

MINISTERUL EDUCAȚIEI NAȚIONALE



---

**UNIVERSITATEA TEHNICĂ**  
DIN CLUJ-NAPOCA

**FACULTATEA DE CONSTRUCȚII**

*Ing. Nicolae Ciont*

# **TEZĂ DE DOCTORAT**

**CONTRIBUȚII LA REALIZAREA UNUI SISTEM DE  
MONITORIZARE A DRUMURILOR**

**Conducător științific,**

**Prof. dr. ing. Mihai Iliescu**

## CUPRINS

<b>CAP. 1 INTRODUCERE</b> .....	1
<b>1.1 Context</b> .....	1
<b>1.2 Obiective</b> .....	1
<b>1.3 Structură</b> .....	2
<b>CAP. 2 REȚEAUA DE DRUMURI DIN ROMÂNIA</b> .....	3
<b>2.1 Introducere</b> .....	3
<b>2.2 Situația drumurilor la nivel mondial</b> .....	4
<b>2.3 Situația drumurilor la nivel european</b> .....	5
2.3.1 Rețeaua de drumuri și autostrăzi.....	5
2.3.2 Rețeaua TEN-T .....	6
<b>2.4 Situația drumurilor în România</b> .....	8
2.4.1 Clasificare .....	8
2.4.2 Rețeaua de drumuri și autostrăzi.....	9
2.4.3 Rețeaua TEN-T .....	13
<b>2.5 Direcții de dezvoltare în România</b> .....	13
<b>2.6 Rolul ingineriei de trafic</b> .....	14
2.6.1 Studiile de trafic și caracteristicile sale.....	15
2.6.2 Evaluarea performanței.....	15
2.6.3 Proiectarea drumurilor și a elementelor funcționale adiționale .....	15
2.6.4 Controlul traficului .....	15
2.6.5 Operațiunile legate de trafic.....	15
2.6.6 Administrarea sistemelor de transport .....	16
2.6.7 Sistemele inteligente de transport .....	16
<b>CAP. 3 SISTEME DE MONITORIZARE A DRUMURILOR</b> .....	17
<b>3.1 Necesitatea realizării sistemelor de monitorizare a drumurilor</b> .....	17
<b>3.2 Subsisteme ITS</b> .....	18
<b>3.3 Sisteme de monitorizare cunoscute și utilizate</b> .....	19
3.3.1 Clasificare .....	19
3.3.1.1 Tuburi pneumatice .....	20
3.3.1.2 Senzori piezoelectrice .....	21
3.3.1.3 Bucle inductive .....	22
3.3.1.4 Detectoare cu infraroșu .....	23
3.3.1.5 Detectoare tip radar .....	23
3.3.1.6 Detectoare ultrasonice.....	24
3.3.1.7 Sisteme cu laser.....	25
3.3.1.8 Senzori magnetici.....	25
3.3.1.9 Supraveghere video .....	25
3.3.1.10 Senzori cu fibră optică .....	26

---

3.3.1.11 Alte sisteme de monitorizare.....	26
3.3.2 Utilizarea în cadrul Uniunii Europene .....	27
3.3.3 Sisteme utilizate în România .....	30
<b>3.4 Standarde și formate de codare a datelor .....</b>	<b>32</b>
3.4.1 TMC.....	32
3.4.1.1 Proiectul TraficOK.....	33
3.4.1.2 Proiectul TrafficGuide .....	33
3.4.2 TPEG .....	34
3.4.3 DATEX ȘI DATEX II .....	35
3.4.4 AGORA-C .....	37
3.4.5 OpenLR.....	37
3.4.6 Referențierea liniară.....	37
3.4.7 Situația curentă și dezvoltarea standardelor de date .....	38
<b>3.5 Sisteme de cântărire în mișcare (weigh-in-motion).....</b>	<b>38</b>
3.5.1 Generalități.....	38
3.5.1.1 Senzori piezoelectrics .....	39
3.5.1.2 Plăci de încovoiere .....	39
3.5.1.3 Celule hidraulice de încărcare.....	39
3.5.1.4 Senzori (covoare) de capacitate .....	40
3.5.1.5 Senzori cu fibră optică .....	40
3.5.1.6 Alte tipuri de senzori.....	40
3.5.2 Istoric. Studii incipiente .....	41
3.5.3 Funcționalitate și procesarea datelor.....	42
3.5.4 Standardizare. Proiecte internaționale. Evoluție.....	43
<b>3.6 Sistemul HS-WIM Hi-Trac® EMU .....</b>	<b>46</b>
3.6.1 Introducere .....	46
3.6.2 Configurarea sistemului.....	47
3.6.3 Principii operaționale.....	47
3.6.3.1 Cântărire în mișcare de înaltă precizie – configurație PLP .....	47
3.6.3.2 Numărare și clasificare vehicule, cu detectarea osiilor – configurație LPL .....	48
3.6.3.3 Numărare și clasificare vehicule, fără detectarea osiilor – configurație LL .....	48
3.6.3.4 Senzor piezoelectric de compensare neliniară în funcție de temperatură .....	48
3.6.4 Unitatea electronică Hi-Trac EMU .....	48
3.6.5 Senzorii piezoelectrics.....	49
3.6.6 Buclele inductive .....	49
3.6.7 Parametri tehnici de funcționare .....	49
3.6.7.1 Performanțe generale .....	49
3.6.7.2 Performanțe instalații WIM permanente.....	49
3.6.7.3 Performanțe instalații WIM temporare .....	50
3.6.7.4 Performanțe numărare și clasificare vehicule .....	50

---

3.6.7.5	Acuratețe clasificare vehicule .....	50
3.6.8	Capacitatea de înregistrare a sistemului Hi-Trac .....	50
3.6.8.1	Înregistrările vehicul-cu-vehicul (VCV) .....	50
3.6.8.2	Fișierele ATMS .....	50
3.6.8.3	Fișierele de raportare a erorilor .....	50
3.6.9	Sistemul utilizat în vederea colectării informațiilor de trafic prelucrate în cadrul prezentei lucrări .....	51
3.6.9.1	Generalități. Localizare .....	51
3.6.9.2	Alcătuire .....	52
3.6.9.3	Instalare .....	55
3.6.9.4	Colectarea datelor înregistrate .....	57
3.6.9.5	Baza de date WIM .....	61
<b>CAP. 4</b>	<b>APLICAȚIA "TRANSofT" DE PRELUCRARE A DATELOR DE TRAFIC OBȚINUTE CU SISTEMUL WIM .....</b>	<b>63</b>
<b>4.1</b>	<b>Necesitatea realizării unei aplicații de prelucrare a datelor de trafic .....</b>	<b>63</b>
<b>4.2</b>	<b>Descrierea programului de monitorizare a traficului rutier și a aplicației TRANSofT .....</b>	<b>64</b>
<b>4.3</b>	<b>Funcțiile aplicației TRANSofT .....</b>	<b>66</b>
4.3.1	Verificarea validității datelor .....	66
4.3.1.1	Generalități .....	66
4.3.1.2	Funcționalitate .....	67
4.3.2	Studiul volumelor de trafic .....	68
4.3.2.1	Generalități .....	68
4.3.2.2	Volume zilnice și orare .....	68
4.3.2.3	Volume și rate ale fluxului suborare .....	69
4.3.2.4	Interfețele și funcționalitatea TRANSofT pentru studiul volumelor .....	70
4.3.3	Studiul repartiției orare a volumelor de trafic .....	79
4.3.3.1	Generalități .....	79
4.3.3.2	Interfața funcției TRANSofT pentru studiul repartiției orare a traficului .....	80
4.3.3.3	Principiul de funcționare al aplicației pentru studiul repartiției orare a traficului .....	81
4.3.3.4	Funcționalitatea TRANSofT pentru studiul repartiției orare a traficului .....	82
4.3.4	Studiul orelor de vârf .....	82
4.3.4.1	Generalități .....	82
4.3.4.2	Interfețele și funcționalitatea TRANSofT pentru studiul orelor de vârf .....	84
4.3.5	Studiul vitezelor de deplasare ale vehiculelor .....	90
4.3.5.1	Generalități .....	90
4.3.5.2	Interfața funcției TRANSofT pentru studiul vitezelor .....	95
4.3.5.3	Principiul de funcționare al aplicației pentru studiul vitezelor .....	96
4.3.5.4	Funcționalitatea TRANSofT pentru studiul vitezelor .....	97
4.3.6	Studiul densității de trafic .....	99
4.3.6.1	Generalități .....	99



4.3.6.2	Interfața funcției TRANSofT pentru studiul densității.....	99
4.3.6.3	Principiul de funcționare al aplicației pentru studiul densității.....	100
4.3.6.4	Funcționalitatea TRANSofT pentru studiul densității de trafic .....	101
4.3.7	Relații între volum/rata fluxului, densitate și viteză .....	101
4.3.7.1	Generalități.....	101
4.3.7.2	Funcția TRANSofT pentru afișarea graficelor S-D, V-D și S-V .....	103
4.3.8	Determinarea traficului de calcul pentru verificarea și dimensionarea drumurilor din punct de vedere al capacității portante .....	103
4.3.8.1	Aspecte generale ale determinării traficului de calcul $N_c$ .....	104
4.3.8.2	Funcția TRANSofT de evaluare a coeficienților de echivalare a vehiculelor în osii standard.....	109
4.3.8.3	Funcția TRANSofT de determinare a traficului de calcul $N_c$ pentru proiectarea și verificarea drumurilor din punct de vedere al capacității portante.....	111
4.3.9	Determinarea traficului de calcul pentru proiectarea și verificarea drumurilor din punct de vedere al capacității de circulație.....	114
4.3.9.1	Generalități.....	114
4.3.9.2	Interfața și funcționalitatea TRANSofT pentru studiul capacității de circulație.....	117
<b>CAP. 5 PRELUCRAREA DATELOR OBȚINUTE CU SISTEMUL WIM.....</b>		<b>119</b>
<b>5.1</b>	<b>Date de trafic utilizate.....</b>	<b>119</b>
<b>5.2</b>	<b>Verificarea validității datelor.....</b>	<b>120</b>
5.2.1	Concluzii și recomandări .....	121
<b>5.3</b>	<b>Studiul volumelor de trafic .....</b>	<b>121</b>
5.3.1	Volume totale de trafic .....	121
5.3.2	Volume zilnice de trafic.....	124
5.3.2.1	Intensitatea medie zilnică anuală .....	124
5.3.2.2	Variație volume zilnice .....	126
5.3.2.3	Intensitatea medie zilnică săptămânală .....	127
5.3.2.4	Intensitatea medie zilnică lunară.....	128
5.3.2.5	Intensitatea medie zilnică anuală pentru zile lucrătoare .....	128
5.3.3	Repartiția transversală a traficului .....	130
5.3.4	Repartiția orară a volumelor de trafic .....	131
5.3.5	Studiul orelor de vârf .....	143
5.3.5.1	Frecvențele de apariție ale orelor de vârf.....	144
5.3.5.2	Frecvențe de apariție ale intervalelor suborare de vârf.....	148
5.3.5.3	PHF – valori medii .....	151
5.3.5.4	PHF – valori mediane .....	152
5.3.5.5	Analiză comparativă medii – mediane PHF .....	153
5.3.5.6	PHF – valori ale modulului.....	154
5.3.6	Concluzii și propuneri.....	154
<b>5.4</b>	<b>Studiul vitezelor de deplasare ale vehiculelor .....</b>	<b>156</b>
5.4.1	Studiul vitezelor în etapa 1 .....	158

5.4.1.1 Studiul pe benzi de circulație .....	158
5.4.1.2 Studiul pe senzori de deplasare .....	159
5.4.1.3 Studiul pentru totalul vehiculelor monitorizate .....	160
5.4.2 Studiul vitezelor în etapa 2 .....	161
5.4.2.1 Studiul pe benzi de circulație .....	161
5.4.2.2 Studiul pe senzori de deplasare .....	162
5.4.2.3 Studiul pentru totalul vehiculelor monitorizate .....	163
5.4.3 Concluzii și propuneri.....	164
<b>5.5 Studiul densității de trafic.....</b>	<b>165</b>
5.5.1 Studiul densității de trafic în etapa 1 .....	165
5.5.1.1 Zile lucrătoare .....	165
5.5.1.2 Sfârșit de săptămână.....	167
5.5.2 Studiul densității de trafic în etapa 2 .....	168
5.5.2.1 Zile lucrătoare .....	169
5.5.2.2 Sfârșit de săptămână.....	170
5.5.3 Concluzii .....	171
<b>5.6 Relații între volum, densitate și viteză.....</b>	<b>171</b>
5.6.1 Relații între volum, densitate și viteză în etapa 1 .....	171
5.6.2 Relații între volum, densitate și viteză în etapa 2 .....	171
5.6.3 Concluzii .....	172
<b>5.7 Determinarea traficului de calcul pentru verificarea și dimensionarea drumurilor din punct de vedere al capacității portante .....</b>	<b>173</b>
5.7.1 Evaluarea coeficienților de echivalare a vehiculelor reale în osii standard .....	173
5.7.2 Evaluarea traficului de calcul $N_c$ .....	175
5.7.2.1 Calculul $N_c$ utilizând datele prelucrate prin TRANSofT.....	175
5.7.2.2 Calculul $N_c$ utilizând coeficienții standardizați.....	177
5.7.3 Concluzii și propuneri.....	178
<b>5.8 Determinarea traficului de calcul pentru proiectarea și verificarea drumurilor din punct de vedere al capacității de circulație .....</b>	<b>179</b>
5.8.1 Calculul $Q_c$ utilizând datele prelucrate prin TRANSofT.....	179
5.8.2 Calculul $Q_c$ utilizând coeficienții standardizați.....	181
5.8.3 Concluzii și propuneri.....	182
<b>CAP. 6 CONCLUZII.....</b>	<b>185</b>
<b>6.1 Concluzii generale .....</b>	<b>185</b>
<b>6.2 Contribuții personale .....</b>	<b>185</b>
6.2.1 Sinteze teoretice .....	185
6.2.2 Sinteze practice .....	186
6.2.3 Propuneri.....	187
<b>6.3 Direcții de cercetare.....</b>	<b>187</b>
<b>REFERINȚE .....</b>	<b>189</b>
<b>ANEXE .....</b>	<b>193</b>

## LISTA DE FIGURI

Fig. 2.1 Lungimi rețele de drumuri .....	4
Fig. 2.2 Grade de motorizare – nivel mondial.....	4
Fig. 2.3 Lungimi rețele drumuri modernizate (stg.) și autostrăzi (dr.).....	5
Fig. 2.4 Lungimi rețele de autostrăzi – Europa .....	5
Fig. 2.5 Lungimi rețele de drumuri – Europa.....	6
Fig. 2.6 Grade de motorizare – Europa (2012) .....	6
Fig. 2.7 Harta coridoare de nucleu TEN-T.....	8
Fig. 2.8 Lungimi drumuri comunale .....	9
Fig. 2.9 Harta lungimi drumuri comunale/județe .....	10
Fig. 2.10 Lungimi drumuri județene .....	10
Fig. 2.11 Harta lungimi drumuri județene/județe .....	10
Fig. 2.12 Lungimi drumuri naționale .....	11
Fig. 2.13 Harta lungimi drumuri naționale/județe.....	11
Fig. 2.14 Lungimi autostrăzi/județe .....	11
Fig. 2.15 Rețea autostrăzi – România, mai 2015 .....	12
Fig. 2.16 Evoluție lungime rețea autostrăzi - România.....	12
Fig. 2.17 Evoluție rata de motorizare – România .....	13
Fig. 2.18 Autostrăzi și drumuri expres propuse, MPGTR 2014 – 2030 .....	14
Fig. 3.1 Tuburi pneumatice .....	21
Fig. 3.2 Senzori BL .....	21
Fig. 3.3 Senzor piezoceramic .....	21
Fig. 3.4 Senzor piezoquartz.....	21
Fig. 3.5 Bucle inductive .....	22
Fig. 3.6 Detectoare cu infraroșu: active (stg.), pasive (dr.).....	23
Fig. 3.7 Detectoare tip radar.....	24
Fig. 3.8 Detector ultrasonic .....	24
Fig. 3.9 Detectoare cu laser.....	25
Fig. 3.10 Cameră video .....	26
Fig. 3.11 Senzor cu fibră optică .....	26
Fig. 3.12 Sisteme de monitorizare și standarde de date - acoperire U.E. (2013).....	28
Fig. 3.13 Sigla EasyWay .....	28
Fig. 3.14 Siglele EIP (stg.), respectiv EIP+ (dr.) .....	29
Fig. 3.15 Sigla URSA MAJOR .....	29
Fig. 3.16 Sigla Crocodile.....	29
Fig. 3.17 Sigla MedTIS .....	29
Fig. 3.18 Sigla Arc Atlantique .....	30
Fig. 3.19 Sigla Next-ITS .....	30
Fig. 3.20 Sisteme ITS implementate în România – autostrăzi (2014) .....	30
Fig. 3.21 Centre de control autostrăzi – România (2014) .....	31
Fig. 3.22 Centre de control autostrăzi – România (2014) .....	31
Fig. 3.23 Funcționalitate de bază sisteme de monitorizare .....	32
Fig. 3.24 Tehnologie TMC – acoperire U.E. (2013).....	33
Fig. 3.25 Tehnologie TPEG-DAB – acoperire U.E. (2013).....	34
Fig. 3.26 Tehnologie TPEG-IP – acoperire U.E. (2013).....	35
Fig. 3.27 Aspecte incluse în DATEX II .....	36
Fig. 3.28 Niveluri utilizare DATEX II – U.E.....	36
Fig. 3.29 Comparatie acoperire TMC (stg.) și acoperire OpenLR (dr.) – Berlin, Germania.....	37
Fig. 3.30 Schemă logică traseu date de trafic.....	38
Fig. 3.31 Plăci de încovoiere.....	39
Fig. 3.32 Celule hidraulice de încărcare.....	40
Fig. 3.33 Senzor de capacitate.....	40
Fig. 3.34 Avantaje/dezavantaje sisteme de monitorizare cu senzori permanenți.....	41

Fig. 3.35 Utilizare sisteme WIM la nivel mondial – anii 2000 .....	45
Fig. 3.36 Post LS-WIM .....	46
Fig. 3.37 Locație HS-WIM Cluj Napoca .....	52
Fig. 3.38 Senzori piezoelectrice BL.....	53
Fig. 3.39 Secțiune transversală senzor piezoelectric BL [34] .....	53
Fig. 3.40 Secțiune transversală buclă inductivă .....	53
Fig. 3.41 Incintă protejată unitate electronică Hi-Trac EMU 100+ .....	54
Fig. 3.42 Locație sistem HS-WIM Hi-Trac EMU 100+ Cluj Napoca .....	54
Fig. 3.43 Configurație sistem HS-WIM Hi-Trac EMU 100+ Cluj Napoca .....	55
Fig. 3.44 Etapa 1: Pregătirea șlițurilor pentru instalarea senzorilor BL.....	55
Fig. 3.45 Etapa 1: Amplasarea senzorilor și etanșizarea șlițurilor .....	56
Fig. 3.46 Etapa 1: Finisarea suprafețelor.....	56
Fig. 3.47 Etapa 2: Tăierea șlițurilor (stg.) și instalarea cablurilor (dr.).....	56
Fig. 3.48 Etapa 2: Colmatarea șlițurilor (stg.) și polizarea suprafeței de lucru (dr.).....	57
Fig. 3.49 Etapa 2: Calibrarea sistemului .....	57
Fig. 3.50 Sistem HS-WIM instalat .....	57
Fig. 3.51 Arhitectura de principiu WIM .....	57
Fig. 3.52 Panou frontal (detașat) unitate electronică Hi-Trac EMU 100+.....	58
Fig. 3.53 Panou frontal unitate electronică Hi-Trac EMU 100+.....	58
Fig. 3.54 Fereastră lansare aplicație Hi-Comm 100.....	58
Fig. 3.55 Fereastra de dialog inițială Hi-Comm 100.....	59
Fig. 3.56 Fereastra de dialog secundară Hi-Comm 100.....	60
Fig. 3.57 Descărcare fișiere VBV .....	60
Fig. 3.58 Conversie fișiere în format MS Access .....	61
Fig. 4.1 Schemă logică TRANSOfT.....	65
Fig. 4.2 Schema subordonare fișiere și directoare TRANSOfT.....	65
Fig. 4.3 Interfața grafică funcții verificare fișiere și corectare erori .....	67
Fig. 4.4 Fereastra de bază funcție studiu volume .....	70
Fig. 4.5 Interfața funcție VolByClass.....	72
Fig. 4.6 Schemă logică funcție VolByClass.....	73
Fig. 4.7 Exemplu tabel rezultate calcul intensitate totală de trafic – VolByClass (fragment) .....	74
Fig. 4.8 Exemplu tabel rezultate calcul intensitate săptămânală de trafic – VolByClass (fragment) .....	74
Fig. 4.9 Exemplu tabel rezultate calcul medii zilnice intensitate săptămânală de trafic – VolByClass (fragment).....	74
Fig. 4.10 Exemplu tabel rezultate calcul MZA - VolByClass .....	75
Fig. 4.11 Interfața funcție VolByWeek .....	76
Fig. 4.12 Schemă logică funcție VolByWeek .....	76
Fig. 4.13 Exemplu tabel rezultate calcul intensitate săptămânală de trafic - VolByWeek .....	76
Fig. 4.14 Exemplu tabel rezultate calcul intensitate săptămânală de trafic - VolByWeek .....	77
Fig. 4.15 Interfața funcție VolByLane .....	78
Fig. 4.16 Schemă logică funcție VolByLane .....	78
Fig. 4.17 Exemplu tabel rezultate calcul repartiție transversală trafic pe zile - VolByLane.....	79
Fig. 4.18 Exemplu tabel rezultate calcul repartiție transversală totală trafic – VolByLane .....	79
Fig. 4.19 Interfața grafică funcție studiu repartiție orară trafic .....	80
Fig. 4.20 Schemă logică funcție TRANSOfT pentru studiul repartiției orare a traficului .....	81
Fig. 4.21 Intervale orare zilnice – studiu ore de vârf .....	84
Fig. 4.22 Interfața grafică funcție TRANSOfT pentru studiul orelor de vârf (1/2).....	85
Fig. 4.23 Schemă logică funcție TRANSOfT pentru studiul orelor de vârf (1/2).....	86
Fig. 4.24 Intervale suborare de 5 minute studiate .....	87
Fig. 4.25 Intervale suborare de 15 minute studiate .....	87
Fig. 4.26 Intervale suborare de 15 minute de bază studiate .....	87
Fig. 4.27 Interfața grafică funcție TRANSOfT pentru studiul orelor de vârf (2/2).....	88
Fig. 4.28 Schemă logică funcție TRANSOfT pentru studiul orelor de vârf (2/2).....	89

Fig. 4.29 Exemplu tabel rezultate calcul procentaje apariție ore de vârf și intervale suborare de vârf .....	90
Fig. 4.30 Graficul distribuției frecvențelor – exemplu .....	93
Fig. 4.31 Graficul distribuției frecvențelor cumulate – exemplu .....	93
Fig. 4.32 Interfața grafică funcție studiu viteze .....	95
Fig. 4.33 Schemă logică funcție TRANSofT pentru studiul vitezelor .....	97
Fig. 4.34 Exemplu tabel distribuție frecvențe – TRANSofT (fragment).....	98
Fig. 4.35 Interfața grafică funcție studiu densitate.....	100
Fig. 4.36 Schemă logică funcție TRANSofT pentru studiul densității.....	101
Fig. 4.37 Relații de interdependență ideale între viteză, volum și densitate [32] .....	102
Fig. 4.38 Funcție afișare grafice S-D, V-D și S-V .....	103
Fig. 4.39 Configurație osie standard .....	104
Fig. 4.40 Fereastra de bază funcție evaluare trafic.....	104
Fig. 4.41 Interfața grafică funcție evaluare coeficienți de echivalare $f_k$ .....	109
Fig. 4.42 Schemă logică funcție TRANSofT pentru evaluare coeficienți de echivalare $f_k$ .....	110
Fig. 4.43 Interfața grafică funcție evaluare trafic $N_c$ .....	111
Fig. 4.44 Schemă logică funcție TRANSofT pentru calcul $N_c$ .....	114
Fig. 4.45 Interfața grafică funcție evaluare debit $Q_c$ .....	117
Fig. 5.1 TRANSofT – durate comparative încărcare date trafic .....	119
Fig. 5.2 Validitate zile monitorizate.....	119
Fig. 5.3 Volume totale: distribuție pe benzi și senzori de circulație .....	122
Fig. 5.4 Volume totale: compoziție trafic .....	122
Fig. 5.5 Localizare HS-WIM Cluj Napoca – trasee deviere trafic greu.....	123
Fig. 5.6 Volume totale: distribuție categorii vehicule, pe senzori (1/2).....	123
Fig. 5.7 Volume totale: distribuție categorii vehicule, pe senzori (2/2).....	123
Fig. 5.8 Volume totale: distribuție categorii vehicule, pe benzi (1/2).....	124
Fig. 5.9 Volume totale: distribuție categorii vehicule, pe benzi (2/2).....	124
Fig. 5.10 Volume totale: distribuție procentuală trafic, pe benzi de circulație .....	124
Fig. 5.11 Variație MZA (1/2) .....	126
Fig. 5.12 Variație MZA (2/2).....	126
Fig. 5.13 Volume zilnice: variație volume totale trafic.....	126
Fig. 5.14 Volume zilnice: variație volume trafic greu .....	127
Fig. 5.15 Volume zilnice: medii zilnice săptămânale .....	127
Fig. 5.16 Volume zilnice: medii zilnice săptămânale – vehicule grele.....	127
Fig. 5.17 Volume zilnice: valori MZL – total vehicule .....	128
Fig. 5.18 Volume zilnice: valori MZL – vehicule grele.....	128
Fig. 5.19 Variație MZA <sub>ZL</sub> (1/2).....	130
Fig. 5.20 Variație MZA <sub>ZL</sub> (2/2).....	130
Fig. 5.21 Autovehicule ușoare: repartiție orară volume trafic; luni .....	132
Fig. 5.22 Autovehicule ușoare: repartiție orară volume trafic; marți.....	132
Fig. 5.23 Autovehicule ușoare: repartiție orară volume trafic; miercuri.....	133
Fig. 5.24 Autovehicule ușoare: repartiție orară volume trafic; joi .....	133
Fig. 5.25 Autovehicule ușoare: repartiție orară volume trafic; vineri .....	133
Fig. 5.26 Autovehicule ușoare: repartiție orară volume trafic; sâmbătă .....	134
Fig. 5.27 Autovehicule ușoare: repartiție orară volume trafic; duminică .....	134
Fig. 5.28 Autovehicule ușoare: repartiție orară volume trafic; medii luni-duminică.....	134
Fig. 5.29 Autovehicule ușoare: repartiție orară volume trafic; medii zile lucrătoare .....	135
Fig. 5.30 Autovehicule ușoare: repartiție orară volume trafic; medii sfârșit de săptămână.....	135
Fig. 5.31 Autovehicule grele: repartiție orară volume trafic; luni .....	135
Fig. 5.32 Autovehicule grele: repartiție orară volume trafic; marți .....	136
Fig. 5.33 Autovehicule grele: repartiție orară volume trafic; miercuri .....	136
Fig. 5.34 Autovehicule grele: repartiție orară volume trafic; joi .....	136
Fig. 5.35 Autovehicule grele: repartiție orară volume trafic; vineri .....	137
Fig. 5.36 Autovehicule grele: repartiție orară volume trafic; sâmbătă.....	137

Fig. 5.37 Autovehicule grele: repartiție orară volume trafic; duminică.....	137
Fig. 5.38 Autovehicule grele: repartiție orară volume trafic; medii luni-duminică .....	138
Fig. 5.39 Autovehicule grele: repartiție orară volume trafic; medii zile lucrătoare.....	138
Fig. 5.40 Autovehicule grele: repartiție orară volume trafic; medii sfârșit de săptămână .....	138
Fig. 5.41 Total autovehicule: repartiție orară volume trafic; luni .....	139
Fig. 5.42 Total autovehicule: repartiție orară volume trafic; marți .....	139
Fig. 5.43 Total autovehicule: repartiție orară volume trafic; miercuri.....	139
Fig. 5.44 Total autovehicule: repartiție orară volume trafic; joi .....	140
Fig. 5.45 Total autovehicule: repartiție orară volume trafic; vineri .....	140
Fig. 5.46 Total autovehicule: repartiție orară volume trafic; sâmbătă .....	140
Fig. 5.47 Total autovehicule: repartiție orară volume trafic; duminică .....	141
Fig. 5.48 Total autovehicule: repartiție orară volume trafic; medii luni-duminică.....	141
Fig. 5.49 Total autovehicule: repartiție orară volume trafic; medii zile lucrătoare .....	141
Fig. 5.50 Total autovehicule: repartiție orară volume trafic; medii sfârșit de săptămână.....	142
Fig. 5.51 Variație volume orare, 30.01.2015-30.04.2015, zile de vineri (total autovehicule), est...	143
Fig. 5.52 Variație volume orare, 30.01.2015-30.04.2015, zile de vineri (total autovehicule), vest.	143
Fig. 5.53 Frecvențe procentuale ore de vârf – ambele sensuri de deplasare .....	144
Fig. 5.54 Frecvențe procentuale ore de vârf – est .....	145
Fig. 5.55 Frecvențe procentuale ore de vârf – vest .....	145
Fig. 5.56 Frecvențe procentuale ore de vârf – ambele sensuri de deplasare, zile lucrătoare .....	146
Fig. 5.57 Frecvențe procentuale ore de vârf – est, zile lucrătoare.....	146
Fig. 5.58 Frecvențe procentuale ore de vârf – vest, zile lucrătoare.....	146
Fig. 5.59 Frecvențe procentuale ore de vârf – ambele sensuri de deplasare, sfârșit de săptămână..	147
Fig. 5.60 Frecvențe procentuale ore de vârf – est, sfârșit de săptămână.....	147
Fig. 5.61 Frecvențe procentuale ore de vârf – vest, sfârșit de săptămână.....	147
Fig. 5.62 Graficul distribuției frecvențelor, intervale de viteză de 2 km/h .....	157
Fig. 5.63 Graficul distribuției frecvențelor cumulate, intervale de viteză de 2 km/h.....	158
Fig. 5.64 Densitatea de trafic, pe benzi de circulație, etapa 1, zile lucrătoare .....	166
Fig. 5.65 Densitatea de trafic, pe sensuri de deplasare, etapa 1, zile lucrătoare .....	166
Fig. 5.66 Densitatea de trafic, total vehicule, etapa 1, zile lucrătoare.....	167
Fig. 5.67 Densitatea de trafic, pe benzi de circulație, etapa 1, sfârșit de săptămână .....	167
Fig. 5.68 Densitatea de trafic, pe sensuri de deplasare, etapa 1, sfârșit de săptămână.....	168
Fig. 5.69 Densitatea de trafic, total vehicule, etapa 1, sfârșit de săptămână.....	168
Fig. 5.70 Densitatea de trafic, pe benzi de circulație, etapa 2, zile lucrătoare .....	169
Fig. 5.71 Densitatea de trafic, pe sensuri de deplasare, etapa 2, zile lucrătoare .....	169
Fig. 5.72 Densitatea de trafic, total vehicule, etapa 2, zile lucrătoare.....	169
Fig. 5.73 Densitatea de trafic, pe benzi de circulație, etapa 2, sfârșit de săptămână .....	170
Fig. 5.74 Densitatea de trafic, pe sensuri de deplasare, etapa 2, sfârșit de săptămână.....	170
Fig. 5.75 Densitatea de trafic, total vehicule, etapa 2, sfârșit de săptămână .....	170
Fig. 5.76 Relații de interdependență ideale între viteză, volum și densitate – etapa 1.....	172
Fig. 5.77 Relații de interdependență ideale între viteză, volum și densitate – etapa 2.....	172
Fig. 5.78 Coeficienți $f_k$ de echivalare în osii standard de 115 kN, structuri suple și semirigide .....	174
Fig. 5.79 Coeficienți $f_k$ de echivalare în osii standard de 115 kN, ranforsări structuri nerigide.....	174
Fig. 5.80 Foto TRANSofT – calcul $N_c$ utilizând coeficienții TRANSofT (toate autovehiculele).....	176
Fig. 5.81 Foto TRANSofT – calcul $N_c$ utilizând coeficienții TRANSofT (autovehiculele grele) .....	177
Fig. 5.82 Foto TRANSofT – calcul $N_c$ utilizând coeficienții standardizați.....	178
Fig. 5.83 TRANSofT – evaluare debit de calcul, etapa 1 .....	179
Fig. 5.84 TRANSofT – Calcul $Q_C$ utilizând datele prelucrate prin TRANSofT (an de calcul 2015).	181
Fig. 5.85 TRANSofT – Calcul $Q_C$ utilizând coeficienții standardizați (an de calcul 2020).....	182
Fig. 5.86 Comparatie MZA <sub>E,i</sub> .....	183

## LISTA DE TABELE

Tab. 2.1 Coridoare de nucleu TEN-T.....	7
Tab. 2.2 Clasificare drumuri publice.....	8
Tab. 2.3 Lungimi totale drumuri – România, mai 2015.....	9
Tab. 2.4 Listă autostrăzi propuse, MPGTR 2014 – 2030.....	14
Tab. 3.1 Comparație sisteme de monitorizare.....	20
Tab. 3.2 Performanțe generale HS-WIM [33].....	49
Tab. 3.3 Performanțe instalații WIM permanente [33] .....	49
Tab. 3.4 Performanțe instalații WIM temporare [33].....	50
Tab. 3.5 Performanțe numărare și clasificare vehicule [33] .....	50
Tab. 3.6 Acuratețe clasificare vehicule [33] .....	50
Tab. 3.7 Parametri de acuratețe: HS-WIM Cluj Napoca.....	51
Tab. 4.1 Zilele săptămânii – fișiere MS Access utilizate în TRANSoft .....	66
Tab. 4.2 Prescurtări 3 litere pentru lunile anului – fișiere MS Access utilizate în TRANSoft .....	66
Tab. 4.3 Ora de vară în România, 2012 – 2019 .....	68
Tab. 4.4 Diferența volum-rata fluxului (exemplu).....	69
Tab. 4.5 Calcul lungime coadă vehicule – exemplu .....	69
Tab. 4.6 Semnificație butoane interfață de bază funcție studiu volume .....	70
Tab. 4.7 Clase și categorii vehicule.....	71
Tab. 4.8 Semnificație butoane interfață VolByClass .....	71
Tab. 4.9 Tabel rezultate calcul intensitate totală de trafic - VolByClass .....	74
Tab. 4.10 Tabel rezultate calcul intensitate săptămânală de trafic - VolByClass .....	74
Tab. 4.11 Tabel rezultate calcul medii zilnice intensitate săptămânală de trafic - VolByClass .....	74
Tab. 4.12 Tabel rezultate calcul MZA - VolByClass.....	75
Tab. 4.13 Semnificație butoane interfață VolByWeek .....	76
Tab. 4.14 Tabel rezultate calcul intensitate săptămânală de trafic - VolByWeek .....	76
Tab. 4.15 Tabel rezultate calcul intensitate săptămânală de trafic - VolByWeek .....	77
Tab. 4.16 Semnificație butoane interfață VolByLane.....	78
Tab. 4.17 Tabel rezultate calcul repartiție transversală trafic pe zile - VolByLane.....	79
Tab. 4.18 Tabel rezultate calcul repartiție transversală totală trafic – VolByLane.....	79
Tab. 4.19 Semnificație butoane interfață funcție studiu repartiție orară trafic .....	81
Tab. 4.20 Tabele de sinteză volume orare trafic .....	82
Tab. 4.21 Semnificație butoane interfață funcție studiu ore de vârf (1/2) .....	85
Tab. 4.22 Moduri evaluare $F_v$ (PHF) .....	87
Tab. 4.23 Semnificație butoane interfață funcție studiu ore de vârf (2/2) .....	88
Tab. 4.24 Tabel rezultate calcul procentaje de apariție ore de vârf și intervale suborare de vârf.....	90
Tab. 4.25 Exemplu calcul $S_t$ și $S_s$ .....	91
Tab. 4.26 Tabel distribuție frecvențe – exemplu.....	92
Tab. 4.27 Semnificație butoane interfață funcție studiu viteze .....	96
Tab. 4.28 Tabel distribuție frecvențe – TRANSoft.....	97
Tab. 4.29 Tabel rezultate calcul pas - TRANSoft.....	98
Tab. 4.30 Semnificație butoane interfață funcție studiu densitate .....	100
Tab. 4.31 Perioade de perspectivă recomandate [93].....	105
Tab. 4.32 Calendar efectuare recensământ general de circulație .....	106
Tab. 4.33 Coeficienți $f_k$ medii pe rețeaua de drumuri naționale [93].....	107
Tab. 4.34 Parametri de calcul pentru echivalarea vehiculelor reale în osii standard de 115 kN [93] .....	107
Tab. 4.35 Coeficienți $c_{rt}$ de repartiție transversală a traficului [93] .....	109
Tab. 4.36 Semnificație butoane interfață funcție evaluare $f_k$ .....	109
Tab. 4.37 Semnificație butoane interfață funcție evaluare trafic $N_c$ .....	111
Tab. 4.38 Capacitatea de circulație în condiții ideale [92].....	115
Tab. 4.39 Raport K – valori recomandate [93] .....	116
Tab. 4.40 Raport D – valori recomandate [93] .....	116

Tab. 4.41 PHF – valori recomandate [93].....	117
Tab. 4.42 Semnificație butoane interfață funcție evaluare debit $Q_c$ .....	117
Tab. 5.1 TRANSofT – durate comparative încărcare date trafic.....	119
Tab. 5.2 Corelare număr benzi – senzori de deplasare.....	120
Tab. 5.3 Valori MZA, pe categorii de vehicule (25.04.2013 – 30.04.2015).....	125
Tab. 5.4 Valori MZA, pe ani de studiu .....	125
Tab. 5.5 Comparație valori MZA.....	128
Tab. 5.6 Valori $MZA_{ZL}$ , pe categorii de vehicule (25.04.2013 – 30.04.2015).....	129
Tab. 5.7 Valori $MZA_{ZL}$ , pe ani de studiu .....	129
Tab. 5.8 Coeficienți de repartitie transversală – total .....	130
Tab. 5.9 Coeficienți de repartitie transversală – valori maxime, minime .....	131
Tab. 5.10 Coeficienți de repartitie transversală – zile lucrătoare, sfârșit de săptămână .....	131
Tab. 5.11 Analiză repartitie orară volume.....	131
Tab. 5.12 PHF – valori extreme .....	144
Tab. 5.13 Frecvențe procentuale minute de vârf, zile lucrătoare (intervale de 5 minute).....	148
Tab. 5.14 Frecvențe procentuale minute de vârf, zile lucrătoare (intervale de 15 minute de vârf) .	148
Tab. 5.15 Frecvențe procentuale minute de vârf, zile lucrătoare (intervale de 15 minute de bază).	149
Tab. 5.16 Frecvențe procentuale minute de vârf, sfârșit de săptămână (intervale de 5 minute).....	150
Tab. 5.17 Frecvențe procentuale minute de vârf, sf. de săptămână (intervale de 15 minute de vârf) .....	150
Tab. 5.18 Frecvențe procentuale minute de vârf, sf. de săptămână (intervale de 15 minute de bază) .....	150
Tab. 5.19 PHF – valori medii, zile lucrătoare .....	151
Tab. 5.20 PHF – valori medii, sfârșit de săptămână .....	151
Tab. 5.21 PHF – valori mediane, zile lucrătoare.....	152
Tab. 5.22 PHF – valori mediane, sfârșit de săptămână .....	153
Tab. 5.23 PHF – valori maxime ale modulului .....	154
Tab. 5.24 Tabel distribuție frecvențe viteze, intervale de 2 km/h (fragment).....	157
Tab. 5.25 Viteze mediane $S_{50}$ [km/h], pe benzi de circulație – etapa 1 .....	158
Tab. 5.26 Viteze medii $\bar{S}$ [km/h], pe benzi de circulație – etapa 1 .....	158
Tab. 5.27 Viteze modale [km/h], pe benzi de circulație – etapa 1 .....	159
Tab. 5.28 Pasul distribuției [km/h] / vehicule în pas [%], pe benzi de circulație – etapa 1 .....	159
Tab. 5.29 Viteze procentuale $S_{15}$ , $S_{85}$ [km/h], pe benzi de circulație – etapa 1 .....	159
Tab. 5.30 Abateri standard $s_d$ [km/h], pe benzi de circulație – etapa 1 .....	159
Tab. 5.31 Viteze mediane $S_{50}$ [km/h], pe senzori de deplasare – etapa 1 .....	159
Tab. 5.32 Viteze medii $\bar{S}$ [km/h], pe senzori de deplasare – etapa 1 .....	159
Tab. 5.33 Viteze modale [km/h], pe senzori de deplasare – etapa 1 .....	160
Tab. 5.34 Pasul distribuției [km/h] / vehicule în pas [%], pe senzori de deplasare – etapa 1 .....	160
Tab. 5.35 Viteze procentuale $S_{15}$ , $S_{85}$ [km/h], pe senzori de deplasare – etapa 1 .....	160
Tab. 5.36 Abateri standard $s_d$ [km/h], pe senzori de deplasare – etapa 1 .....	160
Tab. 5.37 Viteze mediane $S_{50}$ [km/h], total vehicule – etapa 1 .....	160
Tab. 5.38 Viteze medii $\bar{S}$ [km/h], total vehicule – etapa 1.....	160
Tab. 5.39 Viteze modale [km/h], total vehicule – etapa 1 .....	161
Tab. 5.40 Pasul distribuției [km/h] / vehicule în pas [%], total vehicule – etapa 1.....	161
Tab. 5.41 Viteze procentuale $S_{15}$ , $S_{85}$ [km/h], total vehicule – etapa 1.....	161
Tab. 5.42 Abateri standard $s_d$ [km/h], total vehicule – etapa 1 .....	161
Tab. 5.43 Viteze mediane $S_{50}$ [km/h], pe benzi de circulație – etapa 2 .....	161
Tab. 5.44 Viteze medii $\bar{S}$ [km/h], pe benzi de circulație – etapa 2 .....	161
Tab. 5.45 Viteze modale [km/h], pe benzi de circulație – etapa 2.....	162
Tab. 5.46 Pasul distribuției [km/h] / vehicule în pas [%], pe benzi de circulație – etapa 2 .....	162
Tab. 5.47 Viteze procentuale $S_{15}$ , $S_{85}$ [km/h], pe benzi de circulație – etapa 2 .....	162
Tab. 5.48 Abateri standard $s_d$ [km/h], pe benzi de circulație – etapa 2.....	162
Tab. 5.49 Viteze mediane $S_{50}$ [km/h], pe senzori de deplasare – etapa 2 .....	162



Tab. 5.50 Viteze medii $\bar{S}$ [km/h], pe senzori de deplasare – etapa 2 .....	162
Tab. 5.51 Viteze modale [km/h], pe senzori de deplasare – etapa 2 .....	163
Tab. 5.52 Pasul distribuției [km/h] / vehicule în pas [%], pe senzori de deplasare – etapa 2 .....	163
Tab. 5.53 Viteze procentuale $S_{15}$ , $S_{85}$ [km/h], pe senzori de deplasare – etapa 2 .....	163
Tab. 5.54 Abateri standard $s_d$ [km/h], pe senzori de deplasare – etapa 2 .....	163
Tab. 5.55 Viteze mediane $S_{50}$ [km/h], total vehicule – etapa 2 .....	163
Tab. 5.56 Viteze medii $\bar{S}$ [km/h], total vehicule – etapa 2 .....	163
Tab. 5.57 Viteze modale [km/h], total vehicule – etapa 2 .....	164
Tab. 5.58 Pasul distribuției [km/h] / vehicule în pas [%], total vehicule – etapa 2 .....	164
Tab. 5.59 Viteze procentuale $S_{15}$ , $S_{85}$ [km/h], total vehicule – etapa 2 .....	164
Tab. 5.60 Abateri standard $s_d$ [km/h], total vehicule – etapa 2 .....	164
Tab. 5.61 Coeficienți $f_k$ de echivalare în osii standard de 115 kN, structuri rigide .....	174
Tab. 5.62 Funcții logaritmice de regresie liniară .....	175
Tab. 5.63 Coeficienți de evoluție $p_k$ (TRANSofT) .....	176
Tab. 5.64 Coeficienți $f_k$ de echivalare în osii standard (TRANSofT) .....	176
Tab. 5.65 Trafic de calcul $N_c$ – date TRANSofT .....	176
Tab. 5.66 Coeficienți de evoluție $p_k$ . Coeficienți $f_k$ de echivalare în osii standard (AND 584-2012) .....	177
Tab. 5.67 Funcții logaritmice de regresie liniară .....	180
Tab. 5.68 Coeficienți de evoluție $p_k$ (TRANSofT) .....	180
Tab. 5.69 Valori $MZA_{E,i}$ – evaluare TRANSofT .....	180
Tab. 5.70 Valori, $Q_{50}$ , K, D .....	180
Tab. 5.71 $Q_C$ – TRANSofT .....	181
Tab. 5.72 Valori $MZA_{E,i}$ – evaluare conform standard .....	181
Tab. 5.73 Valori, $Q_{50}$ , K, D .....	182
Tab. 5.74 $Q_C$ – standard .....	182
Tab. 5.75 Comparație valori K, D, PHF .....	183
Tab. 5.76 Comparație valori $Q_C$ [veh. etalon/oră] .....	183

## CAP. 1 INTRODUCERE

### 1.1 Context

Ingineria de trafic rutier poate fi definită drept ramura transporturilor care utilizează tehnici ingineresti în vederea planificării, organizării și proiectării operațiilor de trafic rutier. De asemenea, ingineria de trafic implică abordarea funcțională a interacțiunii dintre participanții la trafic.

Istoricul îndelungat al disciplinei a contribuit la dezvoltarea unei game largi de aplicații referitoare la rețelele de drumuri și străzi. Astfel, ingineria de trafic rutier cuprinde: planificarea, organizarea, proiectarea, execuția, operativitatea, controlul, întreținerea și optimizarea rețelei de drumuri și străzi. Rolul inginerilor de trafic este foarte important, având în vedere vizibilitatea către public a problemelor abordate. Se impune o corelare între cerințele și restricțiile impuse de fiecare situație în parte, cu scopul obținerii unor rezultate pozitive, care să conducă la îmbunătățirea condițiilor de desfășurare a traficului rutier.

Principalele obiective ale ingineriei de trafic au în vedere asigurarea desfășurării transportului rutier în condiții de siguranță, confort, viteză, convenabilitate și economie. Totodată, se urmărește minimizarea efectelor negative ale traficului rutier asupra mediului înconjurător.

Caracteristicile circulației rutiere depind, în general, de factorii specifici zonei analizate. Se remarcă prezența unui element de variabilitate în ceea ce privește desfășurarea traficului rutier, în funcție de zonă, caracteristicile acestuia și tipologiile umane. Percepția generală este de a asocia ingineria de trafic cu studiul deplasării oamenilor și bunurilor utilizând exclusiv autovehicule de uz personal (automobile). În realitate însă, această ramură a transporturilor cuprinde și studiul deplasării pietonilor, bicicliștilor și a vehiculelor rutiere destinate transportului în comun (inclusiv tramvaiele).

În vederea dezvoltării corespunzătoare și eficiente a unui stat, abilitatea garantării unui transport fluent și eficient de mărfuri și persoane este o cerință fundamentală. Neîndeplinirea acestei cerințe reprezintă o amenințare pentru competitivitate și durabilitate.

În prezent, este nevoie de sisteme complexe de colectare a informațiilor de trafic, care să ofere informații cât mai complete, corecte și de o bună acuratețe. Sistemele de monitorizare și aplicațiile inteligente de transport reprezintă modalități valide și eficiente de organizare, monitorizare și operare a serviciilor de trafic rutier.

Desfășurarea circulației în condiții civilizate are la bază, în prezent, operații de planificare bazate pe colectarea și prelucrarea datelor de trafic. Lipsa implementării unor măsuri raționale și eficiente de organizare a transporturilor conduce la: reducerea siguranței circulației, poluare, consum sporit de energie, emisii de substanțe nocive, scăderea eficienței transporturilor, creșterea timpilor de deplasare, scăderea atractivității și calității mediului înconjurător etc.

Astfel, având în vedere dezvoltarea rețelei de drumuri și creșterea continuă a gradului de utilizare a acesteia, se impune dezvoltarea sistemelor inteligente de transport. Acestea oferă administratorilor și utilizatorilor informații utile, în vederea organizării și folosirii eficiente a rețelelor de transport.

### 1.2 Obiective

Obiectivul de bază al prezentei lucrări este realizarea unui sistem de monitorizare constând într-o aplicație software de procesare, analiză și raportare a informațiilor de trafic rutier înregistrate utilizând sisteme de cântărire în mișcare. Principalele motive pentru care s-a ales implementarea unei astfel de aplicații electronice au la bază atât dificultatea prelucrării prin alte metode a datelor de trafic colectate, cât și inovația și utilitatea ei. S-a avut în vedere posibilitatea îmbunătățirii procedurilor de procesare și analiză a informațiilor de trafic înregistrate utilizând sisteme de cântărire în mișcare. În acest sens, sunt abordate următoarele aspecte principale:

- Introducerea unui sistem de cântărire în mișcare la viteze sporite, care înregistrează în mod continuu date de trafic rutier. Aceste informații constituie baza de date a operațiunilor efectuate utilizând aplicația software proiectată.

- Implementarea unor funcții software relevante pentru analiza parametrilor de trafic, care să conducă la prelucrarea eficientă a informațiilor înregistrate. Utilitatea rezultatelor este variată, acestea fiind destinate în primul rând administratorilor, dar și utilizatorilor generali.
- Utilitatea sistemului propus în ipoteza aplicării sale asupra unei baze de date generale, cuprinzând informații colectate de un sistem oarecare de cântărire în mișcare, în afara celui studiat în prezenta lucrare.
- Prelucrarea datelor înregistrate pentru o perioadă de circa 2 ani de zile, în vederea desprinderii unor concluzii relevante în cazul studiat. De asemenea, se are în vedere posibilitatea formulării unor propuneri și direcții de cercetare bazate pe aspecte care implică utilizarea aplicației de monitorizare propuse.

### 1.3 Structură

Prezenta lucrare cuprinde 6 (șase) capitole, cuprinzând următoarele aspecte:

**Capitolul 2** cuprinde informații generale referitoare la drumuri și ingineria de trafic, precum și un scurt istoric al evoluției acestora. Capitolul este axat asupra prezentării unor elemente statistice referitoare la rețelele de drumuri la nivel mondial, european și național. Sunt prezentate atât informații sintetice asupra lungimilor rețelelor de drumuri și autostrăzi în diferite state ale lumii, precum și situația României raportat la acestea. Sunt prezentate în detaliu caracteristicile de bază ale rețelelor de drumuri comunale, județene, naționale și ale autostrăzilor din România. De asemenea, este prezentată o sinteză a principalelor direcții de dezvoltare a rețelei rutiere în România, în perioada 2014 – 2030, conform Master Planului General de Transport al României.

**Capitolul 3** introduce problema necesității implementării sistemelor de monitorizare a drumurilor, în contextul evoluției tehnologice și a dezvoltării autovehiculelor și a infrastructurii rutiere. Sunt prezentate caracteristicile de bază ale principalelor sisteme de monitorizare cunoscute și utilizate, cu detalierea avantajelor și dezavantajelor fiecăruia. Implementarea monitorizării rutiere la nivel național se realizează, în general, în cadrul unor programe elaborate la nivel european. Sistemele de cântărire în mișcare reprezintă unul din dispozitivele de monitorizare consacrate, utilizate pe scară largă, la nivel mondial. În partea finală a capitolului, este prezentat sistemul de înregistrare a datelor de trafic utilizat în cadrul prezentei lucrări.

**Capitolul 4** continuă ipotezele dezvoltate în finalul capitolului anterior, referitoare la colectarea datelor, introducând aplicația software proiectată pentru procesarea și raportarea acestora. Este prezentată necesitatea implementării programului de tip modular conceput și sunt prezentate principalele aplicații ale sale. Descrierea sistemului de monitorizare este realizată în detaliu, în baza funcționalității aplicației, având în vedere principii generale, de natură teoretică, urmate de prezentarea utilității fiecărei funcții în parte.

**Capitolul 5** prezintă implementarea funcțiilor sistemului de monitorizare conceput asupra datelor de trafic înregistrate. Sunt analizate rezultatele obținute ca urmare a aplicării funcțiilor de calcul, în fiecare caz desprinzându-se concluzii referitoare atât la cazul particular studiat, cât și având caracter general. În baza respectivelor concluzii, se formulează anumite propuneri referitoare la evaluarea unor parametri de trafic, care implică utilizarea aplicației propuse.

**Capitolul 6** prezintă principalele concluzii desprinse în cadrul aspectelor detaliate în lucrare. De asemenea, sunt sintetizate principalele sugestii propuse în baza rezultatelor obținute, precum și direcțiile de cercetare în domeniul studiat.

## CAP. 2 REȚEAUA DE DRUMURI DIN ROMÂNIA

### 2.1 Introducere

Drumurile reprezintă fâșii de teren înguste, lungi și subțiri, amenajate cu scopul asigurării circulației vehiculelor, mărfurilor și a pietonilor [95]. Alături de căile ferate, ele sunt căi de comunicație terestre, construite pentru a realiza conexiuni între diferite puncte, în condiții de siguranță și confort. Organizația pentru Cooperare și Dezvoltare Economică (eng. Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD) definește drumurile ca fiind căi de comunicație constituite din structuri rutiere, destinate în primul rând circulației autovehiculelor rutiere [55].

Principalele avantaje ale transporturilor rutiere sunt:

- conferă mobilitate, accesibilitate și flexibilitate;
- asigură deplasarea unei mari varietăți de vehicule;
- mijloc de transport eficient pentru colective de oameni și volume mici/medii de mărfuri;
- rapide și economice pentru deplasări scurte-medii.
- costuri de construire și întreținere avantajoase față de alte mijloace de transport;
- realizează legături cu alte moduri de transport.

Dezavantaje de bază ale drumurilor sunt următoarele:

- riscurile sporite de producere a evenimentelor rutiere, în comparație cu alte mijloace de transport;
- mijloc de transport lent și ineficient pentru deplasarea persoanelor și volumelor mari de mărfuri, în special pe distanțe mari;
- problemele survenite în cazurile drumurilor afectate de înzăpeziri, fenomene torențiale, inundații etc.

Primele trasee amenajate în vederea deplasării oamenilor au apărut încă din mileniul al X-lea î.Hr. Documentele istorice atestă apariția primelor drumuri pavate cu piatră în orașul antic Ur (4000 î. Hr.) și în Egiptul antic (2600-2200 î.Hr.). De asemenea, s-au descoperit dovezi care atestă existența unor drumuri construite din trunchiuri de arbori pe teritoriul actual al Marii Britanii (mileniul IV î. Hr.). În preajma anului 3000 î.Hr., au fost utilizate drumuri construite din cărămizi, în India [48].

Începând cu anul 312 î.Hr. (Via Appia), romanii au demarat construirea unei rețele extinse de drumuri în Europa și Africa de Nord. Lungimea rețelei a atins 78.000 km. Principalul scop al acestor drumuri era să asigure deplasarea forțelor armate. Cu toate acestea, au existat și alte culturi care au înregistrat progrese în acest domeniu. În perioada 311-309 î.Hr., s-a construit un drum adiacent Marelui Zid Chinezesc [15]. Rețeaua rutieră din Persia, pusă la punct de către împăratul Darius I (550-486 î.Hr.), a fost utilizată până după căderea Imperiului Roman [48].

În sec. al VIII-lea, drumurile construite pe teritoriul actual al Irakului cuprindeau un strat de îmbrăcăminte bituminoasă. Bitumul era obținut din petrol, prin distilare distructivă.

