozitiv.

Prin executarea lucrărilor proiectate vor apărea unele influențe favorabile asupra factorilor de mediu dar și din punct de vedere economic și social.

## **6.6. Alegerea soluției optime de realizarea căii de rulare a tramvaiului pe baza AMC (analizei multicriteriale)**

Se au în vedere două soluții:

**Soluția 1:** Infrastructura dimensionată ca în capitolul 6.2 și suprastructura realizată prin înglobarea șinei în beton (figura 9).

**Soluția 2:** Infrastructura dimensionată ca în capitolul 6.2 inclusiv drenuri longitudinale și suprastructura realizată din cadru șine-traverse acoperite cu dale de beton carosabile.

Comparația scenariilor se va face printr-o analiză multicriterială.

Analiza Multicriterială (AMC) descrie orice abordare structurată utilizată pentru a determina preferințele generale dintre mai multe opțiuni alternative, care opțiuni conduc la îndeplinirea unui număr de obiective.

Propunerile de proiecte de investiții au obiective variate, care reprezintă scopurile pe care organizația finanțatoare dorește să le atingă sau să le finanțeze. În unele cazuri, obiectivele generale sau obiectivele finale sunt defalcate în obiective de un nivel mai mic sau în obiective intermediare, care sunt mai concrete, iar acestea este posibil să fie defalcate, la rândul lor, în sub-obiective, obiective imediate sau criterii care sunt mai operaționale.

**Opțiunile** (sau alternativele) reprezintă modul în care sunt îndeplinite obiectivele. Cea mai bună opțiune va fi aceea care se va apropia cel mai mult de îndeplinirea obiectivelor.

**Criteriul** reprezintă măsura în funcție de care opțiunile sunt evaluate și comparate pentru a se stabili măsura în care acestea conduc la îndeplinirea obiectivelor. Fiecare criteriu trebuie să măsoare un aspect relevant și nu trebuie să depindă de un alt criteriu.

Criteriile trebuie să fie:

- capabile să poată face distincție între alternative „în mod semnificativ” și să poată susține comparația dintre performanțele aferente alternativelor;

- complete, pentru a include toate scopurile;

- operaționale;

- non-redundante;

- puține la număr.

Criteriile sunt, în general, de două tipuri:

- cantitative;

- calitative.

Dată fiind natura acestor criterii, acestea ar trebui să fie maximizate sau minimizate.

**Matricea de performanță** este instrumentul standard al analizei multicriteriale (de asemenea cunoscută și ca matrice de decizie sau tabel de consecințe). Fiecare rând din cadrul acestei matrici descrie o opțiune și fiecare coloană descrie performanța opțiunilor în funcție de fiecare criteriu.

Punctajele din celulele matricii sunt  $a_{ij}$  și reprezintă valoarea asociată opțiunii  $i$  în cazul criteriului  $j$ .



Tabelul 7. Matricea de performanță

| Criteria<br>Alternative | $C_1$    | $C_2$    | ... $C_j$ ... | $C_n$    |
|-------------------------|----------|----------|---------------|----------|
| $A_1$                   | $a_{11}$ | $a_{12}$ | $a_{1j}$      | $a_{1n}$ |
| $A_2$                   | $a_{21}$ | $a_{22}$ | $a_{2j}$      | $a_{2n}$ |
| ... $A_i$ ...           | ...      | ...      | $a_{ij}$      | ...      |
| $A_m$                   | $a_{m1}$ | $a_{m2}$ | $a_{mj}$      | $a_{mn}$ |

### Punctare și ponderare

În cazul tehnicilor AMC informațiile din matricea de bază sunt de obicei convertite în valori numerice coerent. În mod obișnuit tehnicile AMC aplică analiza numerică unei matrici de performanță în două etape:

**1. Punctare:** consecințele preconizate pentru fiecare opțiune primesc un punctaj numeric pe o scală a nivelului de preferință pentru fiecare opțiune pentru fiecare criteriu. Opțiunile care sunt preferate altora primesc un punctaj mai mare pe scala nivelului de preferință, iar opțiunile mai puțin preferate primesc un punctaj mai mic.

**2. Ponderare:** sunt atribuite ponderi numerice pentru a defini, pentru fiecare criteriu, estimările relative ale oscilațiilor dintre limita inferioară și limita superioară a scalei alese.

