



UNIVERSITATEA „POLITEHNICĂ” din BUCUREȘTI

**ȘCOALA DOCTORALĂ din cadrul
Facultății de Inginerie Industrială și Robotică
Departamentul Roboți și Sisteme de Producție**

TEZĂ DE DOCTORAT

**DEZVOLTAREA UNOR METODE ȘI ECHIPAMENTE PENTRU
APLICAȚII INTERDISCIPLINARE
DE MENTENANȚĂ**

REZUMAT

Autor: doctorand **IONIȚĂ ȘTEFAN**

Conducător de doctorat: Prof.dr.ing. **VELICU ȘTEFAN**

BUCUREȘTI
2021

Universitatea POLITEHNICA din București
 Facultatea INGINERIE INDUSTRIALĂ ȘI ROBOTICĂ
 Departamentul ROBOȚI ȘI SISTEME DE PRODUCȚIE

Cuprins

	T	R
ABSTRACT		5
INTRODUCERE	pag. 4	6
 CAP.1 STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRILOR PRIVIND ACTIVITĂȚILE DE MENTENANȚĂ A SISTEMELOR CU SUPRAFEȚE COMPLEXE	pag. 8	10
1.1. Metrologia corpurilor cu suprafețe mari, bază a deciziilor în activitatea de mentenanță	pag. 8	10
1.2. Aplicații interdisciplinare a metodelor de inginerie în mentenanța drumurilor naționale pe criterii de performanță.....	pag. 11	
1.3. Politica de mentenanță bazată pe starea tehnică a drumurilor moderne.....	pag. 12	
1.3.1. Politica de mentenanță a drumurilor și anexele acestora.....	pag. 13	
1.3.2. Politica de mentenanță a drumurilor de mare viteză, autostrăzilor sau a a drumurilor expres.....	pag. 14	
1.4. Concluzii.....	pag. 23	
1.5. Formularea obiectivelor tezei.....	pag. 24	11
 CAP. 2. EVALUAREA PARAMETRILOR FUNCTIONALI ȘI DE STARE A SISTEMELOR CU SUPRAFEȚE MARI	pag. 25	12
2.1. Evaluarea stării tehnice a sistemelor cu suprafețe mari prin realizarea hărților digitale - GIS.....	pag. 25	12
2.2. Metodologie privind evaluarea stării tehnice a sistemelor cu suprafețe mari	pag. 29	
2.3. Concluzii	pag. 45	14
 CAP.3 MONITORIZAREA, BAZA STRATEGIEI DE MENTENANȚĂ PREVENTIVĂ	pag. 47	14
3.1. Alcătuirea sistemului de monitorizare.....	pag. 47	14
3.2. Ierarhizarea informațiilor monitorizate.....	pag. 48	15
3.3. Componentele ecranului de monitorizare.....	pag. 49	
3.4. Echipamente de mare randament care permit identificarea defectelor structurii rutiere și georeferențierea acestora	pag. 52	
3.5. Întocmirea hărților digitale	pag. 53	
3.6. Concluzii.....	pag. 60	16

CAP. 4. CONTRIBUȚII PRIVIND DEZVOLTAREA UNOR METODE ȘI ECHIPAMENTE PENTRU MONITORIZAREA SUPRAFEȚELOR

MARI.....	pag. 62	17
4.1. Rugozitatea – factor decizional în activitatea de mentenanță.....	pag. 62	17
4.2. Conceperea unui instrument pentru evaluarea rugozității covorului asfaltic.....	pag. 63	
4.2.1 Introducere.....	pag. 63	18
4.2.2 Conceperea unui sistem de evaluare a microasperităților suprafețelor pe baza instrumentației virtuale.....	pag. 66	
4.3. Conceperea unui sistem inteligent pentru monitorizarea greutateții.....	pag. 71	20
4.3.1 Introducere.....	pag. 71	
4.3.2 Măsurarea greutateții unui autovehicul prin monitorizarea cuplului dinamic al unui motor.....	pag. 72	
4.4 Monitorizarea suprafețelor mari utilizând hărțile digitale.....	pag. 77	22
4.5 Concluzii.....	pag. 82	23

CAP. 5 CONTRIBUȚII PRIVIND CONCEPEREA UNUI ECHIPAMENT CU ELEMENT ROTATIV PENTRU SIGILAREA FISURILOR ÎN ACTIVITĂȚILE DE MENTENANȚA CORECTIVĂ

.....	pag. 84	25
5.1. Mentenanța corectivă a căilor rutiere	pag. 84	25
5.2. Conceperea unui echipament pentru sigilarea fisurilor	pag. 90	26
5.3. Aranjamentul experimental.....	pag. 93	28
5.3.1. Descrierea metodei de sigilare cu electrod rotativ.....	pag. 94	28
5.3.2. Conceperea echipamentului experimental.....	pag. 96	
5.3.3. Abordarea sistemică a procesului de sigilare a fisurilor prin metoda depunerii cu electrod rotativ.....	pag. 99	
5.4. Planificarea experimentelor pentru determinarea parametrilor de lucru.....	pag.101	
5.4.1. Cercetarea sistemică a metodei de sigilare.....	pag.101	
5.4.2. Parametrii principali de intrare care determină procesul de sigilare în mediu uscat.....	pag.104	
5.4.3. Principalele funcții de proces pentru sigilarea în mediu uscat.....	pag.107	31
5.5. Rezultatele experimentale și prelucrarea datelor	pag.108	
5.5.1. Stablirea metodicii cercetării experimentale privind optimizarea parametrilor de lucru la sigilarea fisurii căilor de rulare cu element rotativ în mediu uscat.....	pag.108	
5.5.2. Programul experimental al cercetării.....	pag.109	
5.5.3. Aranjamentul experimental și mijloacele de măsură.....	pag.110	
5.5.4. Determinarea experimentală a parametrilor de proces dependenți.....	pag.111	
5.5.5 Cercetări privind influența unor factori asupra temperaturii medii de la suprafața de contact T_c și a volumului de material depus V_d	pag.114	

5.5.5.1. Influența unor factori asupra funcției de temperatură medie la suprafața de contact, T_c	pag.114	
5.5.5.2. Influența unor factori asupra volunului de material depus, V_d	pag.115	32
5.6. Avantaje și dezavantaje ale proceselor aplicate la cald cu element rotativ a materialelor de etanșare.....	pag.115	
5.7. Concluzii.....	pag.117	33
CAP.6 CONCLUZII FINALE ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE	pag.119	34
6.1. Concluzii generale.....	pag.119	34
6.2. Contribuții personale.....	pag.121	34
6.3. Direcții ulterioare de cercetare.....	pag.123	36
6.4. Valorificarea rezultatelor cercetării.....	pag.125	
BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ.....	pag.127	38
ANEXE	pag.134	
A1 LISTĂ ABREVIERI.....	pag.134	
A2 LISTĂ DE TABELE.....	pag.135	
A3 LISTĂ FIGURI.....	pag.136	
A4 CURICULUMM VITAE.....	pag.142	

Notă:

T - teză

R – rezumat

ABSTRACT

Obiectivul principal al tezei de doctorat este realizarea unui concept nou, care să contribuie la menținere în timp a calității suprafețelor mari, prin implementarea unor metode, tehnici și procese care au la bază tehnologiile actuale de mare randament, folosite în industria constructoare de mașini.

Această tehnologie novativă realizată experimental pe infrastructura rutieră a prins contur în perioada de elaborare a tezei de doctorat, permițând realizarea unui nou concept privind sigilarea fisurilor de suprafață, în stratul de uzură a căii de rulare.

Obiectivele conexe (specific) urmărite la realizarea experimentală au fost:

- identificarea, analizarea factorilor care determină menținerea calității suprafețelor mari;
- definirea unor metodologi organizatorice și funcționale pentru mentenanța suprafețelor mari, în contextul menținerii unui trafic normal, care să contribuie la creșterea calității serviciilor de transport;
- dezvoltarea unor echipamente simple, eficiente și ecologice, pentru realizarea sigilării fisurilor de suprafață;
- stabilirea unor teorii și modele matematice adecvate pentru evaluarea implementării noului concept de sigilare a fisurilor.

Definirea și realizarea unor operații suport în mentenanța suprafețelor mari vor conduce către abordări noi, spre sisteme complexe de corectare în timp scurt a defectelor care apar în stratul de uzură al căii de rulare. Urmare caracterului transfrontalier al transportului rutier, menținerea în condiții optime a căii de rulare, a condus la elaborarea lucrării de doctorat, care a avut ca puncte de plecare, politicile și strategiile europene privind siguranța și introducerea tehnologiei verzi în procesul de menținere în siguranță a suprafețelor mari.

Cercetările realizate în cadrul lucrării de doctorat au condus la realizarea unei metode noi de reparare a fisurilor superficiale din stratul de uzură al căii de rulare.

Astfel, pentru prima dată s-a stabilit o legătură între metode, tehnici și procese care au la bază tehnologiile actuale de mare randament, folosite în industria constructoare de mașini și folosirea conceptului pentru tehnologia de sigilare a fisurilor superficiale existente în stratul de uzură al căilor de rulare

Cuvinte cheie: sistem virtual, modelare echipament, monitorizare parametri tehnici, sigilare fisuri, decizie de mentenanță, sistem GIS.

INTRODUCERE

Infrastructura de transport reprezintă o ramură extrem de importantă ca parte integrantă în ceea ce înseamnă dezvoltare economică durabilă și echilibrată a unei societăți, mobilitatea este vitală, astăzi când totul se desfășoară contra timp și orice întârziere înseamnă pierderea unor resurse.

Fie că vorbim de infrastructură rutieră, feroviară, maritimă, aeronavală, toate acestea contribuie la dezvoltarea unei națiuni, în măsura în care statul reușește să-și definească corect prioritățile/strategiile/politicile putem vorbi de:

- dezvoltare economică echilibrată;
- de competitivitate în rândul operatorilor economici;
- integrare europeană din perspectivă economică;
- atenuarea unor dezechilibre la nivel de regiuni;
- dezvoltarea unor industrii;
- acces facil la resurse, etc.

Este de notorietate dorința cetățenilor de a avea infrastructură de calitate înaltă, în special drumuri de mare viteză, în acest context apare și factorul întreținerii infrastructurii, mentenanței, ca element esențial pe toată durata de viață a drumului, lucrarea de doctorat expune unele concepte tehnice noi, ca, dezvoltarea unor echipamente și tehnologi noi, plecând de la concepte utilizate în industria constructoare de mașini, unde se realizează acoperiri sau sudări ale unor materiale metalice diferite ca compoziție chimică. Această tehnologie a fost studiată/analizată și experimentată pentru sigilarea fisurilor care apar în stratul de uzură a căii de rulare pentru menținerea în condiții normale de funcționare a suprafețelor mari, permițând astfel, menținerea în funcțiune a unei infrastructurii de drumuri moderne, sigure și durabile.

Utilajele folosite în domeniul infrastructurii rutiere, fie că vorbim de:

- cele care sunt utilizate în faza de construire efectivă;
- de cele care au rol de a asigura un nivel de serviciu de circulație corespunzător;
- de cele care identifică degradările și pe baza cărora inginerii pot realiza o programare a intervenției, respectiv o estimare eficientă a costurilor de

întreținere,

utilajele sunt esențiale, de aceea este nevoie permanentă de dezvoltare/inovare astfel încât să se eficientizeze/optimizeze cât mai mult toate aceste activități care împreună conduc la realizarea unei infrastructuri rutiere pliate pe nevoile cetățenilor.

La elaborarea lucrării de doctorat am abordat două concepte, conceptul ecologic și conceptul economic.

Conceptul ecologic are în vedere, conservarea și managementul resurselor naturale, folosirea și reciclarea materialelor poluante, cum ar fi deșeurile rezultate din utilizarea sticlelor de plastic și/sau pneurile autovehiculelor.

Conceptul economic vizează o tehnologie nouă, inovatoare, sigură, ieftină, dar durabilă, abordată în urma multor experiențe, care a condus la dezvoltarea unui echipament inovativ, urmare a extinderii și experimentării de dispozitive și tehnologii din aria mecanicii, cu transpunere în zona mentenanței corective a căilor rutiere, iar rezultatul muncii de cercetare fiind dezvoltarea unui nou echipament de mentenanță corectivă și o tehnologie diferită de cea actuală, pentru colmatarea fisurilor din stratul de uzură al căilor de rulare.

Obiectivul principal al lucrării de doctorat îl reprezintă: conceperea unei metodologii pentru implementarea mentenanței predictive și corective a sistemelor cu suprafețe mari având la bază digitalizarea și dezvoltarea unor tehnologii noi și a unor echipamente care să implementeze un concept diferit de cel actual, care să promoveze tehnologii curate (verzi) și nepoluante.

Obiectivele avute în vedere la realizarea lucrării științifice și puse în practică sunt:

- Realizarea hărților digitale în vederea monitorizării sistemelor cu suprafețe mari;
- Conceperea metodologiei pentru implementarea mentenanței predictive a sistemelor cu suprafețe mari cu aplicații în cazul căilor rutiere pe baza digitalizării informațiilor;
- Realizarea unei tehnologii noi de monitorizare a rugozității stratului de uzură folosind camera cu termoviziune;
- Dezvoltarea unui concept nou și a unui echipament digital privind stabilirea greutatea unui autovehicul utilizat pentru monitorizarea solicitării structurii drumurilor naționale;
- Conceperea unei metode noi, ecologice, pentru colmatarea fisurilor care apar în stratul de uzură al căilor de rulare;
- Realizarea echipamentului mobil cu sculă rotativă pentru mentenanță corectivă și calibrarea acestuia;
- Studiul compoziției batonului de bitum și a conceptului folosit pentru realizarea sculei rotative;
- Achiziția datelor privind gradul de sigilare cu ajutorul unui aranjament experimental. Prelucrarea datelor achiziționate (trasarea diagramelor);
- Interpretarea datelor și stabilirea eficienței metodei de sigilare a fisurilor cu sculă rotativă din bitum.