În sec. al XVIII-lea, rețeaua de drumuri din Marea Britanie cuprindea circa 37.000 km. Tot aici s-a introdus un sistem de colectare taxe pentru vehiculele care utilizează rețeaua rutieră.

În România, principalele etape în evoluția construcției de drumuri au fost [15]:

- sec. I – drum roman de-a lungul Dunării, pe sectorul Belgrad – Vidin;
- 100-120 d.Hr. – drumuri romane construite pe teritoriul Daciei;
- sec. al XII-lea-sec. al XIX-lea – drumuri între principalele așezări-centre comerciale și meșteșugărești;
- 1832 – Regulamentul Organic – prima lege a drumurilor din România, care a prevăzut divizarea drumurilor în ”mari” și ”mici”, precum și măsuri concrete pentru modernizarea căilor de comunicație;
- 1868 – Legea drumurilor din Principatele Române, care a prevăzut încadrarea drumurilor în: naționale, județene și vicinale/comunale;
- 1890 – Lege pentru sistematizarea căilor publice de comunicație din Transilvania;

- 1906 – Legea drumurilor, care a prevăzut înființarea în fiecare județ a unui serviciu tehnic pentru drumuri, precum și încadrarea drumurilor în 4 categorii: naționale, județene, vicinale, comunale.

## 2.2 Situația drumurilor la nivel mondial

Lungimea totală a rețelei de drumuri la nivel mondial depășește 64.000.000 km [45]. Această valoare include atât drumurile modernizate, cât și cele nemodernizate. La nivel mondial, într-un clasament al statelor după lungimea rețelei de drumuri (Fig. 2.1), întocmit în mare parte pe baza informațiilor din ultimul deceniu, România se situează în jurul locului 60 (din circa 220 state).

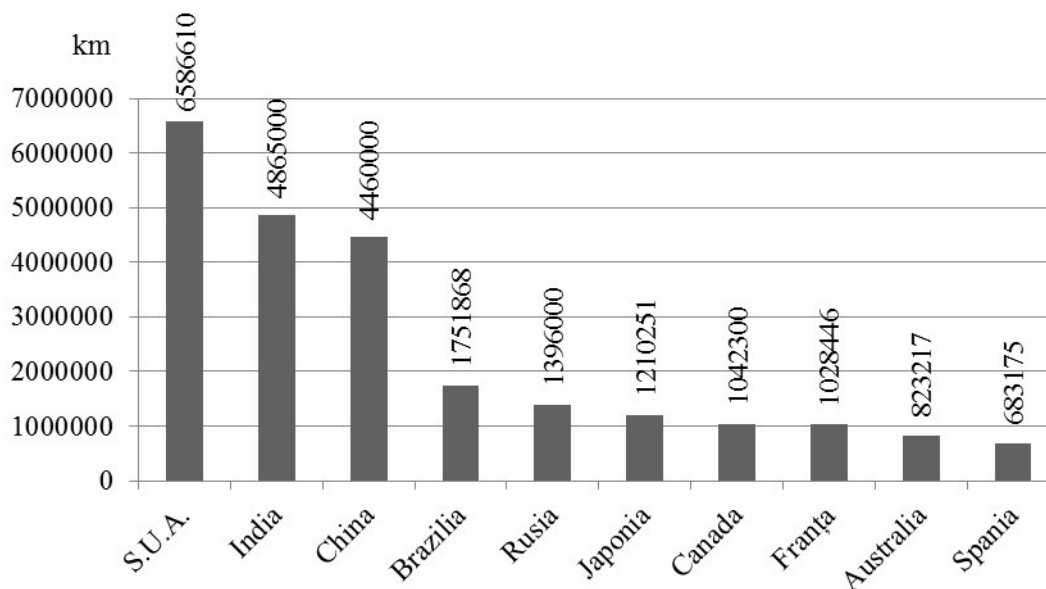


Fig. 2.1 Lungimi rețele de drumuri

Gradul de motorizare, privit în ansamblu, reprezintă numărul de autovehicule per 1000 de locuitori ai unui stat. În general, termenul cuprinde atât automobile, destinate transportului a până la 8 (opt) pasageri, cât și autocamionete, autocamioane, vehicule articulate, mijloace auto de transport în comun și alte autovehicule, destinate transportului de mărfuri. Indicatorul exclude însă vehiculele motorizate pe două roți [46]. Acest indicator poate fi evaluat și exclusiv din perspectiva numărului de automobile per 1000 de locuitori. La nivel mondial, gradele de motorizare variază între 2 și peste 1200 autovehicule/1000 locuitori (Fig. 2.2).

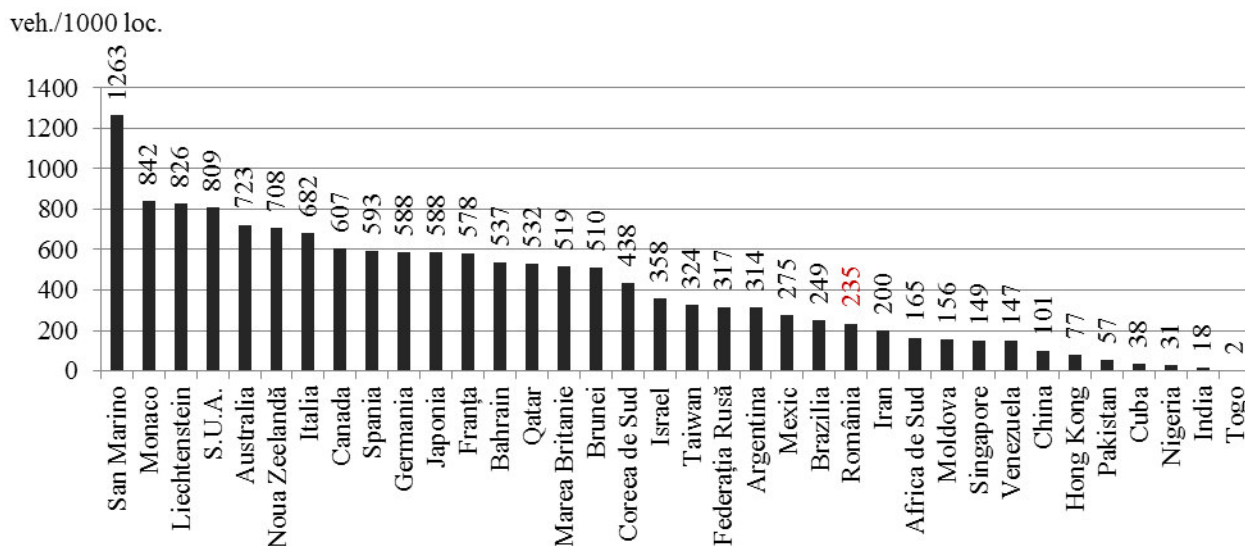


Fig. 2.2 Grade de motorizare – nivel mondial

Conform statisticilor Uniunii Europene (U.E.) aferente anilor 2011-2012 [20], lungimea cumulată a rețelei de drumuri modernizate din U.E. o depășește pe cea din S.U.A. (Fig. 2.3 stg.). În schimb, lungimea rețelei de autostrăzi (Fig. 2.3 dr.) și gradul de motorizare în S.U.A. sunt superioare mediei europene. Rețeaua de autostrăzi din China este în continuă dezvoltare [45].

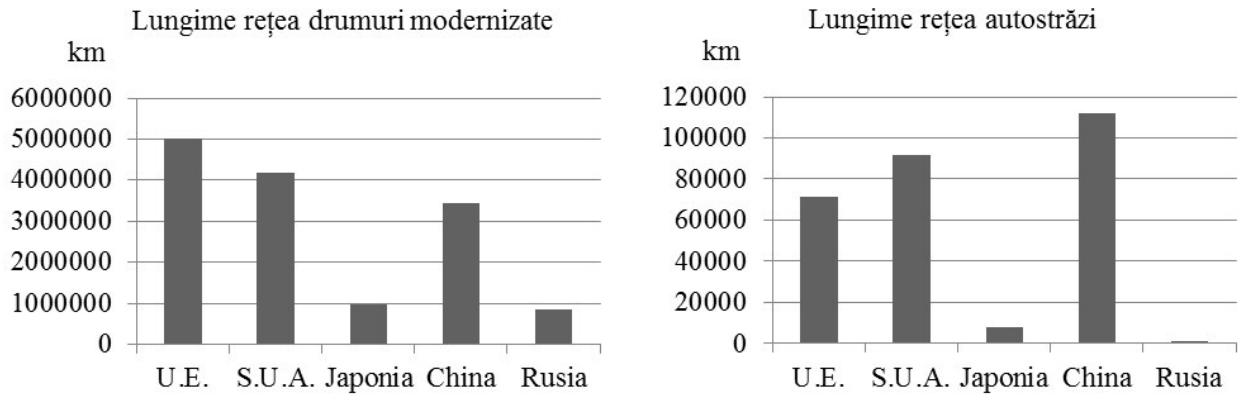


Fig. 2.3 Lungimi rețele drumuri modernizate (stg.) și autostrăzi (dr.)

## 2.3 Situația drumurilor la nivel european

### 2.3.1 Rețeaua de drumuri și autostrăzi

Lungimile rețelelor de drumuri în cadrul statelor europene arată o superioritate a Spaniei și Germaniei în privința autostrăzilor (Fig. 2.4), respectiv a Federației Ruse și Franței în ceea ce privește lungimile totale de drumuri (Fig. 2.5). Se menționează faptul că informațiile utilizate corespund, în general, anilor 2012-2015 [37][45]. Unele valori pot fi depășite între timp, în cazul deschiderii unor noi tronsoane.

În privința gradului de motorizare (Fig. 2.6), datele U.E. indică o medie ponderată de 487 autovehicule/1000 locuitori, în scădere după extinderile comunitare din 2004, 2007 și 2013. Calculele nu au inclus microstatele San Marino, Monaco și Liechtenstein, care dispun de cele mai înalte rate de motorizare din lume (Fig. 2.2).

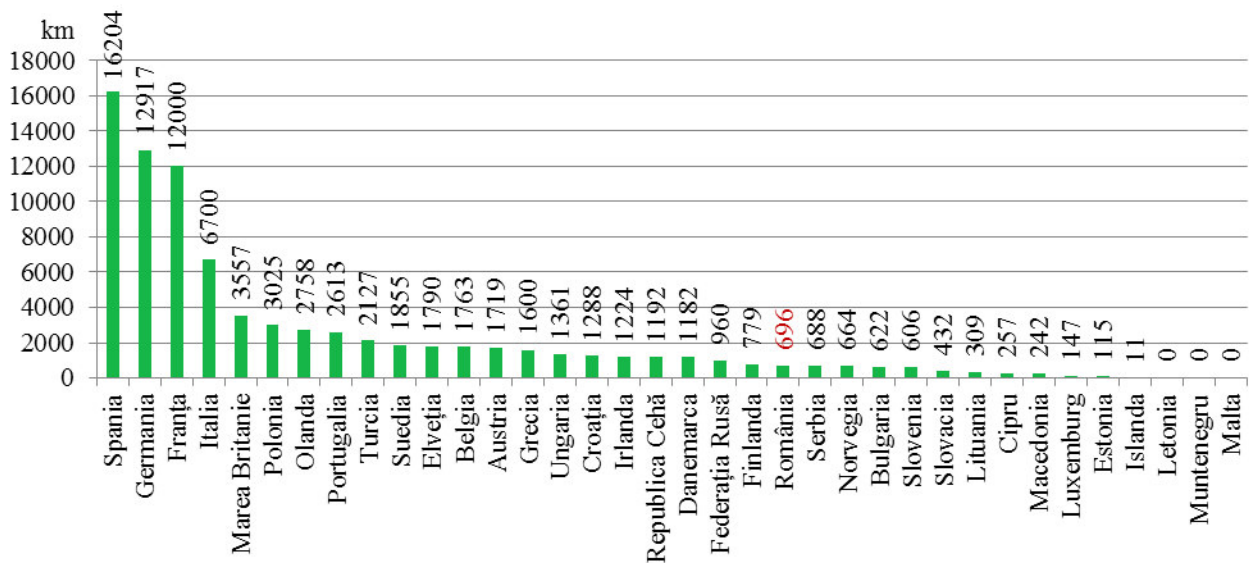


Fig. 2.4 Lungimi rețele de autostrăzi – Europa

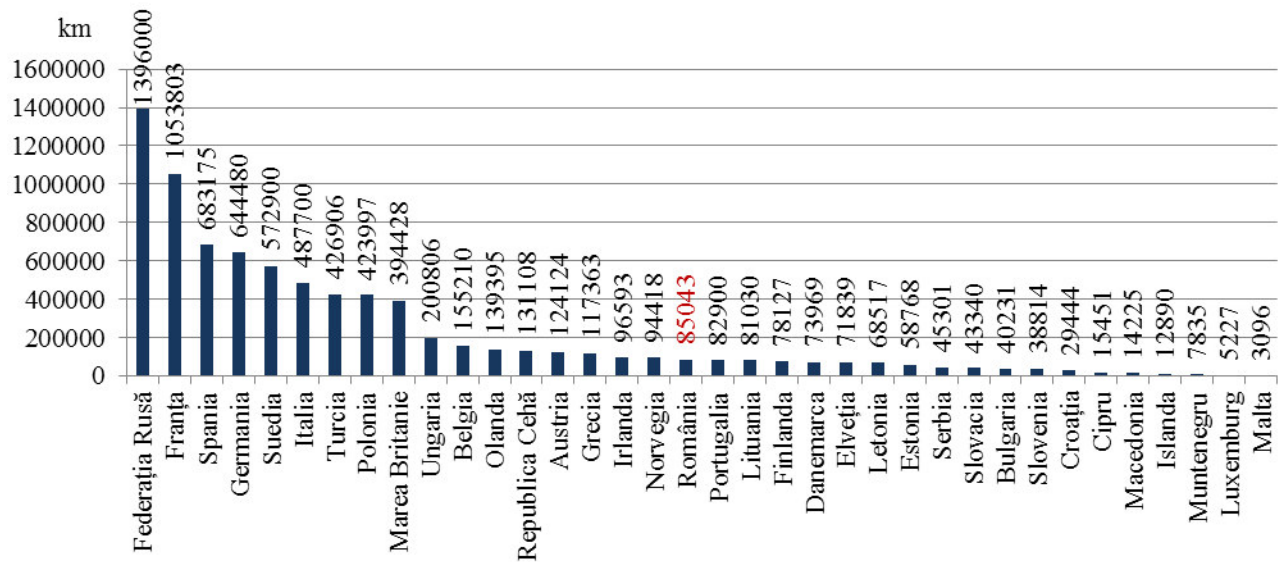


Fig. 2.5 Lungimi rețele de drumuri – Europa

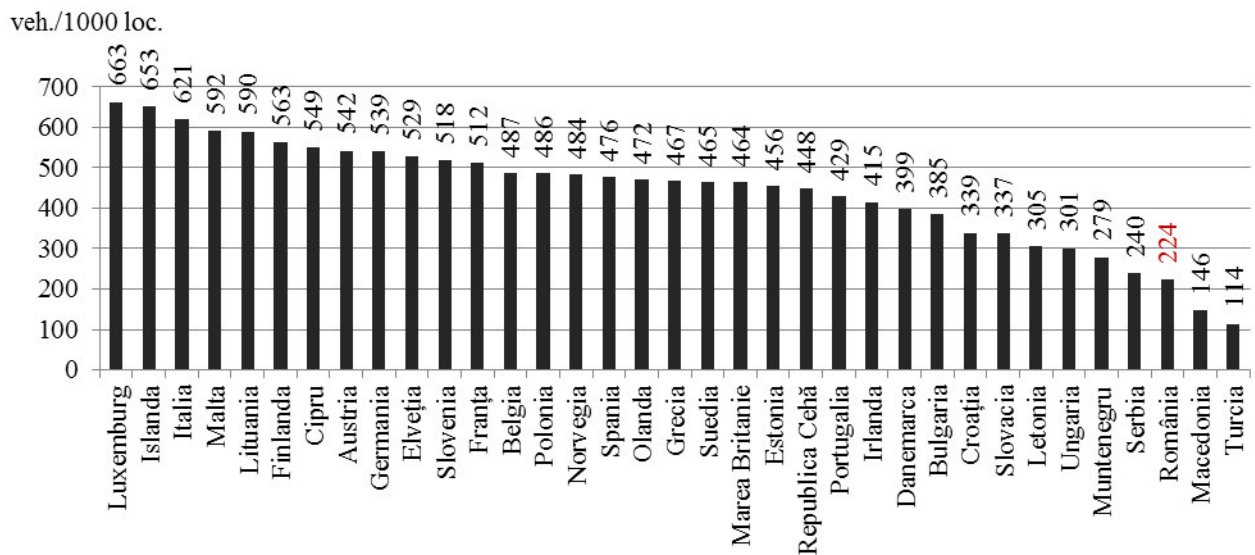


Fig. 2.6 Grade de motorizare – Europa (2012)

### 2.3.2 Rețeaua TEN-T

Rețelele trans-europene (eng. Trans-European Networks, TEN) reprezintă structuri care interconectează regiuni ale Europei, cu scopul dezvoltării economice, a pieței comune și a tranzitului liber. TEN cuprind 3 (trei) tipuri de rețele:

- rețele de transport (eng. Trans-European Transport Networks, TEN-T);
- rețele de energie (eng. Trans-European Energy Networks, TEN-E);
- rețele de telecomunicații (eng. Trans-European Telecommunications Networks, eTEN).

Principiul rețelilor de transport TEN-T a fost adoptat în 1996 [40]. Aceste rețele cuprind dezvoltarea coordonată a drumurilor, căilor ferate, aeroporturilor, râurilor navigabile, porturilor și sistemelor de monitorizare a traficului, în vederea uniformizării rețelilor de transport ale statelor membre U.E. și a optimizării desfășurării circulației persoanelor și mărfurilor [50].

Sistemul TEN-T se bazează pe elemente de infrastructură existente și proiectate, care formează rețeaua de coridoare TEN-T. Acestea cuprind două categorii de elemente:

- rețeaua completă: o rețea multimodală care se extinde în toate regiunile statelor membre U.E., în vederea dezvoltării social-economice;
- rețeaua de nucleu: o parte a rețelei complete, având importanță strategică în vederea desfășurării transporturilor de persoane și mărfuri la nivel european.

În vederea implementării acestor proiecte, s-a dezvoltat o rețea de coridoare TEN-T, cu următoarele scopuri de bază [40]:

- fluidizarea transporturilor rutiere;
- promovarea intermodalității;
- dezvoltarea transportului de mărfuri pe calea ferată;
- reducerea emisiilor de substanțe nocive;
- creșterea siguranței circulației.

Dezvoltarea celor 9 (nouă) coridoare de nucleu TEN-T (Tab. 2.1) este susținută și finanțată de către Comisia Europeană [40].

Tab. 2.1 Coridoare de nucleu TEN-T

Coridor	Denumire	Caracteristici principale	Proiecte de bază
1	Scandinavian – Mediteranean	conexiune între centrele urbane și porturile din nordul Europei de zonele industriale din centrul Europei și Italia	Tunelul Fehmarn (GER-DEN) Tunelul Brenner (AUT-ITA)
2	Marea Nordului – Marea Baltică	conexiune între porturile de la Marea Nordului (Belgia, Olanda, Germania) și cele de pe țărmul estic al Mării Baltice (țările baltice și Finlanda)	Calea ferată ”Rail Baltica”
3	Marea Nordului – Marea Mediterană	conexiune între Insulele Britanice (Irlanda și Marea Britanie) și sudul Franței, prin Benelux	
4	Marea Baltică – Marea Adriatică	conexiune între Marea Baltică și Marea Adriatică, prin zonele industriale din sudul Poloniei și centrul Europei (Polonia, Cehia, Slovacia, Austria, Italia, Slovenia)	Tunelul Semmering (Austria); Calea ferată Koralm (Austria) Treceri ale frontierei între Polonia, Cehia, Slovacia
5	Orient – EstMed	conexiune între Marea Nordului, Marea Baltică, Marea Neagră și Marea Mediterană, prin Germania, Cehia, zona panonică și sud-estul Europei	
6	Rin – Alpin	conexiune între porturile Rotterdam și Antwerp, respectiv Genoa, prin regiunea Rin-Ruhr, Elveția și nordul Italiei	conexiuni prin tunele între Italia, Elveția și Germania
7	Atlantic	conexiune între vestul Peninsulei Iberice, coasta Atlantică și nord-estul Franței	
8	Rin – Dunăre	conexiune între centrul Germaniei și Marea Neagră, pe cursul Dunării, cu legături către Cehia, Slovacia și Ucraina	
9	Mediteranean	conexiune între sudul și estul Peninsulei Iberice, respectiv Câmpia Panonică, prin sudul Franței și nordul Italiei	conexiunile Lyon – Torino și Veneția – Ljubljana



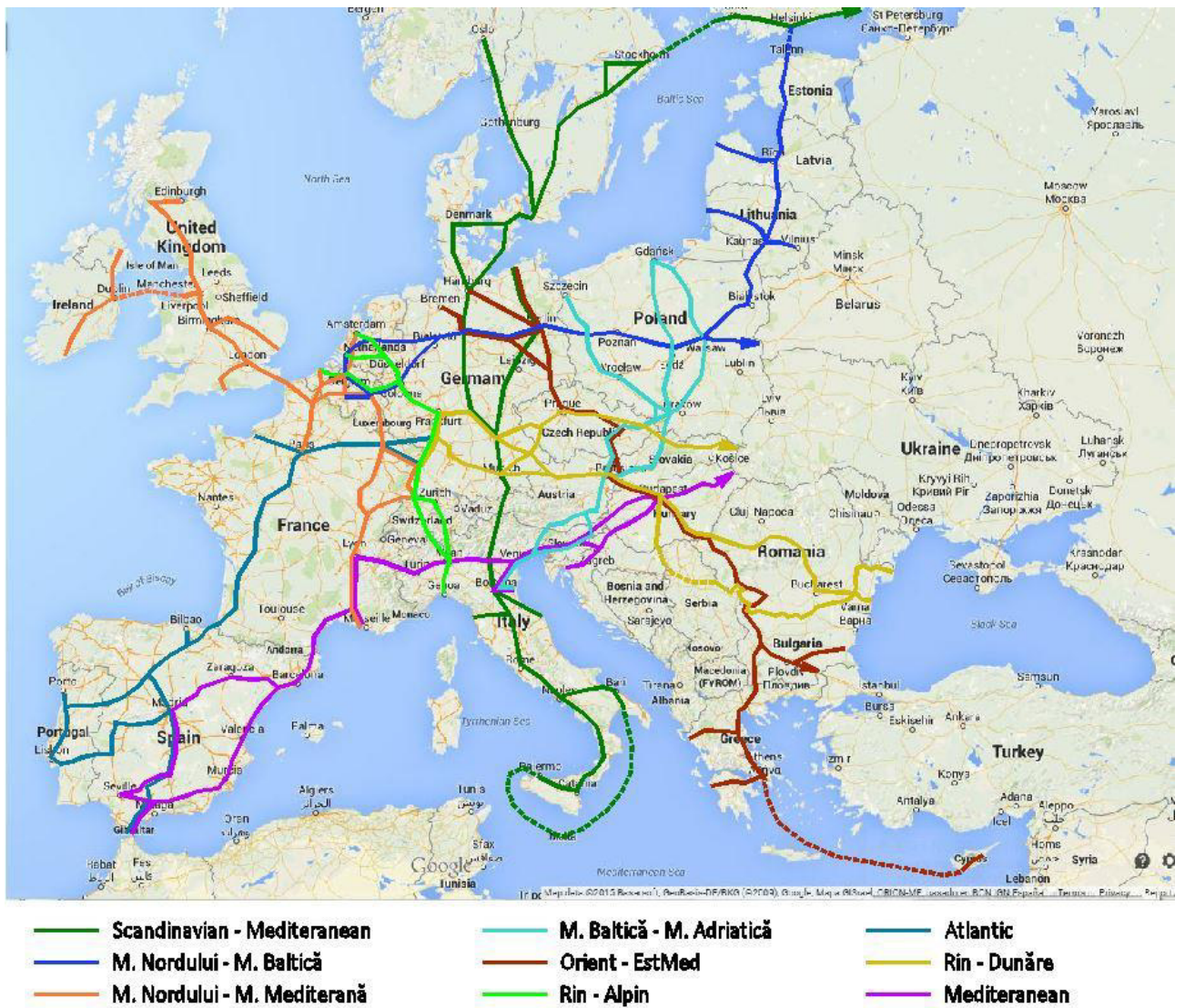


Fig. 2.7 Harta coridoare de nucleu TEN-T  
(sursa hartă: Google Maps)

## 2.4 Situația drumurilor în România

### 2.4.1 Clasificare

În România, drumurile sunt destinate circulației private sau publice [95].

Drumurile de circulație privată sunt administrate de către persoane fizice sau juridice, ele fiind destinate cerințelor proprii de transport rutier și pietonal spre anumite obiective.

Drumurile publice se împart, din punct de vedere funcțional și administrativ-teritorial, în 3 (trei) categorii (Tab. 2.2) [95]. Ele sunt administrate din fonduri publice și sunt cuprind drumuri de interes public, destinate circulației rutiere și pietonale.

Tab. 2.2 Clasificare drumuri publice

Nr. crt.	Categorie drum public	Subcategorie drum public
1	de interes național	<ul style="list-style-type: none"> <li>• autostrăzi;</li> <li>• drumuri expres;</li> <li>• drumuri naționale europene;</li> <li>• drumuri naționale principale;</li> <li>• drumuri naționale secundare.</li> </ul>
2	de interes județean	<ul style="list-style-type: none"> <li>• drumuri județene.</li> </ul>

Nr. crt.	Categorie drum public	Subcategorii drum public
3	de interes local	<ul style="list-style-type: none"> <li>• drumuri comunale;</li> <li>• drumuri vicinale;</li> <li>• străzi.</li> </ul>

## 2.4.2 Rețeaua de drumuri și autostrăzi

În prezent, lungimea totală a drumurilor publice din România încadrate cel puțin ca drumuri comunale este de 85.043 km (Tab. 2.3) [35].

Tab. 2.3 Lungimi totale drumuri – România, mai 2015

Nr.crt.	Categorie drum	Lungime totală [km]
1	autostrăzi	696
2	variante ocolitoare	249
3	drumuri naționale	16.117
4	drumuri județene	35.557
5	drumuri comunale	32.423
TOTAL		85.043

Județele cu rețelele cele mai extinse de drumuri comunale (Fig. 2.8, Fig. 2.9) sunt [35]:

- Argeș (1755 km);
- Hunedoara (1506 km);
- Bihor (1485 km).

La polul opus se găsesc [35]:

- Giurgiu (309 km);
- Călărași (146 km);
- Ilfov (136 km).

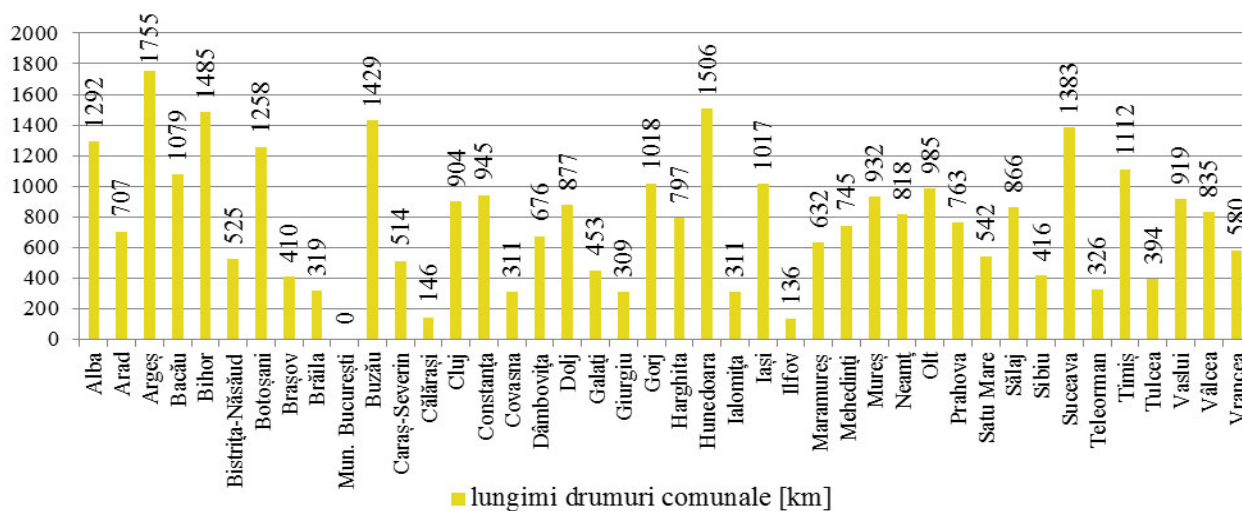


Fig. 2.8 Lungimi drumuri comunale

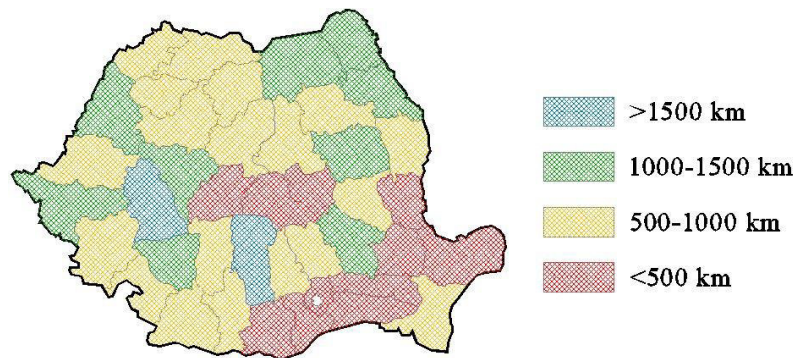


Fig. 2.9 Harta lungimi drumuri comunale/județe

În privința drumurilor județene (Fig. 2.10, Fig. 2.11), rețelele cele mai dezvoltate se găsesc în [35]:

- Hunedoara (1384 km);
- Cluj (1278 km);
- Timiș (1276 km).

Județele cu rețele puțin dezvoltate sunt [35]:

- Ialomița (507 km);
- Ilfov (417 km);
- Covasna (298 km).

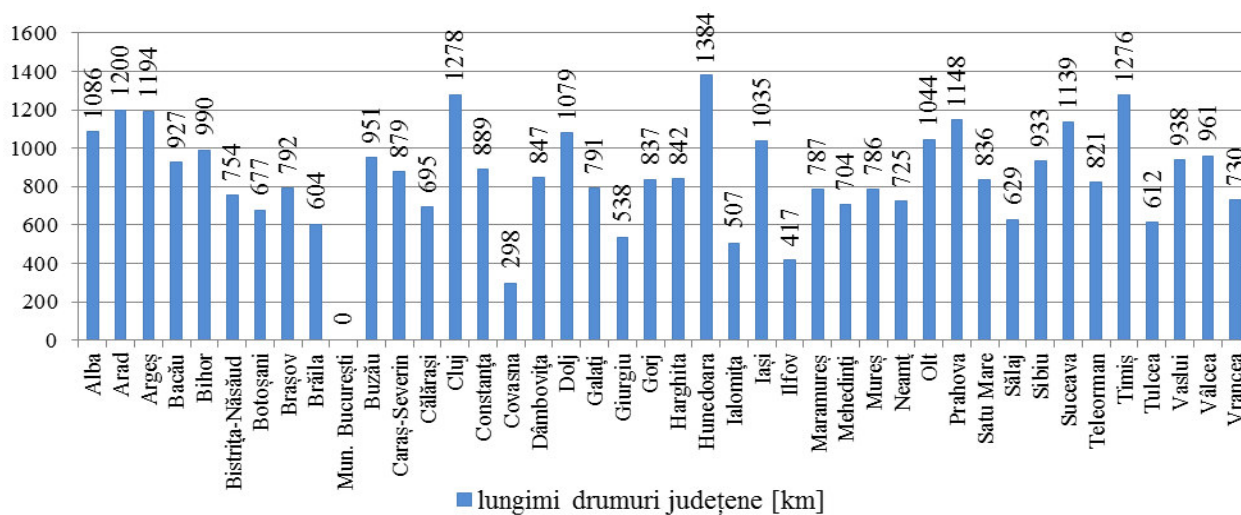


Fig. 2.10 Lungimi drumuri județene

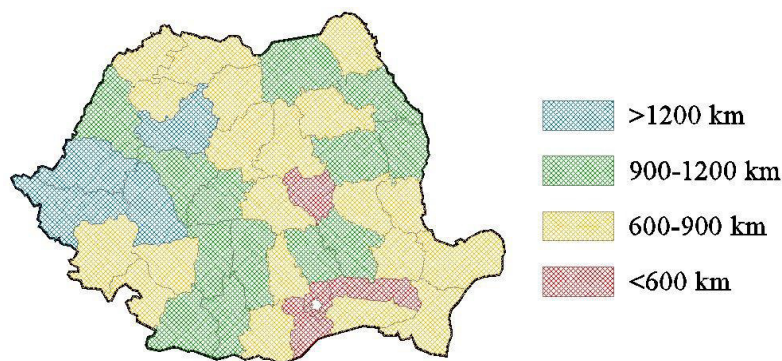


Fig. 2.11 Harta lungimi drumuri județene/județe

Județele cu rețelele cele mai extinse de drumuri naționale (Fig. 2.12, Fig. 2.13) sunt [35]:

- Suceava (632 km);
- Caraș-Severin (566 km);
- Argeș (548 km).



Cu excepția drumurilor naționale aflate pe teritoriul administrativ al municipiului București, rețelele mai puțin extinse se găsesc în [35]:

- Brăila (264 km);
- Sibiu (237 km);
- Ilfov (126 km).

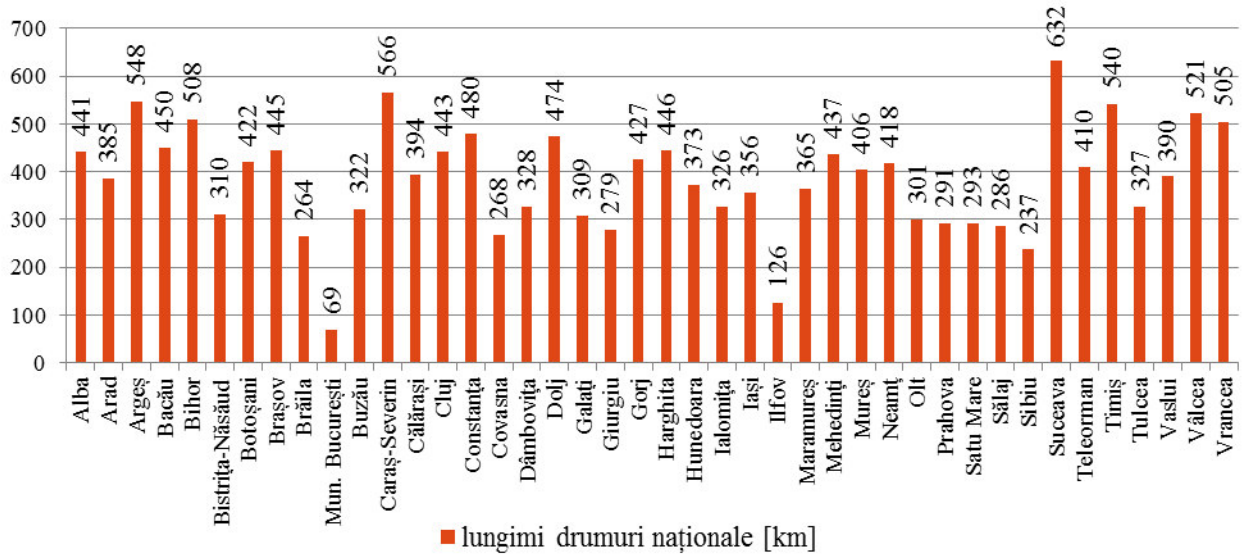


Fig. 2.12 Lungimi drumuri naționale

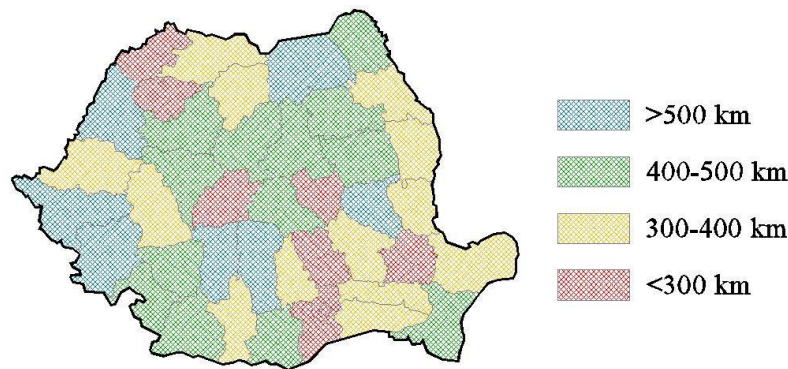


Fig. 2.13 Harta lungimi drumuri naționale/județe

În privința autostrăzilor, România dispune în prezent de circa 700 km funcționali și circa 240 km în execuție (Fig. 2.14, Fig. 2.15) [35][57].

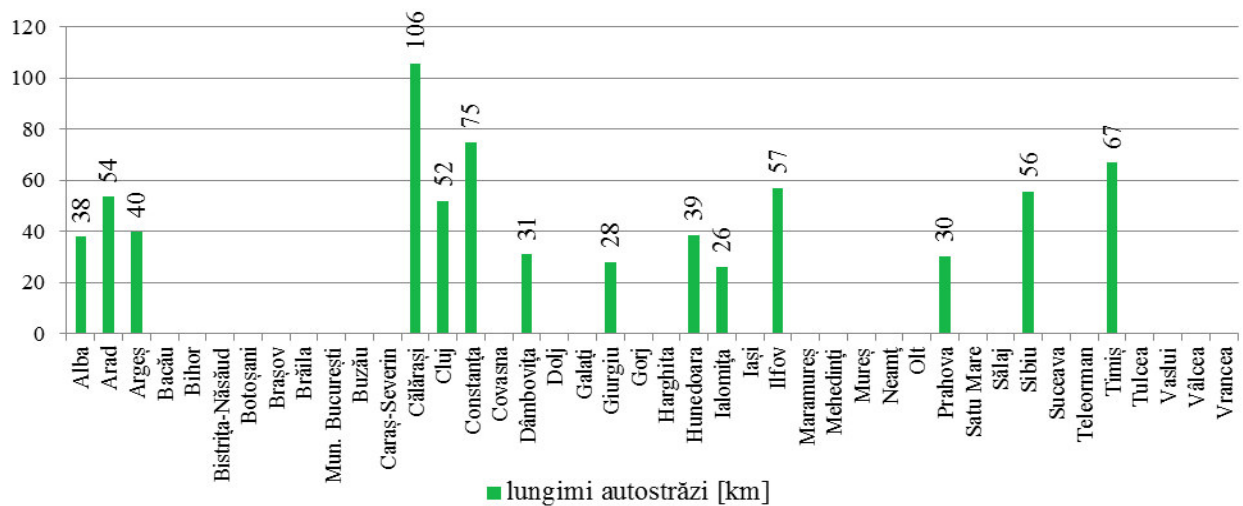


Fig. 2.14 Lungimi autostrăzi/județe



Fig. 2.15 Rețea autostrăzi – România, mai 2015  
(harta Google Maps)

Lungimea rețelei naționale de autostrăzi a evoluat în ultima decadă (Fig. 2.16), însă dezvoltarea a fost marcată de numeroase amânări și modificări, conducând astfel la costuri suplimentare, întâzieri și o necorelare generală spațială și temporală.

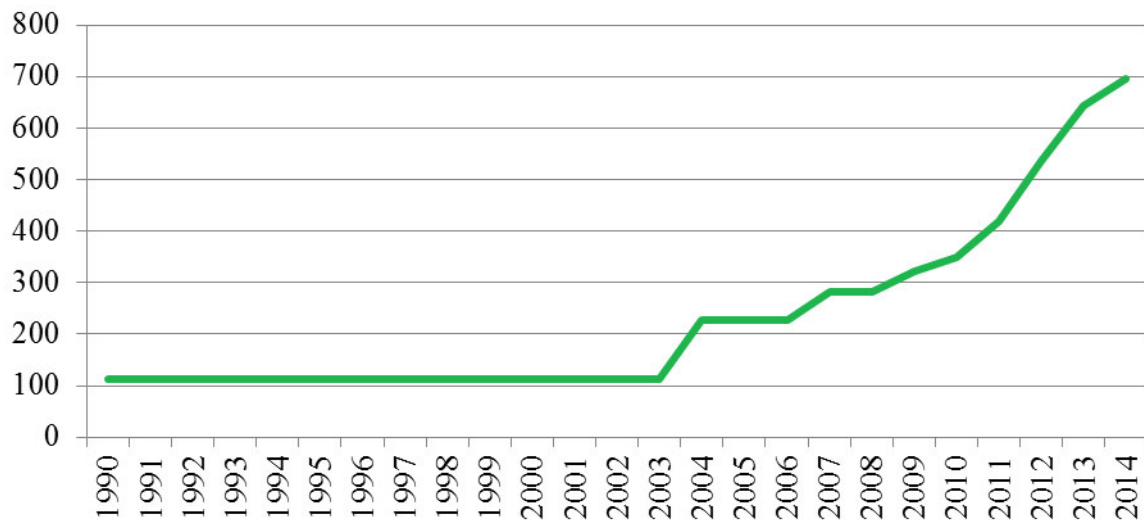


Fig. 2.16 Evoluție lungime rețea autostrăzi - România

Conform informațiilor oficiale [20] gradul de motorizare în România a evoluat de la 2 autoveh./1000 loc. în 1970 până la 224 autoveh./1000 loc. în 2012 (Fig. 2.17).

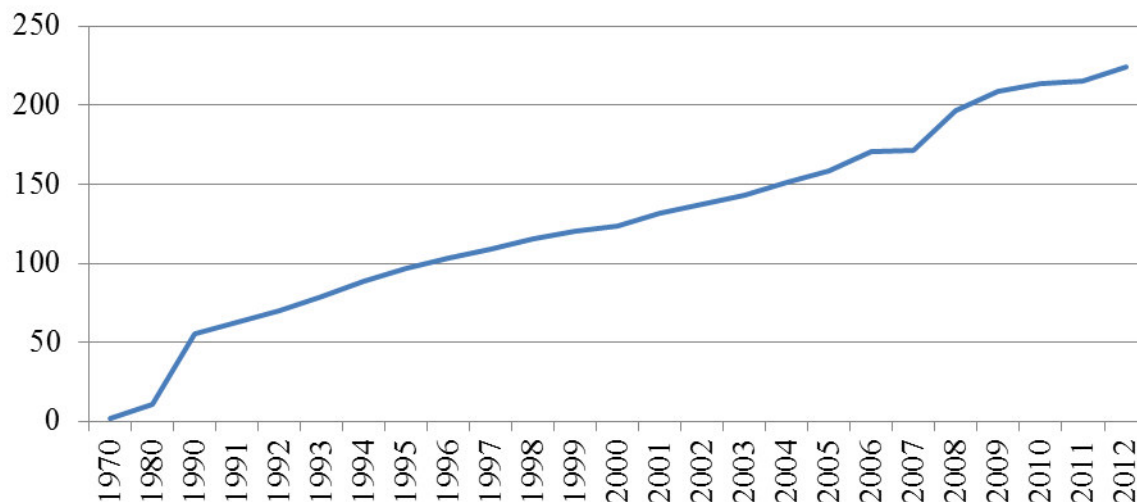


Fig. 2.17 Evoluție rata de motorizare – România

### 2.4.3 Rețeaua TEN-T

Pe teritoriul României se desfășoară segmente ale coridoarelor de nucleu TEN-T nr. 5 (Orient – EstMed), respectiv 8 (Rin – Dunăre) (Tab. 2.1, Fig. 2.7). Principalele avantaje ale implementării rețelelor de transport multimodale TEN-T sunt [40]:

- dezvoltarea competitivității pieței interne a României;
- creșterea numărului de locuri de muncă;
- îmbunătățirea rețelelor de transport;
- creșterea nivelului de trai;
- reducerea congestiei în trafic;
- reducerea emisiilor poluante;
- îmbunătățirea siguranței circulației.

### 2.5 Direcții de dezvoltare în România

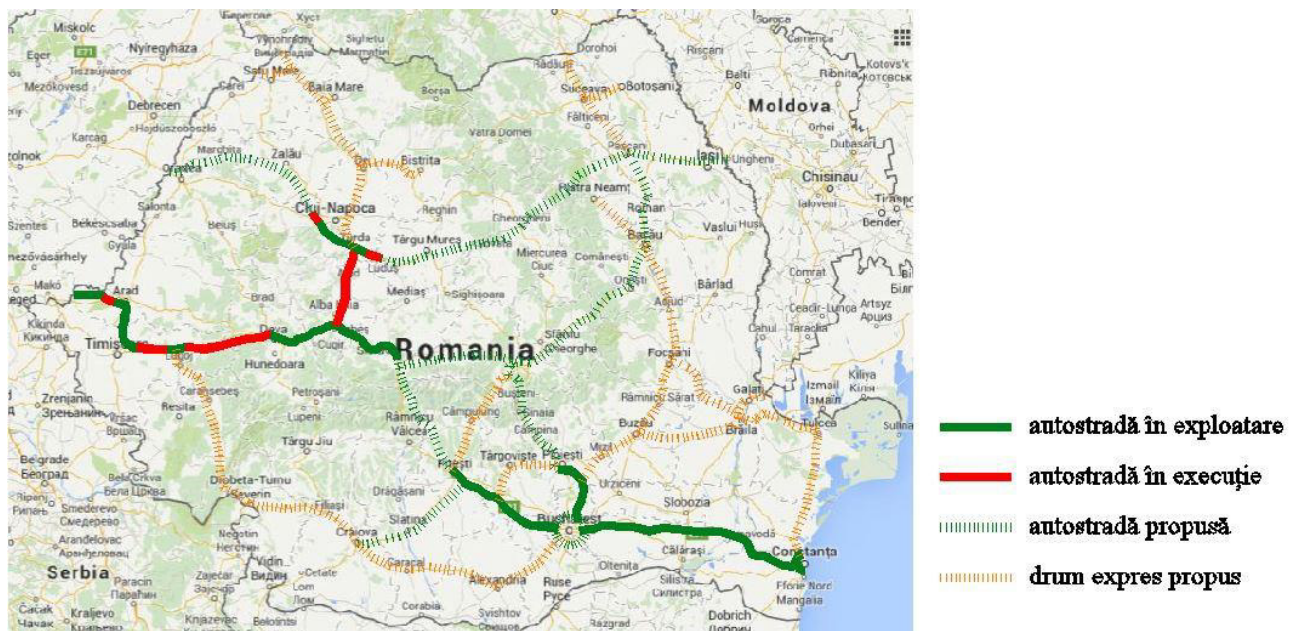
Principalele direcții de dezvoltare în privința rețelei de drumuri din România sunt detaliate în Master Planul General de Transport al României (MPGTR) [2]. Modificările aduse variantei inițiale elaborate în septembrie 2014 au condus la formularea unui memorandum [90], în februarie 2015. Conform acestuia, planul de dezvoltare a infrastructurii în România pentru perioada 2014 – 2030 prevede executarea a 1300 km de autostradă (Tab. 2.4, Fig. 2.18). Aceștia nu includ sectoarele aflate în prezent în execuție (Fig. 2.15). De asemenea, MPGTR prevede realizarea a 1826 km de drumuri expres, care să completeze rețeaua de transporturi rutiere propusă. Drumurile expres sunt similare autostrăzilor, prezentând însă unele diferențe, precum:

- raze de racordare în plan mai reduse;
- zonă mediană opțională;
- platforma drumului cuprinde minim 2 benzi de circulație;
- limite de viteză mai reduse decât pe autostrăzi;
- sunt permise intersecțiile cu alte drumuri, la același nivel, însă în număr limitat.



Tab. 2.4 Listă autostrăzi propuse, MPGTR 2014 – 2030

Nr. crt.	Sector autostradă	Lungime [km]
1	Sibiu - Pitești	116,6
2	Brașov - Bacău - Pașcani	241,2
3	Nădășel - Suplacu de Barcău - Borș	167,8
4	Tg. Mureș - Iași - Ungheni	318,8
5	Ploiești - Brașov - Sibiu	229,3
6	Craiova - Pitești	124,3
7	Inel București	102
TOTAL		1300

Fig. 2.18 Autostrăzi și drumuri expres propuse, MPGTR 2014 – 2030  
(sursa harta: Google Maps)

## 2.6 Rolul ingineriei de trafic

Ingineria de trafic rutier poate fi privită drept ramura transporturilor care se ocupă de planificarea, organizarea și proiectarea atât a operațiilor legate de traficul propriu-zis, cât și a rețelelor, terminalelor și a interacțiunii dintre drumuri și celelalte căi de comunicație [98][96]. Ingineria de transporturi are în vedere aplicarea principiilor științifico-tehnologice în cadrul planificării, proiectării funcționale, organizării și conducerii modurilor de transport [98][96]. Scopul acestor operații îl reprezintă deplasarea oamenilor și a bunurilor în condiții de siguranță, confort, eficiență, rapiditate și economie, protejând totodată mediul înconjurător.

Datorită complexității situațiilor și a factorilor care intervin, ingineria de trafic acoperă o paletă largă de aplicații. Totodată, există diferențe între diferite regiuni ale globului sau chiar în cadrul unui stat oarecare în ceea ce privește rețeaua rutieră, gradul de motorizare, planificarea urbană, distribuția obiectivelor și comportamentul participanților la trafic. Aceste diferențe, coroborate cu evoluția tehnologică și nevoia de a asigura mobilitate și accesibilitate, conduc la necesitatea implementării conceptelor de bază ale ingineriei de trafic, utilizând însă datele caracteristice regiunii respective.

Indiferent de situația în care se aplică principiile ingineriei de trafic, trebuie ținut cont în orice moment de faptul că unul din obiectivele de bază ale acesteia este asigurarea unor condiții sporite de siguranța circulației și îmbunătățirea continuă a acestora.

Cele trei elemente de bază ale traficului sunt:

- vehiculul;
- conducătorul vehiculului/participantul la trafic;
- mediul în care se desfășoară traficul.

Fluxul de trafic motorizat cuprinde o serie de utilizatori care, prin intermediul autovehiculelor, interacționează atât între ei, cât și cu elementele drumului și ale mediului înconjurător [98]. Datorită caracteristicilor diferite ale autovehiculelor și a comportamentelor distincte ale conducătorilor auto/participanților la trafic, fluxurile de trafic sunt variabile, chiar și în circumstanțe asemănătoare.

Mobilitatea reprezintă obiectivul de bază al transporturilor, având ca scop deplasarea persoanelor sau mărfurilor dintr-un punct de plecare către o destinație, în siguranță, în cel mai scurt timp posibil și utilizând pe cât posibil traseul cel mai scurt sau convenabil.

Pe de altă parte, accesibilitatea reprezintă posibilitatea utilizatorilor rețelei rutiere de a avea acces către diferite proprietăți publice sau private, obiective industriale, sociale, economice sau culturale. Acest aspect implică adaptarea regimului de circulație în funcție de locație și destinația sectorului respectiv de drum.

Principalele elemente ale ingineriei de trafic sunt următoarele [98]:

- studiile de trafic și caracteristicile sale;
- evaluarea performanței;
- proiectarea drumurilor și a elementelor funcționale adiționale;
- controlul traficului;
- operațiuni legate de trafic;
- administrarea sistemelor de transport;
- sistemele inteligente de transport.

### **2.6.1 Studiile de trafic și caracteristicile sale**

Aceste studii au la bază colectarea și analiza datelor caracteristice pentru trafic, precum:

- volume de trafic;
- viteze;
- timpi de deplasare;
- întârzieri;
- accidente;
- date referitoare la originile și destinațiile traseelor parcurse;
- transport intermodal etc.

### **2.6.2 Evaluarea performanței**

Evaluarea performanței unui drum ori sector de drum se realizează în general utilizând conceptele de calitate a traficului și nivelurile de serviciu. Măsurarea indicilor de performanță implică evaluarea capacității de circulație și conduce la atribuirea unui nivel de serviciu de la A la F (calitativ descrescător).

### **2.6.3 Proiectarea drumurilor și a elementelor funcționale adiționale**

Aceste atribuții revin efectiv inginerilor proiectanți de drumuri și structuri. Cu toate acestea, ingineria de trafic presupune asigurarea funcționalității căilor de comunicație, fapt ce conduce la implicarea în fazele de proiectare ale unui drum și ale elementelor sale suplimentare.

### **2.6.4 Controlul traficului**

Controlul traficului reprezintă stabilirea regulilor de circulație de pe un drum ori sector de drum și comunicarea lor către utilizatori prin semne, marcaje și semnale.

### **2.6.5 Operațiunile legate de trafic**

Aceste operațiuni se referă la măsuri care influențează operativitatea și funcționalitatea unei rețele de drumuri. Astfel de operațiuni includ, dar nu se rezumă la:

- reglementarea sensurilor unice pe anumite drumuri;
- operațiuni de tranzit;



- sisteme de monitorizare și supraveghere;
- sisteme de control.

## **2.6.6 Administrarea sistemelor de transport**

Activitatea de administrare a sistemelor de transport are ca scop optimizarea rețelei de drumuri și asigurarea operativității acesteia.

### **2.6.7 Sistemele inteligente de transport**

Sistemele inteligente de transport (eng. Intelligent Transport Systems, ITS) sunt aplicații avansate care furnizează servicii referitoare la diferite moduri de transport, oferind utilizatorilor posibilitatea de a utiliza eficient și în siguranță rețeaua de transport, pe baza informațiilor obținute. Sistemele ITS se bazează pe utilizarea aplicațiilor electronice (software), a telecomunicațiilor și a tehnologiei informației în ingineria de trafic, în vederea proiectării, utilizării și întreținerii sistemelor de transport.

## CAP. 3 SISTEME DE MONITORIZARE A DRUMURILOR

### 3.1 Necesitatea realizării sistemelor de monitorizare a drumurilor

La nivel mondial, dezvoltarea rețelei de drumuri s-a realizat într-un ritm inferior evoluției automobilului. După încheierea celui de-al doilea război mondial, numărul autovehiculelor a fost într-o continuă creștere. Acest lucru a contribuit la implementarea sau continuarea unor proiecte de extindere a rețelei de drumuri. Rețeaua federală de autostrăzi a S.U.A. reprezintă unul dintre cele mai mari proiecte de infrastructură din istorie, început în 1956. Rețeaua de autostrăzi a Germaniei își are originile în perioada interbelică. Lucrările, întrerupte în perioada celui de-al doilea război mondial, au fost continuate începând cu anii 1950. În ciuda unor proiecte de mare anvergură, precum rețelele dezvoltate de autostrăzi, creșterea volumului de trafic a condus la necesitatea asigurării unei capacități corespunzătoare de circulație. Inițial, s-a mizat pe extinderea rețelei de drumuri până la nivelul la care se elimină congestia în trafic. Treptat însă, s-a ajuns la concluzia că această strategie nu este sustenabilă, datorită costurilor ridicate de construcție și întreținere [1].

La scurt timp, s-a constatat faptul că se impune utilizarea eficientă și inteligentă a rețelelor de drumuri existente, pentru a se evita construcțiile excesive. În anul 1991 s-a oficializat introducerea sistemelor inteligente de transport (eng. Intelligent Transport Systems, ITS). Principalul rol al acestora este de a utiliza rețeaua existentă de drumuri într-un mod eficient și de a limita extinderea necontrolată a construcțiilor [1]. O altă problemă a fost creșterea dependenței de autovehicule a populației. Facilitățile oferite de deplasarea motorizată, independentă, au condus la ridicarea gradului de motorizare. În consecință, eficientizarea rețelei de drumuri a fost însoțită atât de modernizarea și dezvoltarea transporturilor în comun, precum și de evoluția intermodalității. Intermodalitatea se referă la transportul de pasageri sau mărfuri utilizând cel puțin două mijloace de transport diferite. Unul din principalele scopuri ale acestui concept este de a descuraja utilizarea automobilului și de a încuraja și dezvolta transportul în comun. Centrele de transfer între diferitele moduri de transport se numesc noduri intermodale.