Ponderarea criteriilor de decizie este etapa în care fiecărui criteriu de decizie îi este alocată o „valoare” sau o ”pondera” – respectiv, criteriile de decizie capătă o pondere relativă unul față de altul – ponderarea factorilor de decizie este necesară dacă dorim să le combinăm, până la urmă.

Procesul Ierarhiei Analitice (PIA) a fost elaborat ca metodă de analiză a deciziilor bazate pe o ierarhizare a componentelor deciziei. Această metodă este în esență una interactivă, prin care un factor de decizie sau un grup de factori de decizie își transmit preferințele analistului și pot fi dezbătute sau discutate opinii și rezultate. Metoda provine, în mare măsură, din teoriile cu privire la comportamentul uman, inclusiv cele referitoare la procesul de gândire, logică, intuiție, experiență și teorii de învățare .

PIA mai dezvoltă și un model liniar cumulativ, dar în formatul său standard utilizează proceduri pentru derivarea de ponderi și punctaje realizate de către alternative care se bazează, respectiv, pe comparații pereche dintre criterii și dintre opțiuni. Prin urmare, PIA se bazează pe construirea unei serii de matrici „comparații pereche” care compară criteriile între ele. Scopul acestui demers este acela de ierarhizare sau ponderare a fiecărui criteriu care descrie importanța contribuției fiecăruia dintre aceste criterii la obiectivul de ansamblu. Dacă criteriile sunt defalcate într-un număr de sub-criterii, comparațiile pereche se repetă pentru fiecare dintre nivelele acestei ierarhii. O comparație pereche de  $n$  criterii ( $C_1, \dots, C_n$ ) pentru a reflecta importanța sau ponderea fiecărui criteriu în influențarea obiectivului general presupune construirea unei matrici pe  $n$  ( $C$ ) care să prezinte poziția dominantă a unui criteriu din coloana stângă față de fiecare dintre criteriile din rândul de sus.

$$C = \begin{array}{c|ccc} & C_1 & \dots & C_n \\ \hline C_1 & c_1/c_1 & \dots & c_1/c_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ C_n & c_n/c_1 & \dots & c_n/c_n \end{array}$$



Fiecare înregistrare C, reflectă o scală a raportului dintre ponderile prioritare de bază alocate fiecărui criteriu.

Pentru a face aceste determinări Saaty (elaboratorul acestei metode) a elaborat o scală pentru intensitatea importanței de nouă puncte. Se susține că scala se bazează pe experimente psihologice și este concepută pentru a reflecta în mod corect prioritățile din cadrul comparațiilor dintre cele două elemente, minimizând, în același timp, dificultățile implicate.

Tabelul 8. Scala PIA cu privire la intensitatea importanței

| <i>Intensitatea importanței</i> | <i>Definiție</i>  |
|---------------------------------|---|
| 1                               | <i>Importanță egală a ambelor elemente</i>                                    |
| 3                               | <i>O importanță mai mică a unui element față de un altul</i>                  |
| 5                               | <i>Importanță semnificativă sau esențială a unui element față de un altul</i> |
| 7                               | <i>Importanță demonstrată a unui element față de un altul</i>                 |
| 9                               | <i>Importanță absolută a unui element față de un altul</i>                    |

În matricea C, fiecare înregistrare din celulă este pozitivă, iar elementele din diagonală (c<sub>ij</sub>) sunt egale cu 1.

Calculule necesare sunt destul de complexe. În practică acestea ar trebui să fie realizate de către un pachet PIA special pentru computer.

O alternativă mai simplă descrisă într-un manual recent, care este atractivă și din punct de vedere teoretic, este aceea prin care sunt urmați următorii pași:

- calcularea mediei geometrice pentru fiecare rând din cadrul matricei
- adunarea tuturor mediilor geometrice, și
- normalizarea fiecărei medii geometrice prin împărțirea la totalul care tocmai a fost calculat.

Rezultatele reprezintă ponderea calculată alocată fiecărui criteriu, w<sub>j</sub>.

Punctajul alternativ (AS<sub>i</sub>) al fiecărei opțiuni cu privire la toate criteriile pot fi estimate cu modelul liniar cumulativ, după cum urmează:

$$AS_1 = a_{11}(w_1) + a_{21}(w_2) + \dots + a_{N1}(w_N)$$

$$AS_2 = a_{12}(w_1) + a_{22}(w_2) + \dots + a_{N2}(w_N)$$

⋮

⋮

$$AS_m = a_{1m}(w_1) + a_{2m}(w_2) + \dots + a_{Nm}(w_N)$$

Definirea criteriilor este realizată în tabelul 9.