Teza de doctorat cuprinde, șase capitole, anexe și bibliografie.

Capitolul 1, intitulat „*Studiul actual al cercetărilor privind activitățile de mentenanță a sistemelor cu suprafețe complexe*” trece în revistă problemele actuale legate de mentenanța suprafețelor complexe, plecând de la calitatea suprafețelor pieselor componente ale unui subansamblu de echipament și ajungând la mentenanța suprafețelor căilor rutiere.

Metodele actuale folosite în activitatea de mentenanță scot în evidență necesitatea ținerii sub observare a calității suprafețelor, indiferent de domeniul activității (echipamente, căi rutiere

etc.) demonstrând că preluarea continuă sau la intervale de timp bine definite a unor informații relevante, folosind sisteme complexe de monitorizare, permit entității care analizează starea/calitatea acestora, să intervină eficient, să definească un buget anual/multianual, menținând starea de siguranță și să realizeze o predicție a costurilor de administrare.

Problemele legate de evaluarea stării suprafețelor, se dezvoltă în Capitolul 2 „*Evaluarea parametrilor funcționali și de stare a sistemelor cu suprafețe mari*”. În acest capitol sunt evidențiați parametri funcționali și de stare a sistemelor cu suprafețe mari cu aplicație pe rețeaua de drumuri, precum și prezentarea metodologiilor actuale de evaluare a stării tehnice a suprafețelor mari (strat de uzură) din cadrul drumurilor modernizate. Sunt prezentate tehnicile actuale de evaluare a stării drumurilor și intervalele de timp la care trebuie realizate, acestea fiind stabilite de normative interne.

În capitolul 3 denumit „*Monitorizarea, baza strategiei de mentenanță predictivă*” se scot în evidență echipamentele de monitorizare a suprafețelor mari (stratul de uzură al căilor rutiere), care permit preluarea permanentă a informațiilor necesare analizării stării acestora și luarea deciziilor de intervenție și bugetarea anuală, a costurilor pentru menținerea stării normale de funcționare. Totodată, aceste informații permit anticiparea apariției defectelor cu mult timp înainte de a se produce, prin predicția manifestării și dezvoltării lor, fiind gestionate/monitorizate cu ajutorul hărților digitale.

„*Contribuții privind dezvoltarea unor metode și echipamente pentru monitorizarea suprafețelor mari*” sunt prezentate în capitolul 4 al tezei. Cercetările prezentate în acest capitol pun în evidență dezvoltarea unor tehnologii specifice suprafețelor mari cu aplicații pe căile de rulare, analizarea și modelarea unor parametri critici de stare identificați la suprafețele mari, precum și posibilitatea monitorizării și ținerii lor sub control. Factorii perturbatori analizați respectiv: greutatea autovehiculelor, rugozitatea existentă la suprafața stratului de uzură și mărimea fisurilor existente pe suprafețele întinse aduc în discuție siguranța traficului, menținerea unui trafic normal, indiferent de anotimp. Cercetările realizate au condus la dezvoltarea unor concepte tehnice și echipamente inovative, cu un impact pozitiv asupra mediului, dar păstrând siguranța și calitatea căilor rutiere.

În capitolul 5 „*Contribuții privind conceperea unui echipament cu element rotativ pentru sigilarea fisurilor în activitățile de mentenanță corectivă*” este prezentat un concept nou de mentenanță corectivă a căilor rutiere, care a stat la baza cercetării și realizării unui echipament complet nou. Cercetarea științifică a avut ca punct de plecare studiarea operațiilor/tehnologiei folosite în industria constructoare de mașini, respectiv sudarea prin frecare cu electrod rotativ. Analiza critică a tehnologiilor și echipamentelor actuale folosite pe plan național și internațional pentru repararea fisurilor căilor rutiere a dus la ideea că pot fi simplificate prin dezvoltarea unei noi tehnologii și a unui echipament inovativ, simplu, ieftin, dar eficace.

Echipamentul și tehnologia dezvoltată, urmare cercetării realizate în perioada studiului doctoral sunt noi în domeniul mentenanței corective a căilor rutiere, reprezentând un **pionierat** în acest domeniu. **Nu există în prezent tehnologie sau echipament care să realizeze în acest fel sigilarea fisurilor.**

Capitolul 6 „*Concluzii finale și contribuții personale*” prezintă concluziile finale, contribuțiile personale aduse în domeniul mentenanței suprafețelor mari (de uzură) cu aplicații pe căile de rulare și perspectivele de dezvoltare viitoare. Sunt expuse cercetările și conceptele dezvoltate în lucrarea de doctorat, etapele studiului de cercetare, conexiunile contextului dezvoltării unor tehnologii și echipamente noi, prietenoase cu mediul, așa numită tehnologie verde, de care avem atâta nevoie în acest moment.

Bibliografia este alcătuită din 180 de titluri de lucrări tehnice și științifice, din care 5 articole științifice publicate sau în curs de publicare, un îndrumar de laborator pentru mentenanța sistemelor tehnice și 25 link-uri pentru pagini web accesate în perioada 2018-2021.

Autorul

CAPITOLUL 1

STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRIILOR PRIVIND ACTIVITĂȚILE DE MENTENANȚĂ A SISTEMELOR CU SUPRAFEȚE COMPLEXE

1.1 Metrologia corpurilor cu suprafețe mari, bază a deciziilor în activitatea de mentenanță

Evidențierea și evaluarea unui defect reprezintă un proces/activitate care este utilizat(ă) pentru a se determina cu o anumită probabilitate durata de viață rămasă pentru ca sistemul tehnic/cale de rulare să îndeplinească scopul pentru care a fost proiectat(ă), având performanțele în pragul stabilit de proiectant. În acest scop, activitatea de mentenanță (pentru menținerea performanțelor sistemului tehnic) are un rol definitoriu.

Mentenanța constituie un cumul de operații tehnice și organizatorice, necesare pentru desfășurarea bunei funcționări/mentinerea în stare corespunzătoare a sistemelor mecanice/tehnice, a stării suprafețelor mari, iar în cazul căilor de rulare a stratului de uzură.

Acest complex de operații se ordonează științific și trebuie riguros controlate. Pentru această activitate avem nevoie de o echipă de specialiști, motivați din toate punctele de vedere, un program adecvat de mentenanță pentru prevenție și o procedură corespunzătoare, pentru intervențiile accidentale. În cadrul mentenanței predictive au loc verificări periodice și analize asupra comportamentului sistemului tehnic/al caracteristicilor suprafețelor mari, pentru a diminua pe cât posibil intervențiile accidentale. Succesiunea operațiilor tehnice în activitatea de mentenanță trebuie corect ordonată, având în vedere importanța sistemelor tehnice/căile de rulare gestionate.

Ca și în cazul sistemelor tehnice și la gestionarea mentenanței căilor rutiere trebuie urmărit comportamentul suprafețelor mari pentru satisfacerea parametrilor proiectați, care permite menținerea caracteristicilor în timp și realizarea unui trafic în condiții de siguranță.

Planul de mentenanță poate conține fișe (fișiere digitale) de urmărire/comportament al utilajului/suprafeței (parte a unui soft de mentenanță), analizând și punând în practică prescripțiile și instrucțiunile tehnice.

Totodată, se mențin la zi activitățile efectuate sau nu, precum și riscurile viitoare posibile.

Se emit rapoarte de constatare și intervenție, ocazie cu care se stabilesc și caracteristicile unor componente/suprafețe conexe.

Activitatea de mentenanță predictivă are în vedere următoarele:

- i. Criteriul economico-tehnic privind modul în care se stabilesc toate activitățile de mentenanță, precum și de remediere/reparare a suprafețelor mari (drumuri, construcții aferente etc.);
- ii. constituirea unor reglementări pentru organizarea, planificare și urmărirea realizării tuturor activităților de mentenanță și remedieri, conform planificării, într-un timp corespunzător (menținerea unui trafic normal și în condiții de maximă siguranță și protejarea mediului);

- iii. pentru menținerea funcționalității, în condiții de siguranță (risc asumat) trebuie realizate, la anumite intervale, lucrări de corecție a marilor suprafețe (mentenanță corectivă);
- iv. monitorizarea unor parametric care sunt factori cheie pentru mentenanța predictivă, preventivă și corectivă cum ar fi: rugozitatea, solicitările în timp determinate de greutatea vehiculelor care rulează pe suprafața respectivă, precum și fisurile și craterele care apar și evoluează în timp.

Operațiile de mentenanță corectivă cuprind activități de reparare și întreținere a suprafețelor mare din calea de rulare (stratul de uzură), astfel:

- a) activități și/sau așa numitele prestări de servicii, gândite de către specialiști astfel încât să putem vorbi de o planificare ;
- b) intervenții spontane sau acele lucrări care se încadrează la momentul producerii unui accident.

Ca și concluzie, putem spune că activitatea de mentenanță și reparare a suprafețelor mari a drumurilor, lucrărilor de artă și conexelor înglobează mai multe servicii de pregătire cum ar fi: realizarea tuturor documentelor tehnico-economice; preocupare continuă pentru calitate; gestionare corespunzătoare a rețelei de drumuri, precum și o monitorizare a transportului.

1.5. Formularea obiectivelor tezei

Obiectivul principal: Conceperea unor metode și echipamente pentru implementarea mentenanței predictive și corective având la bază digitalizarea informațiilor și tehnici avansate cu aplicații pe suprafețe mari.

Obiective specifice:

- Analiza componentelor cu suprafețe mari și identificarea caracteristicilor care necesită monitorizare și care constituie factori decisivi pentru mentenanța predictivă, preventivă sau corectivă;
- Monitorizarea suprafețelor mari prin realizarea hărților digitale;
- Conceperea unor metode și echipamente adecvate pentru aplicații interdisciplinare de mentenanță;
- Realizarea unei tehnologii noi de monitorizare a rugozității stratului de uzură folosind camera cu termoviziune;
- Dezvoltarea unui concept nou și a unui echipament digital, privind stabilirea greutateii unui autovehicul, independent de voința conducătorului auto care utilizează drumurile naționale;
- Conceperea unui metode noi, ecologice, pentru colmatarea fisurilor care apar în stratul de uzură al căilor de rulare;
- Conceperea unui echipament mobil pentru mentenanță corectivă a fisurilor ca aplicație;
- Realizarea unui echipament mobil cu sculă rotativă pentru mentenanță corectivă;
- Studiul compoziției batonului folosit ca sculă rotativă;
- Achiziția datelor privind gradul de sigilare cu ajutorul echipamentului mobil;
- Prelucrarea datelor achiziționate (trasarea diagramelor).

CAPITOLUL 2

EVALUAREA PARAMETRILOR FUNCȚIONALI ȘI DE STARE A SISTEMELOR CU SUPRAFEȚE MARI

2.1. Evaluarea stării tehnice a sistemelor cu suprafețe mari prin realizarea hărților digitale - GIS

Mijloacele de măsurare sunt indispensabile pentru evaluarea parametrilor funcționali de stare ai echipamentelor/sistemelor cu suprafețe mari. Punerea în funcțiune a unui sistem complex (utilaje, căi ferate, etc.) poate fi realizată prin procesul de măsurare a parametrilor funcționali în cazul echipamentelor/sistemelor cu suprafețe mari.

Pentru a obține o productivitate ridicată corespunzătoare execuției utilajelor/sistemelor cu suprafețe mari, trebuie asigurat controlul care se realizează în toate situațiile. De asemenea, trebuie să fie în același timp economic, urmare a includerii cotei părți în produs/sistem controlat.

Analizarea și informarea în timp real despre integritatea și starea sistemelor cu suprafețe mari reprezintă un obiectiv principal pentru constructori, utilizatori dar și pentru echipa de mentenanță.

Contextul monitorizării sistemelor cu suprafețe mari oferă o serie de avantaje, astfel:

- utilizarea/folosirea eficientă a sistemelor cu suprafețe mari, urmare monitorizării continue;
- micșorarea perioadei de nefuncționare a sistemului, evitarea accidentelor, urmare diminuării riscurilor de defect accidental.

Totodată, monitorizarea sistemelor cu suprafețe mari și mentenanța automatizată pe termen lung, reduc subiectivismul factorului uman și în consecință erorile umane, maximizând siguranța și fiabilitatea sistemelor cu suprafețe mari.

Marele avantaj al folosirii sistemelor GIS este posibilitatea conversiei unui tabel de sine stătător (non-spațial) într-un set de date spațiale. În cazul unei instituții din domeniul transporturilor, există două variante pentru a realiza această transformare (fig. 2.1):

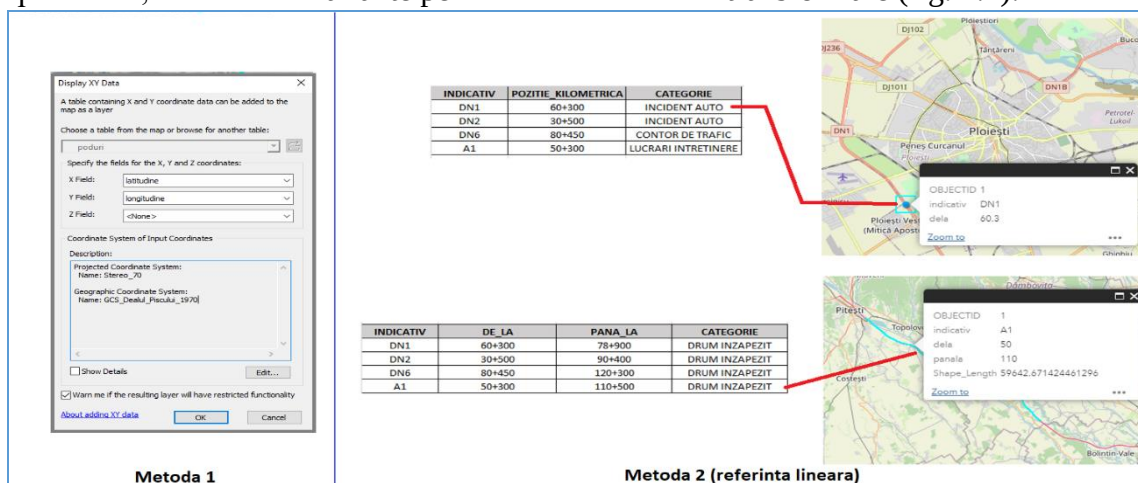


Fig. 2.1. – Metodele de obținere automată a datelor spațiale pe baza tabelor non-spațiale

1. coloanele în care sunt stocate coordonatele geografice (x, y);
2. o poziție kilometrică poate fi pusă pe hartă cu ajutorul rețelei de drumuri cu referință lineară (obținute pe baza bornelor kilometrice).