Sistemele ITS sunt aplicații avansate care furnizează servicii referitoare la diferite moduri de transport, oferind utilizatorilor posibilitatea de a folosi eficient și în siguranță rețeaua de transport, pe baza informațiilor obținute. Sistemele ITS se bazează pe utilizarea aplicațiilor electronice (software), a telecomunicațiilor și a tehnologiei informației în ingineria de trafic, în vederea proiectării, utilizării și întreținerii sistemelor de transport.

ITS sunt denumite „inteligente” deoarece furnizează operatorilor și utilizatorilor rețelei de drumuri informații referitoare la condițiile de trafic și interacțiunea dintre diferiți parametri. Actul legislativ care guvernează implementarea și utilizarea sistemelor ITS în cadrul U.E. este Directiva nr. 2010/40/EU. Prevederile acesteia au fost legiferate în România prin Ordonanța de Guvern nr. 7/2012, privind implementarea sistemelor de transport inteligente în domeniul transportului rutier și pentru realizarea interfețelor cu alte moduri de transport.

Dezvoltarea economică a unui stat sau a unei regiuni este strâns legat de nivelul de dezvoltare al rețelei de transporturi. Creșterea volumului de trafic este un fenomen care se manifestă în general la nivel mondial, cu precădere în statele dezvoltate sau în curs de dezvoltare. Astfel, necesitatea asigurării mobilității și accesibilității conduce la congestie în trafic. Acest lucru este însoțit de: creșteri ale timpilor de deplasare, consum sporit de combustibil, precum și de efecte nocive asupra mediului înconjurător.

În consecință, răspunsul la aceste provocări nu se poate limita la măsuri tradiționale, precum extinderea rețelei de drumuri. Soluțiile optime trebuie să se bazeze pe tehnologii noi, inovatoare [16]. Inovația tehnologică este esențială pentru dezvoltarea sustenabilă, eficientă și competitivă a mobilității și accesibilității. Sistemele de monitorizare a drumurilor reprezintă o soluție viabilă în privința problemelor care apar în domeniul transportului rutier.

Principalele scopuri ale utilizării sistemelor ITS de monitorizare a drumurilor sunt următoarele [16]:

- eficientizarea sistemelor de transport;
- utilizarea optimă a informațiilor furnizate de către sistemele ITS;
- reducerea timpilor de deplasare;

- reducerea congestiei;
- utilizarea rațională a rețelei de drumuri;
- îmbunătățirea siguranței circulației;
- reducerea efectelor negative asupra mediului înconjurător;
- îmbunătățirea mobilității și accesibilității, în special în mediul urban;
- creșterea competitivității economice.

La nivelul Uniunii Europene, se urmărește implementarea următoarelor axe prioritare [16]:

- o rețea internațională de informare a utilizatorilor asupra transportului multimodal;
- o rețea internațională de informare în timp real a utilizatorilor asupra condițiilor de trafic;
- proceduri pentru furnizarea de informații asupra condițiilor de trafic și asupra măsurilor de îmbunătățire a siguranței circulației;
- adoptarea programului eCall de asistență în caz de accident rutier;
- furnizarea de informații asupra posibilităților de parcare sau de rezervare a unui loc de parcare, în special pentru vehicule grele;
- cooperarea și coordonarea programelor de monitorizare a drumurilor la nivel internațional.

Concret, în ceea ce privește sistemele de monitorizare a drumurilor, prioritățile Uniunii Europene sunt concentrate asupra următoarelor aspecte [24]:

- disponibilitatea și accesibilitatea informațiilor legate de rețeaua de drumuri și condițiile de desfășurare a traficului rutier;
- facilitarea schimburilor de informații dintre autorități și furnizorii din domeniul ITS;
- actualizarea informațiilor și utilizarea datelor în timp real.

Având în vedere creșterea continuă a volumelor de trafic, precum și necesitatea organizării sale în vederea asigurării unui flux cât mai fluid, rolul ITS devine primordial. Starea și evoluția traficului sunt monitorizate în mod constant utilizând o gamă variată de sisteme. Dezvoltarea noilor tehnologii utilizate în ingineria de trafic este esențială pentru evoluția metodelor de organizare a fluxului și pentru evaluarea performanțelor sistemelor de transport [4].

Planul de acțiune referitor la implementarea sistemelor ITS la nivelul U.E. are drept principii de bază accelerarea și coordonarea introducerii elementelor ITS în transportul rutier. Una din priorități implică utilizarea optimă a informațiilor tehnice referitoare la rețeaua de drumuri, a datelor de trafic, respectiv a tendințelor de deplasare a populației. Sistemele de monitorizare a drumurilor pot contribui semnificativ la eficientizarea rețelelor de transport [24].

Obiectivele în domeniul ITS au în vedere eficientizarea și îmbunătățirea siguranței circulației. De asemenea, se urmărește îmbunătățirea interacțiunii dintre diferite moduri de transport și reducerea efectelor negative asupra mediului înconjurător. Unul din modurile în care se realizează acest lucru este intermodalitatea. Utilizarea eficientă a sistemelor de monitorizare a drumurilor implică nu doar colectarea și distribuirea cu acuratețe a datelor de trafic, ci și disponibilitatea lor pe teritoriul mai multor state.

### 3.2 Subsisteme ITS

Unul din scopurile de bază ale ITS este utilizarea eficientă a capacității de circulație existente. Acest lucru se poate realiza prin adoptarea următoarelor măsuri:

- îmbunătățirea distribuției traficului;
- adoptarea unor semnale dinamice de redirectionare a traficului din zonele congestionate către segmente cu rezerve de capacitate;
- eliminarea zonelor de „strangulare”.

De asemenea, dezvoltarea aplicațiilor software utilizate în ingineria de trafic a facilitat implementarea unor modele de simulare a traficului, a unor aplicații de optimizare a intersecțiilor semaforizate, precum și a altor sisteme similare [109]. Sistemele ITS cuprind:

- sisteme de management avansat al traficului (eng. Advanced Traffic Management Systems, ATMS);

- sisteme avansate de informare a călătorilor (eng. Advanced Traveler Information Systems, ATIS);
- sisteme active de organizare a traficului (eng. Active Traffic Demand Management, ATDM);
- sisteme avansate de control al vehiculelor (eng. Advanced Vehicle Control Systems, AVCS);
- sisteme avansate pentru autostrăzi (eng. Advanced Highway Systems, AHS).

ATMS și ATIS includ sisteme care colectează informații detaliate despre modul de desfășurare a traficului, bazate în general pe detecția vehiculelor. De asemenea, aceste sisteme furnizează informații relevante participanților la trafic, contribuind la ghidarea lor eficientă, în funcție de interes. ATMS includ semafoare, semnale luminoase, sisteme de control al vitezei, detectoare, sisteme de management al benzilor de circulație, precum și alte dispozitive care, pe baza informațiilor colectate, contribuie la optimizarea desfășurării traficului.

În general, se militează pentru organizarea ATMS și ATIS în centre de organizare a traficului (eng. Traffic Management Centre, TMC). Informațiile colectate utilizând ATMS sunt prelucrate în cadrul TMC, cu scopul formulării de informații și recomandări transmise conducătorilor auto prin sistemele ATIS (panouri informative, GPS etc.).

Dispozitivele AVCS (ABS, ESP, reglatoare de viteză etc.) au rolul de a asista conducătorii auto, prin îmbunătățirea performanțelor vehiculelor. Scopul de bază al AVCS este de a spori siguranța circulației.

Automatizarea completă poate fi aplicată fie vehiculelor individuale într-un flux de trafic neautomatizat, fie unui sector de drum sau autostradă (AHS) care să asigure deplasarea vehiculelor controlate electronic. Aceste concepte sunt încă în stadii incipiente. În prezent, o alternativă fezabilă la AHS este dezvoltarea sistemelor inteligente de asistență rutieră instalate pe autovehicule. Scopurile acestora variază de la asistența la parcare și păstrarea unei distanțe față de vehiculul din față până la a detecta obstacole apărute pe carosabil, a atenționa șoferul în caz că adoarme la volan și a acționa frânele în caz de urgență.

Principalele diferențe între ATMS și ATIS pe de o parte, respectiv AVCS pe de altă parte, se referă la obiectivele urmărite. ATMS și ATIS au drept scop principal fluidizarea desfășurării traficului, pe baza utilizării optime a sistemelor de monitorizare și control al drumurilor. Sistemele AVCS sunt concentrate asupra șoferului și vehiculului, contribuind la desfășurarea în condiții de siguranță a traficului.

### **3.3 Sisteme de monitorizare cunoscute și utilizate**

#### **3.3.1 Clasificare**

Principala utilitate a aplicațiilor electronice dezvoltate pentru ingineria de trafic este de a contribui la înțelegerea și rezolvarea problemelor de desfășurare a fluxului de trafic. Astfel, în ultimii 20-25 de ani s-au dezvoltat soluții inteligente pentru monitorizarea traficului rutier, care includ aplicații referitoare la [109]:

- analiza nivelului de zgomot;
- recenzii pentru ramurile unei intersecții;
- recenzii ale volumelor de trafic pe un drum;
- măsurarea vitezelor instantanee de deplasare ale vehiculelor;
- evaluarea vitezelor medii de deplasare ale vehiculelor;
- evaluarea procentajelor de vehicule grele înregistrate;
- evaluarea încărcărilor din trafic;
- controlul greutății pe osii și verificarea tonajelor autovehiculelor monitorizate;
- recenzii ale numărului de biciclete;
- măsurarea timpilor de deplasare ale vehiculelor între anumite puncte etc.

Principalele efecte și soluții pe care aceste sisteme le furnizează sunt următoarele:

- îmbunătățirea siguranței circulației;
- adoptarea unor măsuri pentru limitarea vitezelor de deplasare;

- implementarea unor sisteme de informare online asupra condițiilor de trafic pe un anumit sector de drum, inclusiv în timp real;
- conceperea unor aplicații de prelucrare a datelor colectate de multiple sisteme de monitorizare a drumurilor;
- posibilitatea detectării autovehiculelor care se deplasează cu suprasarcină.

Sistemele de monitorizare a drumurilor se împart în 2 (două) categorii de bază: intruzive și neintruzive [85]. Principala diferență dintre ele se referă la afectarea directă a structurii rutiere și efectele asupra desfășurării traficului. De asemenea, există și dispozitive de monitorizare externe, bazate pe tehnologii care nu au legătură directă cu sectorul de drum studiat [5]. Fiecare tip de tehnologie presupune avantaje și dezavantaje (Tab. 3.1), utilizarea lor depinzând de o serie de factori. În general, sistemele intruzive furnizează informații mai complete decât celelalte tipuri de dispozitive. Utilitatea lor depinde însă de posibilitatea de a fi instalate pe sectorul de drum studiat [91].

Tab. 3.1 Comparație sisteme de monitorizare

Tip sistem	intruziv	neintruziv	extern
Caracteristici	<ul style="list-style-type: none"> <li>• instalate direct în structura rutieră;</li> <li>• rezultate concludente;</li> <li>• necesită întreruperea traficului pentru instalare sau reparații;</li> <li>• afectate de lucrări de întreținere a drumurilor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nu necesită instalarea în structura rutieră;</li> <li>• unele sisteme necesită construcții-suport auxiliare.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sunt independente de sectorul de drum studiat;</li> <li>• sunt mobile și pot fi utilizate în diverse situații;</li> <li>• nu afectează desfășurarea traficului rutier.</li> </ul>
Exemple	<ul style="list-style-type: none"> <li>• tuburi pneumatice;</li> <li>• bucle inductive;</li> <li>• senzori piezoelectrice;</li> <li>• sisteme de cântărire în mișcare (WIM);</li> <li>• senzori magnetici.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• detectoare cu infraroșu, radar, ultrasonice sau cu Bluetooth;</li> <li>• sisteme cu laser;</li> <li>• supraveghere video.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• transmițătoare amplasate pe vehicule de probă;</li> <li>• detectoare mobile.</li> </ul>

Principalele sisteme de monitorizare a traficului rutier sunt următoarele [4][91]:

### 3.3.1.1 Tuburi pneumatice

Tuburile pneumatice (Fig. 3.1) reprezintă o tehnologie des utilizată în cazul monitorizărilor temporare de trafic. Ele cuprind senzori sensibili la presiune, amplasați pe suprafața de rulare. Înregistrarea vehiculelor se realizează pe baza modificărilor de presiune din interiorul lor. Utilizarea a două tuburi paralele permite determinarea vitezelor de deplasare și a distanțelor dintre osii. Informațiile sunt colectate și prelucrate de un contor amplasat la marginea drumului.

Principalele avantaje ale tuburilor pneumatice sunt următoarele:

- costuri reduse;
- ușor de utilizat, în special în cazul recensămintelor de trafic;
- tehnologie comună.

Printre dezavantaje acestei tehnologii se numără:

- acuratețe scăzută în condiții de trafic congestionat sau pe sectoare intens circulate;
- dificultatea tehnologică a instalării peste mai multe benzi de circulație;
- dacă se dorește divizarea volumului de trafic pe benzi de circulație, un tub se poate utiliza pentru o singură bandă. Această dificultate a fost întâmpinată de evoluțiile tehnologice recente, care au permis instalarea de tuburi parțial sensibile la presiune, doar pe anumite tronsoane ale acestora;
- sensibilitate la condiții meteorologice [85].

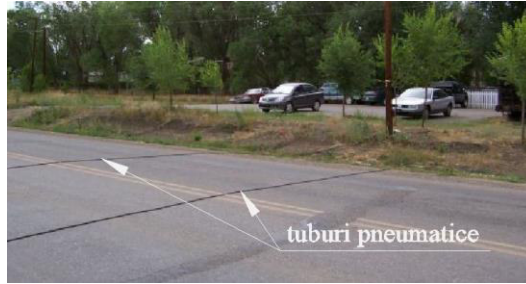


Fig. 3.1 Tuburi pneumatice  
(sursa imagine: [49])

### 3.3.1.2 Senzori piezoelectrice

Senzorii piezoelectrice se împart în 3 (trei) categorii de bază, după modul de alcătuire [91]. În general, ei cuprind materiale piezoelectrice protejate prin învelișuri:

- senzori pe bază de polimer acoperit în alamă: BL (eng. Brass Linguini) (Fig. 3.2);
- senzori pe bază de cabluri ceramice: piezoceramici (Fig. 3.3);
- senzori pe bază de quartz: piezoquartz (Fig. 3.4).

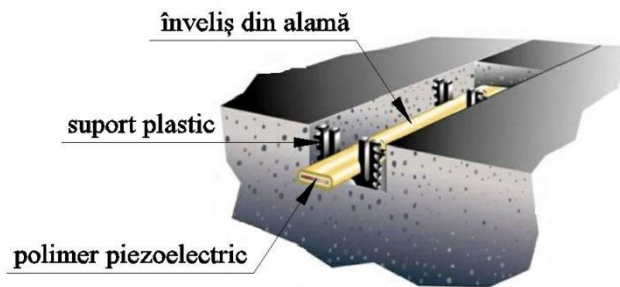


Fig. 3.2 Senzori BL  
(sursa imagine: [66])



Fig. 3.3 Senzor piezoceramic  
(sursa imagine: [61])

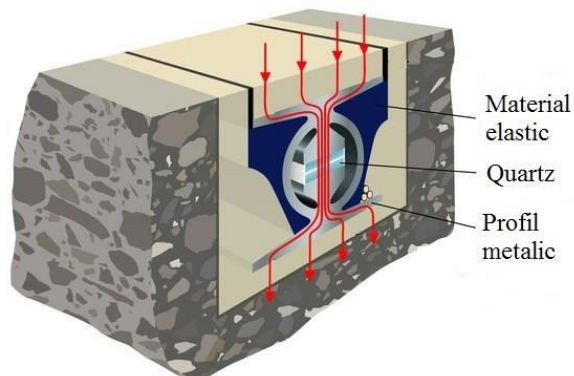


Fig. 3.4 Senzor piezoquartz  
(sursa imagine: [63])

Senzorii piezoelectrice sunt amplasați în canale practicate prin tăiere direct în îmbrăcămintea rutieră, iar apoi colmatate cu materiale speciale. Sub acțiunea osiilor vehiculelor în mișcare, senzorii bazați pe piezoelectricitate generează și transmit o sarcină electrică proporțională cu presiunea aplicată de vehicule. Principalele aplicații ale senzorilor piezoelectrice se referă la: evaluarea încărcărilor pe osie ale vehiculelor, a vitezelor de deplasare, precum și la estimarea distanțelor dintre osii. Unitățile electronice asociate prelucrează semnalele electrice generate și transmise, înregistrând astfel datele de trafic monitorizate.

Senzorii BL și cei piezoceramici pot fi utilizați și ca sisteme temporare de monitorizare, prin lipirea lor de suprafața carosabilă. Unii senzori sunt sensibili la temperaturi reduse și la variații mari de temperatură. Nu se recomandă utilizarea senzorilor piezoelectrice pe tronsoane de drum afectate de congestie, unde traficul se desfășoară lent.

De asemenea, parametri constructivi ai acestor senzori presupun instalarea lor în șlițuri înguste. Acest lucru reprezintă un avantaj în ceea ce privește timpul și costurile de instalare, precum și gradul de afectare a structurii rutiere. În schimb, datorită lățimii reduse a senzorilor, pneurile autovehiculelor nu acționează în întregime asupra acestora, o parte din masa vehiculelor fiind distribuită structurii rutiere din vecinătate. Astfel, detecția masei reale poate fi afectată. De asemenea, configurațiile constructive ale diferitelor pneuri pot contribui la înregistrările eronate ale maselor pe osii.

Avantajele de bază ale senzorilor piezoelectrice sunt:

- utilizare la scară largă;
- tehnologie consacrată;
- ușurința în instalare;
- costuri relativ reduse față de alte tehnologii;
- funcționează bine pe sectoare cu volume ridicate de trafic, dacă vitezele sunt cel puțin moderate;

Pe de altă parte, acest tip de sisteme prezintă și unele dezavantaje:

- sensibilitate la temperaturi extreme;
- scăderea acurateței în condiții de trafic congestionat;
- sensibilitate la acțiunea utilajelor de dezapezire;
- acuratețe influențată de comportarea în timp a structurii rutiere învecinate;
- necesită întreținere regulată, care impune restricționarea traficului.

Față de senzorii piezoceramici și BL, senzorii piezoquartz prezintă o acuratețe mult mai bună, datorată în primul rând insensibilității la variații de temperatură. În schimb, costurile sunt mai ridicate. Nu s-a stabilit cu exactitate durata de viață în exploatare a unui astfel de senzor, acest lucru influențând randamentul cost-beneficiu pe termen îndelungat [91].

### 3.3.1.3 Bucle inductive

Buclele inductive (Fig. 3.5) generează un câmp electromagnetic și identifică prezența unui vehicul în cadrul acestuia ca urmare a modificării câmpului existent și a generării unor curenți Foucault, prin aplicarea legii lui Faraday. Amplasarea a 2 (două) bucle pe un sector de drum studiat, la distanță apropiată una de cealaltă (de obicei 1 m), conduce și la monitorizarea vitezelor de deplasare ale vehiculelor. Informațiile colectate se referă în general la volume de trafic și viteze de deplasare, însă ele pot include și încadrarea vehiculelor în diferite categorii.

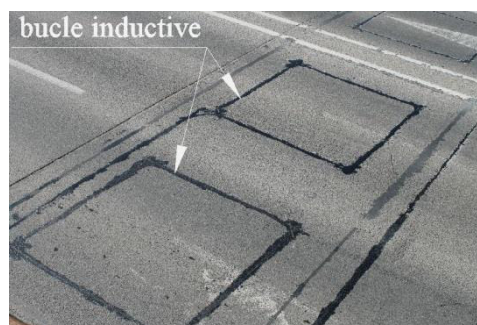


Fig. 3.5 Bucle inductive



Buclele nu sunt atât de susceptibile la degradările provocate de trafic precum senzorii piezoelectrice. În schimb, ele sunt afectate mai degrabă de îngheț-dezgheț. De asemenea, acuratețea înregistrărilor se reduce în condiții de trafic congestionat [91].

Avantajele pe care buclele inductive le prezintă sunt următoarele [26][91]:

- mare varietate de aplicații;
- comportare bună în exploatare;
- costuri reduse;
- tehnologie consacrată;
- precizie foarte bună (min. 95%) dacă sunt instalate și întreținute corespunzător.

Dezavantajele buclelor includ [26][91]:

- tehnologie intruzivă, necesitând lucrări în structura rutieră;
- scăderea acurateții în condiții de trafic congestionat;
- sensibilitate la îngheț-dezgheț;
- necesită o întreținere corespunzătoare;
- instalarea și întreținerea impun restricționarea traficului.

#### 3.3.1.4 Detectoare cu infraroșu

Aceste sisteme înregistrează prezența unui vehicul atunci când undele emise de sistem în domeniul infraroșu sunt întrerupte de prezența unui vehicul. Detectoarele active cu infraroșu (Fig. 3.6 stg.) sunt capabile să recunoască un vehicul și pe baza diferenței de temperatură datorate încălzirii motorului. Informațiile colectate se referă în general la volume de trafic și viteze de deplasare. Detectoarele pasive (Fig. 3.6 dr.) nu emit unde infraroșu, însă ele detectează prezența unui vehicul printr-un foton sensibil la variațiile energetice din raza sa de acțiune. Acest tip de detectoare nu oferă informații referitoare la viteza de deplasare [14].

Printre avantajele de bază ale detectoarelor cu infraroșu, se numără [26][91]:

- precizie bună;
- tehnologie nouă, promițătoare;
- posibilitatea monitorizării simultane a mai multor benzi.

În schimb, această tehnologie prezintă și anumite dezavantaje [26][91]:

- nu funcționează corespunzător în condiții de ceață, praf, lumină intensă sau ninsoare abundentă;
- necesită o întreținere corespunzătoare.

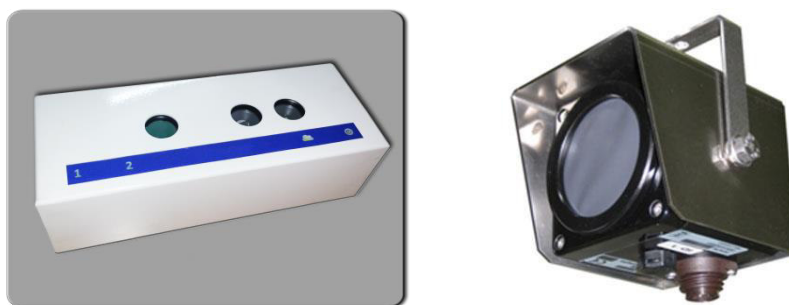


Fig. 3.6 Detectoare cu infraroșu: active (stg.), pasive (dr.)  
(sursa imagine stg.: [69], sursa imagine dr.: [68])

#### 3.3.1.5 Detectoare tip radar

Detectoarele pe bază de radar (Fig. 3.7) identifică prezența și viteza de deplasare a unui vehicul, utilizând un sistem bazat pe efectul Doppler. Informațiile colectate se referă în general la volume de trafic și viteze de deplasare, însă ele pot include și înălțimile vehiculelor identificate.

Există 2 (două) categorii de sisteme de monitorizare tip radar: cu impulsuri și cu undă continuă [26].

Radarele cu impulsuri emit fascicule de foarte mică putere, fiind utilizate în general pentru zone de detecție de max. 5 m. Radarele cu undă continuă emit cu o anumită frecvență, undele



reflectate fiind modificate prin prezența unui vehicul în mișcare, în baza efectului Doppler. Diferența dintre frecvențele celor două fascicule este folosită pentru evaluarea vitezei de deplasare a vehiculului identificat.

Avantajele detectoarelor tip radar sunt [91]:

- nu sunt afectate de condițiile meteorologice;
- posibilitatea monitorizării simultane a mai multor benzi de circulație;
- ușor de instalat și utilizat;
- tehnologie extinsă, utilizată frecvent.

Dezavantajele acestei tehnologii se rezumă la aspecte referitoare la acuratețe [91]:

- acuratețe mai slabă decât a senzorilor pe bază de presiune în cazul monitorizării a mai multe benzi de circulație;
- acuratețe diferită, în funcție de poziționare.



Fig. 3.7 Detectoare tip radar  
(sursa imagini: [61])

### 3.3.1.6 Detectoare ultrasonice

Detectoarele ultrasonice (Fig. 3.8) funcționează pe un principiu similar cu cele tip radar, utilizând însă fluxuri ultrasonice de 20-50 kHz [26]. O parte din undele emise sunt reflectate de vehiculele în mișcare. Detectoarele pot fi amplasate deasupra secțiunii studiate sau în lateralul acesteia.

Informațiile colectate se referă la volume de trafic și la încadrarea vehiculelor în diferite categorii (după lungime și/sau înălțime). De asemenea, se pot evalua și vitezele de deplasare în cazul dispunerii a 2 (două) detectoare consecutiv sau a utilizării detectoarelor ultrasonice Doppler [14].

Detectoarele ultrasonice prezintă câteva avantaje de bază [26]:

- posibilitatea monitorizării simultane a mai multor benzi;
- detectează vehiculele agabaritice.

Dezavantajele acestor sisteme sunt [26][14][91]:

- erori la monitorizarea vehiculelor care se deplasează cu viteze sporite;
- costuri ridicate;
- sensibilitate la zgomote ambientale;
- scăderea acurateții în condiții de trafic intens;
- funcționarea poate fi afectată de variații mari de temperatură sau turbulențe de aer.



Fig. 3.8 Detector ultrasonic  
(sursa imagine: [51])

### 3.3.1.7 Sisteme cu laser

Dispozitivele cu laser (Fig. 3.9) sunt utilizate pentru numărarea și clasificarea vehiculelor, precum și pentru măsurarea vitezei de deplasare a acestora. Acest tip de sistem este durabil și rezistent, furnizând informații precise. În schimb, ele trebuie să fie instalate pe o structură care să supratraverseze drumul studiat. De asemenea, se recomandă ca traficul rutier să se desfășoare ordonat, pe benzi de circulație [14].



Fig. 3.9 Detectoare cu laser  
(sursa imagini: [65])

### 3.3.1.8 Senzori magnetici

Senzorii magnetici detectează fluctuațiile survenite în câmpul magnetic al pământului datorită deplasării vehiculelor. Cunoscuți și ca senzori AMR (anizotrop magnetic rezistiv), funcționarea lor se datorează prezenței materialelor feroase în cadrul autovehiculelor.

Avantajele senzorilor magnetici includ următoarele aspecte [26][14]:

- mai rezistente în timp decât buclele inductive;
- costuri avantajoase;
- flexibilitate și mobilitate;
- neafectate de condițiile meteo.

În schimb, acest tip de senzori prezintă și anumite dezavantaje [26][14][91]:

- tehnologie intruzivă, necesitând lucrări în structura rutieră;
- clasificare limitată a vehiculelor;
- se recomandă utilizarea lor în condiții de defășurare ordonată și disciplinată a traficului;
- soluțiile cu zone mici de detecție necesită senzori multipli.

### 3.3.1.9 Supraveghere video

Camerele video detectează vehiculele ce intră sau părăsesc zona monitorizată. Informațiile colectate se referă la: volume de trafic, viteze de deplasare, timpi de mișcare, precum și citirea plăcuțelor de înmatriculare dacă un astfel de sistem este implementat. De asemenea, supravegherea video poate fi utilizată și pentru clasificarea vehiculelor [14][91]. Sistemele video simple sunt bazate pe detecția lungimii vehiculelor. Cele mai complexe cuprind algoritmi de identificare pe bază de imagini sau care pot identifica numărul de osii [91].

În general, acuratețea acestui tip de monitorizare este mai mare decât a buclelor inductive, însă ele au dezavantajul funcționării limitate în condiții de vizibilitate redusă. Totodată, supravegherea video este afectată de umbre și de reflexiile vehiculelor în carosabilul umed. Sistemele video se instalează în general pe structuri care supratraversează sectorul studiat. Sistemele de monitorizare video sunt relativ scumpe, atât ca investiție inițială, cât și ca întreținere. De asemenea, ele sunt susceptibile furtului [14].

Supravegherea video este o tehnologie de monitorizare care prezintă anumite avantaje [91]:

- posibilitatea supravegherii multiplelor benzi de circulație cu o singură cameră;
- ușor de instalat și utilizat;
- tehnologie răspândită.

Dezavantajele acestei tehnologii includ [91]:

- nu funcționează corespunzător în condiții de ceață, praf, lumină intensă, ploaie torențială sau ninsoare abundentă;
- detecția este afectată de umbre și de fenomene optice (ex. reflexii);

- acuratețea se reduce proporțional cu numărul benzilor monitorizate.



Fig. 3.10 Cameră video  
(sursa imagine: [62])

### 3.3.1.10 Senzori cu fibră optică

Utilizarea acestui tip de monitorizare (Fig. 3.11) este relativ nouă [91]. Principiul tehnologic este similar senzorilor piezoelectrice, detecția vehiculelor realizându-se ca urmare a modificărilor în transmisia optică generate de presiunea transmisă de pneuri.

Avantajele utilizării acestei tehnologii emergente sunt [91]:

- acuratețe mai bună decât a altor senzorilor bazați pe presiune;
- acuratețe bună în condiții de trafic congestionat și deplasare cu viteze reduse;
- insensibilitate la variații de temperatură;
- insensibilitate la trăsnet.

În schimb, ea prezintă și anumite dezavantaje [91]:

- tehnologie nouă, cu durată de viață în exploatare necunoscută;
- sensibilitate la acțiunea utilajelor de dezapezire;
- acuratețe influențată de comportarea în timp a structurii rutiere învecinate.

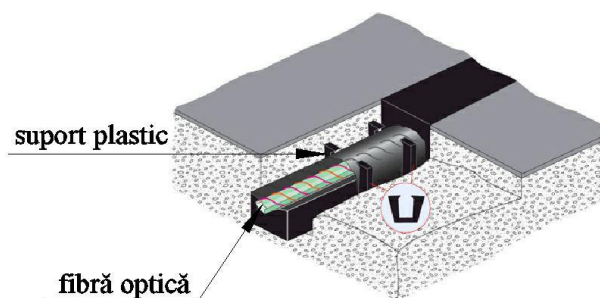


Fig. 3.11 Senzor cu fibră optică  
(sursa imagine: [68])

### 3.3.1.11 Alte sisteme de monitorizare

- transmițătoare amplasate pe vehicule de probă, care, la intervale de timp regulate, emit mesaje cuprinzând informații despre locație și viteză de deplasare. Aceste dispozitive sunt similare sistemelor de monitorizare a vehiculelor prin GPS;
- detectoare mobile, utilizate pentru a colecta informații despre desfășurarea traficului pe baza datelor transmise de unitățile de telefonie mobilă. Astfel, se pot stabili elemente ale matricelor origine-destinație pentru o regiune, precum și informații despre mijloacele de transport utilizate într-o anumită zonă;
- detectoare Bluetooth, independente de operatorul de telefonie mobilă, furnizează măsurători precise ale vitezelor și timpilor de călătorie, cu avantajul suplimentar al anonimității datelor;
- colectoare electronice automate ale taxelor de drum, care oferă informații referitoare la timpii de deplasare și la rutele adoptate de utilizatorii rețelei;
- sisteme de informare asupra vitezei instantanee de deplasare: dispozitive radar ușoare, dar solide, care afișează viteza instantanee de deplasare a vehiculelor interceptate. Astfel, se atrage atenția participanților la trafic asupra vitezei adoptate pe sectorul

respectiv de drum, cu scopul de a determina îmbunătățirea siguranței circulației. De obicei, dispozitivele sunt amplasate în zone în care se impune adoptarea unor viteze reduse de deplasare: grădinițe, școli, zone rezidențiale etc. De asemenea, ele pot fi însoțite de semne de circulație adiționale, de restricție sau atenționare. Sursele de alimentare cu energie electrică sunt, în general, constituite din baterii sau panouri solare. Unele sisteme de informare asupra vitezelor de deplasare ale vehiculelor oferă posibilitatea de a fi accesate online, prin intermediul unor aplicații specializate. Astfel, utilizatorii pot obține informații referitoare la tendințele de deplasare ale conducătorilor auto în zonele respective. De asemenea, datele colectate pot fi utilizate pentru implementarea unor măsuri de reducere a vitezelor de deplasare;

- senzori de mediu [26], care măsoară indici referitori la temperatură, umiditate, presiune atmosferică, vânt, vizibilitate, emisii poluante (CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, HC, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>);
- panouri pentru mesaje variabile, cu rol informativ, preventiv și de avertizare, referitoare la condițiile de desfășurare a traficului și/sau la condițiile meteorologice.

Comparativ, tehnologiile de monitorizare a traficului prezintă o serie de avantaje și dezavantaje. Opțiunea alegerii unuia sau mai multor sisteme depinde de: scopul utilizării, posibilitatea instalării și disponibilitatea tehnico-financiară a beneficiarului.

În ceea ce privește starea drumurilor, principalele sisteme de monitorizare sunt [14]:

- detectoare vizuale ale gropilor;
- georadarul (eng. Ground Penetrating Radar, GPR), care este o metodă nedistructivă de evaluare a stării tehnice a drumurilor. Sistemul detectează degradări și neconformități structurale, chiar și înainte ca ele să se reflecte la suprafață. Tehnologia este eficientă, dar presupune costuri ridicate;
- accelerometre pentru detectarea gropilor, instalate pe vehicule care se deplasează pe sectorul de drum studiat.

Lista enumerată include, însă nu se limitează la, principalele dispozitive și surse de informații pentru monitorizarea drumurilor și a traficului rutier. Evoluția tehnologică aduce după sine progrese rapide și însemnate în privința colectării și procesării informațiilor de trafic și referitoare la starea drumurilor.

### 3.3.2 Utilizarea în cadrul Uniunii Europene

Acoperirea la nivelul Uniunii Europene a sistemelor de monitorizare a drumurilor și a standardelor de date, la începutul anului 2013 (Fig. 3.12), indică un nivel mediu de dezvoltare în acest sens în România [24].

Sistemele ITS reprezintă un instrument de o importanță semnificativă pentru implementarea unui sistem de transport eficient și sustenabil la nivelul U.E. Principalele avantaje ale sistemelor de monitorizare a drumurilor îmbunătățesc performanțele infrastructurii rutiere. Dezvoltarea mobilității și accesibilității, îmbunătățirea siguranței circulației, reducerea efectelor negative asupra mediului înconjurător, precum și alte avantaje ale ITS contribuie la dezvoltarea sustenabilă a transporturilor [60].

În anul 2007 a fost implementat programul EasyWay, având ca perioadă de perspectivă anul 2020. Guvernele statelor membre, ministerele de transporturi, administrațiile de drumuri, precum și parteneri din sectoarele public și privat au convenit asupra utilizării ITS și a cooperării transfrontaliere. Sub supravegherea Comisiei Europene, programul EasyWay a inclus implementarea sistemelor de monitorizare a drumurilor în cadrul rețelei trans-europene de transport TEN T, având următoarele principale obiective până în anul 2020:

- reducerea congestiei în trafic cu 25%;
- reducerea deceselor ca urmare a accidentelor rutiere cu 25%;
- reducerea cu 10% a emisiilor poluante datorate traficului rutier.

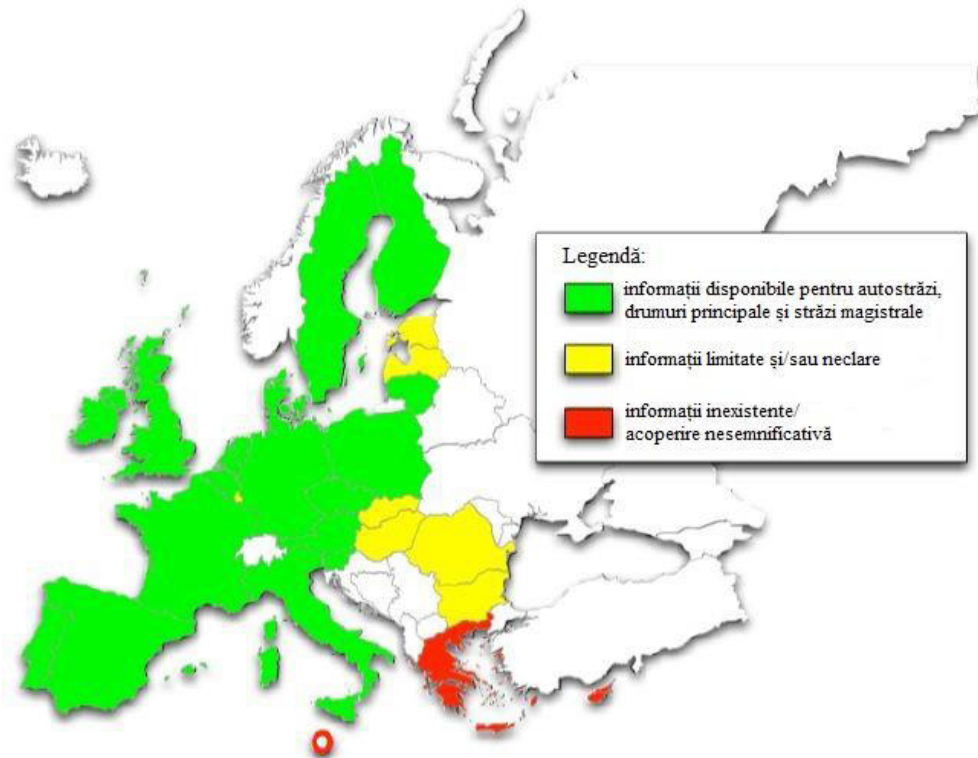


Fig. 3.12 Sisteme de monitorizare și standarde de date - acoperire U.E. (2013)  
(sursa imagine: [24])

Platforma de bază EasyWay include o serie de proiecte în domeniul ITS:

- EasyWay I (2007–2009), respectiv EasyWay II (2010–2012) au fost programe cofinanțate de Comisia Europeană, care au avut ca principal scop demararea efectivă a implementării sistemelor ITS în Europa. Totodată, s-au urmărit: îmbunătățirea mobilității, creșterea siguranței circulației și reducerea efectelor negative asupra mediului înconjurător. Programele EasyWay (Fig. 3.13) au inclus implementarea unor servicii de informare a călătorilor, de organizare a traficului și de logistică [39].



Fig. 3.13 Sigla EasyWay

- European ITS Platform (EIP, Fig. 3.14) reprezintă practic continuarea programelor EasyWay I și II. La încheierea acestora din urmă, unele state membre ale U.E. și-au exprimat dorința de a continua cooperarea în domeniul sistemelor de monitorizare. Astfel, s-a implementat platforma European ITS, cu scopul îmbunătățirii coordonării transfrontaliere, a schimburilor de informații și a utilizării eficiente a ITS. Scopul de bază al EIP este de a continua îmbinarea eforturilor statelor participante, ale beneficiarilor și ale investitorilor în vederea creerii unui mediu propice implementării sistemelor ITS. Beneficiarii EIP sunt entități din următoarele state: Belgia, Finlanda, Franța, Germania, Grecia, Irlanda, Italia, Marea Britanie, Olanda, Portugalia, România, Spania și Suedia [41].
- European ITS Platform+ (EIP+, Fig. 3.14) continuă obiectivele EIP, cu accent pe realizarea conexiunii cu proiectele de dezvoltare a rețelei pan-europene TEN T. De asemenea, programul are ca obiectiv urmărirea modului în care s-a implementat și se utilizează platforma EasyWay. S-a urmărit introducerea unor centre de informare și a unor birouri de asistență tehnică [42].





Fig. 3.14 Siglele EIP (stg.), respectiv EIP+ (dr.)

- URSA MAJOR (Fig. 3.15) este un program concentrat asupra transportului de mărfuri în cadrul rețelei TEN T, cu precădere în cadrul coridoarelor care conectează porturile de la Marea Nordului, zona Rin-Ruhr și nordul Italiei. Principalii beneficiari sunt din Olanda, Germania și Italia. Austria și Elveția beneficiază de pe urma rolului de state tranzitate. Principalul scop al acestui proiect este de a îmbunătăți și susține transportul internațional de mărfuri [56].



Fig. 3.15 Sigla URSA MAJOR

Principalele impedimente ale transportului internațional de mărfuri sunt: locurile de parcare pentru vehicule, tranzitul pe rute optime și întârzierile datorate congestiei în trafic. Astfel, sistemele ITS reprezintă un instrument eficient care furnizează soluții pentru problemele enumerate anterior.

- Crocodile (Fig. 3.16) reprezintă un program care continuă proiectele EasyWay I și II, pe teritoriul a 13 state din Europa Centrală și de Est. Principalul scop al programului este de a asigura cooperarea dintre autoritățile publice, administratorii de drumuri și furnizorii de informații din trafic, pentru implementarea și utilizarea unei infrastructuri ITS eficiente, bazate pe standardul DATEX II (par. 3.4.3). De asemenea, proiectul urmărește îmbunătățirea siguranței circulației și asigurarea unor servicii de informare asupra parcărilor pentru vehiculele de transport mărfuri [38].



Fig. 3.16 Sigla Crocodile

Crocodile vizează 3 (trei) coridoare ale rețelei TEN T: Baltic – Adriatic, Rin – Dunăre și Orient – Centrul Europei. Țările implicate în acest proiect sunt: Austria, Bulgaria, Cipru, Cehia, Croația, Germania, Grecia, Italia, Polonia, România, Slovacia, Slovenia și Ungaria.

- MedTIS (Fig. 3.17) este un proiect de dezvoltare care are ca scop de bază implementarea serviciilor de informare a călătorilor în cadrul coridorului mediteranean al rețelei TEN T, pe teritoriul a 4 (patru) state: Portugalia, Spania, Franța și Italia [53].



Fig. 3.17 Sigla MedTIS

Principalele obiective ale programului includ implementarea serviciilor de informare asupra timpilor de deplasare pentru 2800 km ai coridorului, incluzând punctele cheie și zonele de frontieră, precum și furnizarea de servicii de informare generală pentru 5500 km ai coridorului mediteranean.

- Proiectul Arc Atlantique (Fig. 3.18) urmărește îmbunătățirea rețelei de transport din zona Europei Occidentale, prin implementarea unor sisteme performante de monitorizare a drumurilor și a serviciilor aferente [36].



Fig. 3.18 Sigla Arc Atlantique

- Next-ITS (Fig. 3.19) are ca obiective principale îmbunătățirea performanțelor, eficienței, siguranței și reducerea efectelor asupra mediului în cadrul rețelei de transport din nordul Europei. Proiectul urmărește în principal furnizarea de informații și servicii referitoare la siguranța circulației, precum și de informații despre condițiile de trafic în timp real [54].



Fig. 3.19 Sigla Next-ITS

Next-ITS acoperă zona de nord a coridorului scandinav-mediteranean, cuprinzând sectoare amplasate în Norvegia, Suedia, Finlanda, Danemarca și Germania. Desfășurarea proiectului implică îmbunătățirea acurateții datelor de trafic colectate, precum și extinderea furnizării de servicii și a rețelei de senzori de monitorizare a traficului.

### 3.3.3 Sisteme utilizate în România

Principalele proiecte din domeniul ITS implementate în România se regăsesc pe tronsoanele de autostradă existente, în curs de executare sau proiectate. Astfel, sectoarele monitorizate se împart în diferite categorii, în funcție de situația tronsonului respectiv de autostradă și starea infrastructurii ITS (Fig. 3.20).



Fig. 3.20 Sisteme ITS implementate în România – autostrăzi (2014)  
(sursa date: C.N.A.D.N.R., harta Google Maps)

Datele colectate utilizând sistemele de monitorizare a drumurilor disponibile sunt transmise către unități de analiză și prelucrare a informațiilor. În România, administrarea, controlul, organizarea și întreținerea acestor sisteme se realizează în 4 (patru) centre regionale (Fig. 3.21, Fig. 3.22):

- Pecica, jud. Arad;
- Săliște, jud. Sibiu;
- București;
- Valea Dacilor, jud. Constanța.

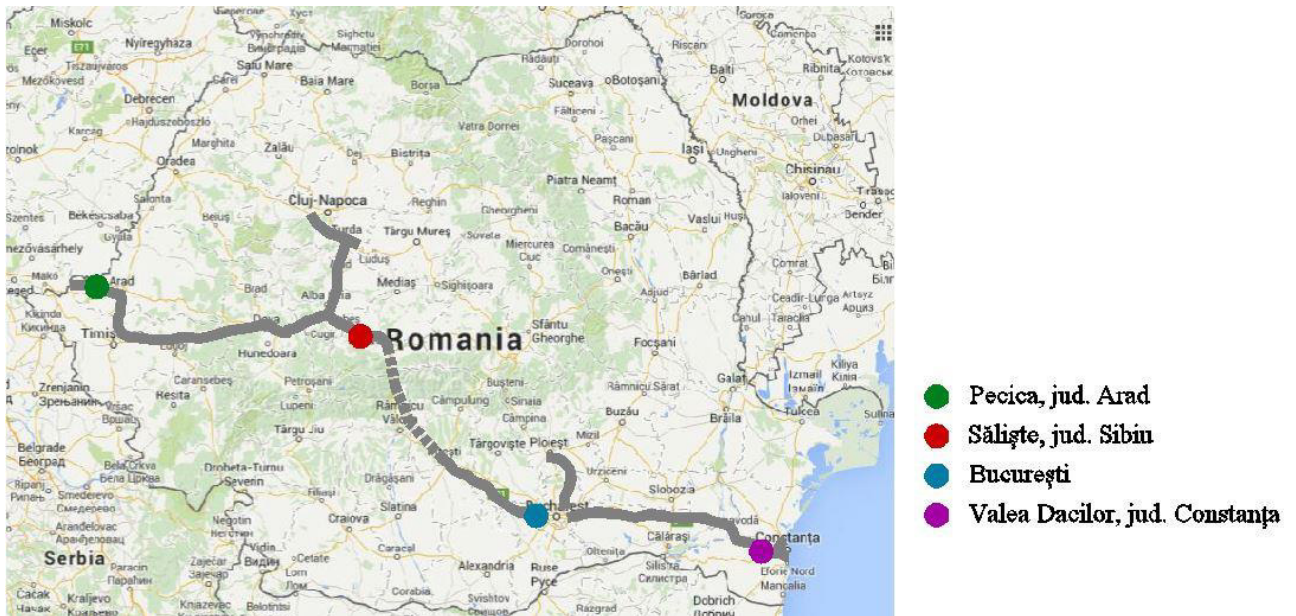


Fig. 3.21 Centre de control autostrăzi – România (2014)  
(harta Google Maps)

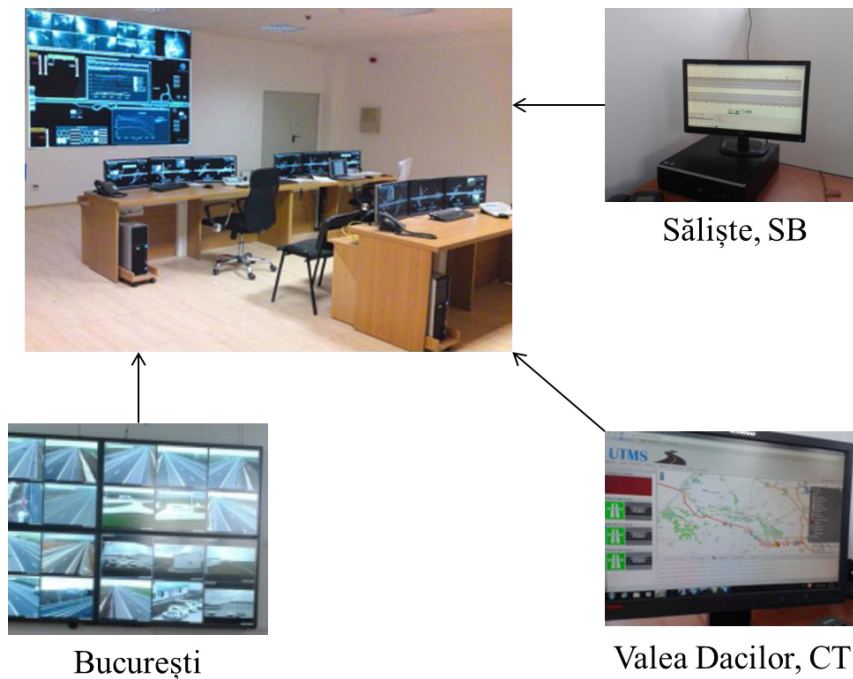


Fig. 3.22 Centre de control autostrăzi – România (2014)  
(sursa imagini: C.N.A.D.N.R.)

În general, sistemele ITS implementate în România cuprind 2 (două) componente:

- monitorizarea drumurilor;
- transmiterea de informații către utilizatorii rețelei.

Principalele sisteme ITS utilizate în România sunt:

- camere video pentru supraveghere (televiziune în circuit închis);
- sisteme video pentru detecția automată a evenimentelor rutiere;
- contoare de trafic bazate pe detecția video;



- bucle inductive pentru contorizarea și clasificarea vehiculelor;
- detectoare ultrasonice și cu infraroșu pentru contorizarea și clasificarea vehiculelor;
- detectoare tip radar pentru contorizarea și clasificarea vehiculelor;
- sisteme de cântărire în mișcare (weigh-in-motion);
- stații meteo;
- sisteme de monitorizare a stării drumurilor;
- sisteme de recunoaștere automată a plăcuțelor de înmatriculare;
- sisteme video de verificare a utilizării vignetei;
- panouri de informare a participanților la trafic.

Implementarea în România a Directivei nr. 2010/40/EU a adus după sine modernizarea și îmbunătățirea sistemelor de monitorizare a drumurilor. Proiectele ITS majore aflate în derulare la momentul actual în România sunt următoarele:

- implementarea sistemelor ITS pe autostrada A2 București – Cernavodă;
- continuarea proiectelor EIP, EIP+ și Crocodile, în care România este angrenată (par. 3.3.2).

De asemenea, în conformitate cu prevederile Directivei nr. 2010/40/EU, se află în curs de desfășurare implementarea sistemelor pentru facilitarea schimburilor de date cu statele vecine, utilizând cu precădere protocolul Datex II (par. 3.4.3).

### 3.4 Standarde și formate de codare a datelor

Diferitele sisteme de monitorizare a drumurilor colectează și înregistrează informațiile de trafic. În vederea obținerii unor rezultate relevante, este necesară prelucrarea datelor în vederea utilizării lor pentru scopurile urmărite (Fig. 3.23). Acestea pot avea aplicabilitate imediată, prin informarea participanților la trafic asupra unor informații de interes general, sau pot fi utile inginerilor de trafic sau administratorilor, în vederea adoptării unor măsuri de fluidizare a traficului.

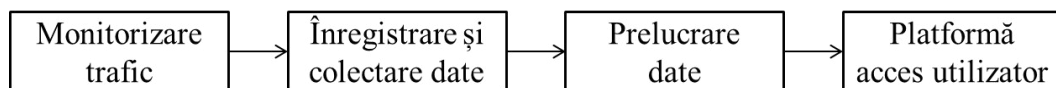


Fig. 3.23 Funcționalitate de bază sisteme de monitorizare

Principalele standarde de codificare, transmitere și decodificare a informațiilor de trafic sunt următoarele:

#### 3.4.1 TMC

Tehnologia Traffic Message Channel (TMC) furnizează informații în timp real despre modul de desfășurare a traficului rutier și despre condițiile meteorologice. În general, aceste informații sunt codate într-un protocol de comunicații RDS (Radio Data System). Ele sunt transmise participanților la trafic prin intermediul dispozitivelor radio, pe anumite frecvențe, fără întreruperea programului ascultat. În cazul în care utilizatorul folosește un sistem de navigație dotat cu TMC, acesta decodează informația și oferă alternative pentru optimizarea traseului.

TMC a fost introdus în România la sfârșitul lunii mai 2012 [71]. Acoperirea tehnologiei TMC la nivelul Uniunii Europene, la începutul anului 2013 (Fig. 3.24), confirmă prezența a cel puțin un astfel de sistem în România [24].

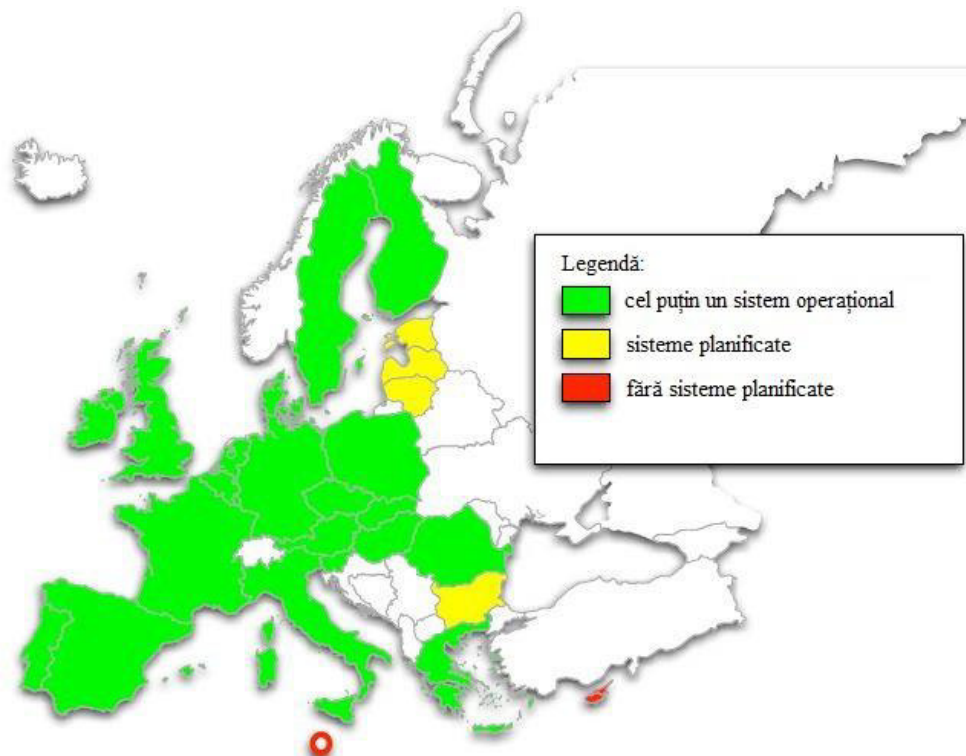


Fig. 3.24 Tehnologie TMC – acoperire U.E. (2013)  
(sursa imagine: [24])

Informațiile sunt colectate din diverse surse și sunt transmise prin intermediul diverselor posturi de radio. Exemple de sisteme care utilizează protocolul TMC în România sunt următoarele:

#### 3.4.1.1 Proiectul TrafficOK

Acest proiect a fost primul de acest gen implementat în România. El a fost dezvoltat de către AROBS Transilvania Software, în colaborare cu Be-Mobile [52]. Sistemul este certificat de către forul internațional în domeniu, TISA (Traveller Information Services Association), fiind bazat pe o serie de locații care acoperă circa 80% din rețeaua de drumuri din România.

Informațiile din trafic sunt colectate pe baza unor sisteme de monitorizare, servicii de urgență, autorități și participanți la trafic [52]. Rezultatele prelucrării informațiilor sunt transmise prin protocolul RDS utilizat de către Europa FM, fiind disponibile pe terminalele GPS cu sisteme TMC furnizate de către producătorul TrafficOK. Acesta informează conducătorul auto asupra evenimentelor din trafic, sugerând metode de optimizare a traseului.