În tabelul 10 este prezentată matricea criteriilor.

În tabelul 11 sunt calculate punctajele.



Tabelul 9

| Nr. crt.                    | Denumire criteriu  | Simbolul criteriului | Unitate de măsură | Funcția obiect |
|-----------------------------|--|----------------------|-------------------|----------------|
| <b>Economic</b>             |  |                      |                   |                |
| 1.                          | Costul investiției   | C1                   | milioane euro     | min            |
| 2.                          | Cost de întreținere și exploatare/an   | C2                   | euro/km           | min            |
| <b>Tehnic și tehnologic</b> |  |                      |                   |                |
| 3.                          | Complexitatea tehnică de realizare a construcției  | C3                   | grad              | min            |
| 4.                          | Durata de execuție   | C4                   | luni              | min            |
| 5.                          | Impactul asupra utilităților existente   | C5                   | grad              | min            |
| 6.                          | Indeformabilitatea geometriei în plan și profil longitudinal                                 | C6                   | grad              | min            |
| 7.                          | Disconfortul pentru pasagerii din tramvai  | C7                   | grad              | min            |
| 8.                          | Disconfortul pentru traficul auto  | C8                   | grad              | min            |
| <b>Planificare urbană</b>   |  |                      |                   |                |
| 9.                          | Impactul vizual asupra mediului înconjurător   | C9                   | grad              | min            |
| <b>Mediu</b>                |  |                      |                   |                |
| 10.                         | Creșterea nivelului de zgomot în zonele locuite  | C14                  | grad              | min            |
| 11.                         | Impactul asupra mediului – calitatea aerului (impactul asupra emisiilor de dioxid de carbon) | C15                  | grad              | min            |
| 12.                         | Influența condițiilor meteorologice (zăpadă, vânt cu praf, etc.)                             | C16                  | grad              | min            |



Tabelul 10. Matricea criteriilor.

|     | C1   | C2   | C3   | C4   | C5   | C6   | C7  | C8 | C9  | C10  | C11  | C12  | Media geometrică | Ponderarea |
|-----|------|------|------|------|------|------|-----|----|-----|------|------|------|------------------|------------|
| C1  | 1    | 1,29 | 3    | 3    | 3    | 3    | 1,8 | 9  | 1,8 | 1    | 1    | 3    | 2,138            | 0,150      |
| C2  | 0,78 | 1    | 2,33 | 2,33 | 2,33 | 2,33 | 1,4 | 7  | 1,4 | 0,78 | 0,78 | 2,33 | 1,663            | 0,117      |
| C3  | 0,33 | 0,43 | 1    | 1    | 1    | 1    | 0,6 | 3  | 0,6 | 0,33 | 0,33 | 1    | 0,713            | 0,050      |
| C4  | 0,33 | 0,43 | 1    | 1    | 1    | 1    | 0,6 | 3  | 0,6 | 0,33 | 0,33 | 1    | 0,713            | 0,050      |
| C5  | 0,33 | 0,43 | 1    | 1    | 1    | 1    | 0,6 | 3  | 0,6 | 0,33 | 0,33 | 1    | 0,713            | 0,050      |
| C6  | 0,33 | 0,43 | 1    | 1    | 1    | 1    | 0,6 | 3  | 0,6 | 0,33 | 0,33 | 1    | 0,713            | 0,050      |
| C7  | 0,56 | 0,71 | 1,67 | 1,67 | 1,67 | 1,67 | 1   | 5  | 1   | 0,56 | 0,56 | 1,67 | 1,188            | 0,083      |
| C8  | 0,11 | 0,14 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,2 | 1  | 0,2 | 0,11 | 0,11 | 0,33 | 0,238            | 0,017      |
| C9  | 0,56 | 0,71 | 1,67 | 1,67 | 1,67 | 1,67 | 1   | 5  | 1   | 0,56 | 0,56 | 1,67 | 1,188            | 0,083      |
| C10 | 1    | 1,29 | 3    | 3    | 3    | 3    | 1,8 | 9  | 1,8 | 1    | 1    | 3    | 2,138            | 0,150      |
| C11 | 1    | 1,29 | 3    | 3    | 3    | 3    | 1,8 | 9  | 1,8 | 1    | 1    | 3    | 2,138            | 0,150      |
| C12 | 0,33 | 0,43 | 1    | 1    | 1    | 1    | 0,6 | 3  | 0,6 | 0,33 | 0,33 | 1    | 0,713            | 0,050      |