La începutul anilor 2000 s-a demarat proiectul privind Digitalizarea României (ex: rețele rutiere, rețele hidrografice, limite administrative, utilizarea terenurilor, etc.), acesta fiind un avantaj în momentul de față, deoarece:

- a. odată cu aderarea României la Uniunea Europeană, țara noastră (și toate țările membre) trebuie să contribuie la realizarea datelor spațiale solicitate. Ministerul Transporturilor a desemnat CNAIR/CESTRIN pentru a realiza temele I.7. – Rețele de transport rutier și III.11 – Zone de restricție (hărți de zgomot);
- b. utilizând date spațiale se poate ține evidența întregii rețele de drumuri (în timp real) cu elementele asociate (starea, contorii de trafic, etc.). Administratorul rețelei de drumuri decide gradul de detaliere bazându-se pe analize privind raportul tehnico-economic dintre investiția necesară ca și costuri și gradul de detaliu considerat suficient);
- c. utilizând serviciile de tip WebGIS, datele spațiale pot fi partajate cu instituțiile europene, iar firmele de specialitate pot folosi aceste date pentru a obține aplicații disponibile pentru publicul larg. (Ex: Navteq, GoogleMaps, Waze, Garmin).

Digitalizând lumea în care trăim, putem utiliza datele spațiale pentru a realiza analize spațiale (ex: câte benzinării/parcări există pe o rază de 10 km față de poziția în care mă aflu). În urma unei astfel de analize, se poate lua o decizie (fig. 2.2):

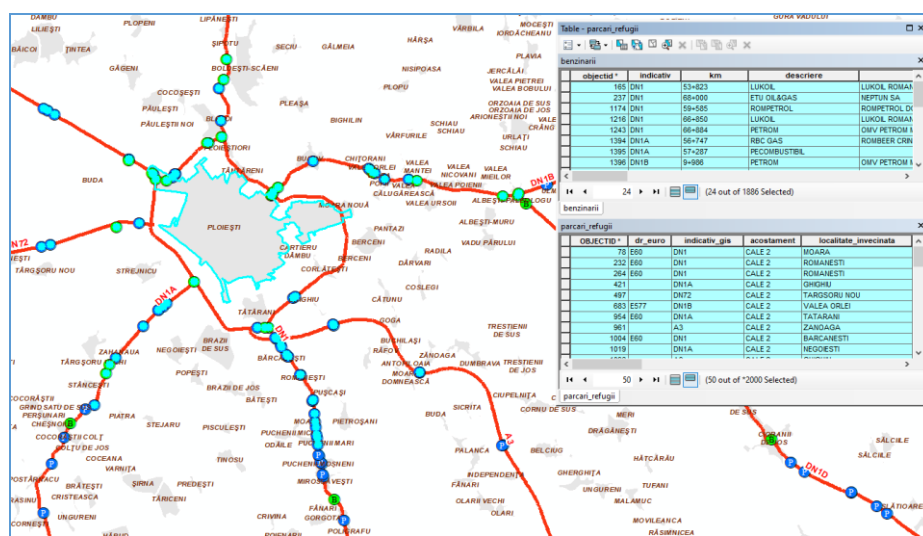


Fig. 2.2. – Exemplu de analiza spațială - Selecție pe baza locației (Sursa: Baza de date GIS din cadrul CESTRIN)

În cadrul unei instituții, GIS-ul poate reprezenta instrumentul care pune în valoare activitatea mai multor birouri de specialitate. Interogând baza de date GIS, putem răspunde rapid anumitor întrebări, deoarece pot fi obținute în mod automat rapoarte, statistici, hărți tematice și analize spațiale.

Având un sistem de coordonate, bazele de date GIS pot calcula suprafețe, distanțe și volume ținând cont de curbura pământului și diferențele locale de relief.

Scopul bazelor de date GIS este reprezentarea într-un mod cât mai armonios a lumii în care trăim (ex: drumuri, căi ferate, borne kilometrice, râuri, arbori, clădiri). Pentru acest lucru avem nevoie de doar trei entități: punct, linie sau poligon.

2.3. Concluzii

Pentru a avea randament ridicat privind monitorizarea factorilor de risc în cazul sistemelor cu suprafețe mari, pe lângă tehnologiile clasice folosite la monitorizare, se recomandă și folosirea sistemelor GIS de analiză și sinteză.

Transformarea datelor tabelare în baze de date GIS este utilă la menținerea funcționalității suprafețelor mari. De asemenea, baza de date GIS poate fi folosită eficient în analizarea continuă a deteriorărilor suprafețelor mari (rugoșități, fisuri etc.), dar și în cazul unor dezastre, pe partea de management.

GIS-ul este un instrument care poate fi utilizat pentru luarea deciziilor (ex: mentenanța predictivă).

În prezent, traficul rutier din România este în curs de contorizare, folosindu-se o multitudine de senzori montați deasupra sau chiar în carosabil. Astfel, montarea unor senzori în sistemul de drenare, va permite ca datele primite și asociate cu informații despre durata și intensitatea precipitațiilor zonale să fie utilizate eficient în mentenanța anticipativă. Ulterior, pot fi luate decizii pentru prevenirea inundării infrastructurii rutiere. În plus, aceste date pot fi folosite în aplicații informatice de modelare dedicate, a deciziei operaționale, cu efecte benefice asupra performanței infrastructurii rutiere.

CAPITOLUL 3

MONITORIZAREA, BAZA STRATEGIEI DE MENTENANȚĂ PREVENTIVĂ

3.1 . Alcătuirea sistemului de monitorizare

Urmare a cercetărilor realizate în zonele unde apar degradări ale suprafețelor mari, a reieșit că sunt inconveniențe mari în analizele care apar în urma inspecțiilor vizuale, fapt care a condus la ample programe de dezvoltare a cercetării, dedicate conceptelor moderne de integrare optimă a intervențiilor, pentru optimizarea întreținerii suprafețelor [108]. Aceste cercetări apar ca urmare a înțelegerii necesității preluării unor informații de importanță deosebită pentru suprafețele mari, de la întreaga rețea rutieră.

O rețea de transport este compusă din următoarele obiecte:

- a) zone (sistem de zonificare a rețelei de transport național, zone generatori de trafic);

- b) arce (sub forma de link-uri, care sunt asociate drumurilor, străzilor etc.);
- c) noduri (asociate de regulă intersecțiilor de drumuri).

În cadrul modelului elaborat, nodurile delimitează capetele arcelor/link-urilor. Parametrii nodurilor sunt utilizați pentru definirea tipului de dirijare a circulației dintr-o intersecție sau amenajarea acesteia, precum: intersecții semaforizate, giratorii etc. [109].

Graful rețelei de transport a fost elaborat pornind de la baza de date geo-spațiale (osm) descărcate prin intermediul OpenStreetMap.org. Baza de date de tip osm conține următoarele seturi de informații (tabel 3.1):

Tabel 3.1. Informații primare din baza de date OSM

Parametru	Acuratețe	Observații
Denumire	Buna	
Tip drum	Scăzută	Nu se corelează cu ierarhizarea rețelei de drumuri din țara noastră
Lungime	Foarte bună	
Capacitate orară	Scăzută	Nu corespunde standardelor și normativelor
Număr de benzi	Scăzută	
Viteza admisă	Scăzută	Nu se face distincție între mediu urban și extraurban
Stații transport public	Scăzută	Informații insuficiente
Vehicule admise	Scăzută	Informații insuficiente, permite doar autoturisme și camioane
Alte informații		Nerelevante pentru model

3.2 . Ierarhizarea informațiilor monitorizate

Având în vedere lipsa unor informații consistente și realiste, s-a depus un efort considerabil pentru abstractizarea rețelei (reducerea numărului de arce și noduri) și popularea acesteia cu informații necesare pentru elaborarea modelului. Astfel, pe lângă corecțiile aplicate parametrilor anteriori (denumire, tip drum, capacitate, număr de benzi, viteza admisă), rețeaua de drumuri a fost populată cu următorii parametri:

- d) tipul reliefului (3 clase - munte, deal, șes);
- e) starea tehnică a drumului (5 clase - foarte bună (5), bună (4), medie (3), rea (2), foarte rea (1));
- f) clase de vehicule admise (4 clase – Cars = autoturisme; LGV = vehicule ușoare pentru transportul mărfurilor < 3,5 tone; HGV= vehicule grele pentru transportul mărfurilor și conține camioane 2 osii, 3 - 4 osii și camioane articulate; BUS = autobuze - afectate ca parte fixă din MZA / AADT);
- g) sector urban sau extra-urban;
- h) codificare post recensământ sau anchetă O-D;
- i) taxa (toll) utilizată pe pod pentru fiecare din cele 4 clase enunțate anterior;
- j) taxa pentru traversarea Dunării cu bacul (ferry-boat) pentru fiecare din cele 4 clase enunțate anterior;

k) conexiuni propuse (autostrăzi, drumuri expres etc.) și orizontul estimat pentru darea în exploatare.

Rețeaua națională modelată (fig. 3.1) conține un număr de aproximativ 12.500 arce și 9.900 de noduri, fiind suficient de detaliată pentru a include toate autostrăzile, drumurile naționale și peste 70% din drumurile județene existente.

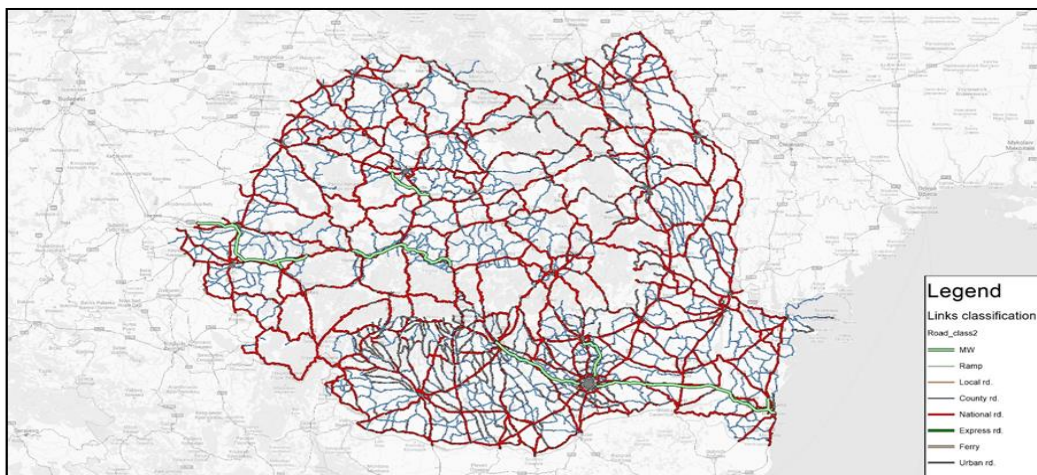


Figura 3.1. Rețeaua rutieră (CESTRIN-2017)

Câteva din atributele rețelei interne sunt:

- denumire;
- tip drum;
- viteză;
- lungime;
- capacitate de circulație;
- număr de benzi;
- stare tehnică;
- relief geografic;
- codificare post recensământ / anchete OD;
- sinuozitate;
- taxe poduri / ferry-boat.

3.6. Concluzii

În monitorizarea căilor rutiere sunt aplicate tehnologii moderne de preluare și transmitere a informațiilor în timp real, atât pentru intervenții oportune la infrastructura căilor rutiere, cât și pentru informarea utilizatorilor în transportul de persoane și marfă.

În prezent folosirea intensivă a automatizării și digitalizării, poate contribui la creșterea eficienței menținerii în starea de funcționare optimă a căilor rutiere o perioadă îndelungată de

timp, îmbunătățind astfel siguranța rutieră, atenuând impactul negativ al noxelor asupra mediului înconjurător, concomitent cu ținerea sub control al blocajelor din trafic.

Prezentul capitol prezintă principalele idei despre monitorizarea suprafețelor căilor de rulare alături de câteva date privitoare la legătura permanentă între monitorizare și momentul înscrierii lucrărilor de întreținere și reparații în bugetul sectorial (încă din primele faze ale începerii uzurii). Totodată, au fost trecute în revistă câteva din noile concepte privind analiza timpurie a uzurii suprafețelor cu ajutorul sistemului de predicție și monitorizare.

Prin corelarea și digitalizarea tuturor datelor și integrarea acestora într-un model de transport se poate genera un document strategic de intervenție la nivelul rețelei naționale de drumuri, printr-o prioritizare a lucrărilor de întreținere pe baza unui management integrat și transparent.