#### 3.4.1.2 Proiectul TrafficGuide

Acest proiect [70] are ca scop dezvoltarea unui sistem de informare în timp real asupra condițiilor de trafic pe autostrăzi, drumuri naționale și în zonele urbane importante. Sistemul este bazat pe o platformă PTV Optima, care constituie suportul prelucrării datelor de trafic colectate din diferite surse și publicate apoi online și prin TMC.

Informațiile referitoare la accidente, restricții de viteză, prezența unor controale, drumuri închise etc. sunt colectate din următoarele surse:

- C.N.A.D.N.R.;
- Poliția rutieră;
- camere de supraveghere trafic;
- senzori de monitorizare a drumurilor;
- sisteme de monitorizare prin GPS a flotelor de vehicule ale unor companii partenere.

O parte din informații sunt prelucrate automat, iar restul sunt introduse manual, generându-se astfel baza de date a sistemului. Rezultatele sunt publicate pe portalul online al proiectului, fiind disponibil inclusiv pe terminale de telefonie mobilă, prin aplicații specializate pentru Android și

iOS. Sistemul cuprinde și o platformă TMC, distribuită prin RDS pe frecvența postului public de radio din România.

### 3.4.2 TPEG

Sistemul Transport Protocol Experts Group (TPEG) este similar standardului RDS–TMC, cu deosebirea că datele TPEG sunt independente de client, locație și mijloc de transmitere a informațiilor. Tehnologia este un instrument modular care cuprinde următoarele aplicații:

- mesaje referitoare la condițiile de desfășurare a traficului, incidente, lucrări, congestie etc.;
- informații despre transportul în comun;
- informații despre parcare etc.

Informațiile sunt transmise prin:

- tehnologie radio (DAB – Digital Audio Broadcasting);
- sisteme multimedia (DMB – Digital Multimedia Broadcasting);
- tehnologie video (DVB – Digital Video Broadcasting);
- internet (IP – Internet Protocol).

Spre deosebire de TMC, acoperirea tehnologiei TPEG la nivelul Uniunii Europene, la începutul anului 2013, indică absența planurilor de implementare a unui astfel de sistem în România [24]. Acest lucru se referă atât la sistemele transmise prin tehnologie radio (DAB, Fig. 3.25), cât și prin internet (IP, Fig. 3.26).

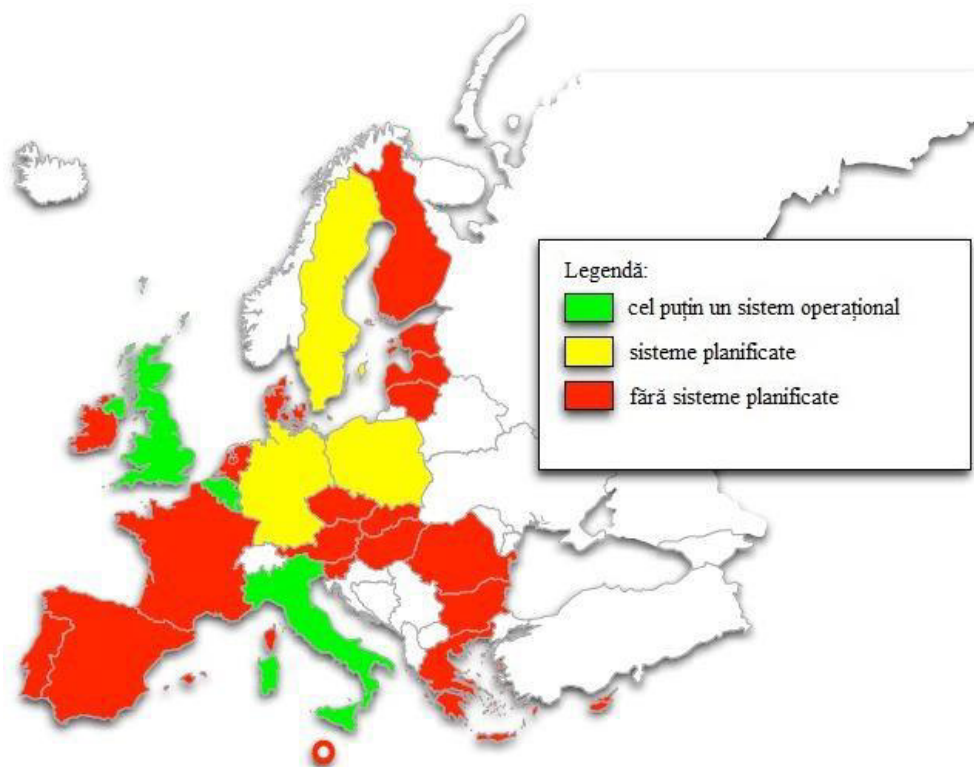


Fig. 3.25 Tehnologie TPEG-DAB – acoperire U.E. (2013)  
(sursa imagine: [24])

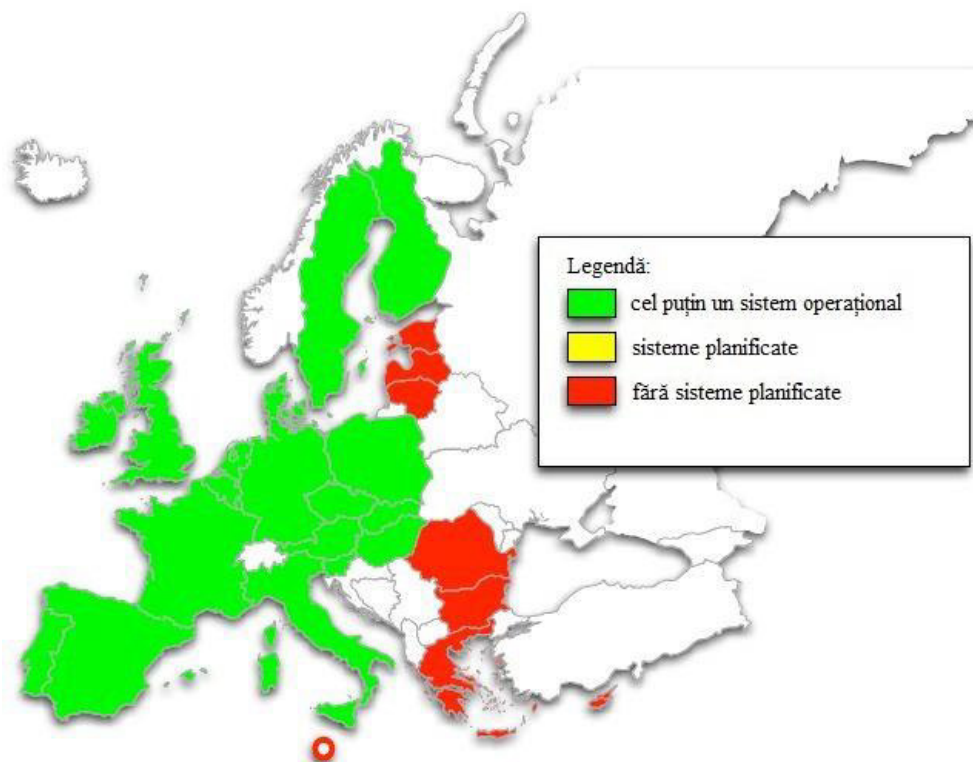


Fig. 3.26 Tehnologie TPEG-IP – acoperire U.E. (2013)  
(sursa imagine: [24])

### 3.4.3 DATEX ȘI DATEX II

Implementarea politicii de transport la nivel european și a prevederilor directivei nr. 2010/40/EU presupune existența unui sistem eficient de susținere a mobilității și accesibilității. Astfel, a fost propusă dezvoltarea schimbului de informații referitoare la traficul rutier.

Standardul DATEX a fost implementat pentru facilitarea circulației informațiilor între centre de management al traficului, centre de informare și furnizori de servicii. El constituie o referință în domeniu pentru aplicațiile elaborate în ultimii 10 ani. Protocolul de schimb al datelor DATEX II reprezintă a doua generație a standardului, implicând un număr din ce în ce mai mare de factori implicați în monitorizarea drumurilor. Acest standard a devenit referința pentru toate aplicațiile care au drept scop colectarea și furnizarea de informații referitoare la condițiile de desfășurare a traficului rutier [59].

DATEX II este un limbaj electronic standardizat, pentru că facilitează colectarea, prelucrarea și transmiterea de informații între furnizori și utilizatori. Datele se referă la următoarele aspecte (Fig. 3.27):

- lucrări de drumuri;
- managementul traficului (manual sau automat);
- informații despre congestie în trafic;
- controlul fluxului de trafic;
- informații despre parcare;
- date despre condițiile meteorologice (ploaie, zăpadă, vânt, ceață, praf etc.);
- informații despre timpi de deplasare între diferite puncte;
- evenimente rutiere etc.

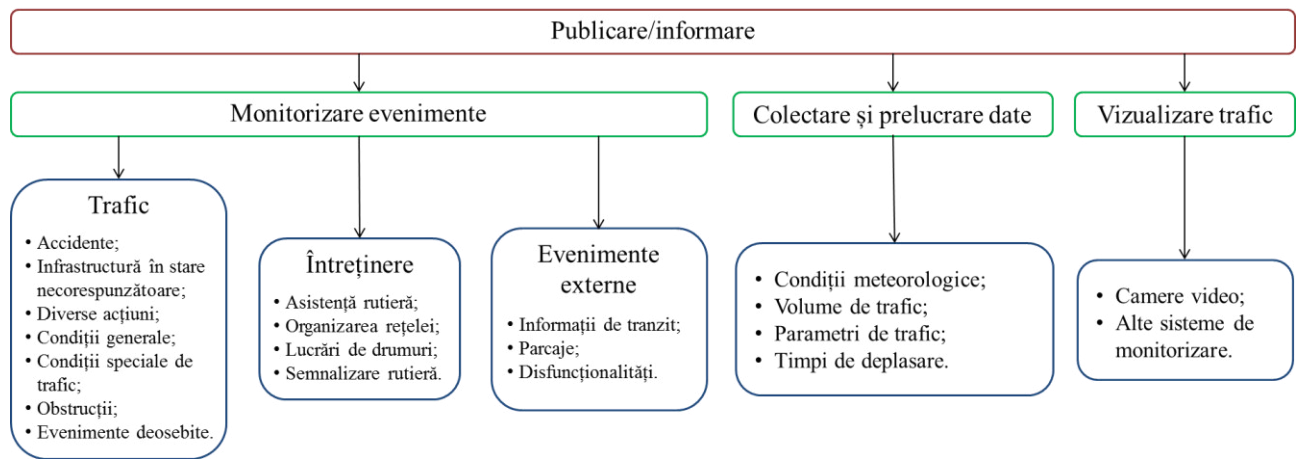
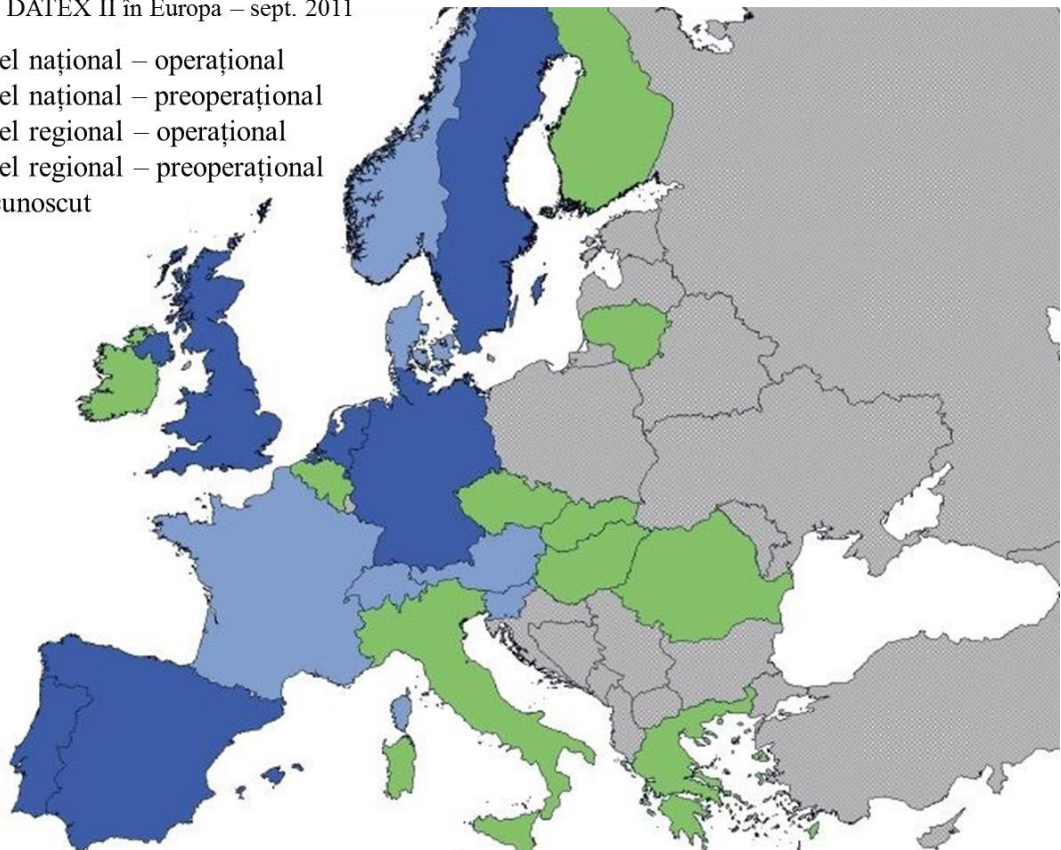


Fig. 3.27 Aspecte incluse în DATEX II

Specificațiile de bază ale DATEX II au fost inițiate în 2006. În primii 3 ani, o participare activă în cadrul proiectului au avut-o 9 (nouă) state din vestul Europei și Scandinavia: Danemarca, Italia, Franța, Germania, Marea Britanie, Olanda, Portugalia, Spania și Suedia [60]. Ulterior, dezvoltarea sistemului în primii 5 ani a condus la un nivel de utilizare variabil în cadrul Uniunii Europene (Fig. 3.28) [59].

Utilizare DATEX II în Europa – sept. 2011

- nivel național – operațional
- nivel național – preoperațional
- nivel regional – operațional
- nivel regional – preoperațional
- necunoscut

Fig. 3.28 Niveluri utilizare DATEX II – U.E.  
(sursa imagine: [59])

Protocolul a fost dezvoltat ca un răspuns și ca o necesitate față de implementarea proiectelor din cadrul rețelei TEN T, în paralel cu platforma EasyWay (par. 3.3.2). Principiul de funcționare al DATEX include stabilirea de legături între furnizorii de informații și utilizatori. Eforturile recente în acest sens au fost concentrate nu doar pe colectarea și prelucrarea datelor, ci și pe transferul lor între diferite centre de monitorizare, precum și direct către participanții la trafic.

Entitățile care administrează colectarea datelor decid asupra informațiilor care urmează a fi prelucrate și furnizate, precum și asupra modalității prin care se realizează schimbul de informații.



Întreg procesul se bazează pe disponibilitatea efectivă a datelor, colectate utilizând sisteme de monitorizare a drumurilor.

DATEX II reprezintă în prezent protocolul de referință pentru sistemele și aplicațiile de monitorizare care colectează și furnizează date de trafic în Europa.

### 3.4.4 AGORA-C

AGORA-C este denumirea sub care este cunoscut standardul ISO 17572-3 [78] referitor la referențierea locațiilor pentru baze de date geografice. Standardul include metode utilizate pentru localizarea diferitelor evenimente din cadrul rețelelor de transport, codarea, transmiterea și, în final, decodarea lor. AGORA-C reprezintă o astfel de tehnologie de referențiere, dinamică, care permite schimbul de informații între aplicații precum sisteme de navigație, sisteme de informare și alte servicii bazate pe localizare. Ca aplicație directă și imediată, AGORA-C are rolul de a îmbunătăți serviciile de navigație în general și acuratețea dispozitivelor GPS în particular [72].

Standardul AGORA-C a fost implementat de către un consorțiu cuprinzând companiile: Panasonic, Bosch, Siemens și Tele Atlas. El are capacitatea de a asigura comprimarea și transmiterea eficientă a datelor. Referențierea dinamică a locațiilor se realizează cu o precizie înaltă, utilizând specificațiile TPEG (par. 3.4.2) [72].

### 3.4.5 OpenLR

OpenLR reprezintă un standard disponibil publicului larg, destinat procedurilor și formatelor pentru codarea, transmiterea și decodarea informațiilor, independent de hărți. Procedura permite locațiilor identificate pe o hartă să fie găsite pe alta, unde ele au fost transferate [47].

Standardul a fost implementat de compania olandeză TomTom, care se ocupă în principal de sisteme de navigație și aplicații auxiliare. OpenLR funcționează pe baza sistemului geodezic de referință WGS 84, care stă la baza tehnologiei GPS. De asemenea, aplicația utilizează sistemul metric de măsurare. OpenLR furnizează acoperire și referențieri foarte bune (Fig. 3.29), estimându-se că va fi integrat în planurile de acțiune ale U.E. [67].

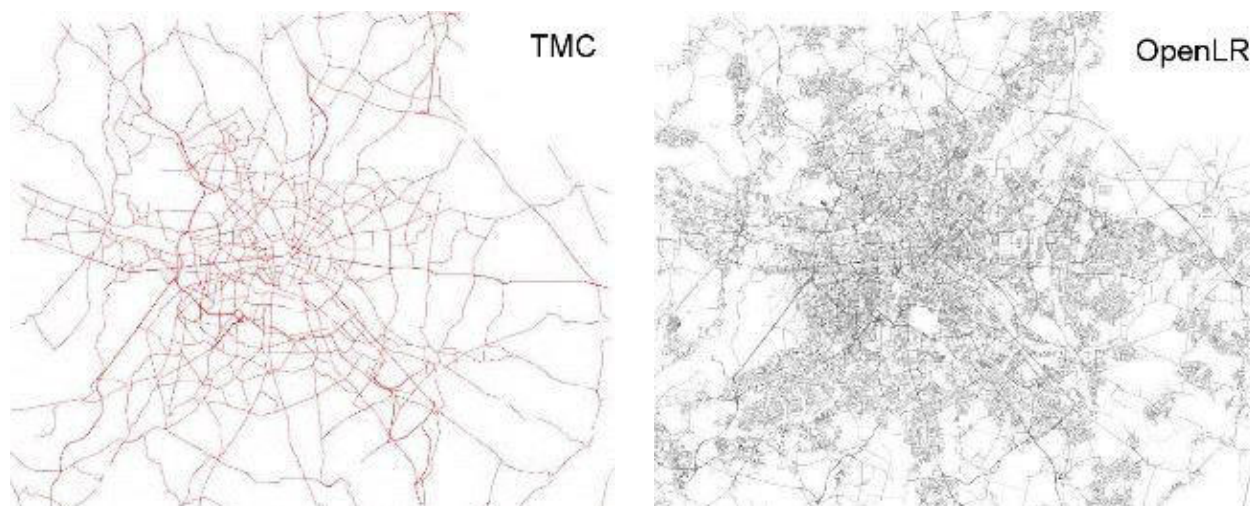


Fig. 3.29 Comparatie acoperire TMC (stg.) și acoperire OpenLR (dr.) – Berlin, Germania (sursa imagine: [67])

### 3.4.6 Referențierea liniară

Referențierea liniară reprezintă o metodă de referențiere care are la bază descrierea locațiilor prin măsurarea față de un element liniar, dintr-un punct de referință (ex. borne kilometrice pe un drum). Sistemul este destinat colectării și prelucrării de date pentru drumuri, căi ferate, conducte, linii de electricitate sau cursuri de apă [44]. Deși prezintă unele limitări, protocolul este utilizat în cadrul sistemelor GPS și a aplicațiilor GIS.

### 3.4.7 Situația curentă și dezvoltarea standardelor de date

Schema de bază a colectării, procesării și distribuției datelor de trafic (Fig. 3.30) se bazează pe nivelul de dezvoltare al tehnologiei și pe nivelul de dezvoltare economică.

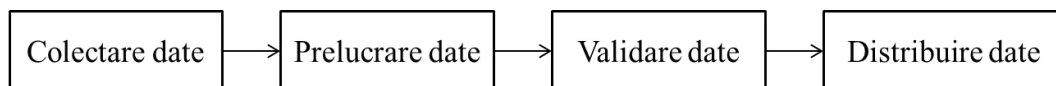


Fig. 3.30 Schemă logică traseu date de trafic

Dezvoltarea protocoalelor de comunicații RDS, a internetului mobil și a dispozitivelor tip smartphone și GPS a condus la colectarea eficientă a unui volum însemnat de date referitoare la desfășurarea traficului. Astfel, s-au pus bazele unei piețe internaționale pentru servicii de informare în trafic. Situația actuală a colectării și procesării datelor de trafic în cadrul Uniunii Europene (Fig. 3.12, Fig. 3.24, Fig. 3.25, Fig. 3.26) se referă la nivelul dezvoltării tehnologice în domeniul sistemelor de monitorizare a traficului rutier și la implementarea standardelor și formatelor de codare a datelor.

Rolul companiilor private în implementarea sistemelor de monitorizare a drumurilor a crescut semnificativ în ultimii 10 ani. Se estimează că această tendință va continua. Acest lucru se datorează unei serii de avantaje pe care firmele private le au asupra administrațiilor publice:

- colectarea, procesarea și validarea eficientă a datelor;
- dezvoltarea tehnologiilor de monitorizare a drumurilor;
- inovațiile în domeniu sunt mai dezvoltate în sectorul privat;
- implementarea unor sisteme de calitate performante.

Cu toate acestea, avantajele administrațiilor publice se axează în jurul următoarelor aspecte:

- asigurarea condițiilor pentru îmbunătățirea siguranței circulației;
- publicarea cu ușurință a informațiilor obținute în urma monitorizării;
- posibilitatea administrării rețelei publice de drumuri.

În concluzie, situația ideală presupune ca înregistrarea, procesarea și distribuirea datelor între diferite părți să fie efectuată cât mai eficient posibil, implicând costuri reduse și soluții benefice.

## 3.5 Sisteme de cântărire în mișcare (weigh-in-motion)

### 3.5.1 Generalități

Cântărirea în mișcare (eng. weigh-in-motion, WIM) este procesul de măsurare a forțelor dinamice transmise de un vehicul în mișcare și de estimare a încărcărilor statice echivalente. Masa unui vehicul este distribuită roților acestuia, prin intermediul elementelor sale structurale. Sistemele WIM sunt capabile să evalueze atât masa totală a unui vehicul, cât și încărcările distribuite pe fiecare osie a vehiculului respectiv. De asemenea, dispozitivele WIM evaluează, în general, informații adiționale, precum: data și ora înregistrării, viteza de deplasare, numărul de osii și distanța dintre ele, sensul de deplasare etc. [3]. Avantajul major al acestei tehnologii îl reprezintă eliminarea necesității opririi vehiculelor pentru cântărire, îmbunătățindu-se eficiența procesului de monitorizare.

Principalele componente ale unui sistem WIM sunt următoarele:

- senzori, care evaluează încărcările verticale transmise de vehicule. Semnalele nu sunt susceptibile la interferențe [63];
- bucle inductive, cu funcționare pe bază electromagnetică, a căror inductanță din situația inițială se modifică atunci când un vehicul intră în raza de acțiune a sistemului;
- componente electronice asociate, pentru interpretarea, înregistrarea datelor;
- sistem de comunicare a datelor.

În cazul senzorilor piezoelectrice, solicitările dinamice sunt convertite în semnale electrice, proporțional cu valoarea încărcării. În plus, se pot utiliza amplificatoare pentru semnalele înregistrate, precum și servere pentru stocarea informațiilor, în vederea procesării ulterioare.

În cazul sistemelor WIM permanente, senzorii și buclele inductive sunt elemente instalate în îmbrăcămintea rutieră, astfel încât suprafața instalației să fie în contact direct cu anvelopele vehiculelor în mișcare. Componentele electronice asociate sunt, de obicei, amplasate într-o incintă protejată, la marginea drumului. Incinta respectivă trebuie să fie dotată cu o sursă de energie electrică (convențională, solară, pe baterii etc.). De asemenea, se recomandă instalarea unui dispozitiv de asigurare și menținere a unei temperaturi pozitive.

Principalele tipuri de senzori care pot fi utilizați ca elemente componente ale sistemelor WIM sunt:

### 3.5.1.1 Senzori piezoelectrics

Senzorii piezoelectrics (BL, piezoceramici, piezoquartz) au fost prezentați în cadrul paragrafului 3.3.1.2.

### 3.5.1.2 Plăci de încovoiere

Plăcile de încovoiere (Fig. 3.31) cuprind bucle pentru măsurarea deformațiilor cauzate de trecerea vehiculelor. Ele sunt instalate la nivelul suprafeței carosabile, în cadre metalice, fiind izolate astfel de structura rutieră din vecinătate. De asemenea, dimensiunile lor permit izolarea integrală a unei roți, spre deosebire de senzorii piezoelectrics [91].



Fig. 3.31 Plăci de încovoiere  
(sursa imagine stg.: [64], sursa imagine dr.: [61])

Plăcile de încovoiere furnizează rezultate de o acuratețe similară senzorilor piezoquartz, mai bună decât senzorii piezoceramici și BL, însă inferioară celulelor hidraulice de încărcare. De remarcat este, însă, faptul că starea tehnică a carosabilului influențează considerabil acuratețea măsurărilor [91].

Avantajele plăcilor de încovoiere sunt [91]:

- izolarea plăcii de structura rutieră, prin cadrul metalic;
- costuri moderate;
- insensibile la variații de temperatură;
- acuratețe bună a măsurărilor.

Principalul dezavantaj al acestor sisteme îl reprezintă durata de timp pentru instalare, mai mare decât la senzorii piezoelectrics [91].

### 3.5.1.3 Celule hidraulice de încărcare

Celulele hidraulice de încărcare (Fig. 3.32) reprezintă cilindri umpluți cu uleiuri, sensibili la variațiile de presiune cauzate de trecerea autovehiculelor. În prezent, aceste sisteme sunt considerate cele mai precise dispozitive WIM [91].

La fel ca și plăcile de încovoiere, celulele sunt izolate de structura rutieră din vecinătate, iar dimensiunile lor permit izolarea integrală și cântărirea unei roți.

Avantajele de bază ale acestor sisteme sunt următoarele [91]:

- acuratețe foarte bună a măsurărilor;
- izolarea de structura rutieră;
- insensibile la variații de temperatură;
- durată de viață mare;
- randament cost-beneficiu bun pe termen îndelungat.



În schimb, ele prezintă și anumite dezavantaje [91]:

- costuri ridicate;
- necesită decaparea structurii rutiere pe o adâncime considerabilă.



Fig. 3.32 Celule hidraulice de încărcare  
(sursa imagine: [61])

#### 3.5.1.4 Senzori (covoare) de capacitate

Aceste sisteme (Fig. 3.33) constau în 2 (două) plăci metalice, conectate la o sursă de electricitate, separate printr-un material dielectric. Dispozitivul acționează ca un condensator, capacitatea sa fiind modificată în momentul trecerii unui vehicul. Un strat suplimentar exterior protejează sistemul și permite instalarea sa la nivelul suprafeței carosabile.

Avantajele senzorilor de capacitate sunt [91]:

- cost avantajos;
- izolarea de structura rutieră.

Dezavantajul acestor senzori este reprezentat de faptul că unele covoare sunt construite astfel încât pot monitoriza doar unul din șirurile de roți (stânga sau dreapta) [91].



Fig. 3.33 Senzor de capacitate  
(sursa imagine: [61])

#### 3.5.1.5 Senzori cu fibră optică

Senzorii bazați pe fibră optică au fost prezentați în cadrul paragrafului 3.3.1.10.

#### 3.5.1.6 Alte tipuri de senzori

Tehnologii emergente includ [91]:

- fâșii de capacitate;
- bucle pentru măsurarea deformațiilor;
- senzori WIM multipli.

Motivul principal care stă la baza implementării, utilizării și dezvoltării sistemelor de cântărire în mișcare sunt [101]:

- rol major în dezvoltarea economică a unei țări/regiuni;
- oferă control asupra tonajului vehiculelor grele;
- conduce la eficientizarea proiectării și a lucrărilor de întreținere pentru drumuri și poduri;
- oferă posibilitatea de a fi utilizate împreună cu sisteme statice.

Funcțiile de bază ale sistemelor WIM sunt:

- detectarea și înregistrarea informațiilor;
- memorarea datelor;
- afișarea/furnizarea informațiilor înregistrate.

Dispozitivele de monitorizare intruzive, bazate pe senzori permanenți, de tipul WIM, prezintă anumite avantaje asupra altor tehnologii (Fig. 3.34). În schimb, limitările acestor sisteme au contribuit la dezvoltarea dispozitivelor neintruzive și externe, care acoperă o parte din neajunsurile sistemelor clasice [85].

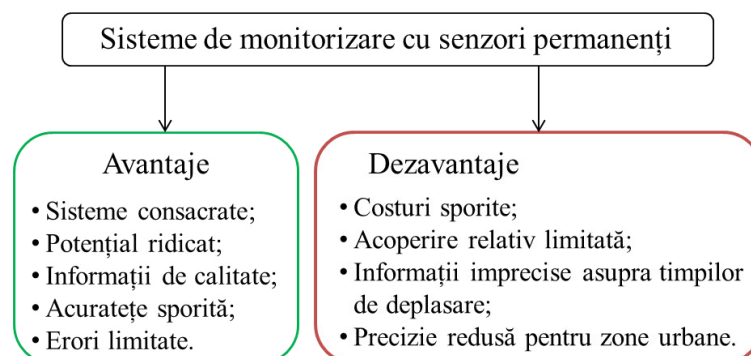


Fig. 3.34 Avantaje/dezavantaje sisteme de monitorizare cu senzori permanenți

Cele 3 (trei) categorii de bază în care se împart dispozitivele WIM sunt:

- sisteme WIM de cântărire la viteze sporite (eng. High-Speed WIM, HS-WIM);
- sisteme WIM de cântărire la viteze reduse (eng. Low-Speed WIM, LS-WIM) de 5...20 km/h;
- sisteme WIM de cântărire în vederea evaluării eforturilor și deformațiilor generate de trecerea vehiculelor în elementele structurale ale podurilor (eng. Bridge WIM, B-WIM).

Principalele scopuri ale utilizării dispozitivelor WIM sunt:

- evaluarea încărcărilor din trafic, pentru întocmirea unor studii de capacitate portantă a drumurilor și a proiectării structurilor rutiere;
- evaluarea încărcărilor din trafic, în vederea proiectării, monitorizării și studierii podurilor (B-WIM);
- implementarea de programe pentru verificarea tonajului în cazul vehiculelor grele;
- studiul vitezelor de deplasare, în vederea stabilirii unor măsuri de fluidizare a traficului sau de îmbunătățire a siguranței circulației;
- studiul capacității de circulație;
- stabilirea de taxe pentru utilizarea sectorului de drum studiat, în funcție de masă ori volume de trafic;
- stabilirea unor modele de predicție a traficului;
- administrare și planificare rutieră.

### 3.5.2 Istoric. Studii incipiente

Evoluția sistemelor WIM a avut ca punct de plecare introducerea, în anul 1951, de către Biroul pentru Drumuri Publice din S.U.A. și autoritățile din statul Virginia, a unui sistem de monitorizare în cadrul unei autostrăzi. Sistemul respectiv era reprezentat de o placă din beton armat rezemată la colțuri pe coloane ale căror senzori cu fir erau conectate la un osciloscop. Detecția fiecărui vehicul în parte dura circa 10 secunde. Citirea datelor referitoare la masa, viteza și distanța dintre osii se realiza manual, prin interpretarea rezultatelor furnizate de osciloscop. La momentul respectiv, s-a concluzionat că, prin îmbunătățirea acurateței, procedeul WIM poate conduce la rezultate la fel de relevante ca și metodele statice.

Următoarele etape de bază în dezvoltarea sistemelor WIM au fost [108][86]:

- 1955: teste efectuate în statul Mississippi asupra unor senzori metalici înveliți în cauciuc;

- anii 1950: teste în Germania de Vest și Danemarca;
- 1957: sistem WIM similar celui dezvoltat în S.U.A. în 1951, instalat în Marea Britanie;
- sfârșitul anilor 1950: teste efectuate în statul Kentucky în vederea dezvoltării unui sistem de cântărire în mișcare pentru evaluarea dinamicii podurilor;
- anii 1960: Departamentul pentru Transport din California studiază activ sistemele WIM;
- sfârșitul anilor 1960: în Australia, multiple încercări de cântărire a vehiculelor în mișcare pe autostrăzi;
- mijlocul anilor 1970: în Germania de Vest, au fost propuși 3 (trei) tipuri de senzori pentru cântărirea vehiculelor: un prag de cântărire hidraulic, un cablu piezoceramic coaxial și o placă de încovoiere. Primii doi senzori au condus la rezultate nesatisfăcătoare, însă placa de încovoiere este un element de bază utilizat în cadrul sistemelor WIM folosite în prezent;
- 1983: în S.U.A. se organizează prima conferință națională în domeniul WIM;
- 1985: introducerea în Australia a unor sisteme WIM de origine germană și americană;
- anii 1980: evoluția și dezvoltarea sistemelor WIM, la nivel global (S.U.A., Germania, Marea Britanie, Australia, Africa de Sud etc.).

### 3.5.3 Funcționalitate și procesarea datelor

Principalele aspecte luate în considerare în cazul instalării și utilizării unui sistem WIM sunt: costurile inițiale și estimate, acuratețea informațiilor, durabilitatea, întreținerea și ușurința instalării [108]. De asemenea, în general, furnizorii de sisteme trebuie să asigure protecție paratrăsnet ale elementelor sensibile [3]. În general, durata de viață a unui sistem WIM variază între 3 și 12 ani [7], existând numeroși factori care influențează acest aspect.

Provocările tehnice, economice și organizaționale ale instalării unuia sau mai multor sisteme WIM au la bază rolurile și avantajele implementării sale. În afara factorilor critici prezentați anterior, se au în vedere securitatea datelor și posibilitatea conversiei și prelucrării informațiilor pentru a obține rezultate relevante și utile [101]. Cu toate acestea, utilitatea sistemelor WIM poate oferi beneficii semnificative pe termen lung, prin avantajele pe care le implică.

Una din etapele de bază ale implementării unui sistem WIM o reprezintă calibrarea acestuia, utilizând metodologii specifice, stabilite de către producător, sub autoritatea administrațiilor implicate și a standardelor în vigoare. De asemenea, în vederea asigurării funcționării corespunzătoare a sistemului, procesul de întreținere poate include utilizarea unor sisteme în paralel, pentru verificare și recalibrare.

Procesarea datelor colectate utilizând sisteme WIM este o activitate de primă importanță pentru administratori și utilizatori. Principalele dificultăți care limitează disponibilitatea către publicul larg a informațiilor colectate utilizând sistemele WIM sunt [108]:

- lipsa unei aplicații directe care să furnizeze utilizatorului informații relevante, pe baza datelor WIM înregistrate;
- prelucrarea post-înregistrare a datelor este de multe ori complicată, necesitând eforturi considerabile;
- utilizatorii nu sunt în temă referitor la existența datelor de trafic WIM;
- amplasarea defectuoasă a sistemelor WIM.

De asemenea, administratorii sunt uneori reticenți în privința investițiilor în sisteme WIM, apelând la strategii justificatoare, alte tipuri de sisteme sau analize cost-beneficiu.

Se impune necesitatea promovării existenței sistemelor WIM și a îmbunătățirii accesibilității rezultatelor către utilizatori. Aplicații electronice pentru stocarea și raportarea datelor WIM au fost dezvoltate în ultimii 15...20 de ani. În general, acestea sunt independente de sistemele WIM, oferind în același timp posibilitatea de a furniza rezultate utilizatorilor. Primele eforturi și demersuri în acest sens au fost efectuate la mijlocul anilor 1990. În Europa, a fost propusă crearea unei baze de date comune pentru stocarea și raportarea datelor WIM [31]. În S.U.A., a fost dezvoltată baza de date LTPP, care permite stocarea și accesarea atât a datelor WIM, cât și a altor informații de trafic [29]. Alte aplicații electronice dezvoltate la sfârșitul anilor 1990 au fost:

- Roadways, implementat de compania Telstar, a fost proiectat pentru stocarea, analiza și raportarea datelor WIM [30]. Aplicația cuprindea:
  - o bază de date WIM;
  - posibilitatea de a procesa parametri de trafic și elemente statistice;
  - o interfață cu utilizatorul.
- Grupul australian ARRB a dezvoltat aplicația WIMLINK, cu următoarele caracteristici de bază [13]:
  - organizarea și monitorizarea sistemelor WIM asociate, inclusiv referitor la calibrare;
  - bază de date WIM;
  - organizarea și procesarea datelor WIM;
  - posibilitatea descărcării de informații de către utilizatori;
  - monitorizarea calității fișierelor descărcate;
  - interfață cu utilizatorii/administratorii.
- În 1997, guvernul indonezian a pus bazele unei aplicații de analiză a traficului, la nivel microscopic, denumită KAJI. Varianta îmbunătățită a aplicației KAJI se numește Road Canal, aceasta fiind dezvoltată în preajma anului 2011, utilizând limbajul de programare Visual Basic. Scopul său de bază este modelarea traficului în intersecțiile semnalizate [100].

În continuare, dezvoltarea sistemelor de monitorizare a evoluat. Se menționează, ca exemplu, programul de monitorizare a traficului implementat în cadrul Departamentului pentru Administrarea Drumurilor și Autostrăzilor din statul Maryland, S.U.A. [88]. Acesta a fost conceput în anul 1997, în baza datelor colectate din 79 de posturi de înregistrare continuă a traficului și circa 3800 de posturi de înregistrare temporară, cuprinzând:

- O bază de date pentru stocarea informațiilor de trafic;
- O interfață cu utilizatorul, care permite accesarea bazei de date;
- O aplicație accesibilă prin internet, pentru accesul către date de trafic validate, utilizând o serie de rapoarte predefinite.

### 3.5.4 Standardizare. Proiecte internaționale. Evoluție

În general, sistemele WIM pot fi încadrate în diferite grupe, în funcție de aplicația fiecăruia, vitezele detectate și toleranțele admisibile [3]. Funcția de bază a unui standard referitor la sisteme WIM este de a furniza informații de referință atât pentru utilizatori, cât și pentru vânzători, privitor la procurarea, instalarea, calibrarea, testarea, utilizarea și întreținerea unui astfel de sistem [86].

Dezvoltarea tehnologică a sistemelor WIM a fost însoțită de evoluția aplicațiilor în domeniu. Aceste aspecte au fost studiate în cadrul unor proiecte internaționale [83]:

- OECD DIVINE: Proiect dezvoltat în perioada 1993-1997, cu scopul de a demonstra științific efectele traficului greu asupra structurilor rutiere și podurilor [82];
- COST 323 [102]: Proiect care stă la baza utilizării sistemelor WIM, elaborat în perioada 1993-1998, care furnizează specificații tehnice de referință referitoare la sistemele WIM. Programul are legături strânse cu documentul COST 333 [23], referitor la dezvoltarea la nivel european a unei metode de dimensionare a structurilor rutiere, precum și cu alte acțiuni similare. Scopul de bază al acestor documente elaborate la nivel european era de a stabili condițiile existente ale drumurilor și de a stabili măsurile corecte de intervenție [23];
- WAVE (eng. Weigh-in-motion of Axles and Vehicles for Europe) [22]: Proiect desfășurat între septembrie 1996 și iunie 1999, având ca scopuri:
  - îmbunătățirea acurateței măsurătorilor de masă în timpul deplasării vehiculelor, prin utilizarea unor senzori care să evalueze efectele dinamice ale mișcării;
  - dezvoltarea și îmbunătățirea sistemelor B-WIM utilizate în cadrul lucrărilor de artă ingineresti;
  - dezvoltarea unei platforme comune pentru procesarea datelor WIM, în vederea îmbunătățirii calității informațiilor la nivel internațional;

- testarea calității materialelor în contact direct cu anvelopele vehiculelor, agenții climatici și materialele pentru dezghețare;
- dezvoltarea unor metode standardizate pentru calibrarea sistemelor WIM;
- dezvoltarea și implementarea unui nou tip de sistem WIM, bazat pe senzori din fibră optică, insensibili la condiții climatice dure și optimi pentru transmiterea eficientă și rapidă a datelor.

Principalele rezultate și concluzii ale programului au fost:

- dezvoltarea a doi algoritmi pentru prelucrarea datelor colectate de multiple sisteme WIM (eng. Multiple-Sensor WIM, MS-WIM), utilizați în vederea îmbunătățirii controalelor asupra legalității deplasării vehiculelor;
- îmbunătățirea sistemelor WIM pentru monitorizarea podurilor (B-WIM);
- testarea unui senzor WIM bazat pe fibre optice;
- testarea unei noi metode de calibrare a sistemelor WIM;
- testele în condiții de climat rece au arătat că acuratețea WIM depinde de: tehnologia utilizată, temperatură, condițiile de trafic și calibrarea sistemului;
- proiectarea unui sistem de asigurare a calității informațiilor WIM.
- Top-Trial [21]: Proiect derulat între anii 2000 și 2002, concentrat asupra îmbunătățirii acurateței înregistrărilor WIM și standardizării procedurilor de identificare a vehiculelor grele supraîncărcate. De asemenea, programul a urmărit proiectarea, construirea și testarea unei rețele alcătuite din sisteme WIM;
- REMOVE (eng. Requirements for Enforcement of Overloaded Vehicles in Europe) [99]: Proiect dezvoltat cu scopul promovării utilizării sistemelor WIM pentru identificarea vehiculelor grele supraîncărcate;
- FiWi (eng. FEHRL Institute WIM Initiative): Proiect inițiat sub egida Forumului european pentru cercetare în domeniul drumurilor, FEHRL (eng. Forum of European Highway Research Laboratories), cu scopul de a actualiza prevederile COST 323 și de a le include într-un standard european pentru sisteme WIM. De asemenea, proiectul prezintă avantajele și dezavantajele utilizării sistemelor WIM pentru controlul legalității deplasării vehiculelor grele.

În Europa, documentul care stă la baza utilizării sistemelor WIM este COST 323 (Cooperare în domeniul științei și tehnologiei, eng. CO-operation in Science and Technology) [102], elaborat între 1993 și 1998. Respectivul document nu constituie un standard oficial, ci furnizează specificații tehnice de referință pentru entitățile interesate, pe baza principiilor științifice și tehnice în domeniu, în vederea elaborării unui standard. COST 323 se referă în principal la sistemele HS-WIM, dar poate fi aplicat și dispozitivelor utilizate în condiții controlate de deplasare a vehiculelor, de tip LS-WIM [102].

Principalele prescripții de clasificare ale sistemelor WIM prevăzute în COST 323 se referă la [86]:

- 6 clase de precizie: A (5), B+ (7), B (10), C (15), D+ (20) și D (25), plus clase adiționale pentru sisteme care nu se încadrează în clasa D (25). În funcție de tipul de senzor utilizat, rezultatele obținute pot fi încadrate într-o anumită clasă;
- elemente statistice referitoare la trafic;
- analiza traficului și clasificarea vehiculelor;
- posibilitatea utilizării pentru controlul legalității deplasării vehiculelor;
- elementele geometrice ale sectorului de drum studiat;
- 3 clase de încadrare a calității suprafeței de rulare, în funcție de planeitate și starea de degradare.

Aceeași documentație recomandă ca sistemele WIM să furnizeze informațiile colectate într-un format utilizabil și editabil, astfel încât să fie permisă prelucrarea suplimentară a datelor. De asemenea, este indicat ca fiecare vehicul înregistrat să fie inserat pe un rând separat al fișierului de date.

Elaborarea COST 323 se bazează, printre alte documente, și pe experiența în domeniu acumulată în S.U.A. Societatea Americană pentru Testare și Materiale (eng. American Society for

Testing and Materials, ASTM) este o organizație non-profit, ai cărei membri elaborează standarde pentru diferite materiale, produse, sisteme și servicii. Experiențele acumulate în timp și testele efectuate asupra sistemelor au stat la baza elaborării documentației ASTM E 1318 referitoare la sisteme WIM, recunoscută în S.U.A. drept standard în domeniu. Prima ediție a acestui standard a fost publicată în anul 1990. Următoarele etape în evoluția și aplicarea sa au fost [86]:

- 1994: revizii minore ale ASTM E 1318;
- 1996: primul sistem electronic de cântărire, pe autostrăzi majore, este instalat în California;
- 2002: revizia a 2-a a standardului ASTM E 1318;
- 2009: revizia a 3-a a standardului ASTM E 1318 este publicată [3].

Principalele prescripții de clasificare ale sistemelor WIM prevăzute în ASTM E 1318 se referă la [86]:

- 4 tipuri de sisteme WIM: I, II, III și IV;
- nivel de precizie minim impus pentru fiecare sistem – teste admis/respins;
- elementele geometrice ale sectorului de drum studiat.

De asemenea, acuratețea rezultatelor este influențată de uniformitatea suprafeței de rulare, aspect ce cade în responsabilitatea utilizatorului.

Documente similare, bazate pe recomandări tehnice referitoare la sisteme WIM, au fost elaborate și în Australia [97]. Aici, majoritatea autorităților regionale de drumuri dețin și utilizează sisteme de stocare și raportare a datelor WIM, diferite de la un teritoriu la altul în privința accesibilității [108].

Înainte de anul 1990, studiile în domeniul cântăririi în mișcare a vehiculelor au fost concentrate asupra următoarelor aspecte [84]:

- dezvoltarea și îmbunătățirea acurateței senzorilor;
- influența traficului asupra apariției degradărilor rutiere, cu precădere fisuri și fâgașe;
- colectarea de informații pentru stabilirea acțiunilor din trafic standardizate pentru podurile rutiere;
- proiecte la nivel național.

În următoarea decadă (1990 – 2000), acțiunile au fost îndreptate înspre dezvoltarea și testarea sistemelor, precum și asupra elaborării documentațiilor COST 323 și WAVE. De asemenea, au fost efectuate primele teste de utilizare pentru controlul legalității deplasării vehiculelor. Acest aspect a fost favorizat de implementarea, în paralel, a sistemelor de detecție video [84].

După anul 2000, s-a dezvoltat studiul avansat al încărcărilor din trafic asupra structurilor rutiere și podurilor, precum și controalele asupra tonajelor în trafic. Acțiunile în domeniu au fost implementate în cadrul proiectelor internaționale Top-Trial, REMOVE și FiWi. De asemenea, s-a studiat dezvoltarea sistemelor WIM pentru poduri (B-WIM) și a celor multiple (MS-WIM) [84].

La nivelul anilor 2000, 75% din sistemele WIM utilizate la nivel mondial erau concentrate în S.U.A. și Europa (Fig. 3.35). Cu toate acestea, Orientul Mijlociu este o piață în dezvoltare în acest domeniu [101].

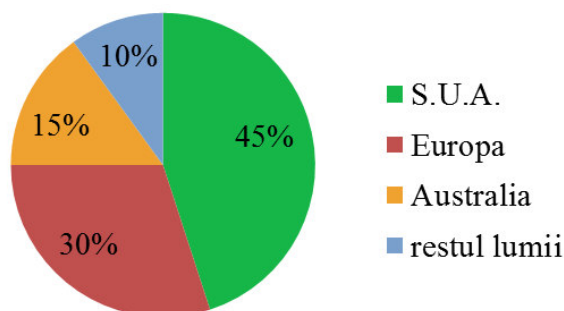


Fig. 3.35 Utilizare sisteme WIM la nivel mondial – anii 2000

La nivelul anului 2011, specificațiile WIM la nivel internațional erau prevăzute de următoarele documente [83]:

- COST 323 [102], care furnizează specificații tehnice de referință pentru entitățile interesate, pe baza principiilor științifice și tehnice în domeniu;
- ASTM E 1318-09 [3], care definește 4 (patru) tipuri de sisteme WIM și facilitează relația dintre distribuitori și cumpărători;
- OIML R-134, un document elaborat de Organizația Internațională de Metrologie Legală, care cuprinde recomandări pentru cântărirea vehiculelor în mișcare, însă doar în condiții controlate și la viteze reduse;
- Directiva U.E. pentru instrumente de măsurare, care a înglobat OIML R-134.

În prezent, documentul de referință utilizat la nivel mondial pentru specificații WIM este COST 323, în ciuda faptului că acest act nu reprezintă un standard oficial [83]. Proiectul FiWi a pus bazele schimbului de informații WIM între instituțiile membre ale FEHRL și ale elaborării unui standard în domeniu, cu referire la următoarele aplicații:

- sisteme HS-WIM, LS-WIM, B-WIM;
- alte sisteme WIM (ex. cele instalate în puncte de control a vehiculelor grele);
- sisteme de cântărire în regim static;
- sisteme cu senzori de evaluare a maselor în mod indirect;
- evaluarea performanțelor sistemelor WIM și aprobarea diferitelor modele (neincluzând teste de laborator sau evaluări ale componentelor independente);
- aplicațiile WIM, exceptând comerțul în domeniul acestor sisteme.

Este important a se preciza faptul că, în prezent, sistemele HS-WIM nu sunt aprobate oficial pentru furnizarea de date în vederea verificării și sancționării vehiculelor supraîncărcate sau care depășesc viteza legală. Acest lucru este realizat cu sisteme de cântărire statice sau de tip LS-WIM, la viteze reduse. Dispozitivele HS-WIM sunt utilizate în paralel cu sisteme de supraveghere video (Fig. 3.10) pentru detectarea vehiculelor suspecte. Acestea sunt dirijate ulterior către posturi statice sau LS-WIM (Fig. 3.36), pentru verificări suplimentare, în condiții controlate de trafic [84].



Fig. 3.36 Post LS-WIM  
(sursa imagine: [68])

Datele statistice colectate și stocate în baze de date WIM sunt utilizate de către administratori în vederea dimensionării raționale a structurilor rutiere. De asemenea, unitățile abilitate folosesc informațiile colectate atât pentru efectuarea de controale în trafic, cât și pentru evaluarea efectelor acestora și a implementării unor măsuri de siguranța circulației.

### 3.6 Sistemul HS-WIM Hi-Trac® EMU

#### 3.6.1 Introducere

Sistemul Hi-Trac EMU conceput și produs de TDC Systems Ltd. Marea Britanie [33] este un sistem de colectare a datelor de trafic rutier, configurat ca un sistem de cântărire în mișcare



(WIM) la viteze sporite, precum și de numărare și clasificare automată a vehiculelor. Înregistrarea datelor de trafic se realizează în mod continuu, fără întreruperea fluxului de trafic.

Unitatea cuprinde interfețe atât pentru senzori piezoelectrice, cât și pentru bucle inductive. Semnalul preluat de la senzorii piezoelectrice este utilizat pentru a evalua încărcările pe osie ale vehiculelor, vitezele de deplasare, precum și distanțele dintre osii. Modul de funcționare al buclelor inductive are la bază modificări temporare ale parametrilor câmpului magnetic de bază, generate de prezența caroseriilor autovehiculelor în mișcare [33].

Unitatea de înregistrare și stocare a datelor este instalată într-un dulap amplasat la marginea drumului. Pentru a funcționa, dispozitivul are nevoie de o sursă de energie electrică. Aceasta poate fi reprezentată de: o sursă convențională de energie, un panou solar, o baterie (pentru utilizare temporară) sau alte surse, alternative.

Sistemul Hi-Trac EMU suportă instalarea a până la 4 (patru) senzori piezoelectrice și 8 (opt) bucle inductive. De asemenea, utilizarea sa ca un post WIM necesită amplasarea unui senzor de temperatură, în afara senzorilor de bază [33].

Colectarea datelor înregistrate se poate realiza prin conectarea unui calculator portabil (laptop), prin intermediul unui port serial (RS232). De asemenea, un al doilea port serial al unității Hi-Trac poate fi utilizat pentru conectarea unui modem GSM/GPRS, care asigură accesul de la distanță al administratorului de sistem [33].

Stocarea datelor se face pe un card de memorie intern, tip SRAM. În modul de operare WIM, un card de capacitate 4 MB poate suporta circa 400.000 înregistrări. Capacitatea memoriei poate fi sporită prin instalarea unui alt card SRAM [33].

### 3.6.2 Configurarea sistemului

Sistemul Hi-Trac EMU poate fi configurat în următoarele moduri [33]:

1. Cântărire în mișcare (WIM) de înaltă precizie:
  - configurație Piezo-Loop-Piezo (PLP), utilizând câte doi senzori piezoelectrice de clasă 1 pentru fiecare bandă de circulație;
2. Cântărire în mișcare (WIM) de precizie redusă:
  - configurație Loop-Piezo-Loop (LPL), utilizând câte un senzor piezoelectric de clasă 1 pentru fiecare bandă de circulație;
3. Numărare și clasificare vehicule, cu detectarea osiilor:
  - configurație Piezo-Loop-Piezo (PLP), utilizând câte doi senzori piezoelectrice de clasă 2 pentru fiecare bandă de circulație;
  - configurație utilizabilă și pentru detectarea bicicletelor;
4. Numărare și clasificare vehicule, cu detectarea osiilor:
  - configurație Loop-Piezo-Loop (LPL), utilizând câte un senzor piezoelectric de clasă 2 pentru fiecare bandă de circulație;
5. Numărare și clasificare vehicule, fără detectarea osiilor:
  - configurație Loop-Loop (LL);
6. Numărare vehicule:
  - configurație Loop (L).

### 3.6.3 Principii operaționale

#### 3.6.3.1 Cântărire în mișcare de înaltă precizie – configurație PLP

Senzorii piezoelectrice generează și transmit o sarcină electrică, sub acțiunea osiilor vehiculelor în mișcare și proporțională cu presiunea aplicată de acestea. Unitatea Hi-Trac EMU convertește sarcina electrică într-o tensiune electrică. Semnalul electric este monitorizat de către sistem și utilizat pentru a determina distanța dintre osii, respectiv dintre vehicule. Amplitudinea semnalului conduce la stabilirea încărcării pe osii.

În configurația PLP, senzorii piezoelectrice sunt instalați la distanța de 3 metri unul de celălalt, în stratul de uzură al îmbrăcămintei rutiere. Bucla inductivă se prezintă sub forma unui pătrat cu latura de 2 metri, ea fiind amplasată simetric între senzorii piezoelectrice [33].



Viteza unui vehicul în mișcare este măsurată pe baza intervalului de timp scurs între trecerile respectivului vehicul peste cei doi senzori piezoelectrice. Distanța dintre osiile unui vehicul este evaluată multiplicând viteza acestuia cu intervalele de timp scurse între trecerile osiilor respectivului vehicul. Pentru sporirea preciziei, în configurația PLP, rezultatul este furnizat ca o medie a măsurătorilor celor doi senzori piezoelectrice [33].

Inductanța buclei instalate în stratul de uzură se modifică atunci când un vehicul intră în raza de acțiune a sistemului. Acest lucru determină o schimbare a frecvenței de oscilație a circuitului specializat din interiorul unității Hi-Trac EMU. Rezultatul este cuantificat drept prezență a unui vehicul monitorizat, care este încadrat într-o anumită clasă și căruia i se determină lungimea pe baza intervalului de timp cât inductanța buclei este modificată.

Semnalele transmise de bucla inductivă sunt utilizate și pentru a delimita vehiculele în cazul traficului afectat de congestie. De asemenea, unitatea Hi-Trac EMU este capabilă să detecteze și să clasifice vehiculele care trec peste sistemul WIM tranzitând de pe o bandă de circulație pe cea adiacentă [33].

### **3.6.3.2 Numărare și clasificare vehicule, cu detectarea osiilor – configurație LPL**

În configurația LPL, 2 (două) bucle inductive sub formă de pătrate cu laturile de 2 metri fiecare sunt instalate la distanța de 2,50 m una de cealaltă, pe fiecare bandă de circulație monitorizată. Sensorul piezoelectric este instalat simetric între cele două bucle [33].