Tabelul 11. Calculul punctajelor

| Criteriul | Soluția 1    | Soluția 2    | Normalizarea criteriilor |       | Ponderi | Punctaje criterii |              |
|-----------|--------------|--------------|--------------------------|-------|---------|-------------------|--------------|
|           |              |              | Sol 1                    | Sol 2 |         | Sol 1             | Sol 2        |
| 1         | 3.500.000,00 | 3.000.000,00 | 0,76                     | 0,65  | 0,150   | 0,114             | 0,098        |
| 2         | 35.000,00    | 90.000,00    | 0,36                     | 0,93  | 0,117   | 0,042             | 0,109        |
| 3         | 5            | 3            | 0,86                     | 0,51  | 0,050   | 0,043             | 0,026        |
| 4         | 12           | 12           | 0,71                     | 0,71  | 0,050   | 0,035             | 0,035        |
| 5         | 3            | 5            | 0,51                     | 0,86  | 0,050   | 0,026             | 0,043        |
| 6         | 1            | 3            | 0,32                     | 0,95  | 0,050   | 0,016             | 0,047        |
| 7         | 3            | 3            | 0,71                     | 0,71  | 0,083   | 0,059             | 0,059        |
| 8         | 1            | 3            | 0,32                     | 0,95  | 0,017   | 0,005             | 0,016        |
| 9         | 1            | 5            | 0,20                     | 0,98  | 0,083   | 0,016             | 0,082        |
| 10        | 3            | 5            | 0,51                     | 0,86  | 0,150   | 0,077             | 0,129        |
| 11        | 1            | 1            | 0,71                     | 0,71  | 0,150   | 0,106             | 0,106        |
| 12        | 1            | 3            | 0,32                     | 0,95  | 0,050   | 0,016             | 0,047        |
|           |              |              |                          |       |         | <b>0,556</b>      | <b>0,796</b> |

Rezultă deci că soluția 1 este mai bună (în cazul criteriilor de minim punctajul mai mic este favorabil).

Expertiza va avea ca termen de valabilitate 3 (trei) ani. Expertiza își va înceta valabilitatea, dacă prin producerea unui fenomen natural amplasamentul își va schimba configurația în mod substanțial.

Expertiza conține o anexă fotografică.