CAPITOLUL 4

CONTRIBUȚII PRIVIND DEZVOLTAREA UNOR METODE ȘI ECHIPAMENTE PENTRU MONITORIZAREA SUPRAFEȚELOR MARI

4.1. Rugozitatea - factor decizional în activitatea de mentenanță

În industria prelucrătoare de mașini, suprafețele materialelor metalice chiar dacă aparent sunt perfecte, prezintă abateri de formă geometrică și neregularități, care sunt determinate în urma proceselor tehnologice [54]. Forma suprafeței unui semifabricat poate fi caracterizată, față de forma ideală prin următoarele repere:

- maximum înălțimii neregularităților;
- distanța dintre 2 neregularități succesive (pasul).

Funcție de dimensiunile neregularităților, abaterile geometrice se împart astfel:

- abateri de ordinul I (defecte macroscopice sau abateri de formă);
- abateri de ordinul II (ondulații);
- abateri de ordinul III (defecte microscopice);
- abateri de ordinal IV (smulgeri, urme de sculă și goluri).

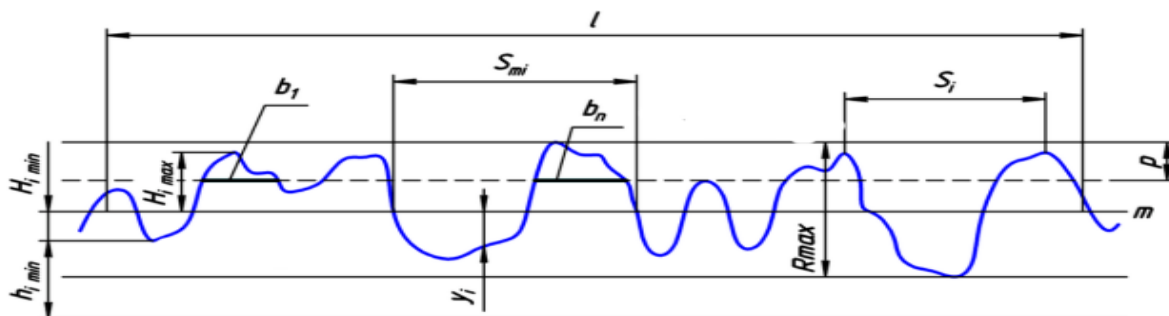


Figura 4.1. [1]

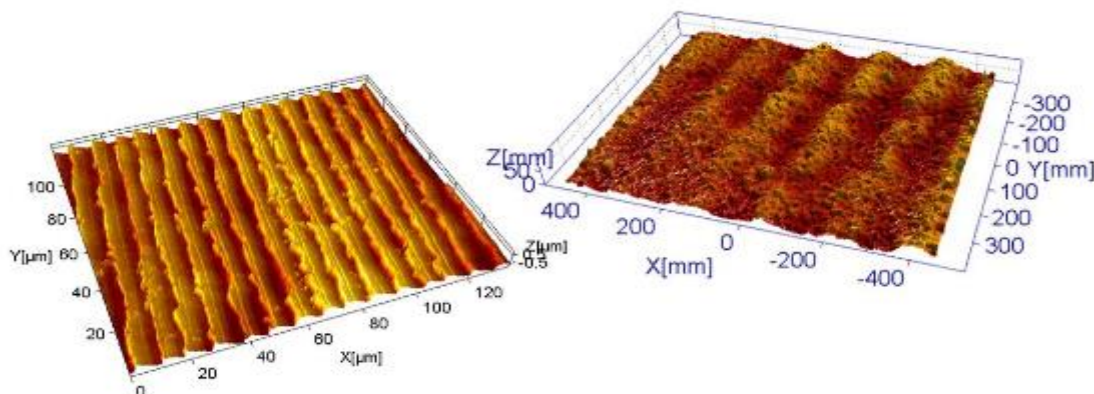


Figura 4.2. [50]

Variațiile în înălțime ale unei suprafețe fizice pot fi măsurate cu palpatoare mecanice sau prin metode optice pe o singură direcție (fig. 4.1) sau tridimensional prin scanare (fig. 4.2).

4.2.2. Conceperea unui sistem de evaluare a microasperităților suprafețelor pe baza instrumentației virtuale

În prezent, când informatica a pătruns în toate domeniile de activitate, procesul de măsurare a suferit modificări importante, nu atât metrologic cât mai ales metodologic. Principala modificare constă în trecerea de la instrumentația clasică, preponderent analogică, la instrumentația preponderent numerică, în care calculatorul are un rol important.

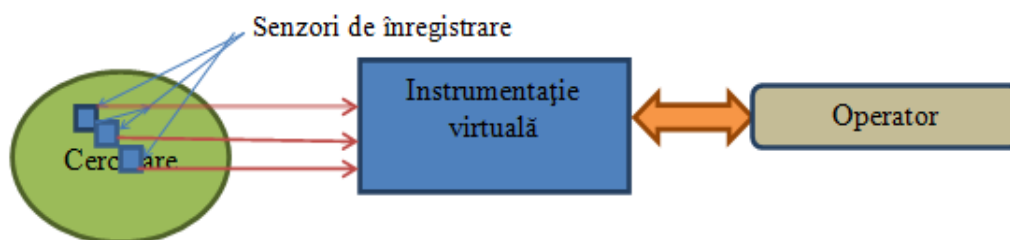


Fig. 4.5. Principiul de funcționare a echipamentului de măsurare

Instrumentația virtuală de măsurare și control experimentată este destinată atât prelucrării informațiilor prelevate prin măsurare, cât și elaborării comenzilor pentru componentele de execuție care acționează asupra procesului cercetat (fig. 4.6).

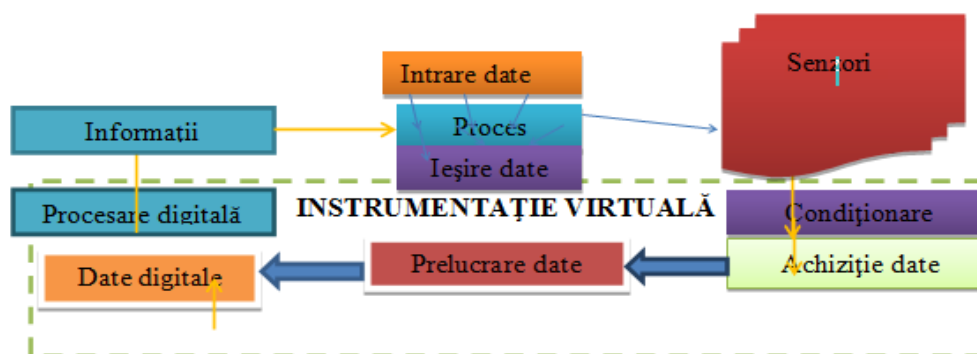


Fig. 4.6. Instrument virtual de analiză

Instrumentul de măsurare în infraroșu cu scanare liniară în mai multe puncte (fig. 4.7), poate determina și forma profile grafice ale temperaturii. Acest sistem poate fi asociat/comutat la un sistem de achiziții date, care poate asocia în timp real temperatura microasperităților de pe suprafața căii de rulare, conducând la măsurarea rugozității (echivalență puncte de temperatură cu valoare rugozitate) ei, în timp real.

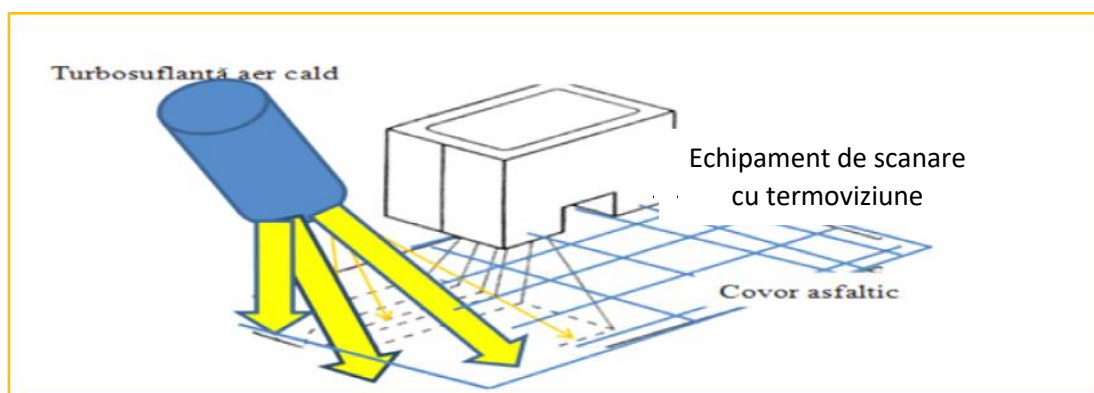


Fig. 4.7. Sistem de măsurare cu infraroșu

Dacă urmărim imaginile înregistrate prin scanare cu camera de termoviziune și analizăm contrastul/ raportul de contrast, care este reprezentat de raportul dintre porțiunile cele mai luminate și cele mai întunecate ce compun imaginile captate la cele două momente (inițial/ după o perioadă de utilizare), observăm că există tonuri de culoare diferite la recepția lucrării și tonuri apropiate după o perioadă de folosință a covorului asfaltic. Vizualizarea numărului de tonuri de culoare care pot fi identificate cu ochiul liber sau cu ajutorul scărilor de tonuri (trebuie să fie de cel mult 8).

Astfel, se identifică tonuri reduse de culoare în număr de 3, pe aproape întreaga suprafață scanată, concluzionând că avem de-a face cu o rugozitate scăzută, temperatura vârfulor microneregularităților fiind aproximativ egală cu cea a aerului transmis de turbosuflantă, punctele 1,2,3,4 (figura 4.10).

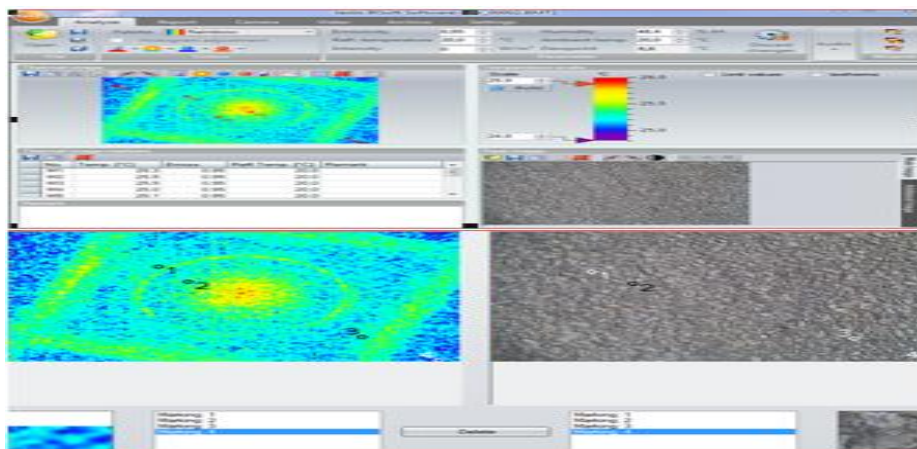


Fig. 4.9. Vizualizarea inițială a suprafeței asfaltice T_0

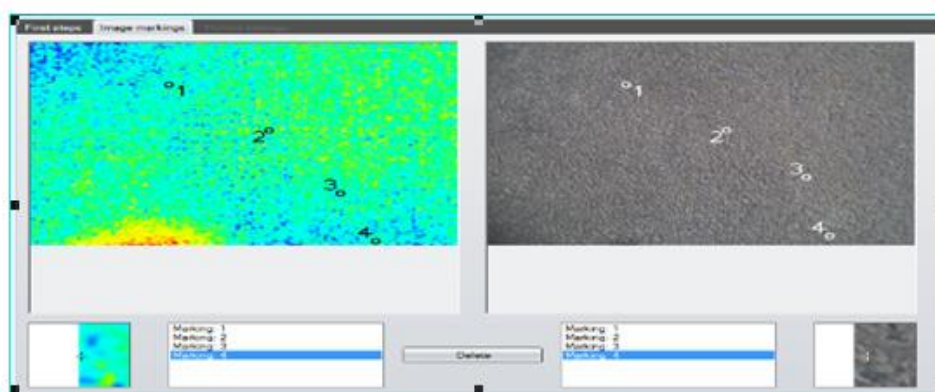


Fig. 4.10. Spectru de culoare a suprafeței asfaltice la T_1 (120 zile)

Din cele doua figuri 4.9 și 4.10, observăm că rugozitatea stratului de uzură scade în timp, proporțional cu deteriorarea particulelor de agregat de calitate slabă.

4.3. Conceperea unui sistem inteligent pentru monitorizarea greutateii

Minimizarea riscurilor rutiere constituie în prezent un domeniu vast pentru cercetare, fiind abordat permanent de autoritățile de profil. O problemă majoră cu care se confruntă în prezent autoritatea rutieră, influențând în mod necorespunzător siguranța rutieră, o reprezintă eforturile permanente pentru a menține infrastructura rutieră în stare optimă, chiar atunci când sunt depistate în trafic autovehicule cu încărcături peste valoarea declarată a greutateii tranzitate. Analizarea și menținerea sub control a degradărilor formate în suprafața asfaltică datorate depășirii greutateii maxime a greutateii declarate a unui autovehicul, trebuie înregistrate pentru a evidenția influența în timp asupra stratului de uzură.

La autovehicule sistemul de rulare asigură contactul cu calea de rulare, preia forțele și acționează asupra mijlocului de transport, generând deplasarea. Legătura între mișcarea preluată de la motor și transmisă la sistemul de rulare este reliefat în figura 4.13.

Momentul de torsiune dezvoltat de motorul unui autovehicul se menține și se transferă cu ajutorul transmisiei mecanice longitudinale la roțile motrice (momentul la roată), cum este reprezentat în figura 4.14.

$$M_R = M \cdot i_{tr} \cdot \eta_{tr} \quad (4.5)$$

unde:

- M_R , momentul transmis la roata
- M , momentul efectiv
- i_{tr} , raport de transmitere al transmisiei autovehiculului
- η_{tr} , randamentul transmisiei.