Buclele sunt utilizate pentru a determina viteza unui vehicul, pe baza intervalului de timp scurs între activările celor două bucle inductive succesive. Sensorul piezoelectric furnizează date referitoare la distanțele dintre osii. Principiul de funcționare al buclelor inductive și datele furnizate de sistem au fost prezentate anterior, în cadrul configurației PLP.

### **3.6.3.3 Numărare și clasificare vehicule, fără detectarea osiilor – configurație LL**

În configurația LL, 2 (două) bucle inductive sub formă de pătrate cu laturile de 2 metri fiecare sunt instalate la distanța de 2,50 m una de cealaltă, pe fiecare bandă de circulație monitorizată. Intervalul de timp scurs între activările celor două bucle inductive succesive conduce la determinarea vitezei unui vehicul în mișcare [33].

Semnalele procesate de către sistemul Hi-Trac EMU conduc la evaluarea următorilor parametri: viteza unui vehicul, lungimea sa, precum și recenzarea vehiculelor monitorizate.

### **3.6.3.4 Senzor piezoelectric de compensare neliniară în funcție de temperatură**

Sistemul Hi-Trac EMU include algoritmi de compensare a datelor înregistrate în funcție de temperatura mediului ambiant [33]. Funcționarea corespunzătoare a senzorilor este influențată de o serie de factori, incluzând suprafața drumului și starea rășinii puse în operă.

Sistemul utilizează factori de compensare neliniară pentru a corecta datele colectate și transmise de senzori, în funcție de temperatura aerului înconjurător. Acest lucru se datorează în principal influenței pe care temperatura o are asupra rășinii ce înglobează senzorii.

## **3.6.4 Unitatea electronică Hi-Trac EMU**

Unitatea de stocare-prelucrare a sistemului Hi-Trac EMU este amplasată într-un dulap metalic situat în preajma platformei drumului monitorizat. Toate componentele sistemului sunt conectate la unitatea Hi-Trac, prin intermediul următoarelor porturi și conexiuni [33]:

- 4 conexiuni pentru senzori piezoelectrice;
- 8 conexiuni pentru bucle inductive;
- 1 conexiune pentru senzor de temperatură;
- 1 port serial RS232 pentru conexiune laptop;
- 1 port serial RS232 pentru conexiune modem GSM/GPRS.

De asemenea, unitatea trebuie să fie conectată la o sursă de energie electrică. Sistemul funcționează la o tensiune de 6 V, furnizată fie direct de o baterie, fie de un încărcător. O altă posibilitate de furnizare a energiei electrice o reprezintă un panou solar, ale cărui dimensiuni depind de condițiile locale de expunere la lumină naturală. În mod obișnuit, o unitate cu puterea de 10 W este suficientă pentru a alimenta sistemul Hi-Trac EMU pe durata unui an. Consumul unității, cu

toți senzorii în funcțiune, dar neincluzând consumul modemului GSM/GPRS, este de cca. 0,20 W. În mod uzual, modemul aflat în mod de așteptare consumă cca. 0,50 W, iar atunci când funcționează aprox. 1,50 W [33].

### 3.6.5 Senzorii piezoelectrice

Principalele caracteristici tehnice ale senzorilor piezoelectrice utilizați în cadrul sistemului Hi-Trac EMU sunt următoarele [33]:

- ecart de temperatură în care sistemul funcționează:  $-40...+80^{\circ}\text{C}$ ;
- sensibilitatea la variația temperaturii mediului ambiant:  $\pm 0,1\%$  per  $^{\circ}\text{C}$ ;
- durata de viață: 40 milioane de osii standard (m.o.s.).

Modul în care senzorul este fabricat permite acestuia să fie flexibil, astfel încât el să poată fi instalat direct în structura rutieră, conform profilului transversal al acesteia. Senzorul este instalat într-un șliț de formă pătrată, 19x19 mm, executat în stratul de uzură al structurii rutiere [33]. Dimensiunile reduse ale șlițului conduc la accelerarea timpului de instalare și la reducerea cantităților de materiale utilizate.

În cazul configurației PLP – utilizare WIM, este nevoie de compensarea neliniară în funcție de temperatură a înregistrărilor, pentru îmbunătățirea acurateții măsurătorilor. Acest lucru se realizează prin senzorii destinați acestei operații, respectiv funcția aferentă a unității Hi-Trac EMU [33].

### 3.6.6 Buclele inductive

Principiul de funcționare a buclei inductive se bazează pe măsurarea diferenței de inductanță dintre situația inițială și cea modificată, când un vehicul intră în raza de acțiune a sistemului.

Bucula inductivă este parte componentă a unui circuit electric. Atunci când un vehicul intră în câmpul magnetic al buclei, inductanța acesteia se modifică. Astfel, rezultă o schimbare a frecvenței de oscilație a circuitului specializat din interiorul unității Hi-Trac EMU. Rezultatul este cuantificat drept prezență a unui vehicul monitorizat.

Pe baza intervalului de timp cât inductanța buclei este modificată, unitatea procesează semnalele electromagnetice recepționate, determinând viteza și lungimea vehiculelor identificate și încadrându-le într-o anumită clasă. De asemenea, prin aceeași metodă, sistemul identifică șasiuri ale vehiculelor diferite.

### 3.6.7 Parametri tehnici de funcționare

#### 3.6.7.1 Performanțe generale

Tab. 3.2 Performanțe generale HS-WIM [33]

Nr.crt.	Element	UM	Valoare
1	interval viteze măsurate	km/h	1...180
2	capacitate de înregistrare	MB	4 (6, 8)
3	număr înregistrări vehicul-cu-vehicul (VCV)		400.000 (4 MB)
4	număr înregistrări statistice	zile	150
5	parametri conexiune telemetrică		GSM, PSTN, GPRS
6	interval de temperatură funcționalitate	$^{\circ}\text{C}$	$-20...+65$

#### 3.6.7.2 Performanțe instalații WIM permanente

Tab. 3.3 Performanțe instalații WIM permanente [33]

Nr.crt.	Element	UM	Valoare
1	eroare cântărire masă vehicul	%	$\pm 10$
2	eroare cântărire masă pe osie	%	$\pm 15$
3	interval viteze măsurate	km/h	5...180

### 3.6.7.3 Performanțe instalații WIM temporare

Tab. 3.4 Performanțe instalații WIM temporare [33]

Nr.crt.	Element	UM	Valoare
1	eroare cântărire masă vehicul	%	±15
2	eroare cântărire masă pe osie	%	±20
3	interval viteze măsurate	km/h	5...180

### 3.6.7.4 Performanțe numărare și clasificare vehicule

Tab. 3.5 Performanțe numărare și clasificare vehicule [33]

Nr.crt.	Element	UM	Valoare
1	performanță evaluare volum trafic	%	99
2	eroare evaluare lungimi vehicule	%	±8
3	eroare evaluare interval spațial de succesiune vehicule	%	±8
4	eroare evaluare interval temporal de succesiune vehicule	%	±7
5	eroare evaluare viteze	%	±1,5
6	interval viteze măsurate	km/h	5...180

### 3.6.7.5 Acuratețe clasificare vehicule

Tab. 3.6 Acuratețe clasificare vehicule [33]

Clasa	Vehicule	Doar bucle	Bucle + Piezo
1	Motociclete	95%	98%
2	Autoturisme / Microbuze	97%	98%
3	Autoturisme / Microbuze + Trailere	97%	98%
4	Autocamioane	97%	98%
5	Autocamioane cu remorcă (articulate)	97%	99%
6	Autobuze + Autocare	95%	98%

### 3.6.8 Capacitatea de înregistrare a sistemului Hi-Trac

#### 3.6.8.1 Înregistrările vehicul-cu-vehicul (VCV)

Datele vehicul-cu-vehicul (VCV) reprezintă datele înregistrate în sistemul Hi-Trac EMU referitoare la fiecare vehicul identificat. Numărul de zile pentru care sistemul păstrează înregistrările efectuate poate fi setat între 4 și 45 de zile. Unitatea Hi-Trac EMU dispune implicit de o memorie având capacitatea de 4 MB, ea putând fi extinsă prin instalarea unui card SRAM suplimentar. Datele monitorizate pentru un vehicul ocupă cca. 10 biți de memorie. Dacă se dorește înregistrarea tuturor parametrilor VCV pentru vehiculele monitorizate, capacitatea implicită a sistemului este de cca. 400.000 înregistrări. Parametri VCV monitorizați cuprind informații variate, de la data și ora înregistrării până la masa pe osii sau viteza de deplasare. Ei vor fi enumerați în detaliu în cadrul prezentării sistemului HS-WIM utilizat în vederea colectării informațiilor de trafic prelucrate în cadrul prezentei lucrări (par. 3.6.9) [33].

#### 3.6.8.2 Fișierele ATMS

Datele ATMS (par. 3.2) cuprind atât informații despre vehiculele înregistrate, cât și posibilele erori ale sistemului. Unitatea Hi-Trac EMU dispune de 50 de fișiere ATMS. Datele vechi sunt înlocuite cu înregistrări noi, atunci când ele se realizează.

Un cod de diagnosticare, care oferă indicații despre posibilele erori ale sistemului, este memorat în fiecare fișier ATMS. Codul este dispus pe 4 biți, fiecare având o anumită semnificație.

#### 3.6.8.3 Fișierele de raportare a erorilor

Acest tip de fișiere cuprind informații referitoare la: întreruperi ale alimentării cu energie electrică, erori de comunicație, erori ale senzorilor piezoelectrice și erori ale buclelor inductive.

Sistemul Hi-Trac EMU memorează pentru 8 zile fișierele de raportare a erorilor [33].

### 3.6.9 Sistemul utilizat în vederea colectării informațiilor de trafic prelucrate în cadrul prezentei lucrări

#### 3.6.9.1 Generalități. Localizare

Sistemul utilizat în cadrul prezentei lucrări este un sistem de cântărire în mișcare la viteze sporite (HS-WIM), proprietate a Universității Tehnice din Cluj Napoca, furnizat de către TDC Systems Ltd. Marea Britanie.

Achiziționarea și instalarea sistemului au fost susținute din proiectul „Dezvoltarea și susținerea de programe postdoctorale multidisciplinare în domenii tehnice prioritare ale strategiei naționale de cercetare-dezvoltare-inovare” 4D-POSTDOC, contract nr. POSDRU/89/1.5/S/52603, proiect cofinanțat din Fondul Social European prin Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013.

Dispozitivul folosit este de tip Hi-Trac EMU 100+, cu o configurație PLP (par.3.6.2), astfel încât se obține o cântărire în mișcare de înaltă precizie (Tab. 3.7 [34]):

Tab. 3.7 Parametri de acuratețe: HS-WIM Cluj Napoca

Nr.crt.	Element	UM	Valoare
1	eroare cântărire masă vehicul	%	±10
2	eroare cântărire masă pe osie simplă	%	±15
3	eroare cântărire masă pe osie multiplă	%	±13
4	performanță evaluare volum trafic	%	±99,5
5	eroare evaluare lungimi vehicule	%	±8
6	eroare evaluare interval temporal de succesiune vehicule	%	±7
7	interval viteze măsurate	km/h	5...180
8	eroare evaluare viteze	%	±1,5
9	clasificare vehicule:	%	
10	• motociclete	%	±95
11	• autoturisme / microbuze	%	±97
12	• autoturisme / microbuze + trailere	%	±97
13	• autocamioane	%	±98
14	• autocamioane cu remorcă (articulate)	%	±99
15	• autobuze + autocare	%	±97

Sistemul studiat este amplasat la limita vestică a municipiului Cluj Napoca (Fig. 3.37), pe un sector al drumului național DN1 București – Brașov – Sibiu – Alba Iulia – Cluj Napoca – Oradea – Borș – frontiera Ungaria. Simultan, sectorul de drum în cauză face parte din traseul drumului european E60. Acest drum are o lungime de 8200 km, al doilea ca lungime în cadrul rețelei de drumuri europene, realizând legătura dintre Brest (Franța) și Irkeshtam (Kyrgyzstan) [43].

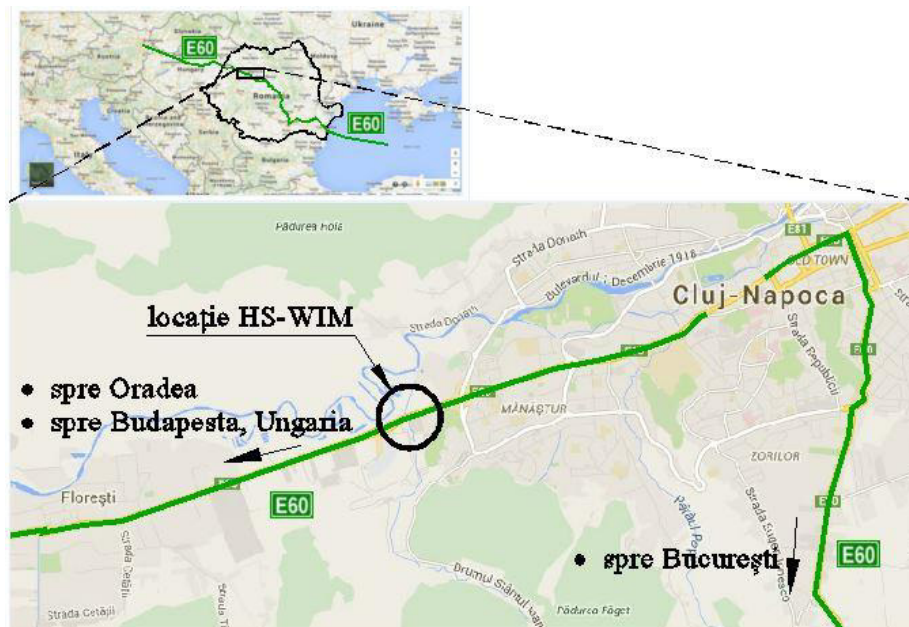


Fig. 3.37 Locație HS-WIM Cluj Napoca  
(sursa imagini: Google Maps)

Principalii factori care influențează acuratețea înregistrărilor efectuate sunt [91]:

- parametri geometrici ai drumului: traseul în plan și declivitatea în profil longitudinal;
- starea tehnică a drumului;
- acțiunea factorilor atmosferici: variații de temperatură, îngheț-dezgheț, vânt, zăpadă etc.;
- acțiunea utilajelor pentru dezăpezire.

De asemenea, pentru informații de calitate, se recomandă ca desfășurarea traficului să se realizeze cât mai ordonat, cu viteze relativ constante și cu puține schimbări ale benzii de circulație în secțiunea studiată. Starea tehnică a drumului trebuie să fie cât mai bună, astfel încât factorii dinamici să fie cât mai reduși, iar acțiunile vehiculelor asupra senzorilor să nu producă distrugerea acestora.

Pe sectorul în care s-a instalat sistemul WIM analizat, partea carosabilă cuprinde 4 (patru) benzi de circulație, câte două pentru fiecare sens de deplasare. Orientarea de bază a aliniamentului studiat este vest-sud-vest (VSV) – est-nord-est (ENE). Secțiunea transversală în care s-a efectuat instalarea sistemului se găsește pe un aliniament cu lungimea de circa 600-700 m, în zona tangentei de intrare a unei curbe plane de rază mare. În profil longitudinal, declivitatea este redusă, sub 2%. În profil transversal, carosabilul este amenajat sub formă de acoperiș. Parametri geometrici, starea tehnică a drumului și modul de desfășurare a traficului corespund condițiilor de calitate necesare pentru obținerea unor măsurători de o acuratețe suficient de bună.

### 3.6.9.2 Alcătuire

Sistemul utilizat cuprinde următoarele elemente:

- câte 2 (doi) senzori piezoelectrice tip BL (Fig. 3.38, Fig. 3.39) (par. 3.6.5) pentru fiecare bandă de circulație, instalați la distanța de 3 metri interax, susținuți de cleme dispuse în șlițuri transversale (cca. 19x19 mm) executate în stratul de uzură al structurii rutiere. Principalele aplicații ale senzorilor BL se referă la: evaluarea încărcărilor pe osie ale vehiculelor, a vitezelor de deplasare, precum și la estimarea distanțelor dintre osii.

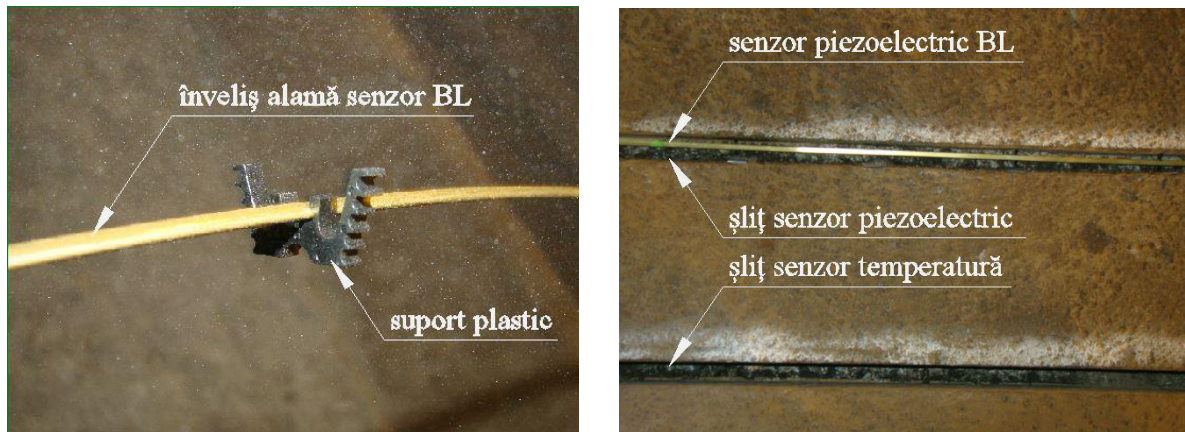


Fig. 3.38 Senzori piezoelectrice BL

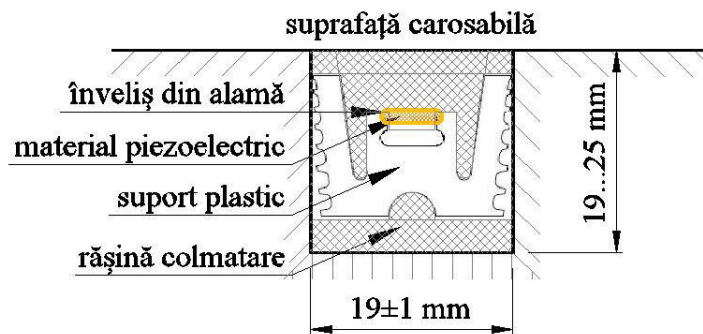


Fig. 3.39 Secțiune transversală senzor piezoelectric BL [34]

- câte o buclă inductivă (par. 3.6.6) pentru fiecare bandă de circulație (Fig. 3.40), sub forma unui pătrat cu latura de 2 metri, amplasate simetric între senzorii piezoelectrice. Buclele utilizate reprezintă cabluri alcătuite din 2-3 sârme metalice ( $1,5-2 \text{ mm}^2$ ) răsucite, dublu izolate, amplasate în șlițuri înguste (4-6 mm), cu adâncimi de circa 35 mm, practicate în stratul de uzură. Principalele aplicații ale buclelor sunt legate de identificarea și clasificarea vehiculelor.

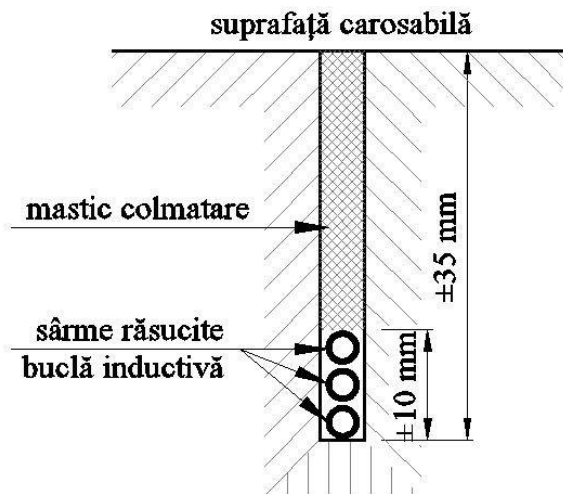


Fig. 3.40 Secțiune transversală buclă inductivă

- senzori de compensare neliniară în funcție de temperatură (par. 3.6.3.4), similari celor piezoelectrice, amplasați în șlițuri identice (Fig. 3.38 dr.). Principala funcție a senzorilor este de a colecta informații termice în vederea compensării și corectării datelor colectate, în funcție de temperatura mediului, care influențează comportarea senzorilor.
- unitatea electronică Hi-Trac EMU 100+, concepută și executată de TDC Systems Ltd. Marea Britanie, amplasată într-un dulap metalic protejat (Fig. 3.41), situat la marginea trotuarului de pe partea stângă a drumului. Incinta este dotată cu o sursă continuă de



energie electrică (Fig. 3.41 dr.). De asemenea, sistemul dispune de o baterie care susține funcționarea unității în cazul întreruperilor temporare de energie electrică. S-a instalat și un dispozitiv de asigurare și menținere a unei temperaturi pozitive în incinta protejată, pentru asigurarea funcționării sistemelor electronice.



Fig. 3.41 Incintă protejată unitate electronică Hi-Trac EMU 100+

- sistem de comunicare a datelor (Fig. 3.41 dr.), bazat pe un modem și o conexiune telefonică GSM.

Datele colectate de senzori (Fig. 3.42) sunt transmise către unitatea electronică a sistemului, ele fiind disponibile pentru descărcare fie la fața locului, fie prin intermediul sistemului de comunicare a datelor prin internet (Fig. 3.43).



Fig. 3.42 Locație sistem HS-WIM Hi-Trac EMU 100+ Cluj Napoca  
(sursa imagini: Google Maps)



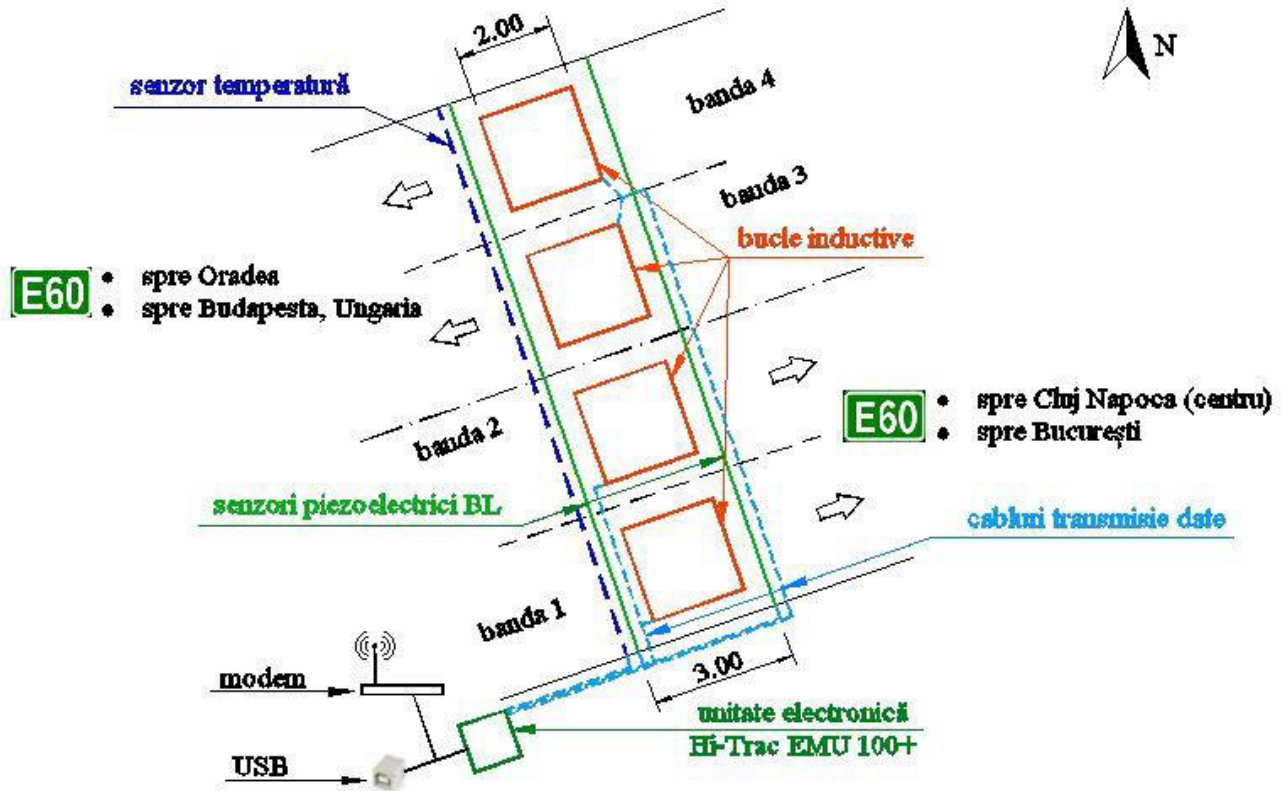


Fig. 3.43 Configurație sistem HS-WIM Hi-Trac EMU 100+ Cluj Napoca

### 3.6.9.3 Instalare

Sistemul HS-WIM studiat a fost instalat în 2 (două) etape:

#### Etapa I:

La sfârșitul lunii noiembrie 2012, s-a efectuat instalarea senzorilor piezoelectrice și a celor de compensare neliniară în funcție de temperatură. De asemenea, s-a instalat dulapul metalic de protecție la marginea trotuarului. Acțiunea s-a desfășurat pe parcursul nopții, în condiții de trafic redus, prin restricționarea circulației succesiv pe câte un sens de circulație.

Sucesiunea operațiunilor a presupus următoarele:

- tăierea șlițurilor cu discul diamantat;
- curățarea, uscarea și pregătirea suprafețelor tăiate în cadrul șlițurilor (Fig. 3.44 stg.), în vederea instalării senzorilor BL (Fig. 3.44 dr.);



Fig. 3.44 Etapa 1: Pregătirea șlițurilor pentru instalarea senzorilor BL

- amplasarea senzorilor în interiorul șlițurilor (Fig. 3.45 stg.), fixați cu ajutorul unor cleme din material plastic (Fig. 3.38 stg.);
- etanșezarea șlițurilor, utilizând o rășină poliuretanică (Fig. 3.45 dr.) de calitate, amestecată cu un agent de întărire, turnată în surplus;



Fig. 3.45 Etapa 1: Amplasarea senzorilor și etanșizarea șlițurilor

- eliminarea surplusului de rășină și suflarea cu aer cald a suprafeței (Fig. 3.46), pentru a stimula dilatarea rășinii și etanșizarea integrală a șlițurilor;
- polizarea suprafeței (Fig. 3.46), în vederea asigurării planeității acesteia și, implicit, a acurateții înregistrărilor.



Fig. 3.46 Etapa 1: Finisarea suprafețelor

### Etapa a II-a:

În cursul lunii martie 2013, s-a efectuat instalarea buclelor inductive și calibrarea sistemului. Similar primei etape, acțiunea de instalare s-a desfășurat pe parcursul nopții, în condiții de trafic redus, prin restricționarea circulației succesiv pe câte un sens de circulație.

Succesiunea operațiilor de instalare a presupus următoarele:

- trasarea pozițiilor și tăierea șlițurilor cu discul diamantat (Fig. 3.48 stg.);
- curățarea, uscarea și pregătirea suprafețelor tăiate;
- instalarea cablurilor (Fig. 3.47 dr.);



Fig. 3.47 Etapa 2: Tăierea șlițurilor (stg.) și instalarea cablurilor (dr.)

- colmatarea șlițurilor, utilizând un mastic de calitate, turnat în surplus (Fig. 3.48 stg.);



- eliminarea surplusului de mastic și polizarea suprafeței (Fig. 3.48 dr.), în vederea asigurării planeității acesteia și, implicit, a acurateții înregistrărilor.



Fig. 3.48 Etapa 2: Colmatarea șlițurilor (stg.) și polizarea suprafeței de lucru (dr.)

În aceeași etapă, s-a efectuat și calibrarea sistemului, în condiții controlate, utilizând un autocamion cu 4 osii, destinat transportului de materiale de construcții (Fig. 3.49).



Fig. 3.49 Etapa 2: Calibrarea sistemului

Sistemul HS-WIM instalat a devenit funcțional la data de 24 aprilie 2013 (Fig. 3.50).

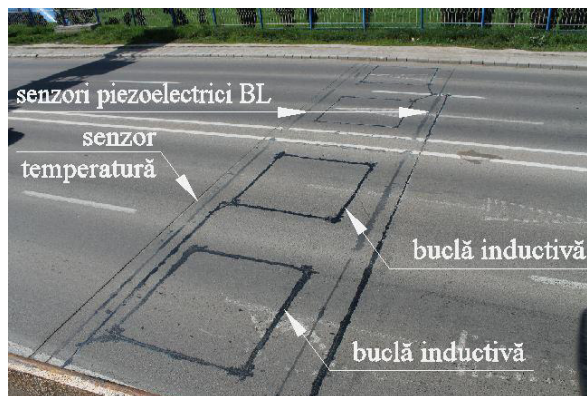


Fig. 3.50 Sistem HS-WIM instalat  
(sursa imagine: [6][74])

#### 3.6.9.4 Colectarea datelor înregistrate

Principiul de bază al metodologiei de colectare, înregistrare și transmitere a datelor (Fig. 3.51) se bazează pe funcționalitatea corespunzătoare a senzorilor WIM.



Fig. 3.51 Arhitectura de principiu WIM

Panoul frontal detașat al unității electronice (Fig. 3.52) cuprinde LED-uri care indică funcționalitatea senzorilor. De asemenea, memoria USB care stochează înregistrările efectuate poate fi manipulată de utilizator în cazul în care aceasta prezintă erori sau capacitatea de înregistrare este depășită.

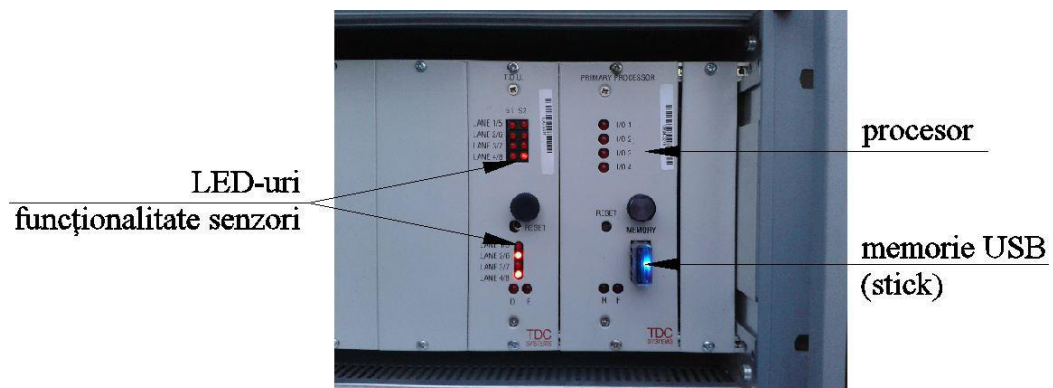


Fig. 3.52 Panou frontal (detașat) unitate electronică Hi-Trac EMU 100+

Descărcarea datelor de trafic înregistrate de către sistemul HS-WIM se realizează fie la fața locului, fie prin internet. Transferul de date la fața locului se poate realiza conectând un laptop prin intermediul portului USB tip B (Fig. 3.53), prezent pe panoul frontal al unității electronice.

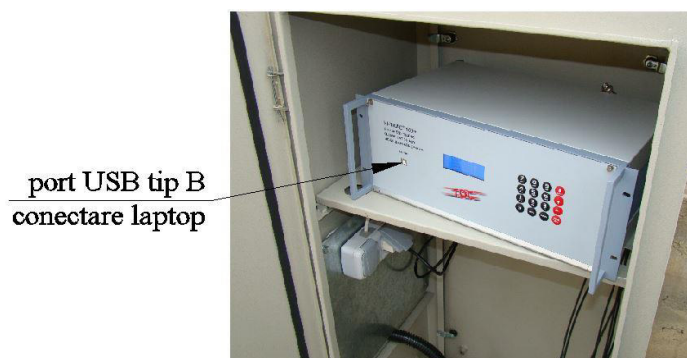


Fig. 3.53 Panou frontal unitate electronică Hi-Trac EMU 100+

Transferul de date prin internet se realizează prin intermediul aplicației electronice proprii a sistemului, Hi-Comm 100, create de producătorul sistemului WIM utilizat, TDC Systems Ltd. Marea Britanie. Lansarea aplicației conduce la afișarea unei ferestre inițiale de prezentare a sistemului (Fig. 3.54).

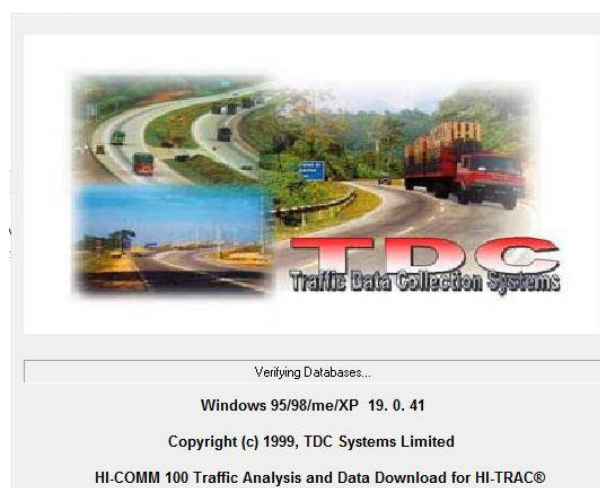


Fig. 3.54 Fereastră lansare aplicație Hi-Comm 100  
(sursa imagine: aplicație Hi-Comm 100, TDC Systems Ltd.)

Fereastra de dialog inițială a aplicației Hi-Comm 100 (Fig. 3.55) cuprinde o serie de butoane pentru lansarea diverselor funcții. În cadrul prezentei lucrări, vor fi prezentate pe scurt funcțiile relevante pentru colectarea și înregistrarea datelor de trafic. Restul nu constituie un aspect important în cadrul prezentei lucrări, ele fiind descrise în documentația care însoțește sistemul [33][34]. Astfel, fereastra inițială permite:

- conectarea la unitatea Hi-Trac EMU, care se realizează direct și rapid, în prealabil fiind necesară stabilirea parametrilor de conectare în cadrul setărilor de sistem;
- setările de sistem, care cuprind o serie de parametri specifici telecomunicațiilor, pentru asigurarea conexiunii prin internet către unitatea electronică a sistemului HS-WIM;
- verificarea funcționalității senzorilor.

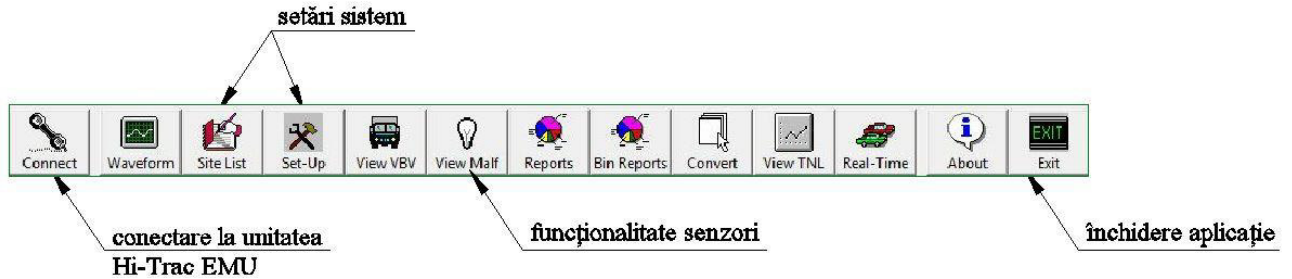


Fig. 3.55 Fereastra de dialog inițială Hi-Comm 100  
(sursa imagine: aplicație Hi-Comm 100, TDC Systems Ltd.)

După conectarea la unitatea electronică Hi-Trac EMU selectată, aplicația prezintă o nouă fereastră de dialog (Fig. 3.56). Se menționează faptul că se poate realiza conectarea către multiple posturi WIM, dacă acestea sunt implementate. Principalele funcții care pot fi accesate sunt:

- vizualizarea spațiului de memorie disponibil pe stick-ul USB al sistemului (Fig. 3.52);
- verificarea claselor de vehicule în care sistemul încadrează înregistrările efectuate;
- verificări și configurări de sistem;
- descărcarea datelor vehicul-cu-vehicul (eng. vehicle-by-vehicle, VBV) (Fig. 3.57):
  - zile cu informații descărcate integral;
  - ◐ zile cu informații descărcate parțial;
  - zile cu informații disponibile, încă nedescărcate.
- vizualizare trafic în timp real;
- conversia fișierelor VBV descărcate în format MS Access (Fig. 3.58), care include următoarele funcții:
  1. listă cu sistemele WIM disponibile;
  2. calendar și legendă atașată:
    - zile cu informații complete;
    - zile cu informații parțiale;
    - zile selectate pentru conversie.
  3. setare format conversie (MS Access);
  4. conversie fișiere.

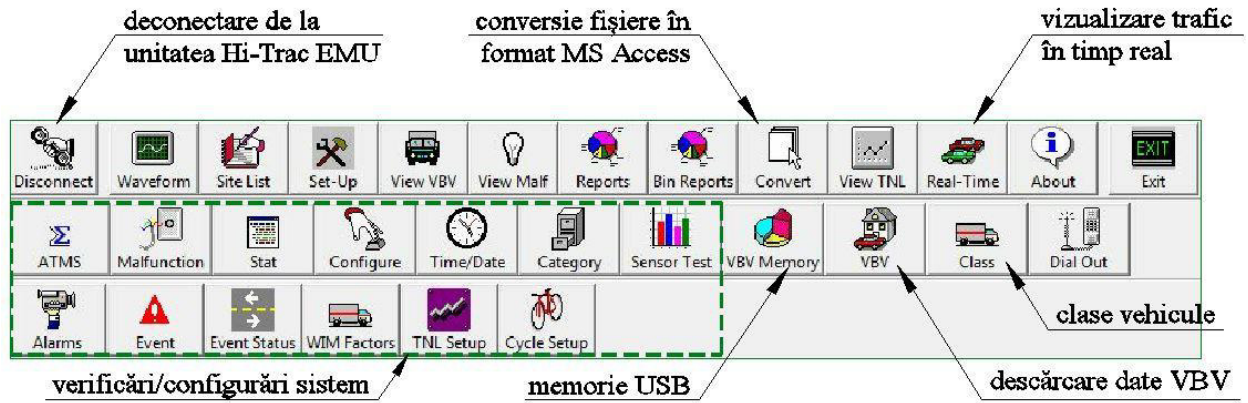


Fig. 3.56 Fereastra de dialog secundară Hi-Comm 100 (sursa imagine: aplicație Hi-Comm 100, TDC Systems Ltd.)

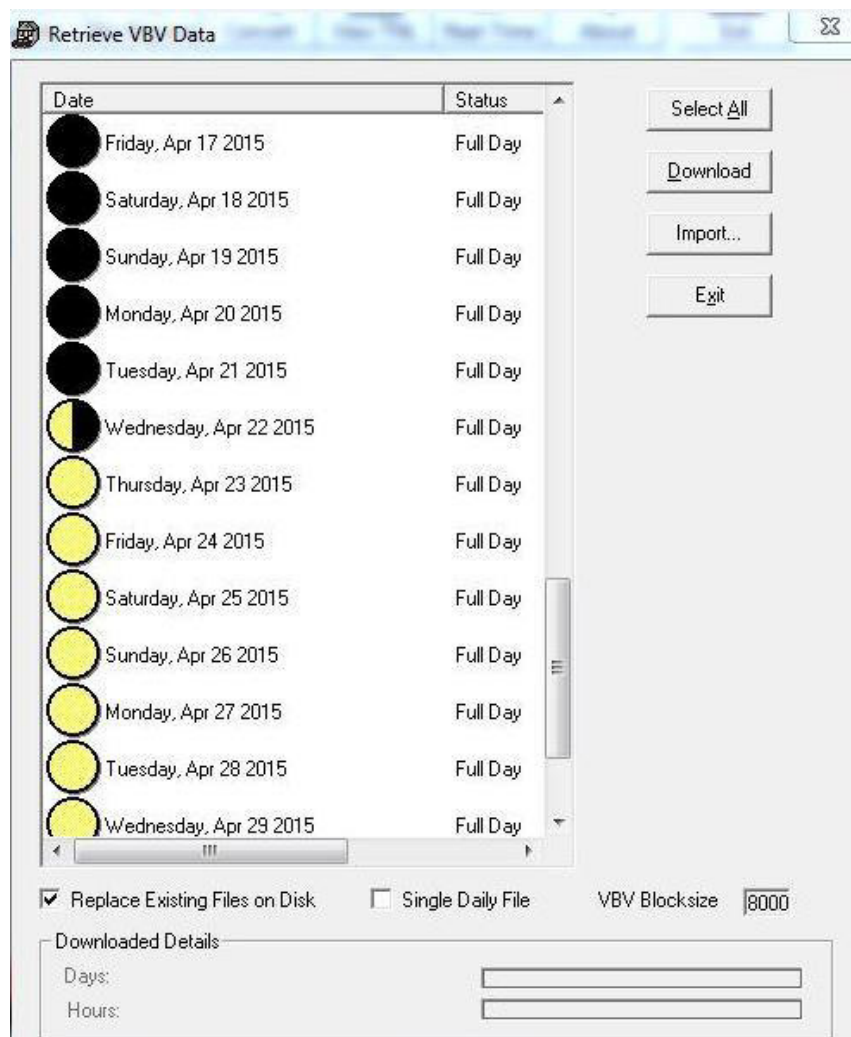


Fig. 3.57 Descărcare fișiere VBV (sursa imagine: aplicație Hi-Comm 100, TDC Systems Ltd.)



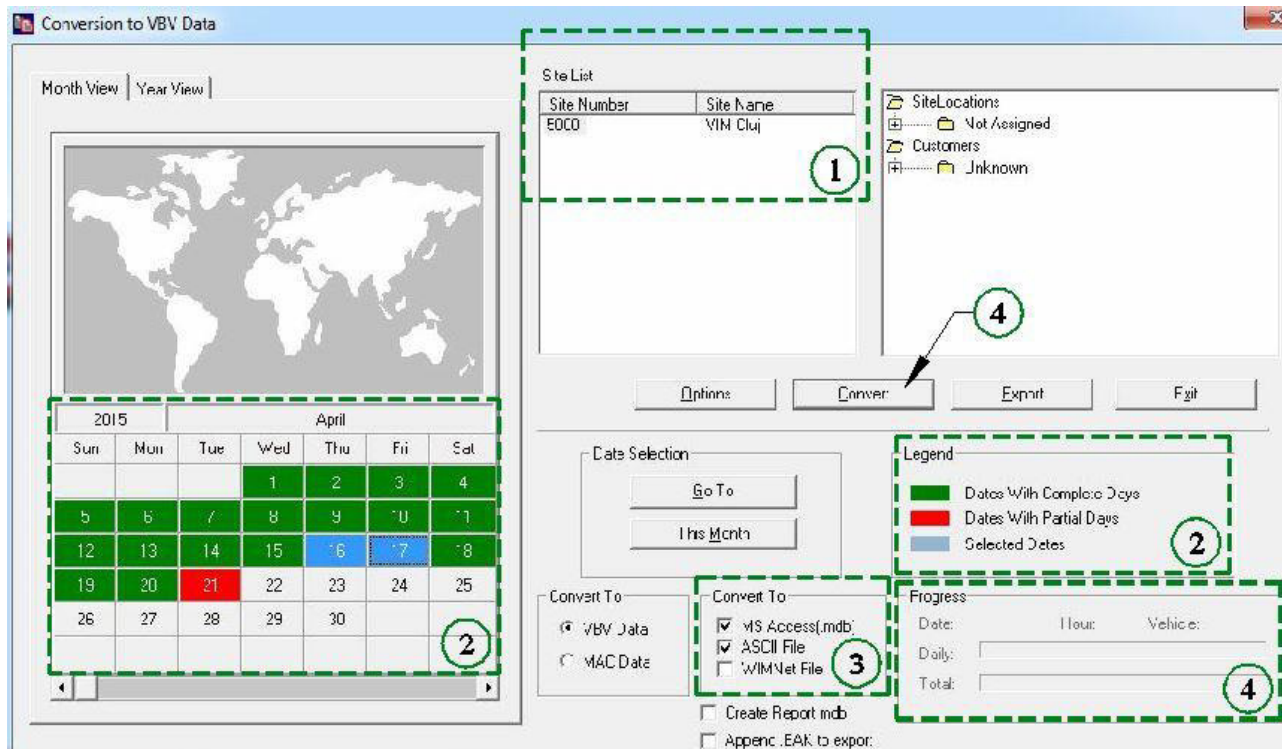


Fig. 3.58 Conversie fișiere în format MS Access  
(sursa imagine: aplicație Hi-Comm 100, TDC Systems Ltd.)

### 3.6.9.5 Baza de date WIM

Fișierele MS Access obținute în urma conversiei informațiilor de trafic înregistrate constituie baza de date utilizată pentru procesare. Aplicația exportă câte un fișier MS Access pentru fiecare zi de monitorizare. Conținutul fișierelor se prezintă sub forma unei matrice. Fiecare linie constituie un vehicul înregistrat, în timp ce coloanele indică parametri de trafic monitorizați. Pentru fiecare vehicul, caracteristicile înregistrate de sistemul HS-WIM utilizat sunt:

- datele de identificare ale postului WIM;
- data efectuării înregistrării, în format zz/ll/aaaa;
- ora efectuării înregistrării, în format hh:mm:ss;
- banda de circulație;
- sensul de deplasare al vehiculului înregistrat;
- viteza de deplasare a vehiculului înregistrat, în km/h;
- viteza de deplasare a vehiculului înregistrat, în mile/h;
- clasa în care se încadrează vehiculul înregistrat;
- lungimea totală a vehiculului, în cm;
- numărul de osii al vehiculului înregistrat;
- distanța dintre osii, în cm;
- ampatamentul;
- cod de validitate;
- cod de trecere simultană pe două benzi de circulație alăturate;
- variabilă de tip logic ce indică supraîncărcarea vehiculelor;
- masa totală a vehiculului înregistrat, în kg;
- cod de supraîncărcare a vehiculului;
- interval spațial de succesiune vehicule, în cm;
- interval temporal de succesiune vehicule, în milisecunde;
- temperatura suprafeței îmbrăcăminte rutiere, în °C;
- masa pe osii, în kg;
- tipurile de osii identificate (simple, duble, triple);
- distanțele dintre osii, în cm.

Principala problemă a fișierelor din baza de date WIM o constituie dificultatea prelucrării și raportării datelor. Fiecare fișier zilnic are o mărime de 20...26 MB, permițând exportarea în format MS Excel. Cu toate acestea, datorită conținutului și dimensiunilor considerabile ale fișierelor MS Access, procesarea tabelară clasică este foarte dificilă. Limitarea de 1.048.576 ( $2^{20}$ ) linii ale unui fișier MS Excel (ediții după 2007) [73] permite concatenarea informațiilor de trafic colectate pe durata a circa 15 zile. Acest lucru este insuficient, având în vedere volumul mare de informații de prelucrat. În plus, mărimea fișierelor rezultate conduce la dificultăți majore în procesarea lor, consum sporit al memoriei calculatorului și durate mari de timp pentru prelucrare. Informațiile de trafic cuprinse în fișierele din baza de date WIM sunt practic inutilizabile în lipsa unui instrument adecvat pentru procesarea lor.

Toate aceste aspecte au condus la necesitatea implementării unei aplicații pentru prelucrarea datelor WIM.

## CAP. 4 APLICAȚIA ”TRANSofT” DE PRELUCRARE A DATELOR DE TRAFIC OBȚINUTE CU SISTEMUL WIM

### 4.1 Necesitatea realizării unei aplicații de prelucrare a datelor de trafic

Fiecare fișier MS Access exportat de către sistemul WIM cuprinde datele de trafic aferente unei singure zile de monitorizare. Mărimea fiecărui astfel de fișier este de aproximativ 20-26 MB. Acest lucru aduce după sine dificultăți în a procesa informațiile înregistrate, în special atunci când sistemul este activ pentru o perioadă lungă de timp.

Exportarea informației brute din MS Access în MS Excel nu este o soluție viabilă. Chiar și pentru înregistrări efectuate în intervale de timp relativ reduse, de câteva zile, rezultă fișiere de dimensiuni foarte mari, greu de manipulat. De asemenea, posibilitățile de procesare a datelor sunt limitate în MS Excel. Edițiile de MS Excel până inclusiv în anul 2003 beneficiază de o limitare a numărului maxim de linii, și anume 65.536 ( $2^{16}$ ) linii. Acest lucru contravine în mare măsură numărului de înregistrări din fișierele zilnice MS Access. Efectuarea de operații în vederea obținerii unor parametri de trafic devine extrem de dificilă și consumatoare de timp și resurse.

Astfel, s-a impus necesitatea punerii bazelor unui program de colectare și prelucrare a datelor de trafic. Acest lucru include proiectarea unei aplicații software pentru trafic, denumită TRANSofT (eng. TRaffic ApplicatioN Software), al cărei principal scop este de a furniza un instrument util pentru procesarea, analiza și raportarea datelor înregistrate utilizând sisteme WIM. Fără o astfel de aplicație, utilitatea informațiilor colectate este limitată.

Monitorizarea continuă a drumurilor conduce la obținerea de informații detaliate referitoare la desfășurarea circulației rutiere. Înregistrările automate, precum cele efectuate utilizând sisteme WIM, pun la dispoziție date de trafic reale și de continuă actualitate. Acestea pot fi utilizate în cadrul a numeroase aplicații: evaluarea intensității medii zilnice anuale, stabilirea traficului de calcul pentru dimensionarea structurilor rutiere, proiectarea din punct de vedere al capacității de circulație, introducerea unor măsuri pentru siguranța circulației etc. [93]. Introducerea unui software de prelucrare a informațiilor colectate este de mare utilitate în acest sens, facilitând întrebuințarea datelor înregistrate de sistemele WIM.

După cum s-a precizat anterior, TRANSofT se bazează pe monitorizarea traficului rutier în cadrul unui sistem WIM. Aplicația poate fi adaptată astfel încât să fie funcțională și în cazul în care se dispune de o rețea de posturi WIM. Astfel, volumul de date este proporțional, iar prelucrarea lor automată devine imperativă. Principalele aplicații TRANSofT în ceea ce privește monitorizarea parametrilor fluxului de trafic, transport, mobilitate, accesibilitate și congestie în trafic, sunt:

- monitorizarea volumelor de trafic rutier: orare, zilnice, săptămânale etc. (totale și medii);
- generarea graficelor de variație a traficului (volume, densități etc.) pe durata zilelor săptămânii și a lunilor anului;
- monitorizarea și urmărirea evoluției traficului în cadrul orelor de vârf;
- studiul factorului orei de vârf;
- studiul repartiției transversale a traficului;
- studiul capacității de circulație și a congestiei în trafic;
- studiul vitezelor de deplasare ale vehiculelor;
- analiza compoziției traficului;
- studiul densității de trafic;
- generarea de rapoarte referitoare la masele vehiculelor ce se deplasează în zona monitorizată;
- analiza funcțiilor de variație viteză-flux-densitate;
- propunerea unor soluții pentru decongestionarea traficului etc.

O aplicabilitate imediată o constituie verificarea validității și actualității traficului de calcul și debitului orar de calcul estimat la momentul proiectării sectorului de drum studiat. Pe baza măsurătorilor, dimensionărilor și comparațiilor efectuate, se pot formula concluzii referitoare la impactul traficului asupra comportării drumului. Acest lucru este cu atât mai realizabil cu cât se

dispune de o rețea de sisteme WIM. Fără o aplicație performantă de prelucrare a datelor, ar fi extrem de dificilă extragerea informațiilor necesare pentru evaluarea parametrilor de trafic.

#### **4.2 Descrierea programului de monitorizare a traficului rutier și a aplicației TRANSofT**

Programul de monitorizare a traficului rutier cuprinde: colectarea, procesarea, analiza, sinteza și prezentarea datelor de trafic colectate. Principalele componente ale acestui program sunt următoarele:

- o bază de date WIM, în care sunt stocate informațiile de trafic înregistrate;
- aplicația software TRANSofT, care permite utilizatorilor, cu precădere inginerilor de specialitate, să acceseze și să utilizeze baza de informații în scopurile dorite.

Aplicația TRANSofT este o aplicație de tip modular, care gestionează independent funcțiile de evaluare a diferiților parametri de trafic. Operațiile de prelucrare a datelor se bazează pe parcurgerea înregistrărilor din baza de date și gruparea lor în funcție de parametri introduși de către utilizator. TRANSofT este un software implementat în limba engleză, astfel încât să aibă utilizare internațională.

Datele de intrare sunt analizate și prelucrate în sistemul de gestiune a bazelor de date MS Access 2010, care oferă o interfață prietenoasă pentru utilizator. De asemenea, ca și celelalte aplicații MS Office, sistemul dispune de suportul limbajului de programare Visual Basic pentru Aplicații (VBA). Unul din avantajele acestui sistem este posibilitatea folosirii aplicației fără a fi necesară instalarea MS Access, ci doar prin intermediul unor medii Runtime (Plug&Play), oferite gratuite de către Microsoft.

Schema logică de bază pe care este construită aplicația TRANSofT (Fig. 4.1) începe prin încărcarea fișierelor din baza de date MS Access, furnizate de către sistemul WIM, pentru o anumită perioadă de timp. Aplicația rulează o serie de verificări referitoare la validitatea datelor (ex. benzi de circulație inexistente, senzori de deplasare eronate etc.). Volumul acestor erori este redus, însă înregistrările în cauză trebuie eliminate. Corecțiile se repetă până când conținutul fișierelor încărcate este validat.

Următorii pași cuprind procesarea propriu-zisă a datelor, în funcție de cerințele și filtrele impuse de utilizator. Având în vedere dimensiunile considerabile ale fișierelor din baza de date, s-a urmărit optimizarea procesului de parcurgere, prin implementarea unui algoritm de căutare selectivă. Acesta scanează fișierele de intrare, cu scopul identificării doar a liniilor și coloanelor care cuprind date necesare efectuării calculului solicitat de către utilizator. În caz contrar, durata de timp și consumul de resurse pentru efectuarea operațiilor sunt considerabile și, în multe cazuri, inutile. De asemenea, numărul iterațiilor este redus la minim, în vederea îmbunătățirii timpului de răspuns și a volumului de memorie utilizată. Implicit, rezultatele sunt furnizate în format MS Access, însă TRANSofT permite și exportarea lor în MS Excel.

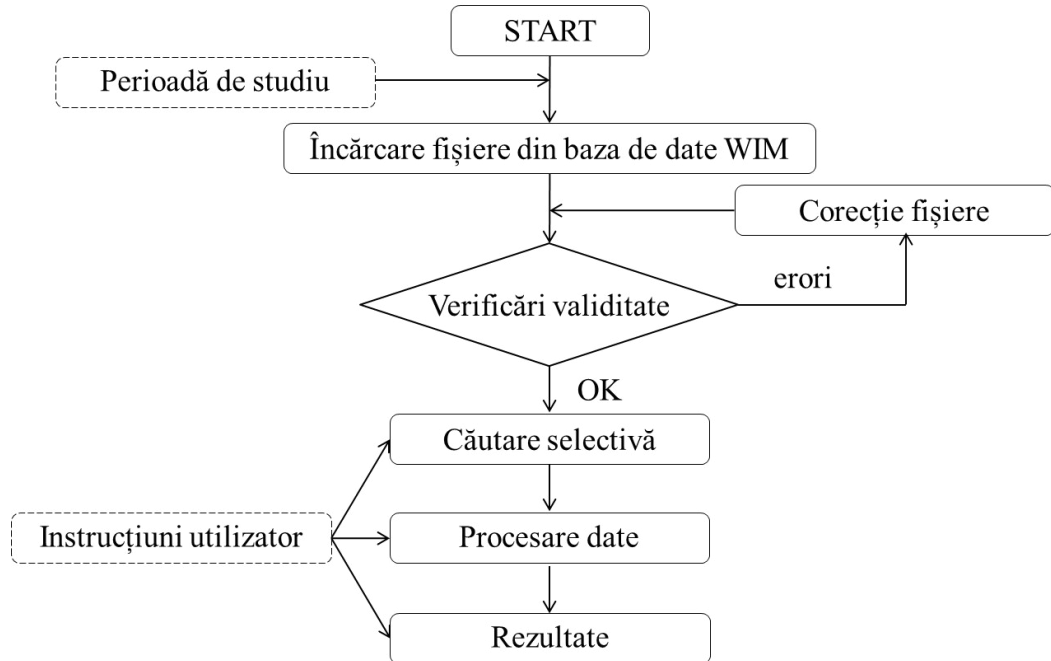


Fig. 4.1 Schemă logică TRANSSoft

Fișierul de lansare a interfeței grafice TRANSSoft poate fi instalat direct pe rădăcină sau în orice director creat pe calculatorul utilizatorului. Esențial pentru funcționarea aplicației este ca în directorul-rădăcină, în care se află fișierul de lansare a interfeței, utilizatorul să genereze un alt director, „DateChanged”, în care să se găsească fișierele din baza de date MS Access (Fig. 4.2).