Expert tehnic atestat M.P.T.L.  
Dr. Ing. Laurențiu Mărculescu



## **ANEXĂ FOTOGRAFICĂ**



Foto 1



Foto 2



Foto 3



Foto 4



Foto 5



Foto 6



Foto 7



Foto 8





Foto 9



Foto 10



Foto 11





Foto 12



Foto 13





Foto 14



Foto 15





Foto 16



Foto 17





Foto 18



Foto 19



Foto 20



Foto 21





Foto 22



Foto 23



Foto 24

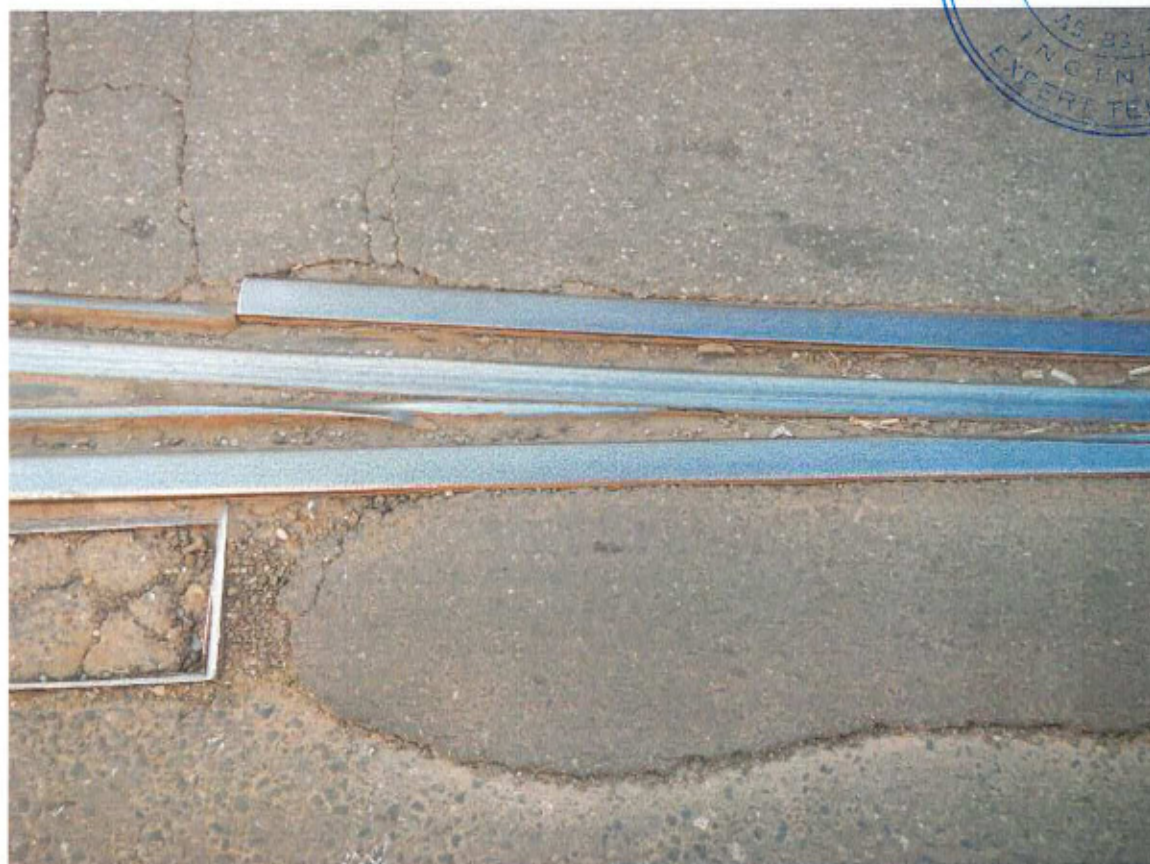


Foto 25



Foto 26



Foto 27



Foto 28



Foto 29





Foto 30



Foto 31



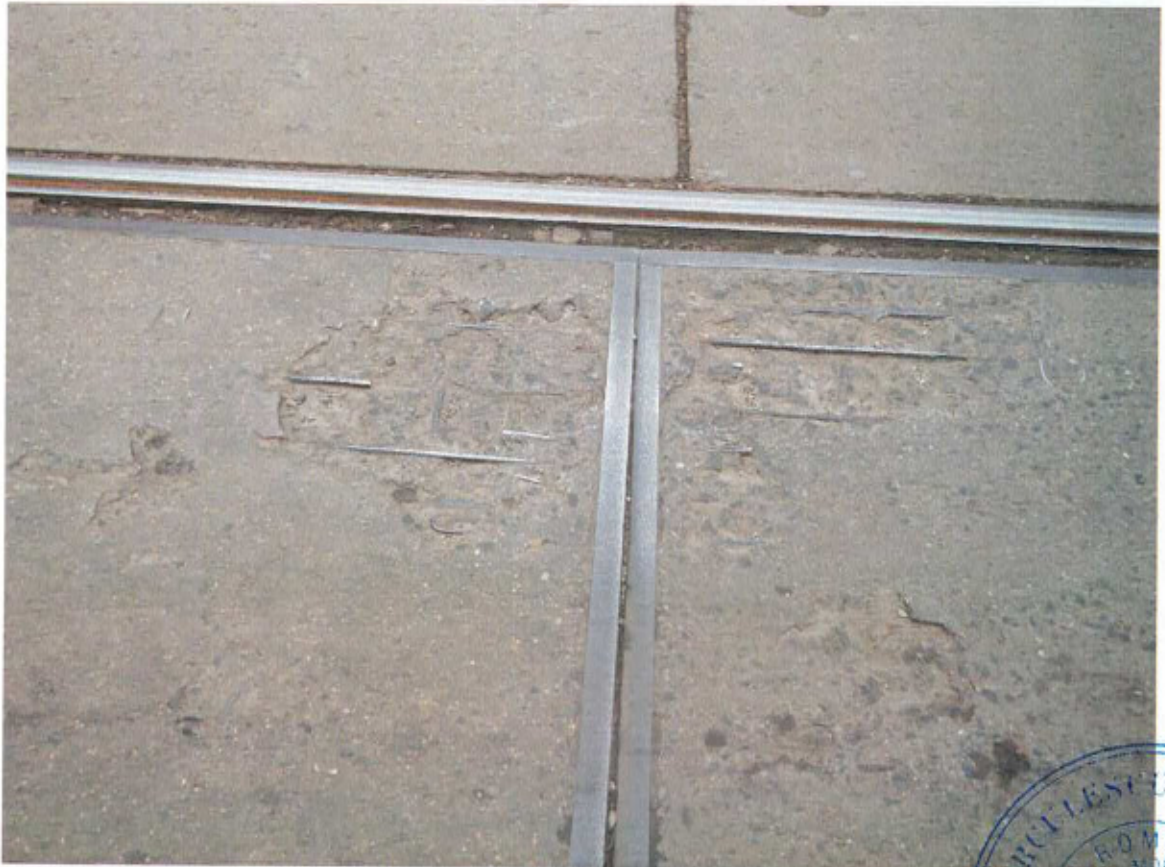


Foto 32



Foto 33





Foto 34



Foto 35





Foto 36



Foto 37



Foto 38



Foto 39



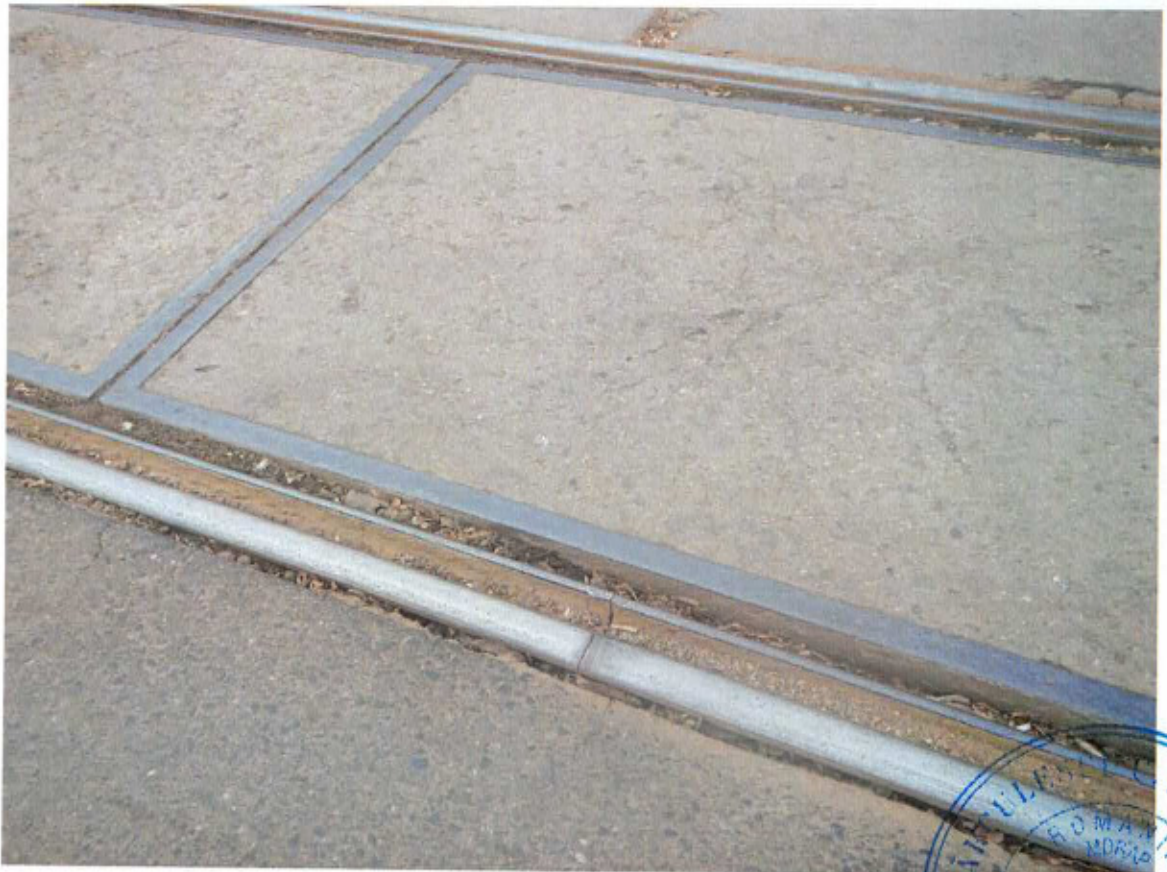


Foto 40



Foto 41



Foto 42



Foto 43