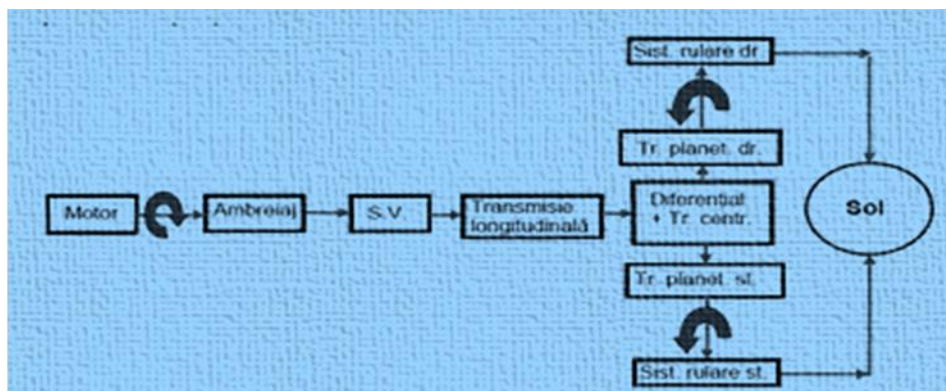


Fig. 4.13. Transferul mișcării de la motor la sistemul de rulare

Se iau în considerare forțele care acționează asupra roților motoare (nedeformabile), iar calea de rulare (drumul) este rigidă (fig. 4.14).

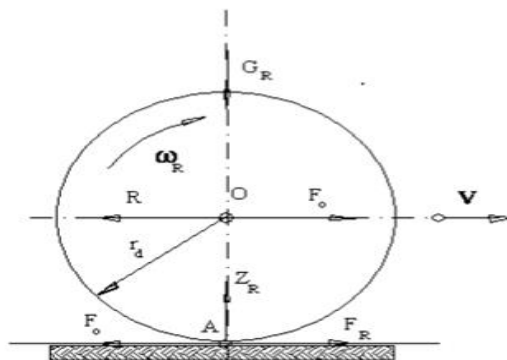


Fig. 4.14. Forțele care acționează asupra roții motoare

Momentul M_R transmis la roată prin cuplul de forțe (F_o , F_o) are brațul egal cu raza roții motoare (r_d). La contactul dintre calea de rulare și roată (punctul A), apare forța de reacțiune F_R , respectiv forța la roată [132].

La autovehiculele cu motorul cu ardere internă, elementele importante în controlul motorului sunt: viteza de rotație a arborelui cotit și viteza autovehiculului.

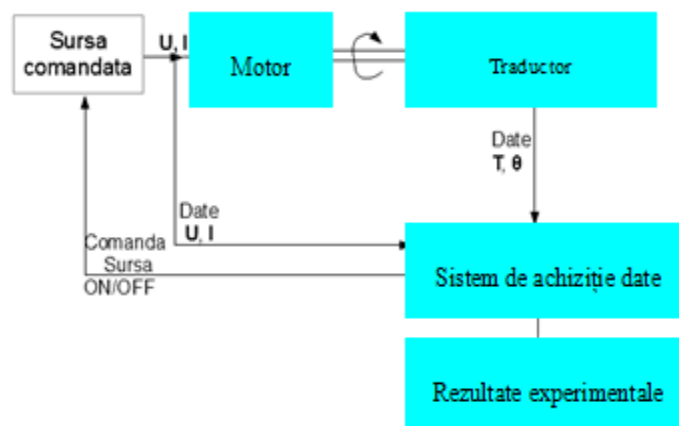


Fig. 4.17. Sistemul de măsurare experimental

Rotația motorului, la majoritatea autovehiculelor, se încadrează în gama 900....8000 rpm. Astfel rezoluția de măsurare necesară este de circa 10 rpm pentru a obține o acuratețe de circa 0,2 %. În acest context gama tipică a vitezei autovehiculului se încadrează între 0 și 100 km/h. Trebuie menționat că putem reduce automat viteza autovehiculului în condiții de siguranță pe anumite tronsoane de drum, unde este interzisă depășirea.

Astfel, putem determina momentul arborelui cotit cu ajutorul unor traductori magnetici. Se folosesc de regulă magneți inel cu 4 - 20 poli, funcție de rezoluție.

4.4. Monitorizarea suprafețelor mari utilizând hărțile digitale

Pentru întocmirea hărților digitale se folosește în prezent *Sistemul Hawkeye 2000*, care are două părți distincte, respectiv:

- a) un pachet de achiziții de date alcătuit dintr-o colecție de dispozitive hardware modulare și module software montate pe un vehicul de prospectare;
- b) un Processing Toolkit și Data Viewer care facilitează vizualizarea, gestionarea, interacțiunea și raportarea datelor numeroase colectate de vehiculul de prospectare. Rețineți că pachetul de procesare este utilizat și pentru procesarea datelor din alte sisteme ARRB și nu este dedicat doar pentru sistemul Hawkeye 2000.

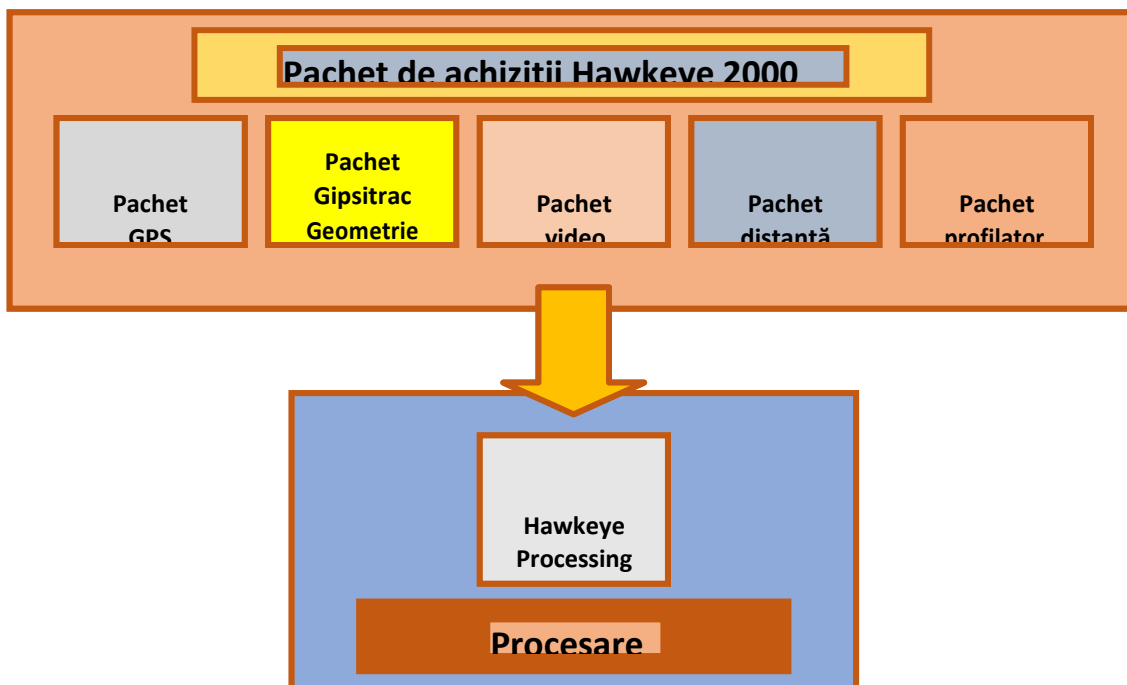


Fig. 4.19. Sistem de achiziții date



Fig. 4.22. Reprezentarea traseului în coordonate GPS în softwar-ul Processing

4.5. Concluzii

Trecerea de la măsurarea rugozității suprafețelor mici (piese componente echipamente) la măsurarea rugozității suprafețelor mari (la căile de rulare) reprezintă o necesitate în vederea

aprecierii calității produsului (cazul pieselor) sau o nevoie de siguranță în transport. Calitatea suprafețelor mari, asigură informațiile necesare monitorizării și digitalizării hărții rutiere, făcând posibilă o anticipare a degradărilor, dar și o bugetare anticipată, zonală. În prezent sunt folosite sisteme complexe de monitorizare. Sistemele cercetate și dezvoltate în urma lucrărilor de cercetare sunt simple, dar asigură o precizie suficientă, conform normativelor naționale

Astfel, sistemul GIS reprezintă una dintre tehnologiile noi informatice care au putut transforma profund modul în care drumarii își realizează lucrările de mentenanță anticipativă, pentru eliminarea riscurilor rutiere.

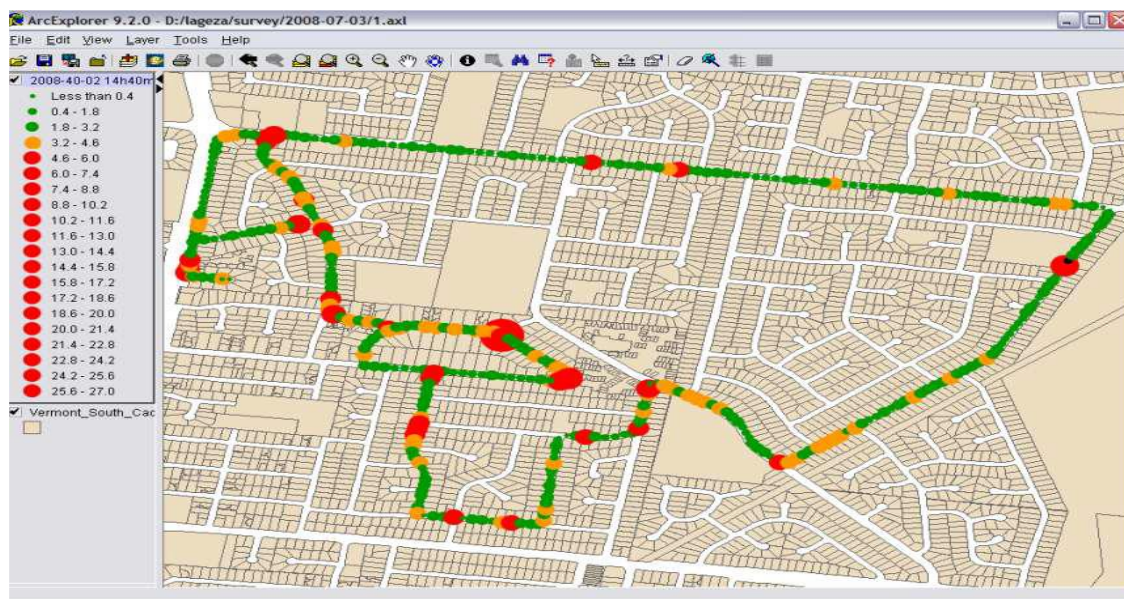


Fig. 4.29. Rugozitate afișată în GIS

Sistemul GIS folosit dezvoltat în prezent este foarte eficient în luarea deciziilor în domeniul mentenanței căilor de rulare. Procesul informatic prin care datele sunt reținute și analizate în cadrul sistemului GIS trebuie să evidențieze modul în care informațiile vor fi folosite pentru cercetare sau pentru o operație ce are la bază necesitatea unei decizii.

Cele două lucrări de cercetare leagă și îmbunătățesc datele înscrise în harta digitală conducând la decizii corespunzătoare. Sistemul poate fi programat ca, la atingerea limitelor superioare a unor parametri înscrși, să comunice cu operatorul de mentenanță aflat în teren pentru informare și decizie.

CAPITOLUL 5

**CONTRIBUȚII PRIVIND CONCEPEREA UNUI ECHIPAMENT
CU ELEMENT ROTATIV PENTRU SIGILAREA FISURILOR ÎN
ACTIVITĂȚILE DE MENTENANȚĂ CORECTIVĂ**

5.1. Mentenanța corectivă a căilor rutiere

În industrie sunt des folosite două procese tehnologice respectiv: depunerea prin frecare cu o bară rotitoare din material consumabil pe semifabricat (engl.- friction surfacing) și sudarea prin frecare cu element activ rotitor a două semifabricate (engl. - friction stir welding).

În esență aceste metode au la bază același principiu, rotirea unei bare/electrod și generarea prin frecare a unei temperaturi necesare depunerii de material/sudării a două materiale. În primul caz (al depunerii) se observă că, energia termică concentrată dezvoltată în zona de contact, dintre electrod/bară rotitoare și semifabricat conduce la generarea unui strat de material plasticizat, care aderă la suprafața semifabricatului în condițiile în care avem o mișcare de avans, realizată pe o direcție perpendiculară. Pe măsura consumării, bara electrodul/ bara consumabilă este avansată axial pentru realizarea procesului de depunere [14]. În cazul al doilea (al sudării) îmbinarea între cele două semifabricate este bazat pe căldura realizată de frecare și deformare plastică generată prin intermediul unei scule (element activ rotitor), care desfășoară o mișcare de rotație în jurul axei sale, pătrunde transversal în piesele de îmbinat realizând o mișcare de translație pe direcția de îmbinare (fig. 5.1). Astfel, materialul plasticizat este transferat în spatele elementului rotativ, realizând îmbinarea sudată [3].