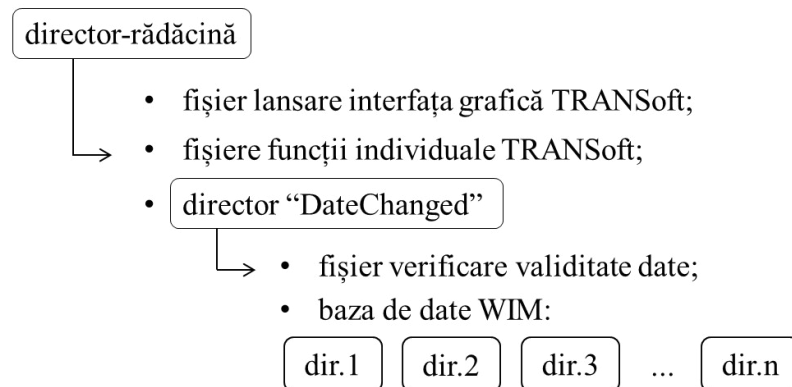


Fig. 4.2 Schema subordonare fișiere și directoare TRANSSoft

Fișierele din baza de date sunt grupate în directoare aferente fiecărei luni de monitorizare. Este necesar ca aceste directoare să fie denumite în formatul „yyyy, mm”, unde „yyyy” indică anul, iar „mm” luna (ex. „2013, 06”, „2014, 11”). Ele conțin fișierele exportate de către sistemul WIM, în format .mdb (MS Access).

Pentru a se asigura funcționalitatea corespunzătoare a TRANSSoft, numele fișierelor MS Access trebuie să se regăsească în formatul „dddd, mmm d yyyy”, unde:

- „dddddddd” indică ziua săptămânii, în limba engleză (Tab. 4.1);
- „mmm” indică prescurtarea de 3 litere a lunilor anului, în limba engleză (Tab. 4.2);
- „dd” indică ziua, în cifre/numere;
- „yyyy” indică anul.

Exemple de fișiere cu denumire adecvată includ: „Tuesday, Jul 16 2013” sau „Friday, Sep 5 2014”. TRANSSoft include o funcție care parcurge automat directoarele din baza de date WIM și redenumeste fișierele, astfel încât ele să corespundă standardului impus. Implicit, această funcție este setată pentru redenumirea din limba română, însă ea poate fi adaptată după caz.

Tab. 4.1 Zilele săptămânii – fișiere MS Access utilizate în TRANSofT

Nr.crt.	Ziua săptămânii (română)	Ziua săptămânii (engleză, TRANSofT)
1	luni	Monday
2	marți	Tuesday
3	miercuri	Wednesday
4	joi	Thursday
5	vineri	Friday
6	sâmbătă	Saturday
7	duminică	Sunday

Tab. 4.2 Prescurtări 3 litere pentru lunile anului – fișiere MS Access utilizate în TRANSofT

Luna	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Prescurtare în TRANSofT	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec

### 4.3 Funcțiile aplicației TRANSofT

#### 4.3.1 Verificarea validității datelor

##### 4.3.1.1 Generalități

Funcția de verificare a validității datelor cuprinde proceduri utile în cazul în care fișierele exportate de către sistemul WIM conțin anumite erori, izolate. Fișierul care cuprinde aceste funcții trebuie să fie localizat în directorul „DateChanged” (Fig. 4.2). Principalele surse ale posibilelor erori survenite le reprezintă:

- transmițeri de informații eronate de la senzori către unitatea WIM;
- întreruperi ale alimentării cu energie electrică a sistemului;
- aspecte de altă natură (termică, externă etc.);
- modificări aduse formatului de înregistrare a datelor de trafic de către sistemul WIM, ca urmare a unor resetări sau recalibrări;
- încadrări eronate ale vehiculelor înregistrate.

TRANSofT include următoarele aplicații cu rol de verificare a validității datelor și corectare a fișierelor care cuprind erori:

- redenumirea fișierelor în format MS Access, care constituie baza de date exportată din sistemul WIM, astfel încât ele să corespundă formatului impus în TRANSofT;
- corectarea sensurilor de deplasare a vehiculelor monitorizate, astfel încât ele să corespundă benzilor de circulație aferente;
- corectarea datelor din coloana orelor de înregistrare, pentru perioada în care se utilizează ora de iarnă la nivel internațional (dacă acest lucru nu este setat automat în sistemul WIM);
- eliminarea înregistrărilor eronate cuprinzând vehicule cu mai puțin de 2 osii;
- eliminarea înregistrărilor care cuprind alte senzuri de deplasare sau benzi de circulație decât cele existente în realitate;
- eliminarea înregistrărilor care cuprind neconcordanțe între sensurile de deplasare și numărul benzilor de circulație aferente;
- eliminarea înregistrărilor pentru vehiculele care se deplasează cu viteze de sub 5 km/h și peste 180 km/h (limitele sistemului WIM utilizat).

Se menționează faptul că aceste funcții au fost implementate în cadrul TRANSofT ca urmare a detectării erorilor survenite prin aplicarea procedurilor TRANSofT concret pentru sistemul de monitorizare WIM utilizat. Tipurile de erori identificate pe parcursul studierii fișierelor exportate de sistem și a prelucrării rezultatelor obținute includ, însă nu se limitează la cele enumerate anterior. TRANSofT poate fi însă adaptat cu ușurință pentru a include funcții suplimentare de verificare a validității datelor.



### 4.3.1.2 Funcționalitate

Toate funcțiile TRANSofT destinate verificării validității datelor și corectării erorilor cuprind o fereastră de dialog prin care utilizatorul selectează perioada pentru care se dorește rafinarea bazei de date (Fig. 4.3).

Fig. 4.3 Interfața grafică funcției verificare fișiere și corectare erori

Funcțiile de bază pentru verificarea datelor și corectarea erorilor sunt importante în vederea eliminării într-o proporție cât mai ridicată a surselor care conduc la rezultate greșite. Baza de date este actualizată și corectată în urma aplicării funcțiilor aferente. Acestea din urmă au fost implementate pe parcursul detectării erorilor survenite prin procesarea datelor de intrare în cadrul funcțiilor aplicației, după cum urmează:

- După cum s-a precizat, funcționalitatea TRANSofT se bazează pe respectarea unui format clar definit pentru denumirea fișierelor MS Access din baza de date. De asemenea, este necesară respectarea ordinii de dispunere a fișierelor în directoare (Fig. 4.2). Aplicația pentru modificarea numelor fișierelor a fost concepută în ideea în care sistemul WIM exportă datele sub alte denumiri decât cele impuse în TRANSofT. Acest lucru se poate datora unor modificări aduse formatului de înregistrare a datelor de trafic, ca urmare a unor resetări sau recalibrări, sau unor setări eronate ale regiunii și formatului de dată adoptat pe calculatorul pe care se descarcă fișierele WIM.

Ca urmare, s-a realizat funcția de modificare a numelor, care parcurge baza de date și efectuează automat modificările necesare.

- În cazul în care fișierele MS Access cuprind informații eronate despre sensul de deplasare al vehiculelor, acesta poate fi corectat în funcție de numărul corect al benzii de circulație. În cazul în care există neconcordanțe izolate între sensul de deplasare și numărul benzii, înregistrările respective sunt eliminate. De asemenea, TRANSofT șterge înregistrările pentru care sistemul WIM a indicat, eronat, un număr al benzii sau un sens de deplasare inexistent.

- Prescripțiile tehnice ale sistemului WIM utilizat prevăd faptul că acesta înregistrează corespunzător vitezele cuprinse între 5 și 180 km/h. Astfel, TRANSofT elimină înregistrările care nu sunt cuprinse în acest interval.

- TRANSofT cuprinde o funcție care elimină înregistrările pentru care este prevăzută o singură osie.

- Trecerea la ora de vară este o practică, utilizată de unele state ale lumii, care constă în a înainta, în mod convențional, ceasurile cu o oră. Acest lucru se realizează de obicei în cursul primăverii. Toamna se revine la situația inițială.

În România, procedul trecerii la ora de vară a fost introdus în 1932. De atunci, s-a renunțat la această practică doar în perioada 1941 – 1978. Din 1997, sunt respectate prevederile U.E., prin care trecerea la ora de vară se realizează anual în ultima duminică a lunii martie, iar revenirea în ultima duminică a lunii octombrie (Tab. 4.3) [58].

În cazul sistemelor WIM, instalarea lor se realizează într-o anumită perioadă a anului. Oricare ar fi aceasta, dacă sistemul nu este calibrat automat pentru trecerea la ora de vară sau revenirea la timpul inițial, TRANSofT permite reordonarea fișierelor MS Access exportate de către WIM. Funcția de schimbare a orei accesează fișierele pentru o perioadă de timp selectată de utilizator și efectuează modificările necesare, astfel încât rezultatele evaluărilor de parametri să fie concludente.

Tab. 4.3 Ora de vară în România, 2012 – 2019

An	Trecerea la ora de vară		Revenirea de la ora de vară	
	Data	Ora	Data	Ora
2012	25 martie	03.00 devine 04.00	28 octombrie	04.00 devine 03.00
2013	31 martie	03.00 devine 04.00	27 octombrie	04.00 devine 03.00
2014	30 martie	03.00 devine 04.00	26 octombrie	04.00 devine 03.00
2015	29 martie	03.00 devine 04.00	25 octombrie	04.00 devine 03.00
2016	27 martie	03.00 devine 04.00	30 octombrie	04.00 devine 03.00
2017	26 martie	03.00 devine 04.00	29 octombrie	04.00 devine 03.00
2018	25 martie	03.00 devine 04.00	28 octombrie	04.00 devine 03.00
2019	31 martie	03.00 devine 04.00	27 octombrie	04.00 devine 03.00

### 4.3.2 Studiul volumelor de trafic

#### 4.3.2.1 Generalități

Parametri fluxului de trafic se împart în 2 (două) categorii: macroscopici, respectiv microscopici.

Parametri macroscopici descriu fluxul de trafic ca un tot unitar. În această categorie se încadrează:

- volumul/rata fluxului;
- viteza;
- densitatea.

Volumul (intensitatea sau debitul) de trafic reprezintă numărul de vehicule care traversează o secțiune a unui drum, într-un anumit interval de timp. El se poate referi la vehiculele situate pe o anumită bandă de circulație sau care se deplasează într-un anumit sens.

Unitatea de măsură a volumului de trafic o reprezintă vehiculul, însă, de obicei, se precizează și intervalul de timp pentru care se evaluează volumul. Cele mai utilizate intervale sunt orele și zilele, rezultând astfel unitățile de măsură: vehicule/oră (veh/h), respectiv vehicule/zi (veh/zi).

Principalele aplicații ale evaluării volumelor zilnice de trafic sunt: stabilirea evoluției traficului, precum și adoptarea măsurilor necesare pentru desfășurarea traficului în condiții de siguranță și confort. Implementarea unor noi soluții pentru derularea traficului rutier se realizează ca urmare a rezultatelor și recomandărilor studiilor de trafic, care evidențiază orele de vârf și graficele de variație [98].

Rata fluxului reprezintă un volum orar echivalent de vehicule care traversează un punct sau o secțiune a unui drum, într-un interval de timp suborar. Ratele fluxului de trafic sunt variabile pe parcursul unei ore și sunt evaluate, în mod uzual, pentru un interval de 15 minute.

#### 4.3.2.2 Volume zilnice și orare

Volumele zilnice de trafic sunt utilizate pentru studiul evoluției traficului pe un anumit drum sau rețea de drumuri. Creșterea cererii impune necesitatea dezvoltării corespunzătoare a capacității elementelor de drum. Acest lucru se realizează de către autoritățile competente, în baza tendințelor de evoluție a volumelor de trafic [98].

În ingineria de trafic se utilizează cu precădere 4 (patru) mărimi referitoare la volumele zilnice:

- Intensitatea Medie Zilnică Anuală (IMZA), sau Media Zilnică Anuală (MZA).  
Reprezintă media volumelor zilnice de trafic pe un anumit drum sau sector de drum, evaluată pentru un an de zile. Astfel, MZA se obține împărțind numărul total de vehicule care traversează zona studiată într-un an la 365 de zile (366 pentru anii bisecți).
- Intensitatea Medie Zilnică Anuală pentru Zile Lucrătoare (MZA<sub>ZL</sub>).  
Reprezintă media volumelor de trafic din zilele lucrătoare, pe un anumit drum sau sector de drum, evaluată pentru un an de zile. Se obține împărțind numărul total de vehicule care traversează zona studiată într-un an, în zile lucrătoare, la numărul total de zile lucrătoare.

- Intensitatea Medie Zilnică (IMZ), sau Media Zilnică (MZ), reprezintă volumul mediu de trafic evaluat pentru o perioadă mai scurtă de un an, pe sectorul de drum studiat. De obicei, se utilizează MZ pentru fiecare lună a anului (MZL).
- Intensitatea Medie pentru Zile Lucrătoare reprezintă media volumelor de trafic din zilele lucrătoare, pe un anumit drum sau sector de drum, evaluată pentru o perioadă mai mică de un an (ex. lunar).

În general, volumele zilnice se referă la totalul vehiculelor care traversează sectorul analizat, fără a se realiza diferența pe benzi de circulație sau sensuri de mers. Intensitățile zilnice sunt, în general, mai stabile decât cele orare [98].

La baza dezvoltării unei rețele rutiere și a proiectării unor noi elemente de drumuri se află volumele de trafic orare, alături de cele zilnice. Traficul este variabil în cursul unei zile. Perioadele de flux maxim pot fi întâlnite în diferite momente ale zilei. În numeroase cazuri, intensitățile maxime apar în cursul dimineții și după-mesei, cu ocazia deplasării populației către și, respectiv, dinspre zonele de activitate zilnică.

#### 4.3.2.3 Volume și rate ale fluxului suborare

Variația traficului pe parcursul unei ore este de o importanță considerabilă. Calitatea fluxului de trafic este în strânsă legătură cu variațiile de scurtă durată ale volumelor. Deseori, se întâlnesc situații în care un element de drum furnizează o capacitate de circulație suficientă pentru cererea orară de trafic, însă ea poate fi depășită pe anumite intervale suborare [98].

Volumele de trafic suborare sunt exprimate în general ca rate ale fluxului. Astfel, un volum suborar de 500 vehicule/15 minute reprezintă o rată a fluxului de  $500 \times 4 = 2000$  veh/h. În Tab. 4.4 este prezentată diferența între volumele orare și ratele de flux.

Tab. 4.4 Diferența volum-rata fluxului (exemplu)

Nr. crt.	Interval suborar [veh/h]	Volum [veh]	Rata fluxului [veh/h]
1	7:00 – 7:15	600	$600 \times 4 = 2400$
2	7:15 – 7:30	680	$680 \times 4 = 2720$
3	7:30 – 7:45	700	$700 \times 4 = 2800$
4	7:45 – 8:00	620	$620 \times 4 = 2480$
5	7:00 – 8:00	total = 2600 veh/h	

Pentru exemplul prezentat, dacă aceste volume se referă la un sector de drum care are o capacitate de 2600 veh/h, aceasta este suficientă pentru a acomoda volumul de trafic orar. În realitate însă, capacitatea este depășită în intervalul 7:15 – 7:45, conducând astfel la congestie. Capacitatea de circulație pentru fiecare interval de 15 minute este de  $2600/4 = 650$  veh. Congestia se manifestă în mod direct prin formarea unei cozi, în funcție de volumul de trafic și de capacitatea de circulație (Tab. 4.5). Numărul de vehicule care sunt afectate de acest fenomen în fiecare interval suborar de 15 minute se poate evalua adunând numărul de vehicule aflate deja în coada formată cu cele reprezentând cererea, sumă din care se scade valoarea capacității drumului.

Tab. 4.5 Calcul lungime coadă vehicule – exemplu

Nr. crt.	Interval suborar [veh/h]	Cerere volum [veh]	Capacitate [veh]	Lungime coadă [veh]
1	7:00 – 7:15	600	650	0
2	7:15 – 7:30	680	650	$0 + 680 - 650 = 30$
3	7:30 – 7:45	700	650	$30 + 700 - 650 = 80$
4	7:45 – 8:00	620	650	$80 + 620 - 650 = 50$

În acest caz, chiar dacă sectorul de drum nu are capacitatea depășită în ultimul sfert de oră considerat, se observă faptul că o parte din vehiculele afectate de congestie nu au capacitatea de a înainta corespunzător.

#### 4.3.2.4 Interfețele și funcționalitatea TRANSofT pentru studiul volumelor

Aplicația TRANSofT proiectată prelucrează datele colectate cu sistemul WIM, pentru a furniza:

- volume zilnice și totale pe durata perioadei selectate, pe zile selectate de către utilizator, pe benzi de circulație;
- intensitatea medie zilnică anuală (MZA), pentru categoriile de vehicule definite și pentru totalul lor;
- repartitia transversală a traficului pe benzile de circulație ale drumului/drumurilor studiat(e);
- volumele zilnice și mediile săptămânale ale tuturor vehiculelor înregistrate și ale vehiculelor având masa totală peste 3,5 tone;
- volumele și mediile de trafic zilnice și săptămânale, pe categorii definite de vehicule.

Funcția de prelucrare și afișare a volumelor de trafic este utilă deoarece contribuie la evaluarea rapidă și eficientă a datelor de trafic rutier, în funcție de criteriile dorite. Prin selectarea fișierelor din baza de date și a parametrilor în funcție de care se dorește prelucrarea înregistrărilor, se obțin volumele de trafic monitorizate în postul WIM, filtrate după criteriile alese de către utilizator.

Fereastra de bază a interfeței TRANSofT pentru studiul volumelor de trafic (Fig. 4.4) cuprinde 3 (trei) casete, care fac legătura cu funcțiile corespunzătoare de evaluare a parametrilor de trafic (Tab. 4.6).

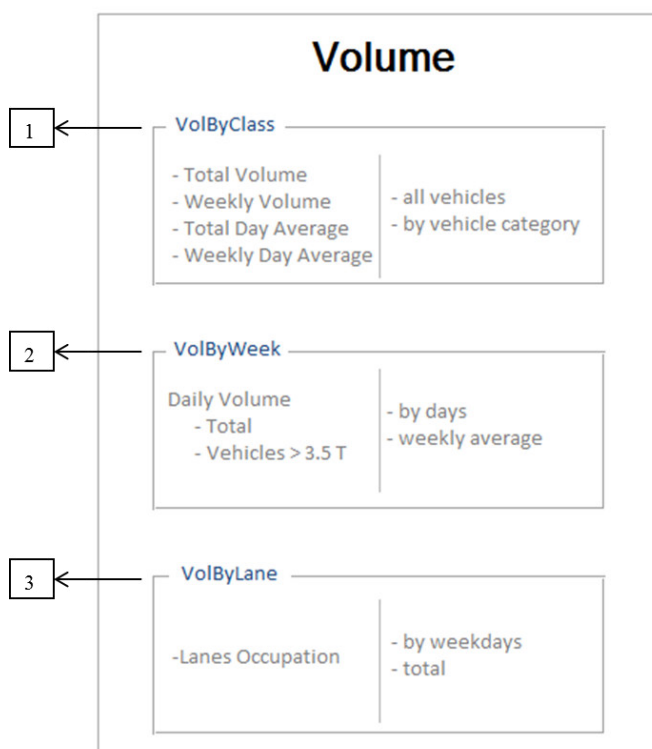


Fig. 4.4 Fereastra de bază funcție studiu volume

Tab. 4.6 Semnificație butoane interfață de bază funcție studiu volume

Buton/ casetă	Semnificație	Funcție calcul
1	Apelare interfața VolByClass	VolByClass
2	Apelare interfața VolByWeek	VolByWeek
3	Apelare interfața VolByLane	VolByLane

#### • Funcția VolByClass

Aceasta este cea mai complexă dintre cele 3 (trei) funcții prezentate (Tab. 4.6). Scopul ei este de a furniza informații despre intensitatea traficului de vehicule, grupate în 9 (nouă) categorii

(Tab. 4.7). Acestea cuprind una sau mai multe clase de vehicule, fiecare dintre ele fiind identificată după un cod predefinit în sistemul WIM. Codurile claselor vehiculelor monitorizate sunt înscrise automat în fișierele MS Access exportate. Funcția TRANSofT pentru studiul volumelor furnizează procentajele pentru fiecare clasă de vehicule identificată în perioada selectată, prin accesarea butonului dedicat (nr.8) din aplicația VolByClass (Fig. 4.5, Tab. 4.8).

Tab. 4.7 Clase și categorii vehicule

Nr.crt.	Clase/coduri vehicule (WIM)	Categorii vehicule (TRANSofT)
1	0	Motociclete
2	1, 21	Autoturisme
3	2	Microbuze și autocamionete
4	2N, 31	Autocamioane cu 2 osii
5	32, 33, 3N	Autocamioane cu 3 și 4 osii
6	51, 52, 53, 54, 55, 56, 5N	Autovehicule articulate
7	61	Autobuze și autocare
8	6N, 7N, 8N, 9N, 10N	Tractoare și vehicule speciale
9	41, 42, 43, 44, 4N	Trenuri rutiere

Vehiculele din categoriile 1...3 (motociclete, autoturisme, respectiv microbuze și autocamionete) intră în categoria vehiculelor ușoare. Cu toate acestea, în cadrul aplicației TRANSofT pentru evaluarea traficului de calcul  $N_c$  pentru dimensionarea structurilor rutiere din punct de vedere al capacității portante, se efectuează verificări asupra vehiculelor considerate grele, în vederea eliminării din calcul a celor cu masa sub 3500 kg.

Fiecare buton/casetă are o anumită semnificație (Tab. 4.8). Evaluarea parametrilor de intensitate a traficului se face prin funcții de calcul definite în cadrul aplicației TRANSofT VolByClass. Butoanele destinate evaluării parametrilor apelează funcțiile aferente (Tab. 4.8).

Tab. 4.8 Semnificație butoane interfață VolByClass

Buton/ casetă	Semnificație	Funcție calcul
1	Intervalul de timp încărcat în aplicație	
2	Opțiune de ștergere a datelor vechi existente în baza de date	
3	Buton de încărcare a datelor	
4	Verificare compatibilitate clase încărcate	VCClassValidation
5	Selecție categorii de vehicule studiate	Classes
6	Selecție toate categoriile de vehicule	Classes
7	Selecție nici o categorie de vehicule	Classes
8	Calcul și afișare procentaje volume pe clase de vehicule	VCPercentage
9	Selecție mod de calcul și afișare rezultate (benzi, direcții, total)	
10	Calcul și afișare intensitate totală trafic, separat pe categorii de vehicule selectate	VC11TotLanes VC12TotDir VC13Total
11	Calcul și afișare intensitate totală trafic, pentru totalul categoriilor selectate	VC01TotLanes VC02TotDir VC03Total
12	Calcul și afișare intensitate săptămânală trafic, separat pe categorii de vehicule selectate	VC31TotLanes VC32TotDir VC33Total
13	Calcul și afișare intensitate săptămânală trafic, pentru totalul categoriilor selectate	VC21TotLanes VC22TotDir VC23Total

Buton/ casetă	Semnificație	Funcție calcul
14	Calcul și afișare medii zilnice intensitate trafic săptămânal, separat pe categorii de vehicule selectate	VC41TotLanes VC42TotDir VC43Total
15	Calcul și afișare medii zilnice intensitate trafic săptămânal, pentru totalul categoriilor selectate	VC51TotLanes VC52TotDir VC53Total
16	Calcul și afișare MZA, pe categorii de vehicule selectate	VC14MZA
17	Calcul și afișare MZA, pentru totalul categoriilor selectate	VC04MZA

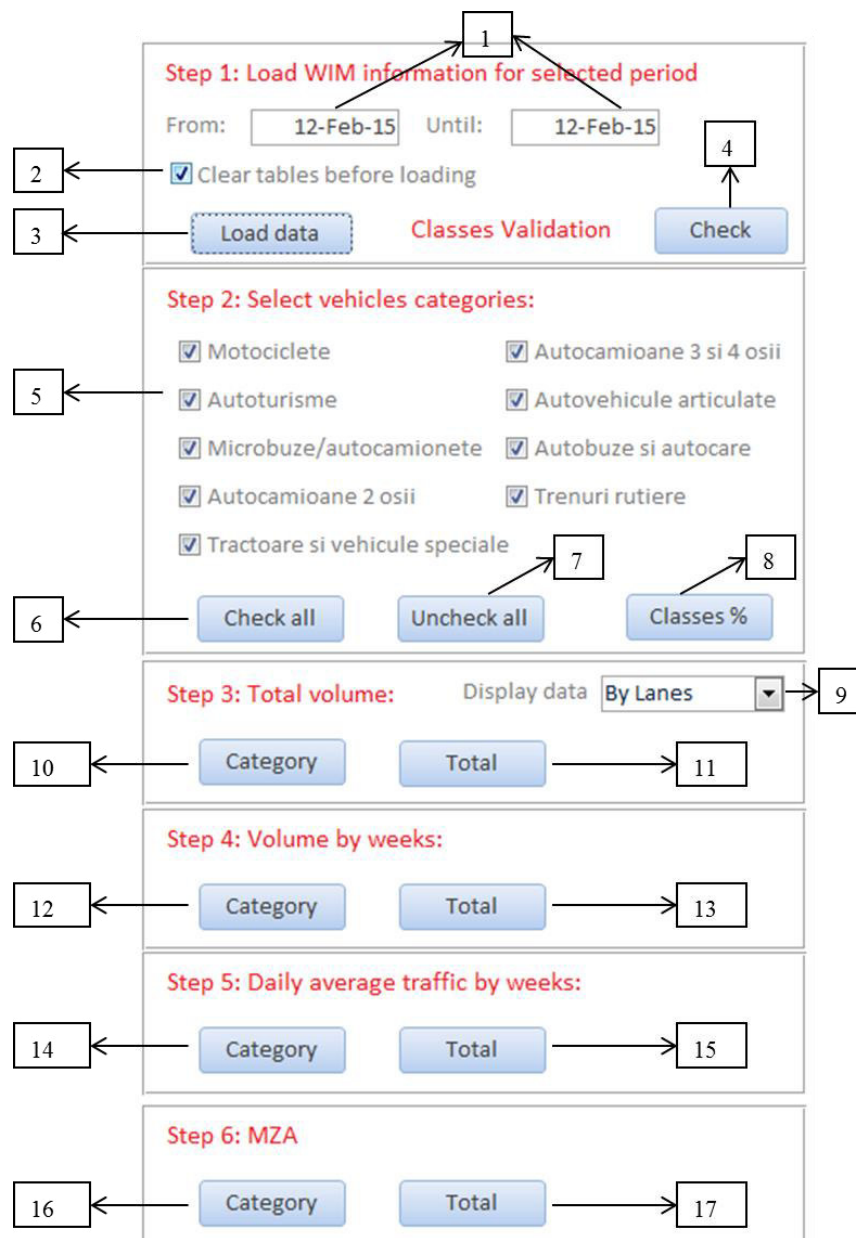


Fig. 4.5 Interfața funcție VolByClass

Primul pas în funcția VolByClass este încărcarea în aplicație a fișierelor MS Access din baza de date, pentru perioada de timp solicitată de utilizator (butoane 1, Tab. 4.8). Selectarea datelor este facilitată de prezența unui calendar. Implicit, aplicația adaugă noile informații celor încărcate într-o etapă anterioară, existente în memorie, fără a efectua ștergeri de date. Acest lucru este util atunci când se dorește studierea intensității de trafic pentru zile izolate sau perioade de timp



distincte ori discontinue. Opțiunea de ștergere a datelor vechi, existente în memorie premergător încărcării noilor informații, poate fi activată prin bifarea căsuței aferente (buton 2, Tab. 4.8).

Încărcarea se execută prin apăsarea butonului „Load data” (buton 3, Tab. 4.8). Aplicația parcurge selectiv fișierele MS Access din baza de date și copiază într-un tabel, pentru fiecare vehicul înregistrat de sistemul WIM, informațiile referitoare la: ziua înregistrării, clasa vehiculului, banda de circulație și sensul de mers. În aceeași etapă, TRANSofT evaluează numărul săptămânii în care s-a efectuat înregistrarea fiecărui vehicul monitorizat.

Funcția VolByClass generează matricea omonimă, pe baza datelor selectate din fișierele MS Access. Matricea este generată de către TRANSofT, ca urmare a implementării algoritmului de parcurgere selectivă a fișierelor MS Access din baza de date furnizată de sistemul WIM, și reprezintă punctul de plecare pentru efectuarea calculelor în cadrul funcției VolByClass. TRANSofT contorizează vehiculele monitorizate, încadrându-le corespunzător, după zi, săptămână, clasă și banda de circulație. Evaluarea parametrilor de trafic se face prin funcții definite în cadrul TRANSofT, care efectuează calcule specifice, pe baza informațiilor existente în matricea de pornire.

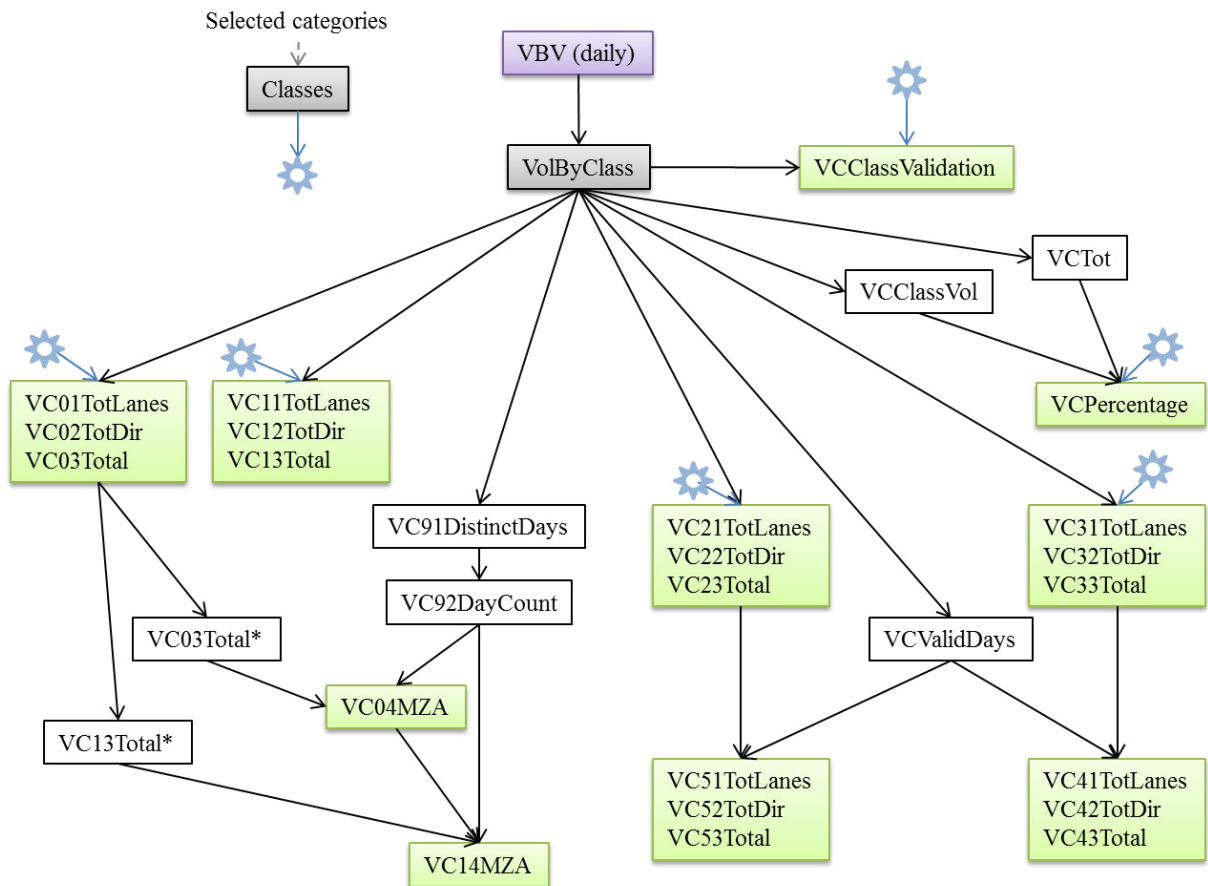


Fig. 4.6 Schemă logică funcție VolByClass

Funcțiile de calcul sunt interdependente. Casetele verzi din schema logică a funcției VolByClass pentru studiul volumelor (Fig. 4.33) reprezintă modulele de calcul apelate prin butoanele corespunzătoare din interfața grafică a funcției (Tab. 4.8). În evaluarea parametrilor solicitați intră în calcul matricea „Classes”, care cuprinde un factor numeric de validare a categoriilor de vehicule bifate de către utilizator în interfața de dialog. Acest factor ia valoarea 1 pentru clasele de vehicule componente ale categoriilor selectate pentru calcul și 0 pentru celelalte. Casetele albe sunt elemente de fundal, apelate indirect, necesare funcționalității aplicației.

Pentru calculul intensității totale de trafic, TRANSofT furnizează un tabel (Tab. 4.9) cuprinzând rezultatele evaluate separat pe categorii de vehicule sau pentru totalul categoriilor selectate (Fig. 4.7).

Tab. 4.9 Tabel rezultate calcul intensitate totală de trafic - VolByClass

Banda de circulație*	Sens deplasare**	Volum [veh]	Categoria vehicule***

\*dacă este selectată opțiunea de calcul pe benzi de circulație

\*\*dacă este selectată una din opțiunile de calcul pe benzi sau pe sensuri de circulație

\*\*\*dacă este selectată evaluarea pe categorii (buton 10, Tab. 4.8)

Lane	Direction	Volume	ClassName
1	EASTBOUND	328608	2-axle lorries
1	EASTBOUND	81610	3 and 4-axle lorries
1	EASTBOUND	50665	Articulated lorries
1	EASTBOUND	95057	Buses, coaches
1	EASTBOUND	8895090	Cars

Fig. 4.7 Exemplu tabel rezultate calcul intensitate totală de trafic – VolByClass (fragment)

Pentru calculul intensităților săptămânale totale de trafic și a mediilor zilnice săptămânale, TRANSofT furnizează tabele similare (Fig. 4.8, Fig. 4.9), cuprinzând rezultatele evaluate separat pe categorii de vehicule sau pentru totalul categoriilor selectate (Tab. 4.10, respectiv Tab. 4.11). Unul din aspectele relevante ale calculului mediilor zilnice săptămânale se observă atunci când sistemul WIM nu înregistrează, din diverse motive, date complete pentru o săptămână oarecare. Acest lucru influențează volumele totale de trafic din săptămâna respectivă.

Tab. 4.10 Tabel rezultate calcul intensitate săptămânală de trafic - VolByClass

An	Număr săptămână	Banda de circulație*	Sens deplasare**	Volum [veh/săptămână]	Categoria vehicule***

\*dacă este selectată opțiunea de calcul pe benzi de circulație

\*\*dacă este selectată una din opțiunile de calcul pe benzi sau pe sensuri de circulație

\*\*\*dacă este selectată evaluarea pe categorii (buton 12, Tab. 4.8)

Year	WeekNo	Lane	Direction	Volume	ClassName
2013	17	1	EASTBOUND	1405	2-axle lorries
2013	17	1	EASTBOUND	629	3 and 4-axle lorries
2013	17	1	EASTBOUND	447	Articulated lorries
2013	17	1	EASTBOUND	1264	Buses, coaches
2013	17	1	EASTBOUND	45692	Cars

Fig. 4.8 Exemplu tabel rezultate calcul intensitate săptămânală de trafic – VolByClass (fragment)

Tab. 4.11 Tabel rezultate calcul medii zilnice intensitate săptămânală de trafic - VolByClass

An	Număr săptămână	Categoria vehicule***	Sens deplasare**	Banda de circulație*	Volum mediu [veh/zi]

\*dacă este selectată opțiunea de calcul pe benzi de circulație

\*\*dacă este selectată una din opțiunile de calcul pe benzi sau pe sensuri de circulație

\*\*\*dacă este selectată evaluarea pe categorii (buton 14, Tab. 4.8)

Year	WeekNo	ClassName	Direction	Lane	AvgTraffic
2013	17	2-axle lorries	EASTBOUND	1	468,33
2013	17	3 and 4-axle lorries	EASTBOUND	1	209,67
2013	17	Articulated lorries	EASTBOUND	1	149,00
2013	17	Buses, coaches	EASTBOUND	1	421,33
2013	17	Cars	EASTBOUND	1	15230,67

Fig. 4.9 Exemplu tabel rezultate calcul medii zilnice intensitate săptămânală de trafic – VolByClass (fragment)

Evaluarea MZA se realizează independent de selecția de calcul pe benzi, sensuri sau total. Acest parametru se obține împărțind numărul total de vehicule care traversează zona studiată într-o anumită perioadă la numărul de zile din perioada respectivă. Calculul se referă la categoriile de vehicule selectate de către utilizator. Rezultatul este furnizat sub forma unui tabel (Tab. 4.12) care cuprinde valorile MZA și procentajele din  $MZA_{total}$  pentru fiecare categorie considerată (Fig. 4.10).

Tab. 4.12 Tabel rezultate calcul MZA - VolByClass

An	Categoria vehicule	MZA/categorie [veh/zi]	Procentaj din $MZA_{total}$	$MZA_{total}$ [veh/zi]

Year	ClassName	MZA	Percentage	MZATot
2015	2-axle lorries	1253	1,98	63184
2015	3 and 4-axle lorries	400	0,63	63184
2015	Articulated lorries	218	0,35	63184
2015	Buses, coaches	389	0,62	63184
2015	Cars	55803	88,32	63184

Fig. 4.10 Exemplu tabel rezultate calcul MZA - VolByClass

- **Funcția VolByWeek**

Această funcție este utilă atunci când se dorește obținerea de informații referitoare la volumele zilnice și la mediile săptămânale de trafic, pentru totalul vehiculelor înregistrate și pentru vehiculele având masa totală peste 3,5 tone.

Funcția VolByClass, prezentată anterior, calculează intensitățile săptămânale totale de trafic și mediile zilnice săptămânale (Tab. 4.10, Tab. 4.11). Spre deosebire de aceasta, funcția VolByWeek evaluează volumele zilnice totale de trafic și mediile săptămânale înregistrate pentru perioada de timp selectată în calcul. De asemenea, funcția filtrează vehiculele cu masa totală de cel puțin 3500 kg, pentru care evaluează intensitățile zilnice totale și mediile săptămânale.

Primul pas al funcției este încărcarea în aplicație a fișierelor MS Access din baza de date WIM, pentru perioada de timp solicitată de utilizator (butoane 1 și 2, Fig. 4.11, Tab. 4.13). Selectarea datelor este facilitată de prezența unui calendar. Implicit, aplicația adaugă noile informații celor încărcate într-o etapă anterioară, existente în memorie, fără a efectua ștergeri de date. Acest lucru este util atunci când se dorește studierea intensității de trafic pentru zile izolate sau perioade de timp distincte ori discontinue. Opțiunea de ștergere a datelor vechi, existente în memorie premergător încărcării noilor informații, poate fi activată prin bifarea căsuței aferente (buton 3, Fig. 4.11, Tab. 4.13).

Încărcarea se execută prin apăsarea butonului „Load data” (buton 4, Fig. 4.11, Tab. 4.13). Aplicația parcurge selectiv fișierele MS Access din baza de date și contorizează vehiculele monitorizate în funcție de ziua înregistrării și masa totală. În aceeași etapă, TRANSofT evaluează numărul săptămânii în care s-a efectuat înregistrarea fiecărui vehicul monitorizat. Toate calculele efectuate de funcție se bazează pe matricea de pornire VolByWeek (Fig. 4.12).

Funcția de evaluare a volumelor zilnice totale de trafic (buton 5, Fig. 4.11, Tab. 4.13) are ca rezultat un tabel (Tab. 4.14) care prezintă intensitatea zilnică atât pentru totalul vehiculelor monitorizate, cât și pentru cele cu masa peste 3,5 tone. De asemenea, TRANSofT furnizează și intervalele orare zilnice în care sistemul WIM a efectuat înregistrări. Acest lucru este util în cazurile când se observă posibile erori ale sistemului la înregistrarea informațiilor de trafic, pentru a efectua investigații suplimentare asupra veridicității datelor.

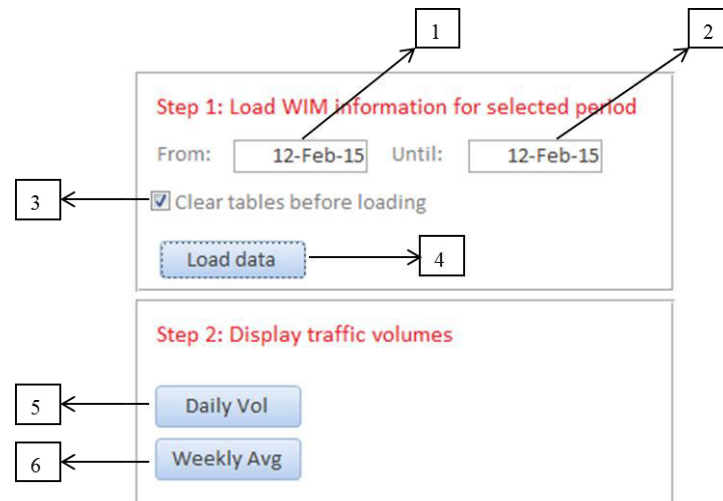


Fig. 4.11 Interfața funcției VolByWeek

Tab. 4.13 Semnificație butoane interfață VolByWeek

Buton/ casetă	Semnificație	Funcție calcul
1	Ziua de debut perioadă studiu	
2	Ziua de final perioadă studiu	
3	Opțiune de ștergere a datelor vechi, încărcate anterior în memorie	
4	Buton de încărcare a datelor în memoria funcției	
5	Afișare volum zilnic	VolByWeek
6	Calcul și afișare medii săptămânale	VWeeklyAvg

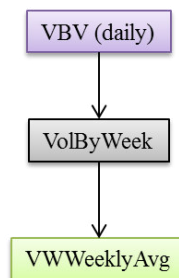


Fig. 4.12 Schemă logică funcției VolByWeek

Tab. 4.14 Tabel rezultate calcul intensitate săptămânală de trafic - VolByWeek

Data	Ziua săptămânii	Număr săptămână	Volum total zilnic [veh/zi]	Volum total zilnic masa>3,5 t [veh/zi]	Ora minimă înreg.	Ora maximă înreg.

Day	WeekdayNo	WeekNo	VolTot	Vol3500	MinTime	MaxTime
07-Oct-13	1	41	62944	1648	00:00:02	23:59:52
08-Oct-13	2	41	58305	1464	00:00:01	23:59:47
09-Oct-13	3	41	62922	1680	00:00:03	23:59:55
10-Oct-13	4	41	65152	1546	00:00:00	23:59:42

Fig. 4.13 Exemplu tabel rezultate calcul intensitate săptămânală de trafic - VolByWeek

Funcția de calcul a mediilor zilnice săptămânale (buton 6, Fig. 4.11, Tab. 4.13) conduce la afișarea unui tabel (Tab. 4.15) care cuprinde volumele medii de trafic (total și al vehiculelor cu masa peste 3,5 tone) înregistrate pe parcursul fiecărei săptămâni din intervalul de timp studiat (Fig. 4.14).

Tab. 4.15 Tabel rezultate calcul intensitate săptămânală de trafic - VolByWeek

An	Număr săptămână	Volum total zilnic [veh/zi]	Volum total zilnic masa>3,5 t [veh/zi]	Ziua început săptămână	Ziua sfârșit săptămână

Year	WeekNo	AvgOfVolTot	AvgOfVol3500	Start_date	End_date
2014	41	65199,83	1389,33	06-Oct-14	12-Oct-14
2014	42	65490,57	1462,43	13-Oct-14	19-Oct-14
2014	43	64335,67	1497,00	20-Oct-14	26-Oct-14
2014	44	62580,67	1341,33	27-Oct-14	02-Nov-14
2014	45	62189,43	1446,43	03-Nov-14	09-Nov-14

Fig. 4.14 Exemplu tabel rezultate calcul intensitate săptămânală de trafic - VolByWeek

- **Funcția VolByLane**

Rolul de bază al funcției VolByLane este de a furniza informații referitoare la repartiția transversală a traficului pe benzile de circulație ale sectorului de drum studiat. Acest lucru este util în cazul evaluării traficului de calcul  $N_c$  pentru dimensionarea și verificarea structurilor rutiere din punct de vedere al capacității portante. TRANSofT permite selectarea zilelor săptămânii pentru care se dorește efectuarea acestui studiu, pentru perioada de timp aleasă de către utilizator.

Primul pas al funcției este încărcarea în aplicație a fișierelor MS Access din baza de date WIM, pentru perioada de timp solicitată de utilizator (butoane 1 și 2, Fig. 4.15, Tab. 4.16). Selectarea datelor este facilitată de prezența unui calendar. Implicit, aplicația adaugă noile informații celor încărcate într-o etapă anterioară, existente în memorie, fără a efectua ștergeri de date. Acest lucru este util atunci când se dorește studierea intensității de trafic pentru zile izolate sau perioade de timp distincte ori discontinue. Opțiunea de ștergere a datelor vechi, existente în memorie premergător încărcării noilor informații, poate fi activată prin bifarea căsuței aferente (buton 3, Fig. 4.15, Tab. 4.16).

Încărcarea se execută prin apăsarea butonului „Load data” (buton 4, Fig. 4.15, Tab. 4.16). Aplicația parcurge selectiv fișierele MS Access din baza de date și contorizează vehiculele monitorizate în funcție de ziua înregistrării și banda de circulație. În aceeași etapă, TRANSofT stabilește ziua săptămânii în care s-a efectuat înregistrarea fiecărui vehicul monitorizat. Toate calculele efectuate de funcție se bazează pe matricea de pornire „VolByLane” (Fig. 4.16).

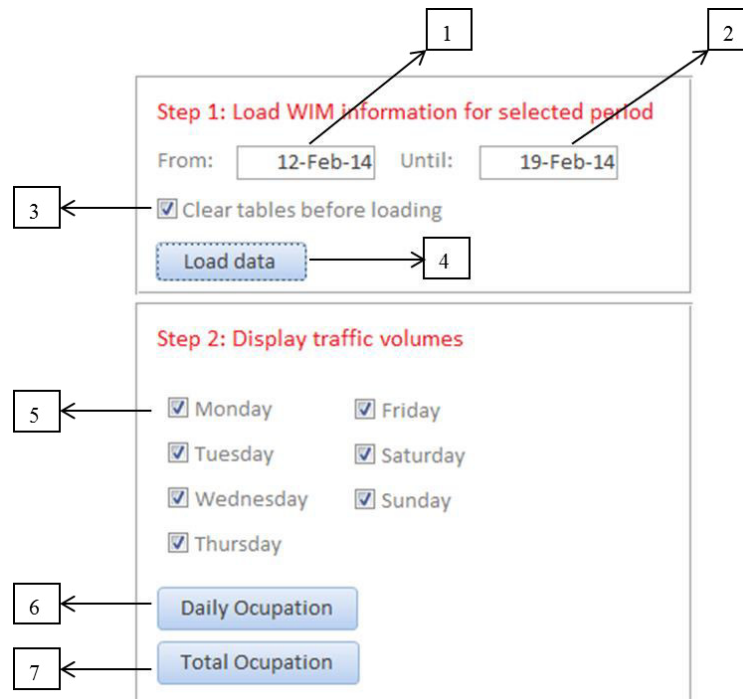


Fig. 4.15 Interfața funcției VolByLane

Tab. 4.16 Semnificație butoane interfață VolByLane

Buton/ casetă	Semnificație	Funcție calcul
1	Ziua de debut perioadă studiu	
2	Ziua de final perioadă studiu	
3	Opțiune de ștergere a datelor vechi, încărcate anterior în memorie	
4	Buton de încărcare a datelor în memoria funcției	
5	Selectare ziua săptămânii	Aux
6	Calcul și afișare repartiție transversală pentru fiecare din zilele selectate	VLDay_Ocupation
7	Calcul și afișare repartiție transversală totală pentru perioada utilizată în calcul	VLTotal_Ocupation

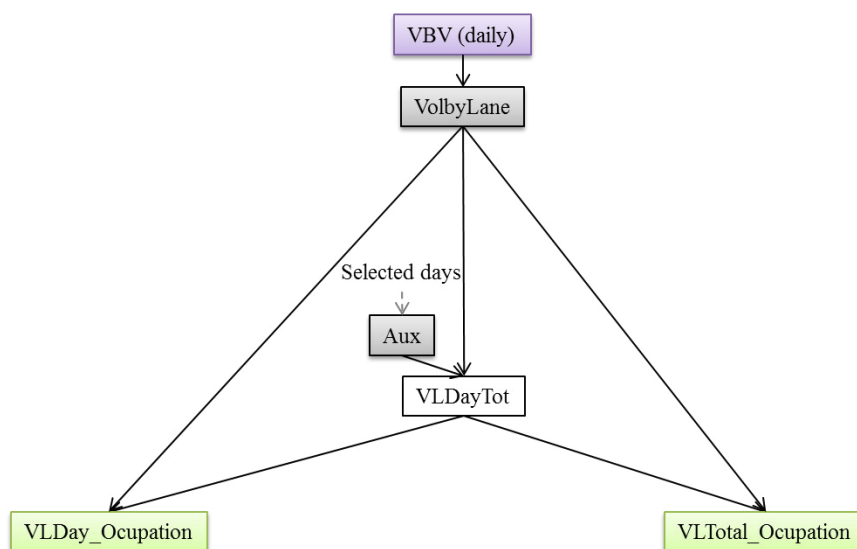


Fig. 4.16 Schemă logică funcției VolByLane

Funcțiile de calcul sunt interdependente. Casetele verzi din schema logică a funcției VolByLane pentru studiul volumelor (Fig. 4.16) reprezintă modulele de calcul apelate prin butoanele corespunzătoare din interfața grafică a funcției (Tab. 4.16). În evaluarea parametrilor



solicitați intră în calcul matricea „Aux”, care cuprinde un factor numeric de validare a zilelor săptămânii bifate de către utilizator în interfața de dialog (butoane 5, Fig. 4.15). Acest factor ia valoarea 1 pentru zilele selectate pentru calcul și 0 pentru celelalte. Casetele albe sunt elemente de fundal, apelate indirect, necesare funcționalității aplicației.

Funcția de evaluare a repartiției transversale a traficului pentru fiecare din zilele selectate (buton 6, Fig. 4.15, Tab. 4.16) are ca rezultat un tabel (Tab. 4.17) care atât prezintă intensitatea zilnică totală, cât și repartiția (numerică și procentuală) pe fiecare bandă de circulație (Fig. 4.17).

Tab. 4.17 Tabel rezultate calcul repartiție transversală trafic pe zile - VolByLane

Data	Ziua săptămânii	Banda de circulație	Volum total zilnic, pe benzi [veh/bandă/zi]	Volum total zilnic [veh/zi]	Repartiție transversală [%]

Day	WeekdayNo	Lane	Vollane	VolDay	Occupation
23-Feb-15	1	1	16146	61571	0,26
23-Feb-15	1	2	14763	61571	0,24
23-Feb-15	1	3	17195	61571	0,28
23-Feb-15	1	4	13467	61571	0,22
24-Feb-15	2	1	15538	59003	0,26
24-Feb-15	2	2	14159	59003	0,24
24-Feb-15	2	3	16207	59003	0,27
24-Feb-15	2	4	13099	59003	0,22

Fig. 4.17 Exemplu tabel rezultate calcul repartiție transversală trafic pe zile - VolByLane

Funcția de evaluare a repartiției transversale totale a traficului pentru întreaga perioadă selectată (buton 7, Fig. 4.15, Tab. 4.16) are ca rezultat un tabel (Tab. 4.18) care atât prezintă intensitatea zilnică totală, cât și repartiția (numerică și procentuală) pe fiecare bandă de circulație (Fig. 4.18). Această evaluare ține cont de zilele săptămânii selectate pentru calcul.

Tab. 4.18 Tabel rezultate calcul repartiție transversală totală trafic – VolByLane

Banda de circulație	Volum total trafic, pe benzi [veh/bandă]	Volum total trafic [veh]	Repartiție transversală [%]

Lane	Vollane	VolTot	Occupation
1	10274587	38598041	0,27
2	9129504	38598041	0,24
3	10848252	38598041	0,28
4	8345698	38598041	0,22

Fig. 4.18 Exemplu tabel rezultate calcul repartiție transversală totală trafic – VolByLane

### 4.3.3 Studiul repartiției orare a volumelor de trafic

#### 4.3.3.1 Generalități

Variațiile volumelor de trafic înregistrează valori semnificative pe parcursul unei zile, înregistrându-se perioade de maxim și de minim. De asemenea, intensitatea traficului este influențată de situații izolate, planificate sau nu, precum: condiții meteorologice extreme, diverse lucrări, accidente etc.

Conform lui Roess, Prassas și McShane [98], există o distincție clară între cererea de trafic și capacitatea de circulație. Cererea reprezintă numărul de vehicule care doresc să traverseze un anumit sector de drum, într-un interval de timp. Capacitatea de circulație este strâns legată de

caracteristicile drumului, semnificând numărul maxim de vehicule care pot să traverseze secțiunea studiată într-un anumit interval de timp.

Una din problemele de bază ale ingineriei de trafic este proiectarea facilităților rutiere astfel încât ele să satisfacă cererea de trafic. În situații de trafic congestionat, aceasta poate depăși ca valoare volumele efective. Astfel, se recomandă ca dimensionările din punct de vedere al capacității drumurilor să fie efectuate pentru intensități orare corespunzătoare. Proiectarea corectă conduce la subutilizarea sectoarelor respective în majoritatea timpului de utilizare. Studiul modelelor de variație a intensității traficului este esențial în vederea dimensionării corecte a drumurilor și optimizării derulării fluxului de trafic [98].

Congestia în trafic reprezintă o problemă de actualitate. Soluțiile sunt direct influențate de capacitățile tehnico-economice de implementare. Evoluția modelelor urbane și tendința populației de a se deplasa în ritm de navetă conduce la intervale orare de vârf (în general dimineața și după-masa), caracterizate de congestie în trafic, cu multiple efecte negative. Repartiția orară a volumelor de trafic depinde nu doar de ziua săptămânii sau intervalul orar al zilei, ci și de locație sau funcționalitate zonală. De exemplu, repartiția traficului este diferită în cazul unor drumuri amplasate în zone turistice, aici intervalele de vârf regăsindu-se cu precădere la sfârșit de săptămână. O altă situație deosebită o reprezintă sectoarele de drum care deservește unități industrial-economice, unde traficul este concentrat în anumite vârfuri. Studiile de eficientizare și fluidizare a traficului [11] reprezintă baza teoretică a adoptării unor soluții viabile.