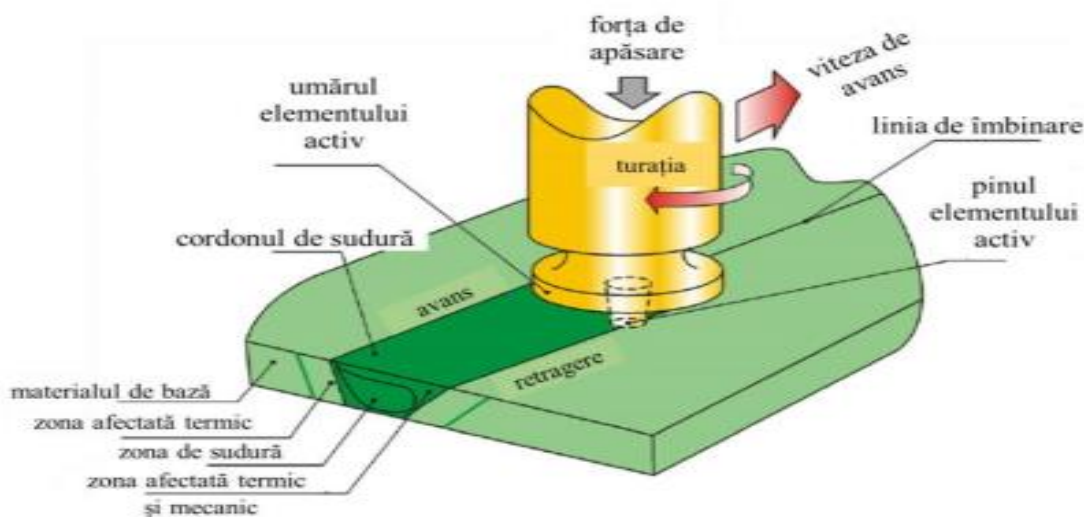


Figura 5.1. Principiul procedurii de sudare cu electrod rotativ [50]

5.2. Conceperea unui echipament pentru sigilarea fisurilor

Selectarea unei metode de etanșare a fisurilor depinde în general de patru variabile:

- caracteristicile fisurii care au în vedere tipul de fisură (activă/non activă);
- necesitatea sau nu a realizării unui rost în lungul fisurii;
- denivelările induse părții carosabile după realizarea colmatării;
- cantitatea de material necesară sigilării caracterizată de mărimea deschiderii fisurii.

Metodele de colmatare sunt grupate în patru categorii:

1. colmatarea simplă fără intervenții mecanice la nivelul fisurii;
2. colmatarea cu realizarea mecanică a unui rost în lungul fisurii;
3. colmatarea cu prevederea la nivelul părții carosabile de material în exces pentru o mai bună protecție a sigilării fisurii;
4. combinație între metodele 2 și 3.

Colmatare simplă fără intervenții mecanice la nivelul fisurii

Materialul este pur și simplu forțat să intre într-o fisură existentă și, odată umplută, fisura este nivelată pentru a nu se induce denivelări la partea carosabilă (fig. 5.7). În general, această metodologie este utilizată înainte aplicării unui tratament de suprafață.

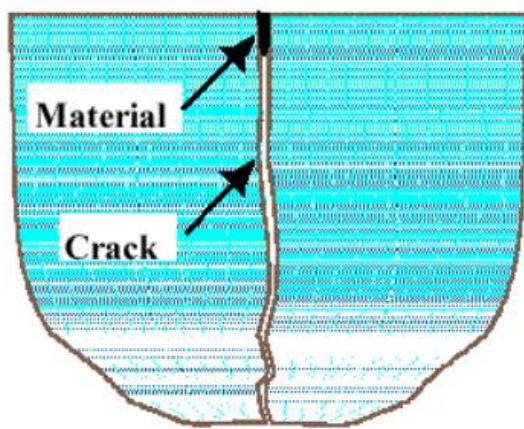


Fig. 5.7. Colmatare simplă

Colmatare cu realizarea mecanică a unui rost în lungul fisurii

Această metodă are specific prelucrarea mecanică a fisurilor prin realizarea unui rost. Fisura este tăiată și dirijată formându-se un rost care va fi umplut cu material de etanșare (fig. 5.8). **Johnson și colab. (2000)** precizează că direcționarea fisurilor transversale a îmbunătățit performanța etanșării pe când dirijarea fisurilor longitudinale nu a fost necesară.

Colmatare cu prevederea la nivelul părții carosabile de material în exces pentru o mai bună protecție a sigilării fisurii

Materialul este pur și simplu forțat să intre într-o fisură existentă. Dacă materialul în exces este modelat sub formă de bandă, utilizând o racletă, această metodă mai poartă numele de Band – Aid.

Pentru colmatarea crăpăturilor/fisurilor care au o deschidere mai mare de 8 mm tehnologia este următoarea:

- se utilizează scule specifice, ușor rudimentare (daltă , târnăcop, ciocan etc.) , realizându-se o fantă în lungul crăpăturii;
- în vederea realizării unei sigilări eficiente se curăță fisura/crăpătura cu scule specifice (perie, compresor etc.);
- după curățare se aplică o amorsă bituminoasă cu emulsie;
- se aplică mixtură asfaltică în zona curățată după care urmează compactarea.



Fig. 5.11. Curățarea fisurilor



Fig. 5.12. Colmatare fisuri

În prezent, în România este folosit de CNAIR echipamentul pentru colmatarea rosturilor HYDROG ZSK500 cu rezervor vertical de 500 litri. Echipamentul este utilizat pentru etanșarea rosturilor, reparația crăpăturilor, etanșarea elementelor de margine ale drumurilor, figura 5.13.



Fig. 5.13. Echipament HYDROG ZSK500 (CNAIR) [89]

5.3. Aranjamentul experimental

Lucrările de mentenanță la nivelul fisurilor și crăpăturilor au avut la baza analiza comparativa între abordări, plecând de la momentul optim din timpul anului și raportul cost beneficiu, versus abordarea națională.

5.3.1. Descrierea metodei de sigilare cu element rotativ

Metoda propusă are la bază rotirea unei bare de bitum (cu pulbere de cauciuc și granule de plastic) consumabilă, presată pe suprafața de reparat pentru realizarea depunerii unui strat de material în fisură, realizând sigilarea (stoparea pătrunderii apei). Se analizează energia termică concentrată, dezvoltată în zona de contact care conduce la generarea unui strat de material care acoperă fisura, în condițiile existenței unei mișcări de avans realizată după o direcție perpendiculară pe axa barei de material consumabil.

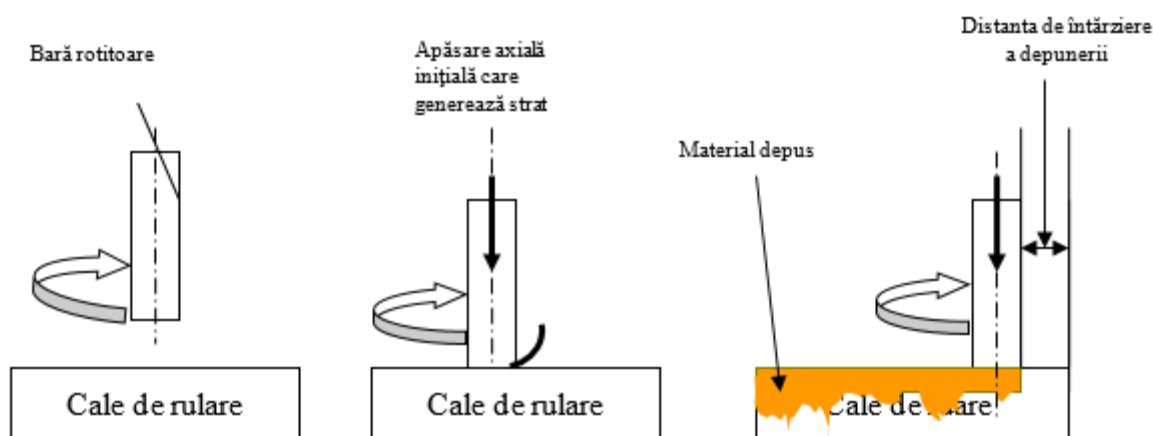


Fig. 5.14. Sigilarea prin frecare

Bara rotitoare este deplasată axial pe măsura consumării ei, pentru realizarea procesului de depunere și sigilare (fig. 5.14). În urma măsurătorilor efectuate stratul depus are o lățime de circa 0,8 din diametrul barei de bitum. Urmare a atingerii unei temperaturi controlate la suprafața de impact, materialul ajungând în stare vâscoasă și penetrând în fisură pe o adâncime care depinde de temperatura stratului suport [4].

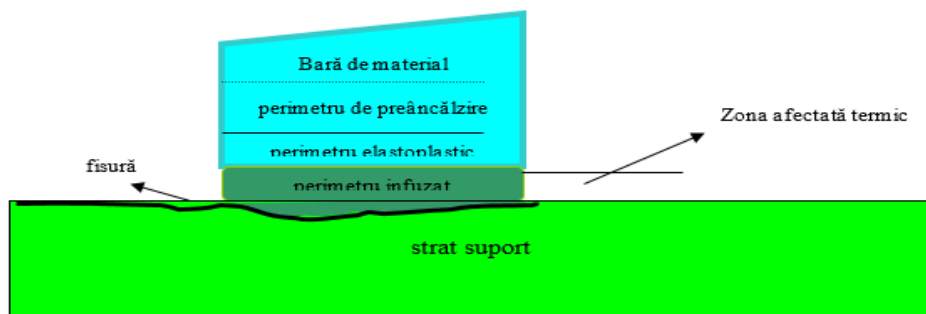


Fig. 5.15. Parametri sigilării fisurilor prin frecare

Lucrul mecanic de frecare se transformă în căldură care se transmite, pe de o parte, elementului rotativ și determină trecerea unei cantități de material din stare solidă în stare vâscoasă (80°C până la 120°C la nivelul suprafeței de contact), iar pe de altă parte, se transmite căii de rulare. Cu cât temperatura stratului suport este mai mare de 5°C cu atât adâncimea de penetrare crește peste valori de 7mm. În cazul temperaturilor mai mari de 20°C a stratului de uzură, bitumul pătrunde până la 15 mm. La temperaturi de peste 40°C a stratului de uzură trebuie mărit avansul barei de bitum pentru ca timpul de contact să scadă pentru a se obține o adâncime constantă de penetrare a bitumului în fisură.

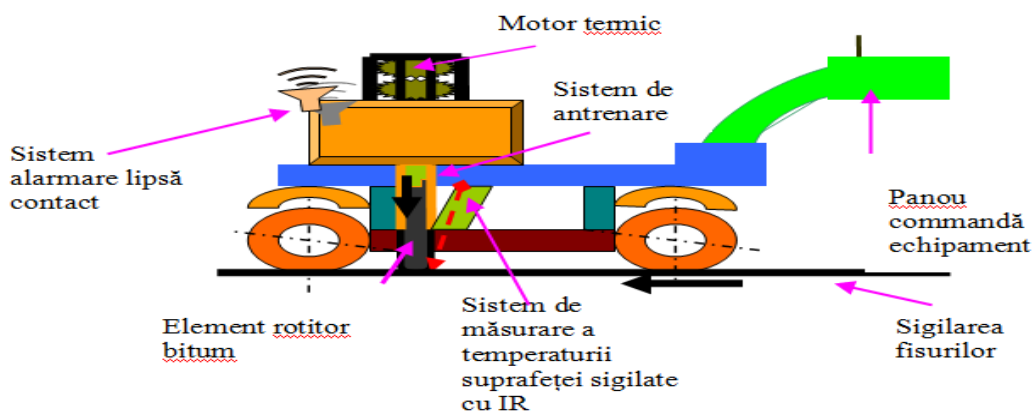


Fig. 5.17. Echipament sigilare fisuri cu element rotativ din bitum

Sistemul de măsurare a temperaturii, corelat cu avansul axial al elementului rotativ și cu turația, permit sigilarea eficientă a fisurilor, prin depunerea unei cantități de material suficient pentru pătrunderea în fisură și formarea unui strat cu înălțime mai mare cu 3 - 4

mm, decât a căii de rulare, figura 5.18. Surplusul de material poate fi îndepărtat ușor cu un dispozitiv independent de echipament.

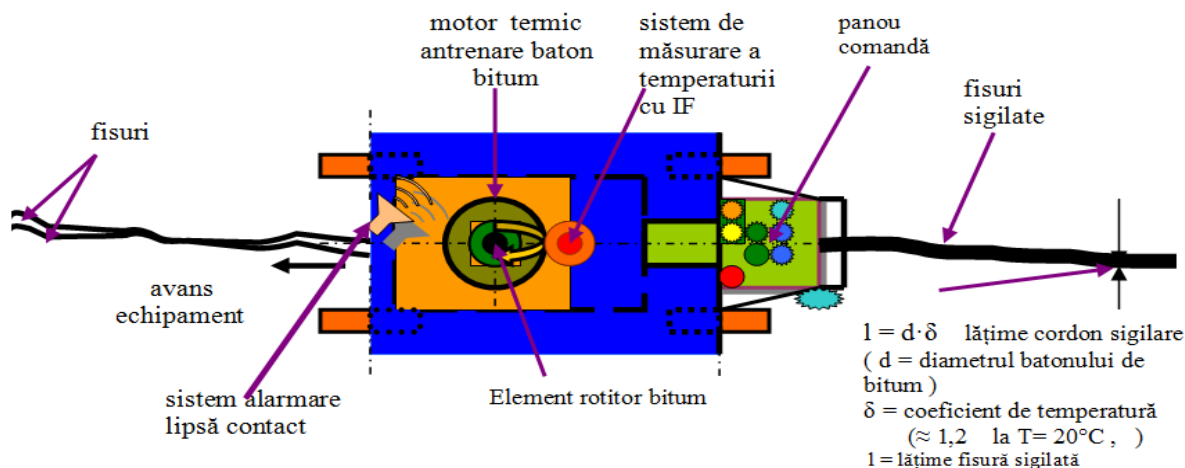


Fig. 5.18. Echipament sigilare fisuri (vedere de sus)

Schema cinematică a echipamentului experimental, propus pentru realizarea operații de sigilare a fisurii din stratul de uzură al căii de rulare este prezentată în figura 5.19.

Schema cinematică este formată din lanțul cinematic, motor, ambreiaj, ax transmitere mișcare, sistem de antrenare și batonul de bitum. Echipamentul are în componență un sistem vertical de avans care realizează presarea batonului de bitum pe suprafața fisurii, iar prin topire lui se realizează sigilarea (depunerea de material).

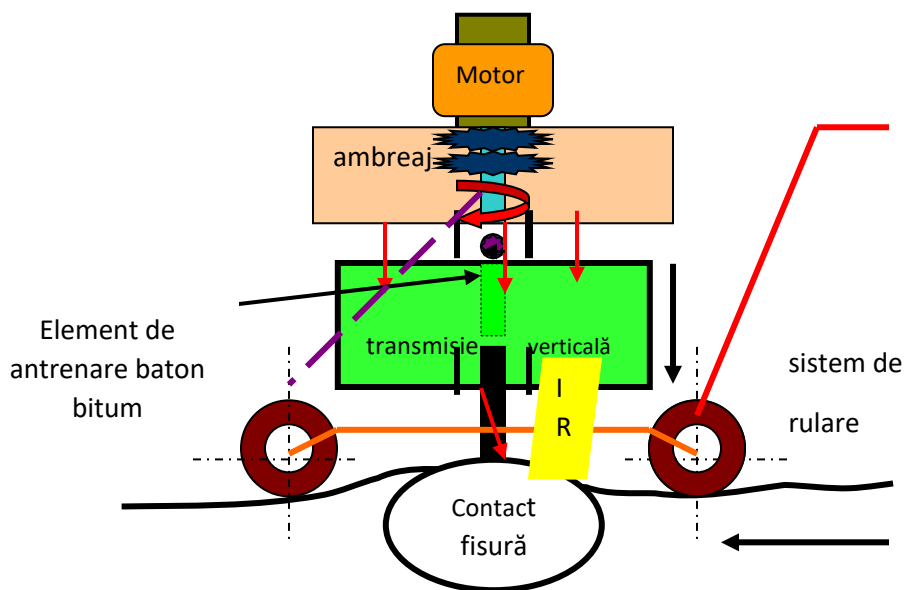


Fig. 5.19. Schema cinematică a echipamentului

Avansul este corelat cu senzorul de temperatură cu IR. Deplasarea pe lungimea fisurii se poate face manual sau automat prin cuplarea mecanismului de acționare la roata echipamentului.

5.4.3. Principalele funcții de proces pentru sigilarea în mediu uscat

Dacă se notează cu A_i parametri tehnologici de intrare sau variabilele independente, cu B_j parametri de proces sau variabilele semidependente și C_k factorii de ieșire. Influența variabilelor independente și semidependente asupra variabilelor dependente are forma generală:

$$C_k = f_i(A_i, B_j) \quad (5.5)$$

$$C_k = R_{af} = f(R_{ai}, HRC, Pl, Lc). \quad (5.6)$$

Cu ajutorul acestor parametri putem stabili matematic sigilarea fisurilor, prin depunere a bitumului rezultat în urma procesului de frecare de calea de rulare.

Pașii acestui program prezentat, numit „Program experimental de sigilare”, simbol „Pexp. sigilare”, cuprinde 90 de experiențe, structurate în 4 nivele complete, fiecare cu 10 încercări (P1.....P4) (fig. 5.23, 5.24, 5.25, 5.26).



Fig. 5.23. Fisură sigilată

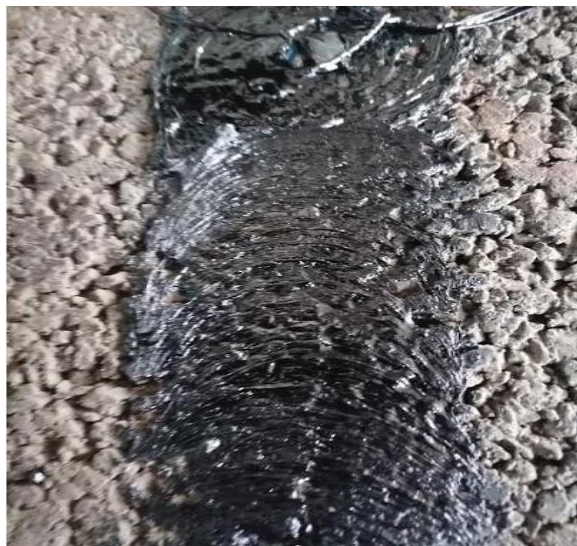


Fig. 5.24. Cordon sigilare

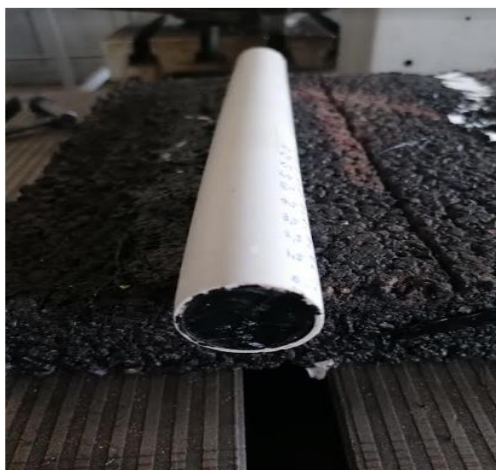


Fig. 5.26. Scula de sigilare

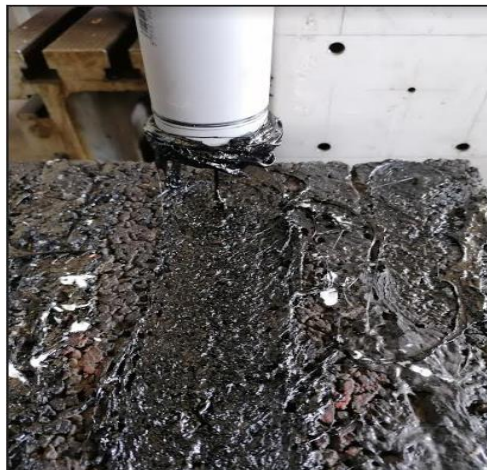
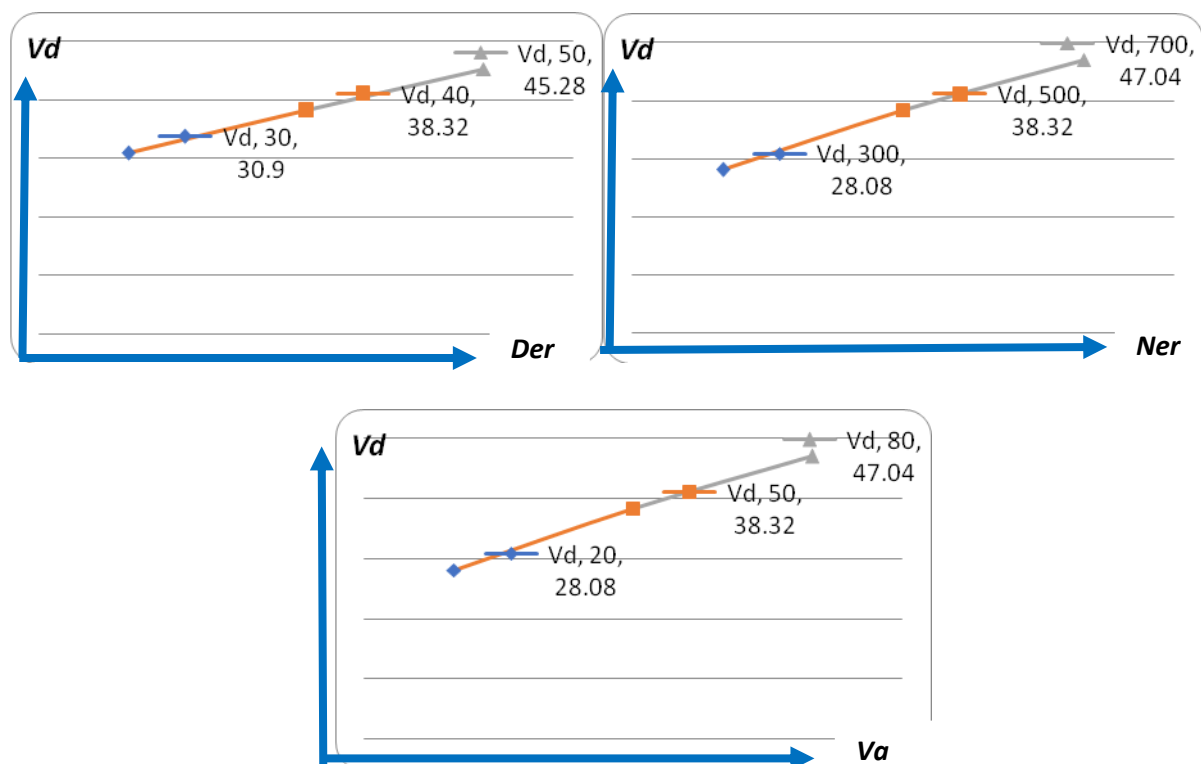


Fig. 5.27. Rugozitatea după etanșarea fisurilor

5.5.5.2. Influența unor factori asupra funcției volumul de material depus, V_d

Graficele de variație a volumului de material depus, V_d în funcție de cei trei parametri:

$$V_d = f(D_{er}, N_{er}, V_a) . \quad (5.16)$$


 Fig. 5.30. Grafice de variație a volumului de material în funcție de Dr , N și Va

Graficele sunt prezentate în figura 5.30. Studiind graficele constatăm că volumul de material depus, V_d are tendință crescătoare pe intervalele de variație a Der , Ner și Va .

5.7 Concluzii

Am plecat de la două procedee utilizate în industrie respectiv acoperirile metalice și sudarea prin frecare cu electrod rotativ, reușind în urma cercetării realizate în prezenta lucrare, să transfer cunoștințele și spețele analizate în acest nou proces tehnologic care poate fi folosit în construcții, la mentenanța corectivă a stratului de uzură a căilor rutiere.

Evaluarea matematică a parametrilor și experimentele realizate au scos în evidență eficiența metodei, a cercetării, iar rezultatele transmise de laboratorul CESTRIN (analizare bitumului depus) a evidențiat că după sigilarea fisurii (fig. 5.31), bitumul depus nu pierde proprietățile, urmare a trecerii din stare solidă în stare plastică (tabelul 5.10).



Fig. 5.31. Sigilare fisură în calea de rulare

Față de metodele actuale costisitoare, cu necesar de forță de muncă calificată, tehnologia și echipamentul dezvoltat în perioada de elaborare a tezei permite dezvoltarea unui nou concept tehnic *sigilarea fisurilor* din calea de rulare, folosind o metodă nouă pentru mentenanța căilor rutiere. Acest concept, prezintă avantajul costurilor reduse semnificativ, iar forța de muncă are o calificare minimă.

Conceptul nou, dezvoltat în lucrarea de cercetare, bazat pe o tehnologie folosită în prelucrarea materialelor metalice, constituie un instrument eficient pentru mărirea duratei de funcționare a cailor rutiere naționale, diminuarea cheltuielilor materiale și cu forța de muncă, precum și un impact foarte bun asupra mediului, tehnologia fiind prietenoasă cu mediul.

CAPITOLUL 6

CONCLUZII FINALE ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE

6.1. Concluzii generale

Stabilirea momentului deciziei de mentenanță, permite menținerea în parametrii acceptați de normative tehnice în vigoare, a factorilor care determină degradarea căii de rulare. Cercetările efectuate în cadrul tezei au condus la realizarea unei tehnologii noi, a unui prototip de echipament care să realizeze sigilarea fisurilor existente în calea de rulare mult mai simplu.

Ideea acestei cercetări a plecat de la analizarea procesului de sudare și acoperire prin frecare cu electrod rotativ (aplicate in industrie), reușind în urma încercărilor experimentale realizate la UPB și SC CESTRIN SA, sa realizez un prototip de echipament și un electrod din bitum cu adaus de pulbere de plastic și cauciuc, care să aducă o noutate pe plan tehnic în domeniul construcțiilor (mentenanței corective). Experimentările acestui procedeu a pus în evidență eficiența tehnologiei.

Cercetările realizate au continuat firul preocupărilor din perioada doctorală, având în vedere dinamica dezvoltării soluțiilor tehnice pe plan internațional.

Lucrările de cercetare și tehnologiile propuse în lucrarea doctorală permit o rezolvare imediată a unor probleme (degradări) existente în stratul de uzură al căii de rulare. Principiul de funcționare al echipamentelor dezvoltate în urma cercetării sunt ușor de utilizat, nu necesită forță de muncă cu calificare înaltă/specială., au costuri de mentenanță reduse. Informațiile preluate în urma aplicării proceselor tehnologice permit stabilirea unor abordări viitoare , dacă sunt înscrise într-un sistem digital de gestionare (hărți digitale).