#### 4.3.3.2 Interfața funcției TRANSsoft pentru studiul repartiției orare a traficului

Aplicația TRANSsoft proiectată prelucrează datele colectate cu sistemul WIM pentru a furniza:

- distribuția orară a volumelor de trafic înregistrate;
- distribuția orară procentuală a volumelor de trafic înregistrate.

Interfața grafică a funcției (Fig. 4.19) a fost concepută pentru a fi eficientă și, în același timp, ușor de utilizat. Fiecare buton/casetă are o anumită semnificație (Tab. 4.19). Evaluarea repartiției volumelor se face prin funcții de calcul definite în cadrul aplicației. Butoanele destinate evaluării parametrilor de trafic apelează funcțiile corespunzătoare (Tab. 4.19).

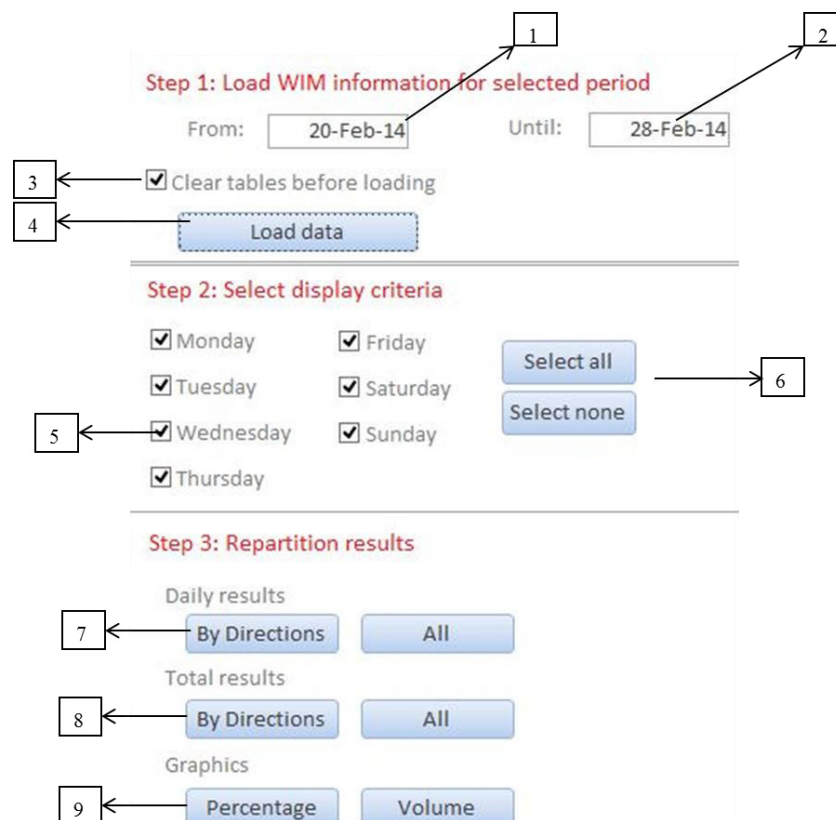


Fig. 4.19 Interfața grafică funcție studiu repartiție orară trafic

Tab. 4.19 Semnificație butoane interfață funcție studiu repartiție orară trafic

Buton/ casetă	Semnificație	Funcție calcul
1	Ziua de debut perioadă studiu	
2	Ziua de final perioadă studiu	
3	Opțiune de ștergere a datelor vechi, încărcate anterior în memorie	
4	Buton de încărcare a datelor în memoria funcției	
5	Selectare ziua săptămânii	
6	Selecție rapidă zile ale săptămânii (toate/niciuna)	
7	Calcul și afișare distribuție orară zilnică volume trafic, pentru fiecare din zilele selectate, pe sensuri sau total vehicule	03Perc/13Perc
8	Calcul și afișare distribuție orară totală medie a volumelor de trafic, pe sensuri de circulație sau total	23Perc/33Perc
9	Afișare grafice distribuție orară volume (efective/procentuale)	

#### 4.3.3.3 Principiul de funcționare al aplicației pentru studiul repartiției orare a traficului

Primul pas în studiul repartiției orare a traficului este încărcarea în aplicație a fișierelor din baza de date MS Access, pentru perioada de timp solicitată de utilizator (butoane 1 și 2, Tab. 4.19). Selectarea datelor este facilitată de prezența unui calendar. Implicit, aplicația adaugă noile informații celor încărcate într-o etapă anterioară, existente în memorie, fără a efectua ștergeri de date. Acest lucru este util atunci când se dorește studierea vitezelor de deplasare ale vehiculelor pentru zile izolate sau perioade de timp distincte ori discontinue. Opțiunea de ștergere a datelor vechi, existente în memorie premergător încărcării noilor informații, poate fi activată prin bifarea căsuței aferente (buton 3, Tab. 4.19).

Încărcarea se execută prin apăsarea butonului „Load data” (buton 4, Tab. 4.19). Aplicația parcurge selectiv fișierele MS Access din baza de date și contorizează în tabelul „Repartition” (Fig. 4.20) totalul vehiculelor monitorizate în fiecare interval orar din perioada selectată de utilizator, în funcție de ziua înregistrării și sensul deplasării.

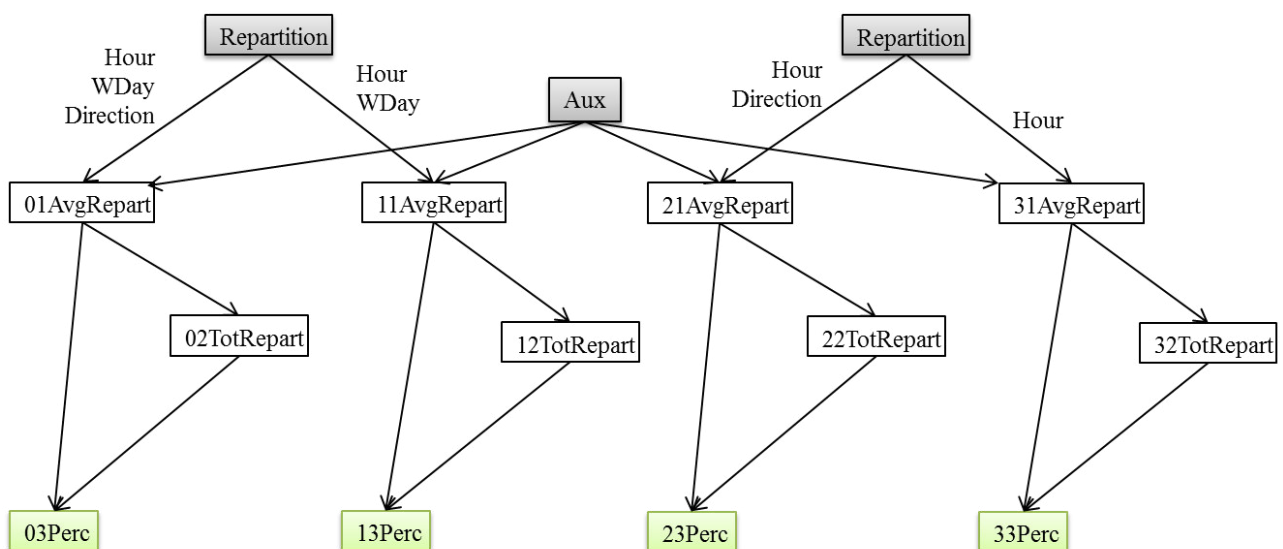


Fig. 4.20 Schemă logică funcție TRANSSoft pentru studiul repartiției orare a traficului

Matricea „Repartition” reprezintă punctul de plecare pentru efectuarea calculelor în cadrul funcției TRANSSoft pentru studiul repartiției orare a traficului. Ea este generată de către TRANSSoft, ca urmare a implementării algoritmului de parcurgere selectivă a fișierelor MS Access din baza de date furnizată de sistemul WIM. Evaluarea parametrilor de trafic se face prin funcții definite în cadrul TRANSSoft, care efectuează calcule specifice, pe baza informațiilor existente în matricea „Repartition”.

Funcțiile de calcul sunt interdependente. Casetele verzi din schema logică a funcției (Fig. 4.20) reprezintă modulele de calcul apelate prin butoanele corespunzătoare din interfața grafică a funcției (Tab. 4.19). În evaluarea parametrilor solicitați intră în calcul matricea „Aux”, care cuprinde un factor numeric de validare a zilelor săptămânii bifate de către utilizator în interfața de dialog (butoane 5, 6, Fig. 4.19). Acest factor ia valoarea 1 pentru zilele selectate pentru calcul și 0 pentru celelalte. Casetele albe sunt elemente de fundal, apelate indirect, necesare funcționalității aplicației.

#### 4.3.3.4 Funcționalitatea TRANSofT pentru studiul repartiției orare a traficului

Pornind de la matricea de bază „Repartition”, TRANSofT construiește tabelele de sinteză ale volumelor orare de trafic. Acestea cuprind contorizarea vehiculelor înregistrate cu sistemul WIM, după cum urmează (Tab. 4.20):

Tab. 4.20 Tabele de sinteză volume orare trafic

Nr.crt.	Mod calcul repartiție orară trafic	Contorizare volume
1	zilnică	<ul style="list-style-type: none"> <li>distribuția orară zilnică a volumelor de trafic înregistrate, pe sensuri de circulație și per ansamblu;</li> <li>dacă perioada selectată pentru calcul depășește o săptămână, pentru aceleași zile ale săptămânii sunt evaluate mediile aritmetice ale volumelor de trafic orare.</li> </ul>
2	totală	<ul style="list-style-type: none"> <li>distribuția orară medie a volumelor de trafic înregistrate, pe sensuri de circulație și per ansamblu, pentru perioada selectată.</li> </ul>

Contorizările efectuate reprezintă practic rezultatul funcției implementate, și anume distribuția orară (zilnică sau totală medie) a traficului, în vehicule fizice. Pe baza acestor informații, TRANSofT evaluează repartiția procentuală a traficului, din totalul zilnic obținut prin însumarea valorilor orare.

Distribuția procentuală a intensităților de trafic este utilă în cazul în care se urmărește extrapolarea înregistrărilor parțiale de trafic. Utilizând TRANSofT, se pot stabili modele de variație zilnică a volumelor de trafic. Astfel, valorile recenzate într-un anumit interval orar pot fi ajustate la volume zilnice pornind de la distribuția procentuală stabilită.

#### 4.3.4 Studiul orelor de vârf

##### 4.3.4.1 Generalități

Intervalul orar în care se înregistrează volumul maxim de trafic se numește oră de vârf. Studiul orelor de vârf este de importanță majoră atât pentru stabilirea funcționalității și operativității unui sector de drum, cât și pentru adoptarea unor măsuri adecvate pentru îmbunătățirea capacității de circulație.

Una din problemele de bază ale desfășurării fluxului este reprezentată de vârfurile intensității de trafic. Acestea sunt, în majoritatea cazurilor, generate de deplasarea populației în regim de navetă. În funcție de regiune și locație, volumul de trafic din ora de vârf cuprinde între 10 și 15% din intensitatea zilnică [98]. În zone izolate sau așezări rurale, procentul menționat poate fi mult mai ridicat, însă volumele zilnice sunt considerabil inferioare.

Se recomandă proiectarea unui număr adecvat de benzi de circulație pentru a deservi volumele de trafic din cadrul orelor de vârf. Atunci când traficul se desfășoară cu precădere într-un sens în cursul dimineții și în sensul opus după-masa, se impune adoptarea unor sectoare de drum cu elemente geometrice care să asigure fluența traficului în ambele situații [98]. În aceste cazuri, pentru sporirea eficienței unui drum și reducerea costurilor, se poate lua în considerare implementarea conceptului de ”benzi reversibile”. Acest concept se referă la modificarea sensului de deplasare admis pe una sau mai multe benzi de circulație, în funcție de momentul zilei și de fluxul majoritar de trafic.

Apariția orelor de vârf este influențată și de capacitatea de circulație a drumurilor. Există situații în care, datorită cererii mari de trafic, o intensitate aproximativ constantă se poate extinde pe mai multe ore. Acest lucru este favorizat și de comportamentul conducătorilor auto care aleg să efectueze deplasările în afara orelor de vârf tradiționale [98].

Studiul orelor de vârf este de importanță semnificativă în ingineria de trafic. Din totalul orelor de vârf înregistrate pe parcursul unui an de zile, se pune problema alegerii valorii potrivite pentru proiectarea și verificarea sectorului de drum studiat. În unele situații, este reglementată alegerea celei de-a 30-a oră de vârf pentru stabilirea debitului orar de calcul [98], [87]. În România, traficul de calcul utilizat pentru proiectarea și verificarea drumurilor din punct de vedere al capacității de circulație corespunde celei de-a 50-a oră de vârf, determinată pe curba de debite orare clasate [93].

Pentru a putea preîntâmpina posibilele probleme de congestie cauzate de variația intensităților suborare (Tab. 4.5), se recomandă analiza variabilității acestor volume de trafic, în vederea estimării ratei maxime a fluxului. În general, se consideră că intervalele de 15 minute surprind suficient de bine condițiile de trafic [32], conducând la rezultate stabile statistic. Acest lucru înseamnă că relațiile dintre parametri de trafic (ex. intensitate, viteză și densitate) sunt corecte și reflectă suficient de bine desfășurarea fluxului. Aceasta este practica standard utilizată în prezent pentru stabilirea ratelor fluxului. Cu toate acestea, se utilizează la scară din ce în ce mai mare intervalele de 5 minute, care pot fi stabile pentru analize de trafic și proiectare, în special în cazul autostrăzilor [98].

Factorul orei de vârf  $F_V$  (eng. Peak Hour Factor, PHF) se definește ca raportul dintre volumul de trafic orar ( $V$ ) și rata maximă a fluxului în ora respectivă ( $v$ ) (ec. (4.1)) [32]:

$$F_V = \frac{V}{v} \quad (4.1)$$

Rata fluxului poate fi evaluată pentru orice interval de timp suborar. Cu toate acestea, după cum s-a precizat, cel mai des utilizate astfel de intervale sunt cele de 5 și 15 minute. În cazul în care se utilizează intervale suborare de 15 minute pentru evaluarea ratei suborare a fluxului, relația de calcul devine (ec.(4.2)) [32][93]:

$$F_V = \frac{V}{4 \cdot V_{15}} \quad (4.2)$$

unde:

$V_{15}$  – volumul de trafic în cele 15 minute de vârf ale orei studiate.

Pentru exemplul din Tab. 4.4, se obține (ec.(4.3)):

$$F_V = \frac{2600}{4 \cdot 700} = \frac{2600}{2800} = 0,929 \quad (4.3)$$

$F_V$  este o mărime care poate lua valori între 0,25 și 1. Valoarea unitară se obține atunci când se volumele suborare de trafic sunt constante pe tot parcursul orei analizate, variația volumului de trafic orar fiind nulă. Valoarea minimă a  $F_V$  se întâlnește atunci când întreg traficul orar este concentrat în intervalul suborar considerat. Atunci când pentru un sector de drum se cunoaște  $F_V$ , se poate calcula rata maximă a fluxului suborar ( $v$ ), pe baza volumul de trafic orar ( $V$ ) (ec.(4.4)) [32]:

$$v = \frac{V}{F_V} \quad (4.4)$$

#### 4.3.4.2 Interfețele și funcționalitatea TRANSoft pentru studiul orelor de vârf

Aplicația TRANSoft proiectată prelucrează datele colectate cu sistemul WIM pentru a evalua:

- orele de vârf pentru fiecare zi din perioada selectată;
- factorii orelor de vârf identificate,  $F_V$  (PHF);
- prelucrări statistice pe baza  $F_V$  (PHF).

Deși denumirea de „oră de vârf” sugerează strict intervalul orar în care se înregistrează un volum maxim de trafic, ea se poate aplica oricărui interval orar [32]. Evaluarea zilnică a PHF pentru o singură oră, pe parcursul unei perioade de timp, nu este relevantă în toate cazurile. În general, studiile asupra volumelor de trafic conduc la identificarea a 2 (două) ore de vârf pe parcursul unei zile obișnuite: dimineața (de obicei între 7.00 și 10.00) și după-masa (de obicei între 16.00 și 19.00) [98]. În majoritatea cazurilor, acest model este repetitiv și se aplică zilelor lucrătoare. Alte modele se aplică de obicei unor locații interurbane, recreaționale sau concentrate în jurul anumitor obiective (uzine, fabrici, școli etc.). Acestea pot să prezinte o oră de vârf sau un astfel de interval prelungit.

TRANSoft evaluează PHF pentru 5 (cinci) ore de vârf zilnice, identificate de către aplicație în cadrul intervalelor orare predefinite (Fig. 4.21):

- 0:00:00 – 4:59:59 (noapte);
- 5:00:00 – 9:59:59 (dimineață);
- 10:00:00 – 14:59:59 (amiază);
- 15:00:00 – 19:59:59 (după-amiază);
- 20:00:00 – 23:59:59 (seară).

Astfel, studiul orelor de vârf poate fi îmbunătățit, identificându-se diferite tendințe în variația suborară a traficului. Aplicația poate fi adaptată diverselor cerințe, în cazul în care diviziunile orare predefinite nu corespund caracteristicilor de trafic ale zonei studiate.

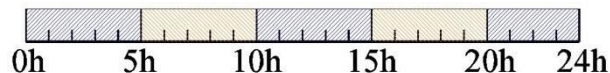


Fig. 4.21 Intervale orare zilnice – studiu ore de vârf

Interfața grafică a funcției cuprinde 2 (două) ferestre de bază, alăturate. Prima (Fig. 4.22) este destinată următoarelor aspecte:

- încărcarea fișierelor din baza de date WIM;
  - efectuarea calculului, conform criteriilor selectate de utilizator;
  - afișarea rezultatelor obținute pentru orele de vârf și PHF, pentru fiecare zi analizată;
  - afișarea procentajelor de apariție ale fiecărei ore de vârf identificate de TRANSoft.
- Fiecare buton/casetă are o anumită semnificație, apelând funcțiile aferente (Tab. 4.21).



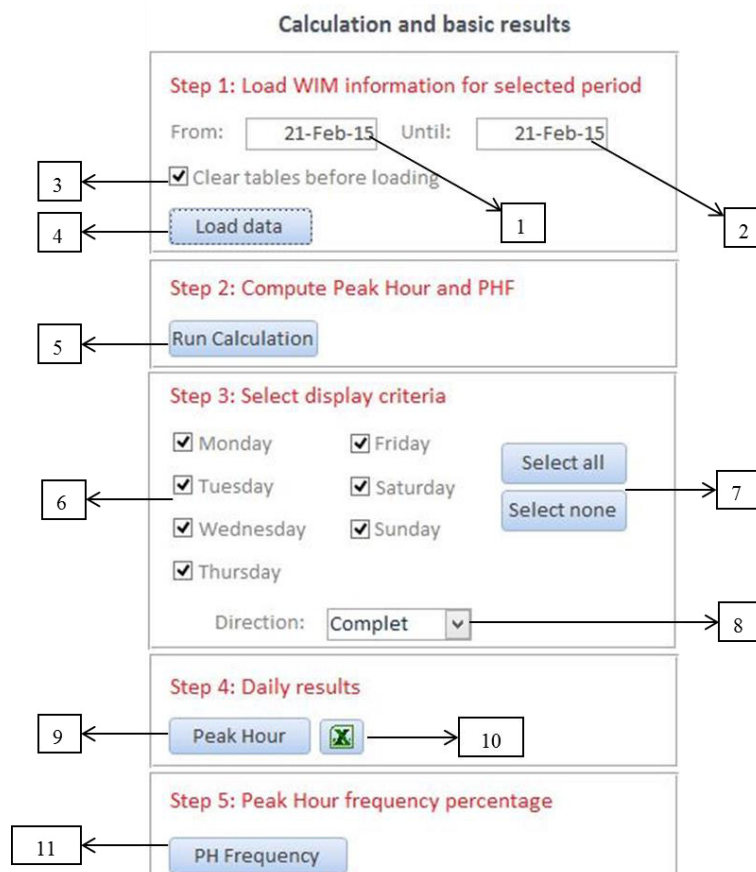


Fig. 4.22 Interfața grafică funcție TRANSsoft pentru studiul orelor de vârf (1/2)

Tab. 4.21 Semnificație butoane interfață funcție studiu ore de vârf (1/2)

Buton/ casetă	Semnificație	Funcție calcul
1	Ziua de debut perioadă studiu	
2	Ziua de final perioadă studiu	
3	Opțiune de ștergere a datelor vechi, încărcate anterior în memorie	
4	Buton de încărcare a datelor în memoria funcției	
5	Efectuare calcule ore de vârf și $F_V$ (PHF)	Clear_PeakHour PHPeak_H_Insert
6	Selectare ziua săptămânii	
7	Selecție rapidă zile ale săptămânii (toate/niciuna)	
8	Selecție sens de circulație (opțiuni: separat pe sensuri, ambele sensuri sau informații complete)	
9	Afișarea orelor de vârf și a $F_V$ , calculate pentru fiecare din intervalele considerate, în cele trei moduri de calcul	Day_PeakHour PHPeak_HEast PHPeak_HWest PHPeak_HTotal PHPeak_HComplet
10	Buton exportare rezultate în format MS Excel	
11	Calcul și afișare frecvență de apariție a tuturor orelor de vârf identificate în perioada studiată, pentru fiecare din intervalele orare considerate	PHPeakHStatistics

Primul pas în studiul orelor de vârf este încărcarea în aplicație a fișierelor din baza de date WIM, pentru perioada de timp solicitată de utilizator (butoane 1 și 2, Fig. 4.22, Tab. 4.21). Selectarea datelor este facilitată de prezența unui calendar. Implicit, aplicația adaugă noile informații celor încărcate într-o etapă anterioară, existente în memorie, fără a efectua ștergeri de



Tab. 4.22 Moduri evaluare  $F_V$  (PHF)

Nr.crt.	Mod $F_V$	Caracteristici
1	intervale 5 minute	aplicația identifică intervalele de 5 minute de vârf în cadrul orei analizate, din cele 12 intervale de 5 minute de bază (00-05, 05-10, 10-15 etc.) (Fig. 4.24)
2	intervale vârf 15 minute	aplicația identifică intervalul de 15 minute de vârf în cadrul orei studiate, dintre următoarele intervale: 00-15, 05-20, 10-25, 15-30, 20-35, 25-40, 30-45, 35-50, 40-55, 45-60 (Fig. 4.25)
3	intervale bază 15 minute	aplicația identifică intervalul de 15 minute de vârf în cadrul orei studiate, dintre cele 4 intervale de 15 minute de bază: 00-15, 15-30, 30-45, 45-60 (Fig. 4.26)



Fig. 4.24 Intervale suborare de 5 minute studiate

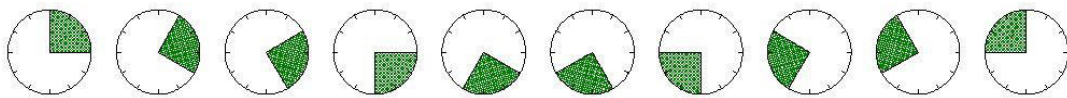


Fig. 4.25 Intervale suborare de 15 minute studiate



Fig. 4.26 Intervale suborare de 15 minute de bază studiate

În vederea fluidizării și optimizării procesului de parcurgere a bazei de date și de evaluare a orelor de vârf și factorilor aferenți, TRANSofT include o procedură de calcul cuprinzând următorii pași:

- construirea pentru fiecare interval orar studiat a unui număr  $NR_{PHF}$  de forma "vvvhmm", unde:
  - "mm" reprezintă cele 5 minute de vârf;
  - "hh" este ora studiată;
  - "vvv" reprezintă volumul de trafic în cele 5 minute de vârf.
 De exemplu,  $NR_{PHF} = 2160725$  indică faptul că pentru intervalul orar 7-8 s-a identificat intervalul suborare de vârf 7.25-7.30, cu un volum aferent de 216 vehicule;
- pentru fiecare din cele 12 intervale suborare de 5 minute predefinite, se obține intervalul cu volum de trafic maxim prin stabilirea valorii maxime a  $NR_{PHF}$  din intervalul orar respectiv;
- factorul orei de vârf pentru intervale de 5 minute de vârf rezultă în baza volumului din ora de vârf ( $V$ ) și a volumului din cele 5 minute de vârf ( $V_{5,max}$ ). Această valoare reprezintă partea întreagă a rezultatului împărțirii  $NR_{PHF}$  la 10000, prin prisma configurației  $NR_{PHF}$  (ec.(4.5)):

$$PHF = \frac{V}{12 \cdot V_{5,max}} = \frac{V}{12 \cdot \text{int}\left(\frac{NR_{PHF}}{10000}\right)} \quad (4.5)$$

- în continuare, pentru identificarea orelor de vârf și a factorilor PHF corespunzători, se generează un număr  $NR_{PHF,5}$  de forma "vvvvhmm,PHF", unde:
  - "mm" reprezintă cele 5 minute de vârf;
  - "hh" este ora studiată;
  - "vvvv" reprezintă volumul orar de trafic în ora studiată;

- ”PHF” reprezintă factorul orei de vârf, evaluat pentru intervale suborare de 5 minute de vârf (ec.(4.5)).
- identificarea orelor de vârf pentru cele 5 (cinci) intervale orare zilnice predefinite, prin stabilirea valorii maxime a  $NR_{PHF,5}$  din intervalul orar respectiv;
- afișarea, pentru orele de vârf, a factorilor PHF evaluați pentru intervale suborare de 5 minute de vârf, prin extragerea părților zecimale din formatul numerelor  $NR_{PHF,5}$ ;
- în cazul orelor de vârf, se evaluează factorii PHF pentru intervale suborare de 15 minute, utilizând un algoritm similar.

Rezultatele (buton 9, Fig. 4.22, Tab. 4.21) sunt prezentate sub forma unui tabel care sintetizează orele de vârf identificate în cadrul celor 5 (cinci) intervale orare considerate (Fig. 4.21), volumele orare de vârf, intervalele suborare cu trafic maxim, precum și factorii  $F_V$  evaluați. TRANSofert oferă posibilitatea exportării rezultatelor în format MS Excel. TRANSofert furnizează, de asemenea, procentele de apariție ale fiecărui interval orar de vârf identificat pe parcursul perioadei de timp studiate (buton 11, Fig. 4.22, Tab. 4.21).

A doua fereastră de dialog a interfeței TRANSofert pentru studiul orelor de vârf (Fig. 4.27) cuprinde funcții care detaliază analiza intensităților orare și suborare maxime, incluzând următoarele aplicații:

- evaluarea și afișarea intensităților medii orare pentru perioada selectată;
  - evaluarea și afișarea frecvențelor de apariție ale intervalelor suborare maxime identificate pe parcursul perioadei studiate;
  - evaluarea și afișarea mediei, medianei și modului pentru valorile PHF calculate.
- Fiecare buton/casetă are o anumită semnificație, apelând funcțiile aferente (Tab. 4.23).

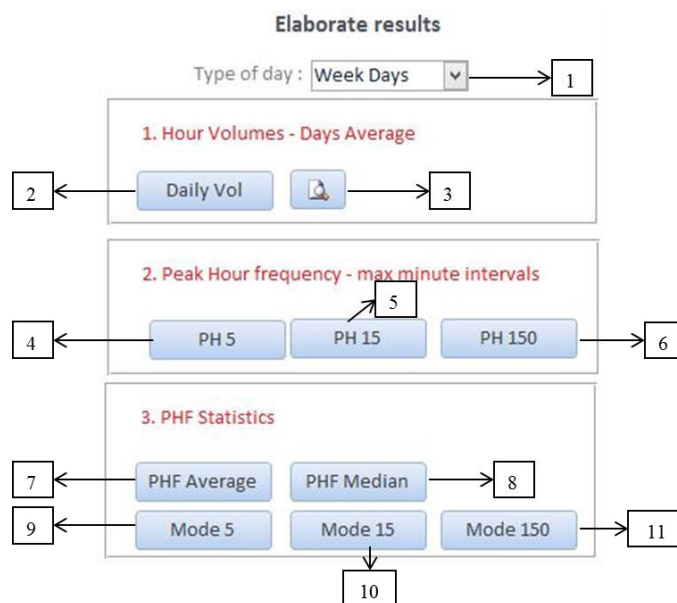


Fig. 4.27 Interfața grafică funcție TRANSofert pentru studiul orelor de vârf (2/2)

Tab. 4.23 Semnificație butoane interfață funcție studiu ore de vârf (2/2)

Buton/ casetă	Semnificație	Funcție calcul
1	Selecție tip de zi (lucrătoare sau sfârșit de săptămână)	WD sau WE
2	Calcul și afișare volume orare medii	1HourVolAvgWD 1HourVolAvgWE
3	Grafice volume orare medii, pe sensuri de deplasare și total	VolWD VolWE
4	Calcul și afișare procentaje de apariție ore de vârf (de pe fiecare interval orar predefinit) și intervale suborare de 5 minute de vârf identificate	2MaxHourMin5WD 2MaxHourMin5WE

Buton/ casetă	Semnificație	Funcție calcul
5	Calcul și afișare procentaje de apariție ore de vârf (de pe fiecare interval orar predefinit) și intervale suborare de 15 minute de vârf identificate	2MaxHourMin15WD 2MaxHourMin15WE
6	Calcul și afișare procentaje de apariție ore de vârf (de pe fiecare interval orar predefinit) și intervale suborare de 15 minute de bază de vârf identificate	2MaxHourMin150WD 2MaxHourMin150WE
7	Calcul și afișare medie aritmetică PHF, pentru cele 3 moduri de calcul (Tab. 4.22), pentru fiecare interval orar predefinit	3PHFAvgWD 3PHFAvgWE
8	Calcul și afișare mediana PHF, pentru cele 3 moduri de calcul (Tab. 4.22), pentru fiecare interval orar predefinit	3PHFMedianWD 3PHFMedianWE
9	Calcul și afișare modul PHF – 5 minute, pentru fiecare interval orar predefinit, pe senzori de deplasare și pentru total	3Mode5WD 3Mode5WE
10	Calcul și afișare modul PHF – 15 minute de vârf, pentru fiecare interval orar predefinit, pe senzori de deplasare și pentru total	3Mode15WD 3Mode15WE
11	Calcul și afișare modul PHF – 15 minute de bază, pentru fiecare interval orar predefinit, pe senzori de deplasare și pentru total	3Mode150WD 3Mode150WE

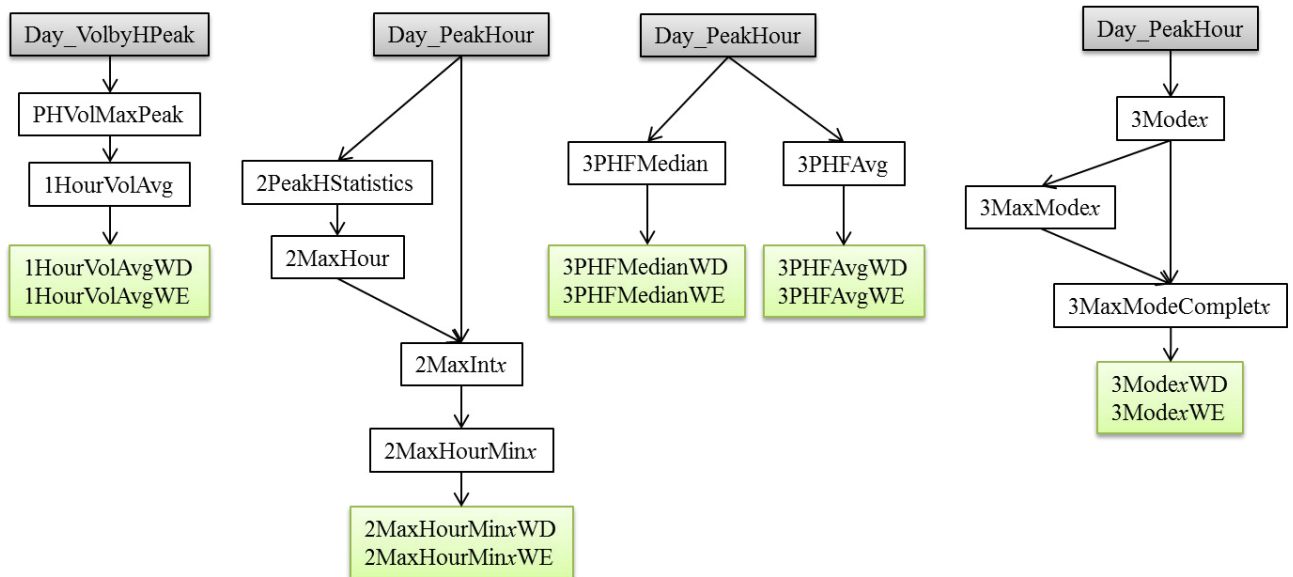


Fig. 4.28 Schemă logică funcție TRANSsoft pentru studiul orelor de vârf (2/2)

Funcțiile de calcul sunt interdependente. Casetele verzi din schema logică a funcției pentru studiul orelor de vârf (Fig. 4.28) reprezintă modulele de calcul apelate prin butoanele corespunzătoare din interfața grafică a funcției (Tab. 4.23). Matricele de pornire pentru evaluarea parametrilor din fereastra a doua de dialog (Fig. 4.27) se regăsesc și în calculele din prima parte a funcției TRANSsoft pentru studiul orelor de vârf (Fig. 4.23). Casetele albe sunt elemente de fundal, apelate indirect, necesare funcționalității aplicației.

Rezultatele evaluate sunt divizate pe zile lucrătoare, respectiv sfârșit de săptămână. Acest lucru poate fi adaptat în TRANSsoft, în funcție de caracteristicile sectorului de studiu. TRANSsoft furnizează intensitățile medii orare obținute pentru perioada analizată, atât separat pe senzori de deplasare, cât și împreună. Rezultatele sunt afișate tabelar (buton 2, Fig. 4.27, Tab. 4.23) și sub formă de reprezentări grafice (buton 3, Fig. 4.27, Tab. 4.23).

Pentru fiecare din cele 5 (cinci) intervale orare predefinite (Fig. 4.21), TRANSsoft evaluează frecvențele în care orele de vârf identificate survin pe sectorul studiat, pentru fiecare sens de circulație în parte, dar și pentru totalul vehiculelor (butoane 4-6, Fig. 4.27, Tab. 4.23). Același lucru



este evaluat pentru intervalele suborare identificate în cadrul orelor de vârf. Rezultatele sunt afișate sub forma unui tabel (Tab. 4.24, Fig. 4.29).

Tab. 4.24 Tabel rezultate calcul procentaje de apariție ore de vârf și intervale suborare de vârf

Sens deplasare	Interval orar predefinit	Ora de vârf	Frecvență apariție ora de vârf [%]	Interval suborar de vârf	Frecvență apariție interval suborar de vârf [%]

Direction	HourInterval	MaxHour	Hour%	Interval15	Minute%
All	0	0	99	0	39
All	5	8	84	0	33
All	10	14	52	40	15
All	15	17	57	40	14
All	20	20	99	0	34

Fig. 4.29 Exemplu tabel rezultate calcul procentaje apariție ore de vârf și intervale suborare de vârf

Pe baza rezultatelor PHF obținute, TRANSofT evaluează următorii parametri statistici, pentru fiecare din cele 3 (trei) moduri de calcul (Tab. 4.22), atât separat pentru fiecare sens de circulație, cât și împreună:

- media aritmetică (buton 7, Fig. 4.27, Tab. 4.23) a valorilor PHF obținute;
- mediana (buton 8, Fig. 4.27, Tab. 4.23):

Dacă există un număr impar de înregistrări, mediana este valoarea care împarte distribuția rezultatelor obținute în două părți egale. Altfel, mediana este evaluată ca medie aritmetică a celor două valori din vecinătatea mijlocului distribuției de înregistrări;

- modulul (butoane 9-11, Fig. 4.27, Tab. 4.23): valoarea care apare cel mai frecvent în distribuția de valori obținute.

### 4.3.5 Studiul vitezelor de deplasare ale vehiculelor

#### 4.3.5.1 Generalități

Viteza de deplasare (eng. Speed, S) este un alt parametru care descrie fluxul de trafic la nivel macroscopic. Ea este definită ca fiind distanța (d) parcursă de un mobil în unitatea de timp. În cazul ingineriei de trafic, durata de deplasare, t, se referă la intervalul de timp necesar traversării unui sector de drum. Relația generală dintre viteză, distanță și timp este dată de ecuația (4.6) [98]:

$$S = \frac{d}{t} \quad (4.6)$$

În majoritatea cazurilor, vehiculele angrenate în fluxul de trafic se deplasează cu viteze diferite. Astfel, viteza de deplasare a fluxului cuprinde o distribuție de viteze individuale. Există 2 (două) moduri pentru a defini viteza medie a fluxului de trafic:

- viteza medie temporală  $S_t$  (eng. Time Mean Speed, TMS):

Se definește ca viteza medie a tuturor vehiculelor care traversează o secțiune a unui drum, într-un anumit interval de timp (ec.(4.7) [98]). Metoda uzuală de evaluare a  $S_t$  este prin măsurarea directă a vitezelor fiecărui vehicul care traversează secțiunea în cauză.

$$S_t = \frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{d}{t_i} \right)}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{n} \quad (4.7)$$



unde:

$d$  – distanța parcursă;

$t_i$  – intervalul de timp în care vehiculul  $i$  parcurge distanța  $d$ ;

$n$  – numărul de vehicule studiate;

$S_i$  – viteza de deplasare a vehiculului  $i$ .

- viteza medie spațială  $S_s$  (eng. Space Mean Speed, SMS):

Se definește ca viteza medie a tuturor vehiculelor care se deplasează pe un anumit sector de drum, într-un interval de timp cunoscut (ec.(4.8) [98]). Pentru a evalua acest parametru, este necesară observarea numărului de vehicule care se află în cadrul sectorului studiat. Astfel, se recomandă o poziție de perspectivă a observatorului asupra drumului.

$$S_s = \frac{d}{\sum_{i=1}^n t_i / n} = \frac{n \cdot d}{\sum_{i=1}^n t_i} \quad (4.8)$$

unde:

$d$  – distanța parcursă;

$t_i$  – intervalul de timp în care vehiculul  $i$  parcurge distanța  $d$ ;

$n$  – numărul de vehicule aflate în cadrul sectorului studiat.

$S_s$  are la bază măsurarea vitezelor fiecărui vehicul și calculul mediei aritmetice a acestora. Viteza  $S_s$  este calculată pornind de la evaluarea timpului mediu de parcurgere a sectorului de drum studiat, pentru vehiculele identificate. Un exemplu comparativ este prezentat în Tab. 4.25 [98].

Tab. 4.25 Exemplu calcul  $S_t$  și  $S_s$

Vehicul	Distanța $d$ [m]	Interval de timp $t_i$ [s]	Viteza $S_i$ [km/h]
1	100	5	$(100/5) \times 3,6 = 72$
2	100	6	$(100/6) \times 3,6 = 60$
3	100	7	$(100/7) \times 3,6 = 51,4$
4	100	6	$(100/6) \times 3,6 = 60$
5	100	8	$(100/8) \times 3,6 = 45$
Total	500	32	288,4
$S_t = \frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{d}{t_i} \right)}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{n} = \frac{288,4}{5} = 57,7$			
$S_s = \frac{d}{\sum_{i=1}^n t_i / n} = \frac{n \cdot d}{\sum_{i=1}^n t_i} = \frac{5 \cdot 100}{32} \cdot 3,6 = 56,3$			

În general, studiul vitezei se realizează în zone afectate de congestie în trafic, pentru a identifica situația, cauzele ei și posibilele măsuri pentru remediere. În afară de viteza medie spațială  $S_s$  și viteza medie temporală  $S_t$ , pentru determinarea condițiilor de trafic în lipsa congestiei se mai utilizează și măsurarea vitezei instantanee.

Viteza instantanee poate fi asociată cu viteza medie temporală  $S_t$ , însă literatura de specialitate recomandă ca studiile asupra ei să nu fie efectuate când ratele fluxului depășesc 750-1000 veh/h/bandă pentru autostrăzi, respectiv 500 veh/h/bandă pentru alte drumuri cu flux neîntrerupt [98]. Principalele aplicații ale măsurării vitezei instantanee sunt următoarele:

- verificarea eficienței limitelor de viteză pe anumite sectoare;
- modificarea sau impunerea unor noi limite de viteză;
- stabilirea unor tendințe referitoare la conducerea autovehiculelor într-o regiune;
- asocierea vitezei cu elementele geometrice sau de vizibilitate ale sectorului respectiv;

- sincronizarea intersecțiilor semnalizate succesive;
- investigarea locațiilor susceptibile producerii accidentelor și luarea unor măsuri pentru îmbunătățirea siguranței circulației etc.

Datele colectate se utilizează pentru completarea unui tabel al distribuției frecvențelor de întâlnire a vitezelor instantanee înregistrate (Tab. 4.26), grupate pe intervale de viteze, cu posibilitatea ajustării acestora.

Tab. 4.26 Tabel distribuție frecvențe – exemplu

nr. crt.	interval viteze [km/h]	medie interval [km/h]	număr vehicule $n_i$	frecvență cumulată $f_k$	procent vehicule $p_i$ [%]	procent cumulat $p_k$ [%]	viteza mediană ( $S_{50}$ ) [km/h]
1	2	3	4	5	6	7	8
1	$S_{11}-S_{12}$	$S_1$	0	0	0,00	0,00	
2	$S_{21}-S_{22}$	$S_2$	1	1	1,54	1,54	
3	$S_{31}-S_{32}$	$S_3$	5	6	7,69	9,23	
4	$S_{41}-S_{42}$	$S_4$	15	21	23,08	32,31	$S_{50}$
5	$S_{51}-S_{52}$	$S_5$	28	49	43,08	75,38	
6	$S_{61}-S_{62}$	$S_6$	13	62	20,00	95,38	
7	$S_{71}-S_{72}$	$S_7$	3	65	4,62	100	
8	$S_{81}-S_{82}$	$S_8$	0	65	0,00	100	
9	total		65		100		

Etapetele completării tabelului distribuției frecvențelor sunt:

- stabilirea intervalelor de viteză considerate pentru studiu, rezultând astfel un număr de  $n_{iv}$  intervale;
- efectuarea măsurătorilor, sintetizarea rezultatelor și evaluarea numărului total de vehicule  $n_i$  (coloana 4, Tab. 4.26);
- evaluarea frecvențelor cumulate de vehicule  $f_k$  (coloana 5, Tab. 4.26), utilizând ec. (4.9):

$$f_k = \sum_{i=1}^k n_i, k = \overline{1, n_{iv}} \quad (4.9)$$

- calculul procentului de vehicule  $p_i$  care circulă cu viteze aferente fiecărui interval considerat (coloana 6, Tab. 4.26), utilizând ecuația (4.10):

$$p_i = \frac{n_i}{\sum_{i=1}^{n_{iv}} n_i} \cdot 100, i = \overline{1, n_{iv}} \quad (4.10)$$

- calculul procentelor cumulate  $p_k$  (coloana 7, Tab. 4.26), utilizând ecuația (4.11):

$$p_k = \sum_{i=1}^k p_i, k = \overline{1, n_{iv}} \quad (4.11)$$

Utilizând valorile din tabelul întocmit, se pot trasa:

- graficul distribuției frecvențelor (Fig. 4.30) – reprezentarea grafică a procentelor de vehicule  $p_i$  înregistrate, în funcție de valorile medii ale intervalelor de viteză considerate [98];

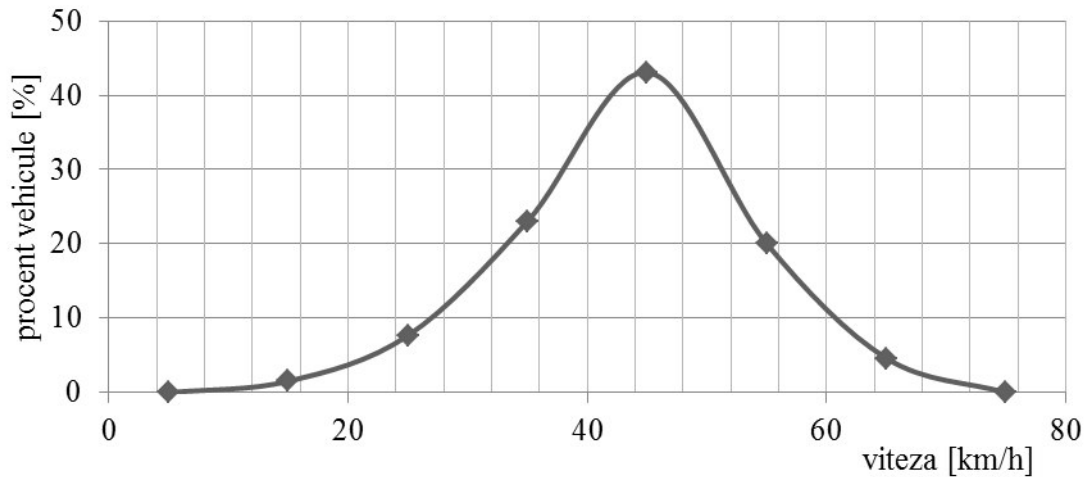


Fig. 4.30 Graficul distribuției frecvențelor – exemplu

- graficul distribuției frecvențelor cumulate (Fig. 4.31) – reprezentarea grafică a procentelor cumulate  $p_k$ , în funcție de valorile maxime ale fiecărui interval de viteze considerat [98].

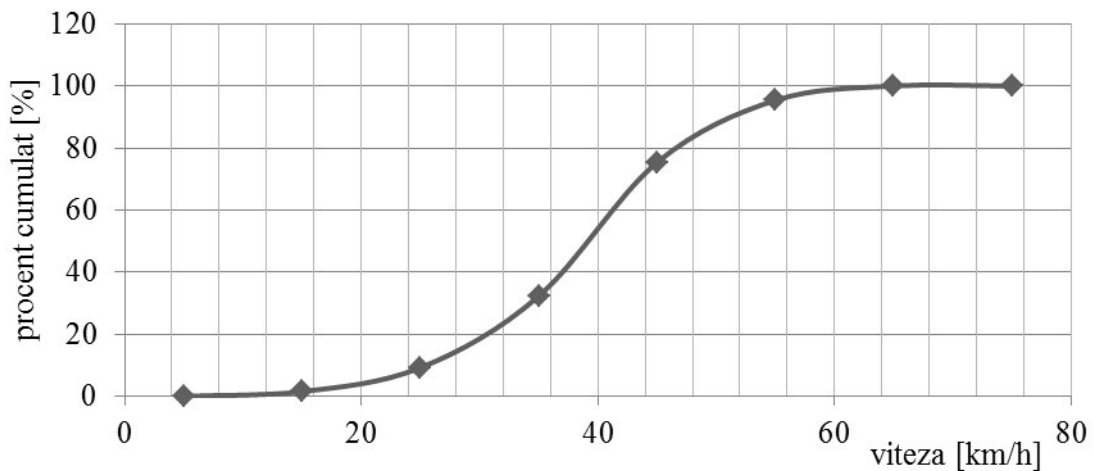


Fig. 4.31 Graficul distribuției frecvențelor cumulate – exemplu

Principalele elemente de statistică matematică evaluate în cadrul studiului vitezelor de deplasare ale vehiculelor sunt:

- viteza mediană  $S_{50}$ ;
- viteza medie  $\bar{S}$ ;
- viteza modală;
- pasul distribuției;
- vitezele procentuale  $S_{15}$  și  $S_{85}$ ;
- abaterea standard  $s_d$ .

Viteza mediană  $S_{50}$  este definită drept valoarea vitezei care împarte distribuția de înregistrări în părți egale. Jumătate din vehiculele monitorizate se deplasează cu viteze mai mici decât  $S_{50}$ , în timp ce restul vehiculelor au fost înregistrate cu viteze peste  $S_{50}$ . Valoarea medianei se evaluează prin interpolare liniară între valorile maxime ale intervalelor de viteze care corespund procentelor cumulate având valori imediat sub, respectiv peste 50% (ec. (4.12)).

$$S_{50} = S_1 + \frac{(50 - f_1) \cdot (S_2 - S_1)}{f_2 - f_1} \quad (4.12)$$

unde:  $f_1$  – procent frecvențe cumulate inferior valorii de 50%;  
 $f_2$  – procent frecvențe cumulate superior valorii de 50%;

$S_1$  – limita superioară a intervalului corespunzător frecvenței cumulate  $f_1$ ,  $S_1 < S_{50}$ ;  
 $S_2$  – limita superioară a intervalului corespunzător frecvenței cumulate  $f_2$ ,  $S_2 > S_{50}$ .

Mediana  $S_{50}$  este considerată viteza medie de deplasare a fluxului de trafic. Ea se poate determina grafic, pe reprezentarea procentelor cumulate în funcție de valorile maxime ale fiecărui interval de viteze considerat (Fig. 4.31).

Viteza medie ( $\bar{S}$ ) este calculată ca o medie aritmetică ponderată (ec.(4.13)), pe baza înregistrărilor din toate grupurile de viteze considerate ( $x_i$ ) și toate mediile intervalelor considerate ( $S_i$ ).

$$\bar{S} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot S_i}{\sum_{i=1}^n x_i} \quad (4.13)$$

Având în vedere faptul că valorile vitezelor instantanee sunt grupate în intervale, mediile reale ale acestora sunt diferite de mediile aritmetice considerate în studiu. Acesta este motivul pentru care sunt preferate intervale de viteză de maxim 5 km/h [98]. Precizia de calcul a mediane este invers proporțională cu paleta aleasă pentru intervalele de viteză. Efectuarea unui calcul care să mențină la minim valorile erorilor va conduce la o valoare elocventă a vitezei fluxului de vehicule, diferită atât de viteza medie temporală  $S_t$  cât și de viteza medie  $\bar{S}$ .

Viteza modală este viteza pentru care se înregistrează cea mai ridicată frecvență de înregistrări. Grafic, ea reprezintă vârful distribuției frecvențelor (Fig. 4.30), adică cea mai probabilă viteză adoptată de conducătorii auto pe sectorul de drum studiat.

Pasul distribuției reprezintă un interval de viteză de 10 km/h, încadrat între două valori  $S_{inf}$  și  $S_{sup}$ , care cuprinde procentul maxim de vehicule ce se deplasează cu viteze cuprinse în acel ecart (ec.(4.14)).

$$S_{sup} - S_{inf} = 10 \text{ km/h} \quad (4.14)$$

Dispersia valorilor înregistrate în jurul centrului distribuției este caracterizată de vitezele procentuale  $S_{15}$  și  $S_{85}$ , precum și de abaterea standard  $s_d$ . Viteza procentuală  $S_{15}$  indică limita inferioară a vitezelor pe care majoritatea conducătorilor auto le adoptă în deplasarea lor. Pe de altă parte, viteza procentuală  $S_{85}$  indică faptul că 85% din participanții la trafic circulă cu viteze inferioare acestei valori, datorită restricțiilor impuse de condițiile de drum existente. Vitezele mai mari decât  $S_{85}$ , respectiv mai mici decât  $S_{15}$  sunt considerate improprii pentru condițiile existente pe sectorul de drum studiat. Cu cât valorile  $S_{15}$  și  $S_{85}$  sunt mai apropiate de media distribuției, cu atât dispersia este mai redusă [98].  $S_{85}$  are, în general, valori apropiate de vitezele de deplasare curente pe sectorul de drum respectiv [25]. Astfel,  $S_{85}$  se utilizează deseori în stabilirea limitei de viteză pe sectorul respectiv.

Abaterea standard ( $s_d$ ) indică măsura dispersiei valorilor înregistrate în jurul mediei  $\bar{S}$  (ec.(4.15) [98]).

$$s_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i \cdot S_i^2) - \bar{S}^2 \cdot \sum_{i=1}^n x_i}{\sum_{i=1}^n x_i - 1}} \quad (4.15)$$

unde:  $x_i$  – volum de trafic în intervalul de viteze  $i$ ;  
 $S_i$  – mijlocul intervalului de viteză  $i$ ;  
 $n$  – numărul intervalelor de viteză considerate.

Cu cât abaterea standard este mai redusă, cu atât valorile distribuției sunt mai apropiate de centrul acesteia, indicând o anumită tendință și un comportament similar al majorității conducătorilor auto.

Un studiu de trafic se efectuează pe un anumit număr de vehicule. În urma efectuării studiului, rezultă un set de valori pentru mărimile evaluate. Problema care se pune este dacă gradul de încredere al acestor rezultate este suficient de ridicat. În urma efectuării calculelor de acuratețe, trebuie să rezulte o precizie de cel puțin 95%. Similar, se estimează mărimea eșantionului de vehicule necesar pentru efectuarea unui studiu suficient de precis [98].

#### 4.3.5.2 Interfața funcției TRANSofT pentru studiul vitezelor

Aplicația TRANSofT proiectată prelucrează datele colectate cu sistemul WIM pentru a furniza:

- rezultatele studiului vitezelor instantanee de deplasare ale vehiculelor;
- elemente statistice evaluate pe baza tabelului de distribuție a frecvențelor.

Interfața grafică a funcției a fost concepută pentru a fi eficientă și, în același timp, ușor de utilizat. Ea cuprinde (Fig. 4.32):

- 9 butoane pentru încărcare date și evaluare parametri de trafic;
- 3 casete text (nr. 1, 2, 14);
- 2 casete combo (nr. 5, 6);
- 1 casetă de selectare (nr. 3).

Fiecare buton/casetă are o anumită semnificație (Tab. 4.27). Evaluarea parametrilor de trafic se face prin funcții de calcul definite în cadrul aplicației TRANSofT pentru studiul vitezelor. Butoanele destinate evaluării parametrilor de trafic apelează funcțiile corespunzătoare (Tab. 4.27).