6.2. Contribuții personale

La elaborarea tezei de doctorat au fost aduse o serie de contribuțiile personale, originale, care pot fi rezumate, astfel:

a) contribuții teoretice:

- conceperea unui instrument pentru determinarea coeficienților modelului folosind un program de experimentare factorial, în care variabilele iau un număr limitat de valori sau nivele. În cazul programelor factoriale cu două nivele, frecvent utilizate pentru modele de ordinul 1, numărul de experiențe este de 2^k , în care k este numărul variabilelor independente. Programul factorial întreg pe baza căruia se estimează coeficienții și exponenții conțin 8 experiențe. Pentru realizarea experiențelor s-a folosit programul factorial fracționat de tipul P1.1 cu $2^{3-1} = 4$ experiențe și 2 experiențe replicate în centrul experimentului;
- cercetarea sistemică a procesului de sigilare prin metoda depunerii cu element rotativ;
- cercetări privind influența unor factori asupra temperaturii medii de la suprafața de contact T_c și a volumului de material depus V_d ;

- analizarea sistemelor cu suprafețe mari și stabilirea caracteristicilor care necesită monitorizare și care constituie factori decisivi pentru mentenanța predictivă, preventivă sau corectivă;
- elaborarea metodologiei de evaluare a parametrilor funcționali și a stării tehnice a sistemelor cu suprafețe mari;
- implementarea hărților digitale, baza strategiei de mentenanță preventivă;
- introducerea unui nou concept, respectiv - *Mentenanța preventivă și predictivă a structurilor rutiere*, mentenanța care să permită prognozarea/anticiparea realizării unor lucrări de mentenanță corectivă, urmare a înregistrării volumului de marfă transportat în unitatea de timp pe kilometru parcurs și monitorizării numărului de șocuri pe care le are un autovehicul la fiecare 1.000 m parcurși.

b) contribuții experimentale:

- conceperea, cercetarea și realizarea unei tehnologii performante de sigilare a fisurilor din calea de rulare, care reprezintă o tehnologie diferită de cea actuală, fiind simplă, ieftină, implicând forță de muncă cu calificare scăzută, dar având un randament și productivitate mari;
- introducerea unei noi metode de sigilare a fisurilor, metoda care combină cele două metode existente astăzi, colmatare la cald și la rece, optimizând atât costurile cât și calitatea lucrărilor de colmatare/sigilare executate;
- implementarea unei tehnologii noi, moderne de experimentare a procesului de sigilare a fisurilor din calea de rulare, prin utilizarea unui echipament experimental nou, cu performanțe ridicate, care poate fi folosit de personal cu calificare redusă;
- estimarea greutateii unui autovehicul prin monitorizarea cuplului dinamic al unui motor termic (lucrare publicată). Rezultatele cercetării realizate pune la dispoziția constructorilor de autovehicule date necesare dezvoltării unui sistem inteligent pentru monitorizarea greutateii permanent, cu costuri reduse, fără implicarea conducătorului de autovehicul, cu posibilități monitorizare continuă prin GPS a greutateii, staționării, încărcării/descărcării greutateii, aducând însă beneficii autorității rutiere și sistemului de transport în general, prin monitorizarea permanentă a greutateii la ieșirea în trafic;
- realizarea unui studiu științific axat pe analiza rugozității suprafeței asfaltice a stratului de uzură, folosind instrumentația actuală existentă pe piața de profil, respectiv o cameră de termoviziune pentru care am găsit întrebuințări noi. Utilizarea acestui studiu științific va permite verificarea rugozității căii de rulare, având costuri minime în utilizare, forța de muncă necesară este mediu calificată, conducând la benefice pe termen lung pentru asigurarea mentenanței unui suprafețe asfaltice cu grad ridicat de risc (lucrare publicată și în curs de experimentare principiu de lucru la CESTRIN SA);
- introducerea conceptului privind momentul optim de intervenție cu lucrări de colmatare la nivelul reglementarilor tehnice naționale în vigoare, în vederea obținerii unor efecte maxime sub raport cost-beneficiu;

- diseminarea rezultatelor cercetărilor teoretice și experimentale prin publicare unui număr de 5 de lucrări științifice din domeniul tematicii tezei de doctorat, prezentarea a unei lucrări la conferința științifică națională ICMAS 2018, în cadrul Universității Politehnica București.

6.3. Direcții ulterioare de cercetare

Având în vedere tehnologia actuală care pune la dispoziția transportatorilor cât și a celor care gestionează infrastructura de rutieră, a diverselor programe, am în vedere o interconectare permanentă, ținând cont că în viitor autovehiculele vor fi autonome (automatizate și inteligente, nu mai depind de factorul uman), iar rularea în siguranță va depinde de informațiile preluate din covorul asfaltic și semnalele de ghidare transmise permanent de panourile inteligente. În acest fel reducerea costurilor de transport va fi corelată cu micșorarea riscului în rulare și menținerea pentru o perioadă bine definită a caracteristicilor infrastructurii rutiere.

Voi studia în următoarea perioadă evoluția unor programe dezvoltate de transportatori și firmele de producție, pentru a le integra cu potențialul de dezvoltare al senzorilor din infrastructura rutieră, astfel:

- comunicarea în timp real între autovehicule și integrarea cu informațiile transmise de infrastructura rutieră (fig. 6.1).

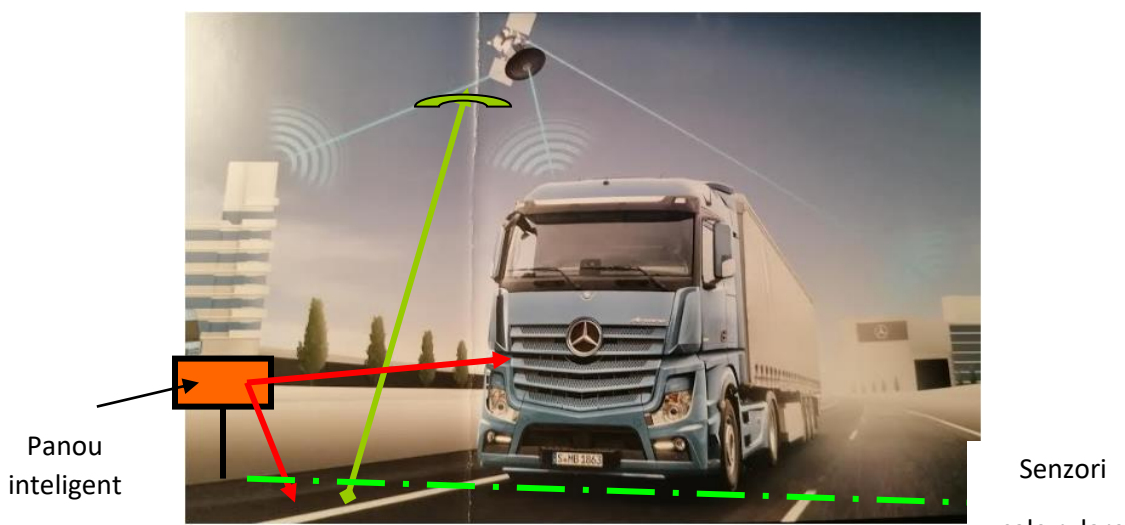


Fig. 6.1. Sisteme de comunicare

- autodiagnosticarea în timp real al autovehiculului și refacerea mobilității respectiv armonizarea vitezei de deplasare cu informațiile transmise de panourile inteligente montate de-a lungul infrastructurii rutiere și comunicării cu senzorică montată pe mijlocul de transport, iar forța rezultată în urma frânării a fi utilizată pentru încărcarea

bateriilor de la autovehicul sau va fi cedată unui echipament de colectare a energiei instalat la marginea căii de rulare, figura 6.2;

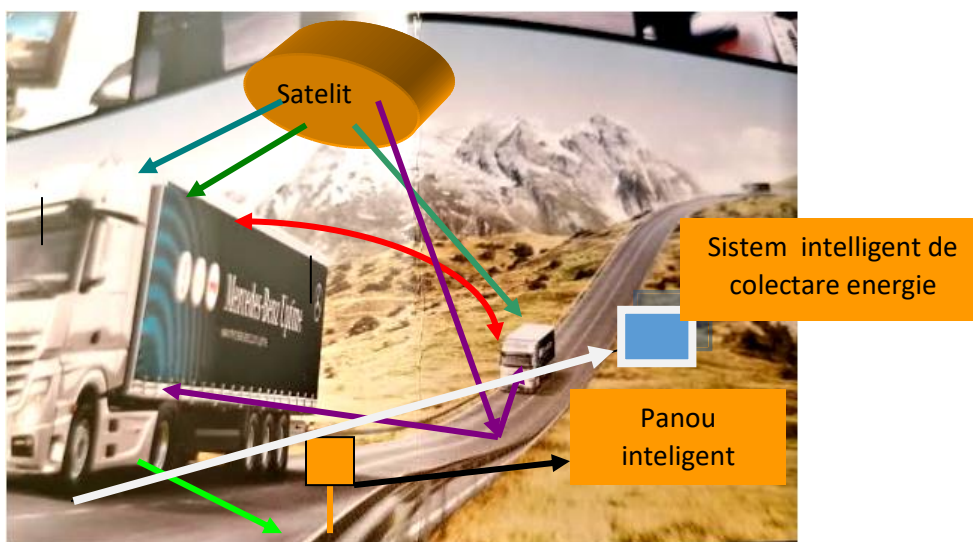


Fig. 6.2. Legătura dintre autovehicul și calea de rulare

- diagnosticarea de la distanță a problemelor tehnice ale autovehiculelor care folosesc sistemul rutier, urmare a datelor primite de la panourile inteligente și senzoriala drumului (fig. 6.3);

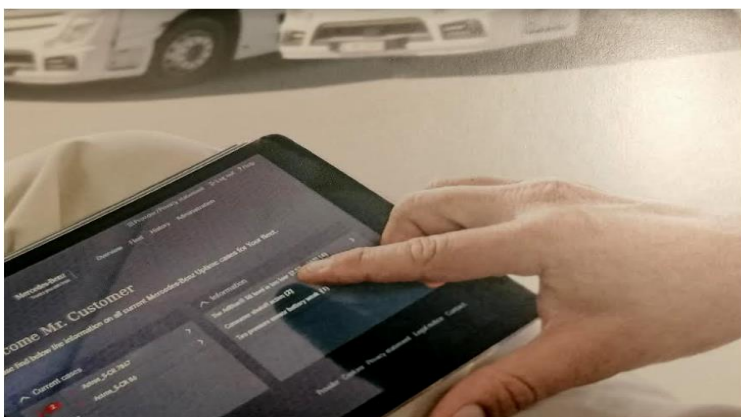


Fig. 6.3. Diagnosticarea de la distanță a problemelor tehnice ale autovehiculelor

În viitor, se poate pune la dispoziția autovehiculelor inteligente, informații în timp real despre aspectul și construcția drumurilor, despre comportarea structurală și geotehnică, despre sistemele de drenaj, semnalizare, putând fi combinate cu modele de comportare și fluxurile de trafic prevăzute, cu planurile de gestionare a incidentelor, iar în etapa operațională de transport, cu fluxurile în timp real privind intensitatea traficului.

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

- [1] A.Ali, C Rodopoulos, M. Brown, S. Gardiner, Characterization of 2024-T351 friction stir welding joints, j. Of Failure Analysis and Prevention 6 (2006) pp 83-96;
- [2] Agreement Tehnic 004-07/1253-2010, FORTA FI HMA - fibre din polipropilenă pentru mixturi asfaltice;
- [3] Alberta Transportation and Utilities. Failures Definition. Handbook, Crack Sealing; Hot and Cold Pour Emulsion (Code 1680);
- [4] Andrei, R. (2003). Metode moderne pentru gestionarea și administrarea rețelei rutiere Iași: Editura Societății Academice Matei-Teiu Botez.
- [5] Andreica, M.; Stoica, M.; Luban, F. Metode cantitative in management. București: Editura Economică, 1998;
-
- [8] Baze de date GIS din cadrul CESTRIN
- [9] Beuran, M. Proiectarea și construcția drumurilor, Institutul Politehnic Cluj,1977;
- [10] Bercea, I., Olaru, D.,N., Tribologia sistemelor mecanice, Universitatea tehnică "Gh. Asachi" Iași, 1998;
- [11] Boicu, M. s.a., Autostrăzi, Editura tehnică, București 1981;
- [12] Botez I., Botez A. Welding by Friction against a Rotary Active Element. AGEPI, INFO, 2009, nr.3;
- [13] Bratu, P., Mecanică teoretică, Ed. Impuls, București, 2006;
- [14] Bratu, P., Sisteme elastice de rezemare pentru mașini și utilaje, Editura Tehnică, București, 1990;
- [15] Burnos, P. & Rys, D., 2017. The Effect of Flexible Pavement Mechanics on the Accuracy of Axle Load Sensors in Vehicle Weighin-Motion Systems. *Sensors*,17(9)(2053), pp. 1-8;
-
- [20] A.Corabieru, S.Velicu, P.Corabieru, **S.Ionita**, Research on the optimization of the manufacturing technology of the metal parts heat treated in liquid and solid phase, Proceedings in manufactur ing. Systems, vol.8, Issue 3, 2018, pp. 109-114;
- [21] Communication of the Commission to the EUROPEAN PARLIAMENT, the Council, The European Social and Economic Committee and the Committee of the Regions – An European Strategy for Plastics in a Circular Economy - Strasbourg 16.01.2018;
- [22] Constantinescu I. V., “Tehnologii performante și echipamente pentru realizarea structurilor rutiere” – Editura Impuls București , 2001;
- [48] **Ionita, S.**, C.Hagiescu, S.Velicu, I.Paunescu, Measurement of the micro-asperities of the asphalt carpet flat surface by means of virtual, International Journal of Modeling and Optimization, vol.9,nr.5, October 2019;
- [49] **Ionita,S.**, C. Hagiescu, B. Iovu, S.Velicu, P.Paunescu, Measuring the weight of a vehicle by monitoring the dynamic torque of a heat engine, Reasearch and development in field of vecihles and transport, 05-07 septembrie 2019, IRMES 9th International Scintific Conference, Kragujevac, pp. 246;
- [50] **Ionita, S.**, S. Velicu, Sealing the cracks in the wear layer of the road surface by friction against a rotary active element, International Journal of Modeling and Optimization, 2021;
- [139] Velicu S., I. Paunescu, **S. Ionita**, B.G. Iovu, Mentenanta Sistemelor Logistice, Indrumar de Laborator, Editura Bren, 2020;