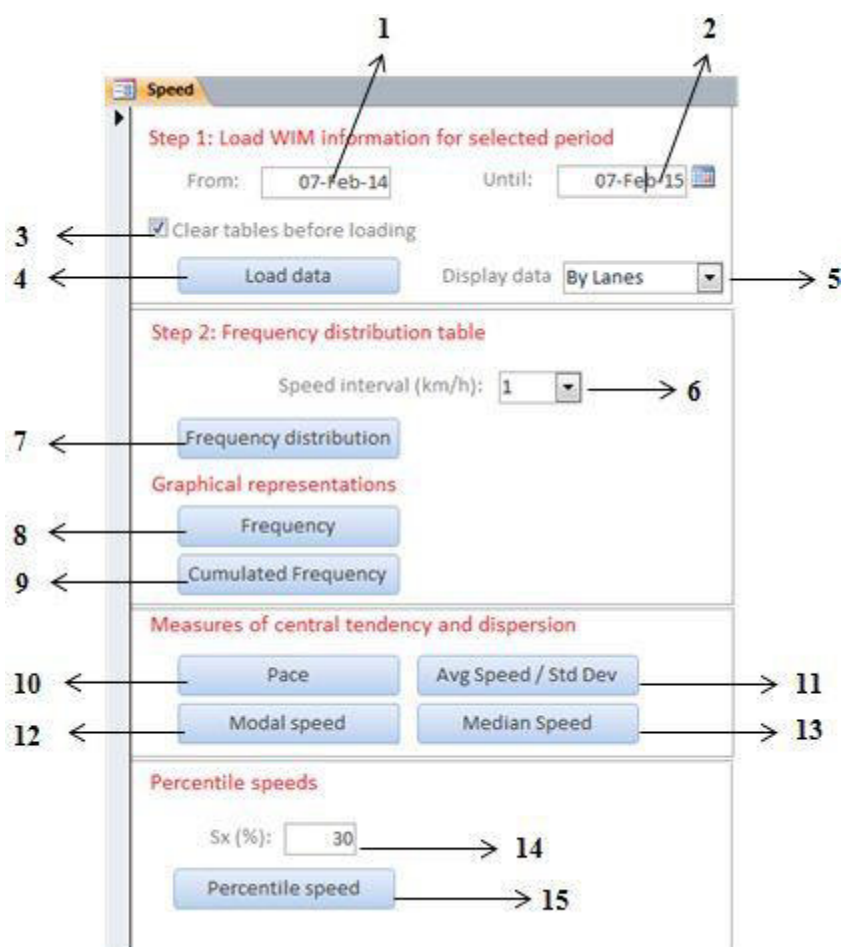


Fig. 4.32 Interfața grafică funcție studiu viteze

Tab. 4.27 Semnificație butoane interfață funcție studiu viteze

Buton/ casetă	Semnificație	Funcție calcul
1	Ziua de debut perioadă studiu	
2	Ziua de final perioadă studiu	
3	Opțiune de ștergere a datelor vechi, încărcate anterior în memorie	
4	Buton de încărcare a datelor în memoria funcției	
5	Selecție mod calcul și afișare rezultate (pe benzi, pe sensuri de circulație sau total)	
6	Selecție interval de viteză folosit la calculul frecvențelor de distribuție (1, 2 sau 5 km/h)	
7	Calcul și afișare tabel distribuție frecvențe	x8Freq
8	Calcul și afișare grafic(e) distribuție frecvențe	x1GrxS - x8Freq
9	Calcul și afișare grafic(e) distribuție frecvențe cumulate	x2GrxH - x8Freq
10	Calcul și afișare pas	x13PaceMaxCompleț
11	Calcul și afișare viteza medie și abaterea standard	x14AvgSpeed
12	Calcul și afișare viteza modală	x10MaxFreqSpeed
13	Calcul și afișare viteza mediană	x6V50 - x6Vx
14	Introducere valoare viteză procentuală (1...99 %)	
15	Calcul și afișare viteză procentuală	x6Vx

#### 4.3.5.3 Principiul de funcționare al aplicației pentru studiul vitezelor

Primul pas în studiul vitezelor de deplasare este încărcarea în aplicație a fișierelor din baza de date MS Access, pentru perioada de timp solicitată de utilizator (butoane 1 și 2, Tab. 4.27). Selectarea datelor este facilitată de prezența unui calendar. Implicit, aplicația adaugă noile informații celor încărcate într-o etapă anterioară, existente în memorie, fără a efectua ștergeri de date. Acest lucru este util atunci când se dorește studierea vitezelor de deplasare ale vehiculelor pentru zile izolate sau perioade de timp distincte ori discontinue. Opțiunea de ștergere a datelor vechi, existente în memorie premurgător încărcării noilor informații, poate fi activată prin bifarea căsuței aferente (buton 3, Tab. 4.27).

Încărcarea se execută prin apăsarea butonului „Load data” (buton 4, Tab. 4.27). Aplicația parcurge selectiv fișierele MS Access din baza de date și copiază într-un tabel, pentru fiecare vehicul înregistrat de sistemul WIM, informațiile referitoare la: ziua înregistrării, viteza de deplasare [km/h], banda de circulație și sensul de mers. În aceeași etapă, TRANSofT crează matricea „SpeedSum” (Fig. 4.33), care cuprinde contorizarea vehiculelor monitorizate de către sistem, pe baza tabelului generat în urma parcurgerii fișierelor din baza de date.



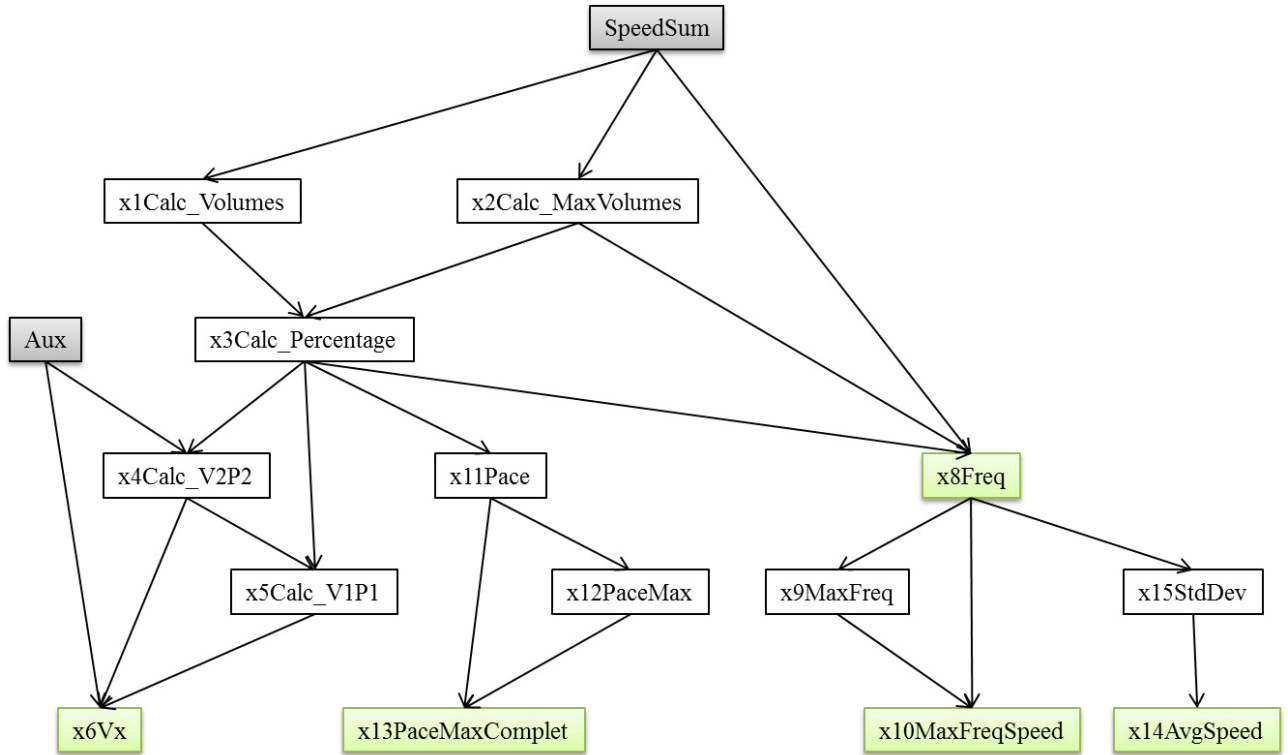


Fig. 4.33 Schemă logică funcției TRANSSoft pentru studiul vitezelor

Matricea „SpeedSum” reprezintă punctul de plecare pentru efectuarea calculului în cadrul funcției TRANSSoft pentru studiul vitezelor. Ea este generată de către TRANSSoft, ca urmare a implementării algoritmului de parcurgere selectivă a fișierelor MS Access din baza de date furnizată de sistemul WIM. Evaluarea parametrilor de trafic se face prin funcții definite în cadrul TRANSSoft, care efectuează calcule specifice, pe baza informațiilor existente în matricea „SpeedSum”.

Funcțiile de calcul pentru studiul vitezelor sunt interdependente. Casetele verzi din schema logică a funcției TRANSSoft pentru studiul vitezelor (Fig. 4.33) reprezintă modulele de calcul apelate prin butoanele corespunzătoare din interfața grafică a funcției (Tab. 4.27). Casetele albe sunt elemente de fundal, apelate indirect, necesare funcționalității aplicației.

#### 4.3.5.4 Funcționalitatea TRANSSoft pentru studiul vitezelor

Pornind de la matricea de bază „SpeedSum”, TRANSSoft construiește tabelul distribuției frecvențelor de întâlnire a vitezelor instantanee înregistrate (buton 7, Tab. 4.27), cuprinzând 6 (șase) coloane de bază (Tab. 4.28, Fig. 4.34). Funcția distribuie fiecare vehicul monitorizat într-un anumit interval de viteze, definit printr-o limită inferioară, una superioară și centrul său. Procentul din total al vehiculelor înregistrate într-un anumit interval reprezintă frecvența de distribuție pentru acel interval.

Tab. 4.28 Tabel distribuție frecvențe – TRANSSoft

Limita inferioară interval viteze [km/h]	Mijloc interval viteze [km/h]	Limita superioară interval viteze [km/h]	Număr vehicule	Frecvența [%]	Frecvența cumulată [%]

LowSpeed	S	HighSpeed	Volume	Freq	CumFreq	nS	nS2
45	47,5	50	652255	4,45	7,21	30982112,5	1471650344
50	52,5	55	1581344	10,79	18,00	83020560	4358579400
55	57,5	60	2623994	17,91	35,91	150879655	8675580163
60	62,5	65	2955772	20,17	56,08	184735750	11545984375
65	67,5	70	2676059	18,27	74,35	180633982,5	12192793819
70	72,5	75	1818113	12,41	86,76	131813192,5	9556456456

Fig. 4.34 Exemplu tabel distribuție frecvențe – TRANSofT (fragment)

Utilizatorul poate opta pentru efectuarea și afișarea rezultatelor pe benzi de circulație, pe sensuri de deplasare sau total (buton selecție 5, Tab. 4.27). În funcție de această selecție, tabelul distribuției frecvențelor include una sau două coloane suplimentare, corespunzătoare sensurilor, respectiv benzilor și sensurilor de circulație.

De asemenea, pentru îmbunătățirea preciziei calculelor, utilizatorul aplicației TRANSofT are posibilitatea de a alege mărimea intervalelor de viteză folosite la generarea tabelului de distribuție a frecvențelor (buton selecție 6, Tab. 4.27), dintre următoarele valori:

- 1 km/h;
- 2 km/h;
- 5 km/h.

Astfel, încadrarea vehiculelor se poate face cu o precizie stabilită de utilizator, în funcție de scopul urmărit.

Pe baza tabelului generat (Tab. 4.28), aplicația trasează graficele de distribuție a frecvențelor (buton 8, Tab. 4.27) și de distribuție a frecvențelor cumulate (buton 9, Tab. 4.27), similare celor din Fig. 4.30, respectiv Fig. 4.31. În funcție de modul de analiză (pe benzi, pe sensuri sau total), sunt generate un număr corespunzător de grafice.

Evaluarea pasului (buton 10, Tab. 4.27) furnizează rezultate afișate sub forma unui tabel cu 5, 6 sau 7 coloane (Tab. 4.29), în funcție de opțiunea de calcul a utilizatorului. Aplicația TRANSofT caută și identifică procentul maxim de vehicule care se deplasează cu viteze cuprinse în ecartul de 10 km/h care definește pasul distribuției (ec.(4.14)). Acest procent este delimitat de frecvențele inferioară și superioară de întâlnire a vitezelor instantanee,  $f_{inf}$  respectiv  $f_{sup}$ . Procentajul  $f_{inf}$  corespunde vitezei inferioare  $S_{inf}$  în graficul distribuției frecvențelor. Analog, frecvența  $f_{sup}$  corespunde vitezei  $S_{sup}$ .

Tab. 4.29 Tabel rezultate calcul pas - TRANSofT

Banda de circulație*	Sens deplasare**	Viteza inf. $S_{inf}$ [km/h]	Viteza sup. $S_{sup}$ [km/h]	Frecvența inf. $f_{inf}$ [%]	Frecvența sup. $f_{sup}$ [%]	Diferența $f_{sup} - f_{inf}$ [%]

\*dacă este selectată opțiunea de calcul pe benzi de circulație

\*\*dacă este selectată una din opțiunile de calcul pe benzi sau pe sensuri de circulație

Rezultatele pentru viteza medie  $\bar{S}$  și abaterea standard  $s_d$  sunt furnizate împreună de către aplicația TRANSofT (buton 11, Tab. 4.27), datorită relației dintre cele două mărimi (ec.(4.13), ec.(4.15)). De asemenea, alăturarea lor permite vizualizarea directă a unui indicator de dispersie a vitezelor înregistrate cu sistemul WIM. Evaluarea lor este subordonată funcției de calcul a tabelului distribuției frecvențelor (Fig. 4.33). Similar altor evaluări, cele două valori sunt calculate separat pentru fiecare bandă de circulație, pe sensuri de deplasare sau pentru totalul vehiculelor monitorizate, în funcție de opțiunea utilizatorului.

Funcția de evaluare a vitezei modale (buton 12, Tab. 4.27) furnizează atât valoarea vitezei cel mai probabil a fi utilizată de către conducătorii auto pe sectorul de drum studiat, cât și procentajul vehiculelor care au fost înregistrate deplasându-se cu viteza respectivă. TRANSofT identifică aceste valori, pe baza parcurgerii tabelului distribuției frecvențelor. Calculul se realizează pe benzi, pe sensuri de deplasare sau per total, după alegerea utilizatorului (buton 5, Tab. 4.27).

Funcția de evaluare a mediane  $S_{50}$  (buton 13, Tab. 4.27) identifică în tabelul distribuției frecvențelor procentele cumulate din imediata vecinătate a valorii de 50%. Ținând cont de acestea, se execută o interpolare liniară între limitele superioare ale intervalelor de viteză aferente procentelor identificate (ec.(4.12)), rezultând valoarea  $S_{50}$ . Aplicația TRANSofT furnizează atât rezultatul final, cât și limitele între care s-a executat interpolarea, pe benzi/sensuri de circulație sau pentru totalul vehiculelor monitorizate.

În afara mediane, TRANSofT permite evaluarea oricărei alte viteze procentuale  $S_x$ ,  $x=1...99$  (butoanele 14 și 15, Tab. 4.27). De interes statistic sunt vitezele  $S_{15}$  și  $S_{85}$ , care oferă o perspectivă asupra dispersiei valorilor înregistrate în jurul centrului distribuției. Calculul se efectuează în mod similar celui de evaluare a mediane, utilizând aceeași funcție (Tab. 4.27). Aceasta are la bază o matrice suplimentară, „Aux” (Fig. 4.33), care cuprinde informații referitoare la mărimea intervalelor de viteze considerate în calcul și la valoarea vitezei procentuale evaluate.

### 4.3.6 Studiul densității de trafic

#### 4.3.6.1 Generalități

Densitatea de trafic reprezintă numărul de vehicule care se găsesc, la un moment dat, pe o anumită lungime a unui sector de drum. În general, densitatea se exprimă în vehicule/km sau vehicule/km/bandă. În practică, măsurarea densității este dificilă în unele cazuri, deoarece se recomandă ca observatorul să fie situat la o anumită înălțime față de suprafața terenului. Astfel, densitatea  $D$  este evaluată prin raportare la viteza medie  $\bar{S}$  și intensitatea traficului  $V$  (ec.(4.16) [32]).

$$D = \frac{V}{\bar{S}} \quad (4.16)$$

Cu toate acestea, importanța densității este majoră, ea fiind parametrul cel mai relevant pentru cererea de trafic. Un anumit număr de vehicule care se deplasează pe un sector de drum generează densitatea de trafic. Conducătorii auto adaptează vitezele de deplasare în funcție de distanța față de celelalte vehicule. Rata fluxului apare ca un rezultat al vitezelor și densității. De asemenea, densitatea este un indicator al calității de desfășurare a traficului. Distanța dintre vehicule este proporțională cu nivelul de aglomerare, fapt ce are un efect direct asupra posibilităților de a efectua manevre, asupra oboselii la volan și asupra confortului psihologic al conducătorilor auto [98].

#### 4.3.6.2 Interfața funcției TRANSofT pentru studiul densității

Interfața grafică a funcției pentru studiul densității de trafic cuprinde (Fig. 4.35):

- 2 butoane pentru încărcare date și evaluare parametri de trafic (nr.4, 6);
- 2 casete text (nr. 1, 2);
- 1 casetă combo (nr. 5);
- 1 casetă de selectare (nr. 3).

Fiecare buton/casetă are o anumită semnificație (Tab. 4.30). Evaluarea parametrilor se face prin funcții de calcul definite în cadrul aplicației TRANSofT pentru studiul densității. Butoanele destinate evaluării parametrilor de trafic apelează funcțiile corespunzătoare (Tab. 4.30).

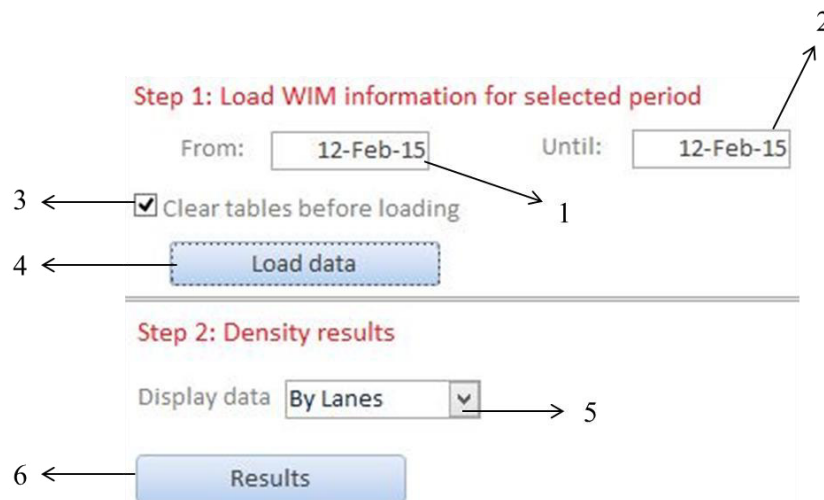


Fig. 4.35 Interfața grafică funcție studiu densitate

Tab. 4.30 Semnificație butoane interfață funcție studiu densitate

Buton/ casetă	Semnificație	Funcție calcul
1	Ziua de debut perioadă studiu	
2	Ziua de final perioadă studiu	
3	Opțiune de ștergere a datelor vechi, încărcate anterior în memorie	
4	Buton de încărcare a datelor în memoria funcției	
5	Selecție mod calcul și afișare rezultate (pe benzi, pe sensuri de circulație sau total)	
6	Calcul și afișare rezultate	Lane Result / DirResult / TotResult

#### 4.3.6.3 Principiul de funcționare al aplicației pentru studiul densității

Primul pas în studiul densității de trafic este încărcarea în aplicație a fișierelor din baza de date MS Access, pentru perioada de timp solicitată de utilizator (butoane 1 și 2, Tab. 4.30). Selectarea datelor este facilitată de prezența unui calendar. Implicit, aplicația adaugă noile informații celor încărcate într-o etapă anterioară, existente în memorie, fără a efectua ștergeri de date. Acest lucru este util atunci când se urmărește studiul densității de trafic pentru zile izolate sau perioade de timp distincte ori discontinue. Opțiunea de ștergere a datelor vechi, existente în memorie premergător încărcării noilor informații, poate fi activată prin bifarea căsuței aferente (buton 3, Tab. 4.30).

Încărcarea se execută prin apăsarea butonului „Load data” (buton 4, Tab. 4.30). Aplicația parcurge selectiv fișierele MS Access din baza de date, interogând doar coloanele cuprinzând informații despre: dată, oră, bandă de circulație, sens de deplasare și viteză. Pe baza acestora, este generat tabelul/matricea „Density” (Fig. 4.36), care cuprinde contorizarea vehiculelor monitorizate de către sistem, alături de informațiile enumerate anterior.

Calculul se realizează prin funcții definite în cadrul TRANSofT, pe baza informațiilor existente în matricea „Density”. Unele funcții de calcul pentru studiul densității sunt interdependente. Casetele verzi din schema logică a funcției TRANSofT pentru studiul densității (Fig. 4.36) reprezintă modulele de calcul apelate prin butoanele corespunzătoare din interfața grafică a funcției (Tab. 4.30). Casetele albe sunt elemente de fundal, apelate indirect, necesare funcționalității aplicației.

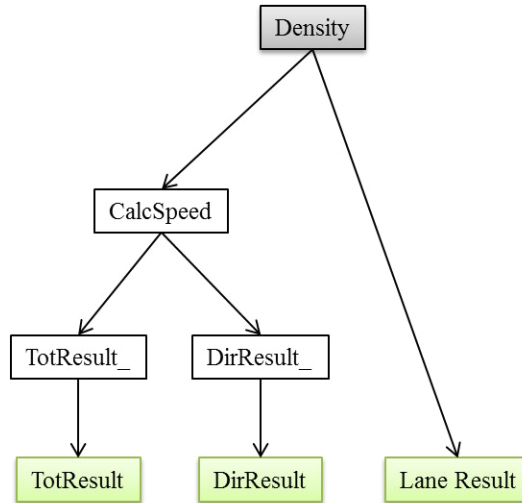


Fig. 4.36 Schemă logică funcție TRANSofT pentru studiul densității

#### 4.3.6.4 Funcționalitatea TRANSofT pentru studiul densității de trafic

TRANSofT prelucrează datele colectate cu sistemul WIM pentru a furniza rezultate privind densitatea de trafic pe sectorul de drum studiat. Volumul de trafic este monitorizat prin contorizarea vehiculelor. Viteza medie a acestora este evaluată automat, pentru fiecare bandă de circulație, pentru fiecare interval orar din perioada considerată în calcul. Cele două mărimi sunt înregistrate în matricea „Density”. Pe baza lor, TRANSofT evaluează densitatea de trafic (ec.(4.16)), printr-o procedură de calcul tabelar. În cazul în care utilizatorul dorește afișarea rezultatelor pe benzi de circulație (buton 6, Tab. 4.30), acestea sunt accesate direct, prin apelarea funcției „Lane Result”.

Dacă se dorește evaluarea densității pe senzori de deplasare sau pentru totalul vehiculelor monitorizate, aplicația execută calcule suplimentare, în cadrul funcțiilor de fundal (Fig. 4.36). Aceste calcule utilizează datele de intrare pentru a evalua vitezele medii ponderate de deplasare ale vehiculelor de pe mai multe benzi de circulație, premergător evaluării densității de trafic. Rezultatele sunt afișate apelând funcțiile „DirResult”, respectiv „TotResult” (Tab. 4.30).

Utilizatorul poate opta pentru evaluarea densităților medii orare de trafic pentru perioada de timp selectată, considerând zilele lucrătoare sau zilele de la sfârșitul săptămânii. Densitatea medie pentru tipul de zile selectat este evaluată ca o medie ponderată, în funcție de volumele orare zilnice ( $V_{i,k}$ ), aferente orelor „i” și zilelor „k”, respectiv în funcție de valorile densităților orare obținute ( $V_{i,k}$ ) (ec.(4.17)).

$$\frac{\sum_{i=1}^{24} \sum_{k=1}^n (V_{i,k} \cdot D_{i,k})}{\sum_{k=1}^n V_{i,k}} \quad (4.17)$$

#### 4.3.7 Relații între volum/rata fluxului, densitate și viteză

##### 4.3.7.1 Generalități

Principala relație de calcul între cei trei parametri este dată de ecuația (4.18) [98]:

$$V = S \cdot D \quad (4.18)$$

unde:

V – volumul (intensitatea) traficului/rata fluxului, [veh/h] sau [veh/h/bandă];

S – viteza medie (în general, înțelesă ca viteza medie spațială  $S_s$ ), [km/h];

D – densitatea de trafic, [veh/km] sau [veh/km/bandă].

Viteza medie spațială și densitatea de trafic sunt mărimi care se referă la un sector de drum având o anumită lungime. Pe de altă parte, fluxul implică mai degrabă evaluări într-o anumită

secțiune a drumului studiat. În condiții stabile de trafic (nu se formează cozi, fluxul de trafic este continuu etc.), intensitatea evaluată cu relația (4.18) se aplică oricărui punct amplasat în cadrul sectorului analizat. În caz contrar, valoarea obținută este o medie pentru sectorul respectiv [98]. Relația dintre parametri prezentați este utilizată mai degrabă pentru evaluarea densității de trafic (ec.(4.16)).

Conform ec. (4.18), o anumită valoare pentru volumul  $V$  poate fi obținută dintr-o infinitate de combinații de valori pentru viteza  $S$  și, respectiv, densitatea  $D$ . Cu toate acestea, interacțiunile suplimentare între vehicule și desfășurarea reală a traficului restricționează numărul de combinații care se formează în practică și conduc la relații matematice aferente între parametri reali de trafic [98]. Astfel, rezultă relații de calcul ale vitezei în funcție de densitate, ale vitezei în funcție de volum și, respectiv, ale intensității în funcție de densitate. Reprezentările grafice ideale ale acestor funcții (Fig. 4.37 [32]), pentru sectoare de drum caracterizate de fluxuri de trafic neîntrerupte, sunt diferite de formele exacte ale graficelor, care depind de caracteristicile predominante ale sectorului studiat, variabil între locații diferite [98].

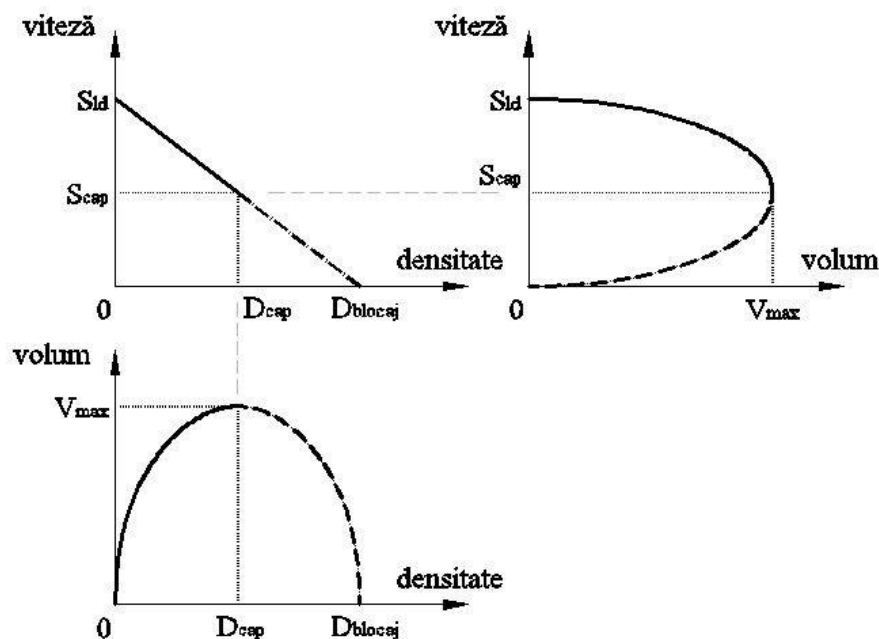


Fig. 4.37 Relații de interdependență ideale între viteză, volum și densitate [32]

Atunci când volumul de trafic este nul, densitatea este de asemenea egală cu zero. În acest caz, viteza teoretică de deplasare a unui mobil se numește "viteză liberă de deplasare" ( $S_{ld}$ ), limitată doar de geometria drumului pe sectorul în cauză. În situația când există un număr atât de mare de vehicule înscrise în trafic încât deplasarea acestora încetează, densitatea este una de blocaj ( $D_{blocaj}$ ), deoarece niciun vehicul nu are posibilitatea de a înainta.

Valoarea maximă a fluxului ( $V_{max}$ ) din graficele volum-densitate, respectiv viteză-volum, reprezintă valoarea pentru care se atinge capacitatea sectorului de drum în cauză. Această valoare depinde atât de condițiile predominante de la momentul efectuării măsurărilor, precum și de locația respectivă. Desfășurarea traficului rutier la capacitate este o situație instabilă, afectată imediat de cele mai mici perturbații (intenții de a schimba banda de circulație, înscrieri în flux de pe drumuri laterale, acționări ale frânei din diverse motive etc.). Astfel de evenimente generează un efect de perturbare în masă, care se propagă în amonte în fluxul de trafic, el dispându-se doar în momentul apariției unor spații în trafic [98].

Porțiunile trasate cu linii continue (Fig. 4.37) reprezintă fluxul stabil, în vreme ce liniile întrerupte (Fig. 4.37) sugerează un flux de trafic instabil, forțat. Acest lucru survine atunci când intensitatea traficului din amonte depășește capacitatea drumului din aval. O anumită valoare a fluxului corespunde fie unei situații în care vitezele de deplasare sunt reduse și densitățile mari (flux instabil), fie uneia în care vitezele sunt relativ mari și densitățile reduse (flux stabil). Situația dezirabilă pentru un sector de drum sau rețea de drumuri este ca traficul să se desfășoare în condiții stabile.



Graficele ideale (Fig. 4.37) sugerează faptul că un anumit volum sau rată a fluxului pot surveni în două ipoteze diferite ale derulării traficului. Astfel, aceste variabile nu pot descrie complet fluxul de trafic. În schimb, viteza de deplasare și/sau densitatea de trafic descriu mai precis stabilitatea fluxului. Acești parametri sunt și mai ușor perceptibili de către participanții la trafic.

Relațiile de interdependență dintre viteză, densitate și, respectiv, volum au fost studiate de-a lungul timpului de către o serie de oameni de știință [98][105]. În anul 1934, a fost avansată o relație de calcul liniară între viteză și densitate [28]. Această ipoteză a fost dezvoltată ulterior, propunându-se ecuații liniare pentru diferite segmente ale graficului viteză-densitate [19]. Pentru același grafic, au fost sugerate relații de calcul logaritmice, respectiv exponențiale [27][103]. Un studiu [18] a sintetizat relațiile logaritmice și exponențiale, propunând o dependență discontinuă între viteză și densitate, în vreme ce altul [17] a avansat un grafic de tip Gaussian. În continuare, au fost propusă o relație de calcul a densității în funcție de viteză, bazată pe un model care consideră intervalul spațial între vehicule și unii parametri determinați pe baza unei regresii neliniare [104].

Numitorul comun al acestor studii îl reprezintă analizele asupra relației dintre viteză și densitatea de trafic. Acești doi parametri sunt considerați esențiali pentru modul în care conducătorii auto se comportă în trafic. În afara configurației geometrice a traseului parcurs, principalul criteriu în funcție de care șoferii selectează vitezele de deplasare îl reprezintă proximitatea față de vehiculul din față. O dată ce relația dintre viteză și densitate este stabilită, celelalte grafice (Fig. 4.37) rezultă implicit. În practică, nu există o relație universal valabilă care să guverneze interdependența dintre viteză, densitate și rata fluxului. Acestea variază în funcție de locație și moment. Totodată, nu s-a ajuns la un consens referitor la relațiile matematice care descriu cel mai bine un flux neîntrerupt de trafic [98].

În general, o relație de variație liniară între viteză și densitate conduce la relații parabolice între viteză și volum, respectiv între volum și densitate. Atunci când densitatea de trafic este nulă, se poate determina viteza liberă de deplasare  $S_{ld}$ . În mod similar, densitatea în cazul congestiei  $D_{blocaj}$  se determină anulând viteza de deplasare. Capacitatea de circulație se determină prin identificarea punctelor de vârf ale graficelor viteză-flux, respectiv flux-densitate.

#### 4.3.7.2 Funcția TRANSofT pentru afișarea graficelor S-D, V-D și S-V

Funcția care afișează graficele de variație viteză-densitate (S-D), volum-densitate (V-D) și viteză-volum (S-V) este parte integrantă din funcția pentru studiul densității de trafic (par. 4.3.6.2). TRANSofT permite, în baza evaluărilor efectuate, afișarea graficelor respective, pentru fiecare bandă de circulație, sens de deplasare sau totalul vehiculelor monitorizate (Fig. 4.38).

##### Step 3: Graphics

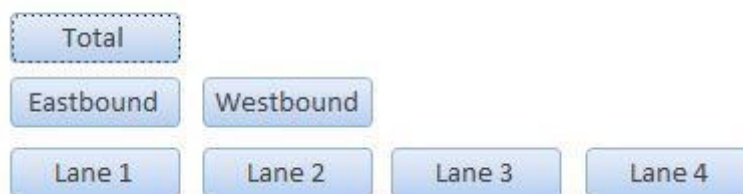


Fig. 4.38 Funcție afișare grafice S-D, V-D și S-V

Graficele sunt constituite dintr-o serie de puncte. În funcție de grafice, coordonatele acestora sunt valori ale vitezelor, densităților și volumelor de trafic evaluate. Aplicația preia perechile de coordonate din tabelele „Lane Result” (pentru calcul pe benzi de circulație), „DirResult” (pentru calcul pe sensuri de deplasare) sau „TotResult” (pentru total vehicule), în funcție de solicitarea utilizatorului (Fig. 4.36).

#### 4.3.8 Determinarea traficului de calcul pentru verificarea și dimensionarea drumurilor din punct de vedere al capacității portante

Traficul de calcul  $N_c$  este utilizat pentru proiectarea și verificarea drumurilor din punct de vedere al capacității portante. El reprezintă numărul de osii standard de 115 kN, echivalente cu

volumul de vehicule fizice grele care se vor deplasa pe banda de circulație cea mai solicitată a drumului studiat, pe o perioadă de perspectivă dată. Vehiculele grele reprezintă vehiculele cu masa totală de minim 3500 kg [93].

Osiă standard are greutatea de 115 kN și următoarele caracteristici:

- sarcina pe roata jumelată. 57,5 kN (Fig. 4.39);
- presiunea de contact: 0,625 MPa;
- raza suprafeței circulare echivalente suprafeței de contact pneu-drum: 17,1 cm.

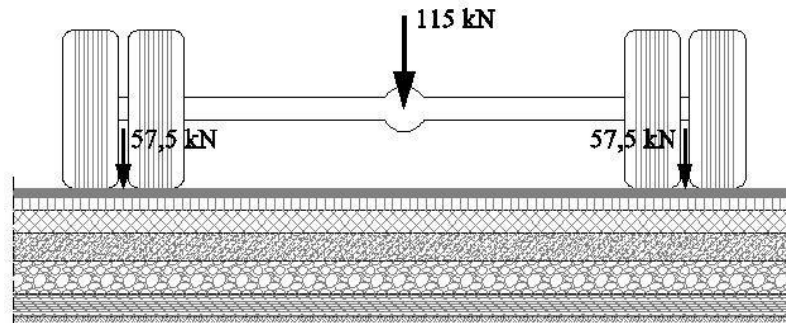


Fig. 4.39 Configurație osie standard

Pentru determinarea  $N_c$ , TRANSofT utilizează metodologia prezentată în normativul AND 584-2012 [93]. Aplicația generală destinată stabilirii traficului  $N_c$  este structurată în 2 (două) părți (Fig. 4.40). Prima deschide fereastra propriu-zisă de dialog în vederea calculului  $N_c$ , iar a doua evaluează coeficienții de echivalare a vehiculelor reale în osii standard. Aceasta din urmă este utilă atunci când se urmărește exclusiv studiul impactului osiilor reale asupra structurii rutiere în zona analizată.



Fig. 4.40 Fereastra de bază funcție evaluare trafic

#### 4.3.8.1 Aspecte generale ale determinării traficului de calcul $N_c$

Metodologia și parametri de calcul utilizați pentru determinarea traficului rutier de calcul pentru proiectarea și verificarea drumurilor din punct de vedere al capacității portante și al capacității de circulație sunt prezentate în normativul AND 584-2012 [93].

Traficul de calcul pentru dimensionarea structurilor rutiere sau a straturilor de ranforsare se exprimă în milioane de osii standard (m.o.s.) de 115 kN (ec.(4.19) [93]):

$$N_c = 365 \cdot 10^{-6} \cdot c_{rt} \cdot \sum_{k=1}^6 \left[ MZA_k \cdot f_k \cdot 0,50 \cdot \sum_{i=1}^n \left[ (p_{k,i} + p_{k,i+1}) \cdot t_i \right] \right] \quad (4.19)$$

unde:

$N_c$  – traficul de calcul în m.o.s., pe banda de circulație cea mai solicitată;

$c_{rt}$  – coeficient de repartiție transversală a traficului;

$MZA_k$  – intensitatea medie zilnică anuală a traficului din anul de bază, pentru grupa „k” de vehicule;

$p_{k,i}$ ,  $p_{k,i+1}$  – coeficienții de evoluție a traficului pentru grupa „k” de vehicule, la începutul și sfârșitul perioadei parțiale „i” de prognoză;

$f_k$  – coeficient de echivalare a vehiculelor din grupa „k” în osii standard de 115 kN;

$t_i$  – durata perioadei parțiale „i” de prognoză;

$n$  – numărul de perioade parțiale „i” de prognoză.

Suma perioadelor parțiale „i” de prognoză este egală cu perioada de perspectivă de calcul  $P_p$  (ec.(4.20)):

$$P_p = \sum_{i=1}^n t_i \quad (4.20)$$

Etaple de calcul în evaluarea traficului  $N_c$  sunt următoarele:

1. Prima etapă de calcul o reprezintă stabilirea anului de dare în exploatare a construcției, a perioadei de perspectivă și a intensității traficului mediu zilnic anual.

Perioada de perspectivă reprezintă numărul de ani pentru care se stabilește traficul de calcul, ea măsurându-se începând cu anul de punere în exploatare și având o durată definită în funcție de caracteristicile drumului și lucrările proiectate [93]. Se consideră că, în această perioadă, întreg traficul de calcul  $N_c$  acționează asupra structurii rutiere existente/proiectate.

Perioada de perspectivă utilizată pentru stabilirea traficului de calcul  $N_c$  este indicată de către beneficiarul lucrării. În general, se recomandă adoptarea unor perioade de perspectivă în funcție de tipul structurii rutiere, categoria de drum și tipul de lucrare (Tab. 4.31 [93]).

Tab. 4.31 Perioade de perspectivă recomandate [93]

Structuri rutiere	Categoria de drum	Tip lucrare/strat	Perioada de perspectivă [ani]
suple și semirigide	drumuri și autostrăzi, clasa tehnică I și II	structuri noi	15, 20, 30
	drumuri, clasa tehnică III – V	structuri noi, modernizări	10, 15
	autostrăzi, drumuri expres, drumuri naționale europene	ranforsare	15
	drumuri naționale principale și secundare	ranforsare	10
	drumuri județene, comunale, vicinale	ranforsare	7-10
rigide	toate	noi, ranforsări	30
-	toate	straturi bituminoase de ranforsare a structurilor rigide	10, 15
-	toate	încadrarea în clase de trafic	10

Intensitatea medie zilnică anuală a traficului pe grupe de vehicule ( $MZA_k$ ), din anul de bază, se poate determina pe drumurile existente prin următoarele metode de investigare a traficului:

- recensământul general de circulație;
- înregistrări automate de circulație;
- înregistrări de circulație de scurtă durată;
- model de afectare a traficului, calibrat pentru anul de bază.

În România, recensămintele generale de circulație pe rețeaua de drumuri publice se efectuează o dată la 5 (cinci) ani. Pe baza datelor colectate în zilele de recensământ, se determină  $MZA_k$  (ec.(4.21) [93]):

$$MZA_k = \frac{C_o \cdot C_k}{10} \cdot \sum_{j=1}^{10} (q_{k,j} \cdot a_{k,j}) \quad (4.21)$$

unde:

$q_{k,j}$  - debitul de 8 ore pentru drumurile naționale și de 14 ore pentru drumurile județene și comunale, înregistrat în ziua „j” pentru grupa „k” de vehicule;

$a_{k,j}$  - coeficient de redresare, reprezentând raportul între intensitatea traficului de 24 ore și debitul de 8, respectiv 14 ore de recensământ;

$C_o$  - coeficient de oblicitate a estimării MZA pe baza eșantionului de 10 zile de recensământ;

$C_k$  - coeficient de ajustare de la traficul mediu zilnic pentru eșantionul de 10 zile de recensământ la MZA pentru grupa „k” de vehicule.

Înregistrările manuale de circulație se efectuează în toate posturile de recenzie la nivel național, conform unui calendar prestabilit, actualizat cu ocazia fiecărui recensământ (Tab. 4.32 [89]).

Tab. 4.32 Calendar efectuare recensământ general de circulație

Nr. crt.	Luna	Ziua săptămânii	Drumuri naționale		Drumuri județene și comunale	
			Durata înregistrării zilnice (ore)	Intervale orare	Durata înregistrării zilnice (ore)	Intervale orare
1	aprilie	luni	8	8-12; 14-18	14	6-20
2	aprilie	marți	8	8-12; 14-18	14	6-20
3	mai	joi	24	8-12; 14-18	24	6-6
4	mai	duminică	8	8-12, 14-18	14	6-20
5	august	duminică	8	8-12, 14-18	14	6-20
6	august	miercuri	8	8-12, 14-18	14	6-20
7	august	sâmbătă	8	8-12, 14-18	14	6-20
8	octombrie	vineri	8	8-12; 14-18	14	6-20
9	noiembrie	miercuri	8	8-12; 14-18	14	6-20
10	noiembrie	sâmbătă	8	8-12; 14-18	14	6-20

Înregistrările automate de circulație se efectuează în posturi dotate cu contori de trafic de tip totalizator sau pe bază electromagnetică. În aceste categorii se încadrează și sistemele de tip WIM, cu cântărirea și clasificarea din mers a vehiculelor. Înregistrările automate au, în general, un caracter permanent. MZA se determină pe clase de vehicule sau pentru totalul vehiculelor înregistrate, ca medie aritmetică a volumelor medii zilnice lunare înregistrate pe parcursul unui an.

Vehiculele din categoriile 1..3 (motociclete, autoturisme, respectiv microbuze și autocamionete) (Tab. 4.7) intră în categoria vehiculelor ușoare. Cu toate acestea, în cadrul aplicației TRANSofT pentru evaluarea traficului de calcul  $N_c$ , se efectuează verificări asupra vehiculelor considerate grele, în vederea eliminării din calcul a celor cu masa sub 3500 kg. S-a constatat faptul că numărul vehiculelor cu masa peste 3500 kg, care fac parte din categoriile de vehicule înregistrate ca ușoare (Tab. 4.7), este neglijabil.

2. Stabilirea coeficienților  $f_k$  de echivalare în osii standard se realizează pentru fiecare grupă de vehicule grele considerată în calcul. Evaluarea coeficienților se realizează în funcție de spectrele de

încărcare pe osie, determinate prin cântărirea vehiculelor în trafic real pe drum. Categoriile de vehicule luate în considerare în cadrul determinării traficului de calcul sunt [93]:

- autocamioane și derivate cu 2 osii;
- autocamioane și derivate cu 3 și 4 osii;
- autovehicule articulate;
- autobuze;
- tractoare cu/fără remorcă și vehicule speciale;
- autocamioane cu remorci (trenuri rutiere).

Dacă pe sectorul de drum studiat nu există posturi WIM, se utilizează coeficienții  $f_k$  medii pe rețeaua de drumuri naționale. Aceștia sunt actualizați când este necesar, în general după efectuarea recensămintelor generale de trafic, în baza prelucrării parametrilor de trafic greu [93]. Coeficienții  $f_k$  stabiliți în urma recensământului efectuat în anul 2010 (Tab. 4.33 [93]) se împart în funcție de tipul structurii rutiere.

Tab. 4.33 Coeficienții  $f_k$  medii pe rețeaua de drumuri naționale [93]

Structuri rutiere	Grupa de vehicule					
	Autocamioane și derivate cu 2 osii	Autocamioane și derivate cu 3 și 4 osii	Autovehicule articulate	Autobuze	Tractoare cu/fără remorcă	Trenuri rutiere
suple și semirigide	0,1	0,7	0,9	0,6	0,1	1
ranforsări structuri suple și semirigide	0,1	0,8	1,1	0,6	0,1	1,2
rigide	0,2	2,6	1,5	2	0,2	1,4

În cazul în care pe sectorul de drum studiat există cel puțin un post WIM, coeficienții de echivalare  $f_k$  se determină după cum urmează:

- se determină spectrul de încărcări pe osie pentru vehiculele din fiecare grupă;
- se determină coeficienții de echivalare  $f_i$ , pentru fiecare tip de osie și încărcare (ec.(4.22) [93]):

$$f_i = A \cdot \left( \frac{P_i}{11500} \right)^b \quad (4.22)$$

unde:

$P_i$  – sarcina pe osia „i” a vehiculului real, în kg;

A, b – parametri funcție de tipul de osie și al structurii rutiere (Tab. 4.34 [93]).

Tab. 4.34 Parametri de calcul pentru echivalarea vehiculelor reale în osii standard de 115 kN [93]

Structuri rutiere	b	A			
		osia din față	alte osii simple	osii duble	osii triple
suple și semirigide	3	2,4	0,6	0,6	0,6
ranforsări structuri suple și semirigide	4	1,6	1	1,8	1,8
rigide	12	1	1	12	113

- se determină coeficienții  $f_{cl}$  (ec.(4.23) [93]), pentru fiecare clasă de vehicule înregistrate (Tab. 4.7):

$$f_{cl} = \frac{1}{N_{cl}} \cdot \sum_{j=1}^{n_{cl}} \sum_{i=1}^{N_{cl}} f_{ij} \quad (4.23)$$

unde:

$N_{cl}$  – numărul de vehicule din clasa „cl” cântărite;

$n_{cl}$  – numărul de tipuri de osii aparținând clasei „cl” de vehicule;

$f_{ij}$  – coeficienți de echivalare pentru fiecare osie „i” cântărită, de tipul „j”, pentru clasa „cl” de vehicule;

$f_{cl}$  – coeficientul de echivalare mediu pentru clasa „cl” de vehicule.

- se determină coeficienții  $f_k$  pentru grupele de vehicule considerate în calcul (ec.(4.24) [93]):

$$f_k = \frac{1}{N_k} \cdot \sum_{cl=1}^{I_k} (f_{cl} \cdot N_{cl}) = \frac{\sum_{cl=1}^{I_k} (f_{cl} \cdot N_{cl})}{\sum_{cl=1}^{I_k} N_{cl}} \quad (4.24)$$

unde:

$N_k$  – numărul total de vehicule din grupa „k” cântărite;

$I_k$  – numărul de clase de vehicule cântărite, din grupa „k” de vehicule.

**3.** Coeficienții de evoluție a traficului sunt stabiliți pentru o perioadă de perspectivă de 25 de ani (2010-2035), pe intervale de 5 ani, pe grupe de vehicule, în 3 variante: minimă, medie (probabilă) și maximă. Acești coeficienți sunt actualizați după fiecare recensământ general de circulație de către C.N.A.D.N.R., ei fiind grupați pe categorii de drumuri:

- drumuri naționale europene;
- drumuri naționale principale;
- drumuri naționale secundare;
- drumuri județene;
- drumuri comunale.

Utilizarea coeficienților de evoluție în varianta minimă sau maximă se recomandă în următoarele situații [93]:

- pentru analizele de senzitivitate în cadrul studiilor privind rentabilitatea investițiilor rutiere;
- în cazul în care evoluția traficului în ultimul deceniu pe drumul analizat justifică adoptarea uneia din aceste variante;
- dacă evoluția traficului mediu pe rețeaua de drumuri publice după 2-3 ani de la începutul perioadei de prognoză este mult diferită de evoluția medie estimată, se poate recomanda utilizarea în continuare a coeficienților minimali sau maximali de evoluție.

Utilizarea coeficienților probabili (medii) de evoluție a traficului pe un drum existent se recomandă în următoarele situații [93]:

- la stabilirea prognozei de trafic în cadrul unui Studiu de Prefezabilitate sau Fezabilitate;
- pentru drumuri naționale secundare, drumuri județene și drumuri comunale, dacă rezultatele recensământului precedent confirmă tendința de evoluție medie la nivel național. Altfel, estimarea se realizează pe etape parțiale de prognoză, pe baza unui model de afectare a traficului, calibrat pentru anul de bază.

În cazul în care este necesară determinarea coeficienților de evoluție pentru ani intermediari celor de bază, se adoptă interpolări liniare între valorile tabelate, prezentate în AND 584-2012 [93].



4. Având evaluate intensitatea medie zilnică anuală pe grupe de vehicule ( $MZA_k$ ), coeficienții  $f_k$  de echivalare în osii standard și coeficienții de evoluție a traficului, rezultă atât MZA exprimată în osii standard de 115 kN, cât și volumul total de trafic pe durata perioadei de perspectivă.

5. Coeficientul  $c_{rt}$  de repartitie transversală a traficului pe banda cea mai intens circulată este evaluat în funcție de categoria drumului și numărul total al benzilor de circulație în zona studiată (Tab. 4.35 [93]).

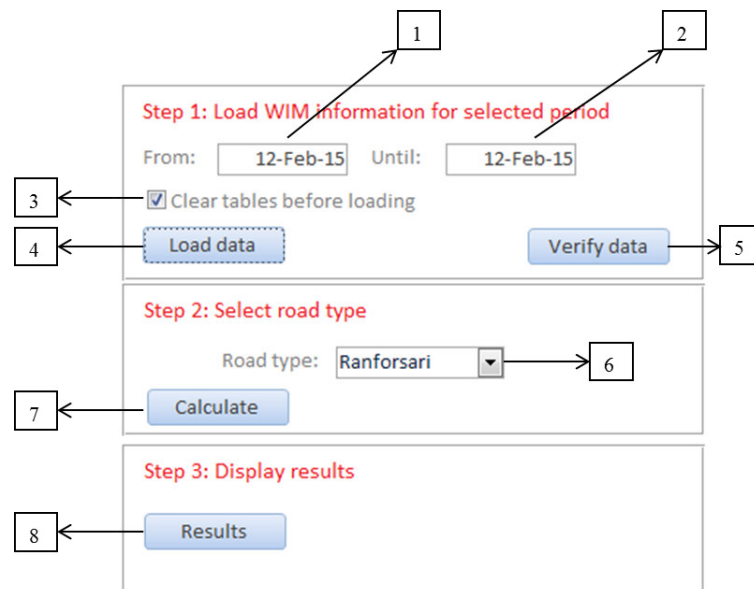
Tab. 4.35 Coeficienți  $c_{rt}$  de repartitie transversală a traficului [93]

Categoricia de drum	Drumuri					Autostrăzi		Căi unidirecționale		
	1	2	3	4	6	2x2	2x3	1	2	3
Numărul benzilor de circulație										
$c_{rt}$	1	0,50	0,50	0,35	0,33	0,45	0,40	1	0,70	0,66

6. Aplicarea ecuației (4.19) conduce la evaluarea traficului de calcul pentru verificarea și dimensionarea drumurilor din punct de vedere al capacității portante ( $N_c$ ), în m.o.s.

#### 4.3.8.2 Funcția TRANSofT de evaluare a coeficienților de echivalare a vehiculelor în osii standard

Aplicația TRANSofT pune la dispoziție o funcție care evaluează coeficienții de echivalare  $f_k$  în osii standard a vehiculelor luate în considerare în cadrul determinării traficului de calcul  $N_c$ . Fiecare buton/casetă din cadrul interfeței (Fig. 4.41) are o anumită semnificație, apelând funcțiile corespunzătoare (Tab. 4.36).

Fig. 4.41 Interfața grafică funcție evaluare coeficienți de echivalare  $f_k$ Tab. 4.36 Semnificație butoane interfață funcție evaluare  $f_k$ 

Buton/casetă	Semnificație	Funcție calcul
1	Ziua de debut perioadă studiu	
2	Ziua de final perioadă studiu	
3	Opțiune de ștergere a datelor vechi, încărcate anterior în memorie	
4	Buton de încărcare a datelor în memoria funcției	
5	Verificare date încărcate (celule goale, erori etc.)	
6	Selectare structură rutieră (Tab. 4.34)	AxCoef
7	Calcul coeficienți	
8	Afișare rezultate, pentru fiecare grupă de vehicule	Ac_Results

Primul pas în coeficienților  $f_k$  este încărcarea în aplicație a fișierelor din baza de date MS Access, pentru perioada de timp solicitată de utilizator (butoane 1 și 2, Fig. 4.41, Tab. 4.36). Selectarea datelor este facilitată de prezența unui calendar. Implicit, aplicația adaugă noile informații celor încărcate într-o etapă anterioară, existente în memorie, fără a efectua ștergeri de date. Acest lucru este util atunci când se urmărește studiul densității de trafic pentru zile izolate sau perioade de timp distincte ori discontinue. Opțiunea de ștergere a datelor vechi, existente în memorie premergător încărcării noilor informații, poate fi activată prin bifarea căsuței aferente (buton 3, Fig. 4.41, Tab. 4.36).

Încărcarea se execută prin apăsarea butonului „Load data” (buton 4, Fig. 4.41, Tab. 4.36). Aplicația parcurge selectiv fișierele MS Access din baza de date, interogând doar coloanele cuprinzând informații despre: dată, clasa vehiculului, numărul de osii, masa pe fiecare osie și tipurile de osii. Pe baza acestora, este generat tabelul/matricea „AxWork” (Fig. 4.42), care stă la baza funcțiilor definite în cadrul TRANSofT. Casetele verzi din schema logică a funcției pentru evaluarea  $f_k$  (Fig. 4.42) reprezintă modulele de calcul apelate prin butoanele corespunzătoare din interfața grafică a funcției (Tab. 4.36). Casetele albe sunt elemente de fundal, apelate indirect, necesare funcționalității aplicației.

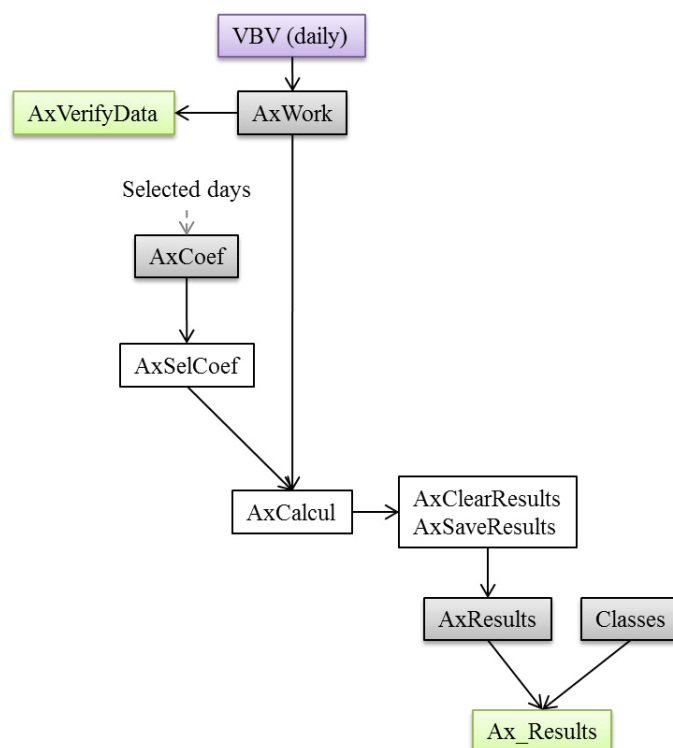


Fig. 4.42 Schemă logică funcție TRANSofT pentru evaluare coeficienți de echivalare  $f_k$

Aplicația „curăță” posibilele înregistrări eronate din baza de date. Acestea sunt situații rare, care pot include tipuri de osii inexistente sau mase improbabile. Butonul de verificare (buton 5, Fig. 4.41) arată eventualele erori care persistă.

TRANSofT evaluează coeficienții  $f_k$  pe baza datelor reale de trafic înregistrate în cadrul postului WIM. Metodologia de calcul respectă prevederile standardizate [93], în funcție de tipul structurii rutiere (Tab. 4.34) și tipurile de osii înregistrate de sistemul WIM. Selectarea tipului de structură apelează tabelul „AxCoef” (Fig. 4.42), care cuprinde atât valorile standardizate pentru coeficienții A și b, cât și un factor numeric de validare a tipului de structură bifat de către utilizator în interfața de dialog (buton 6, Fig. 4.41, Tab. 4.36). Acest factor ia valoarea 1 pentru structura selectată pentru calcul și 0 pentru celelalte.

Afișarea rezultatelor (buton 8, Fig. 4.41, Tab. 4.36) se face sub forma unui tabel, care cuprinde, pe ultima coloană, factorii de echivalare  $f_k$  pentru fiecare din cele 6 (șase) grupe de vehicule considerate în calculul  $N_c$ .

### 4.3.8.3 Funcția TRANSofT de determinare a traficului de calcul $N_c$ pentru proiectarea și verificarea drumurilor din punct de vedere al capacității portante

Pentru determinarea  $N_c$ , TRANSofT utilizează metodologia prezentată în normativul AND 584-2012 [93]. Prima din ferestrele interfeței de bază deschide fereastra propriu-zisă de dialog în vederea calculului  $N_c$  (Fig. 4.43). Fiecare buton/casetă din cadrul interfeței (Fig. 4.43) are o anumită semnificație, apelând funcțiile corespunzătoare (Tab. 4.37).

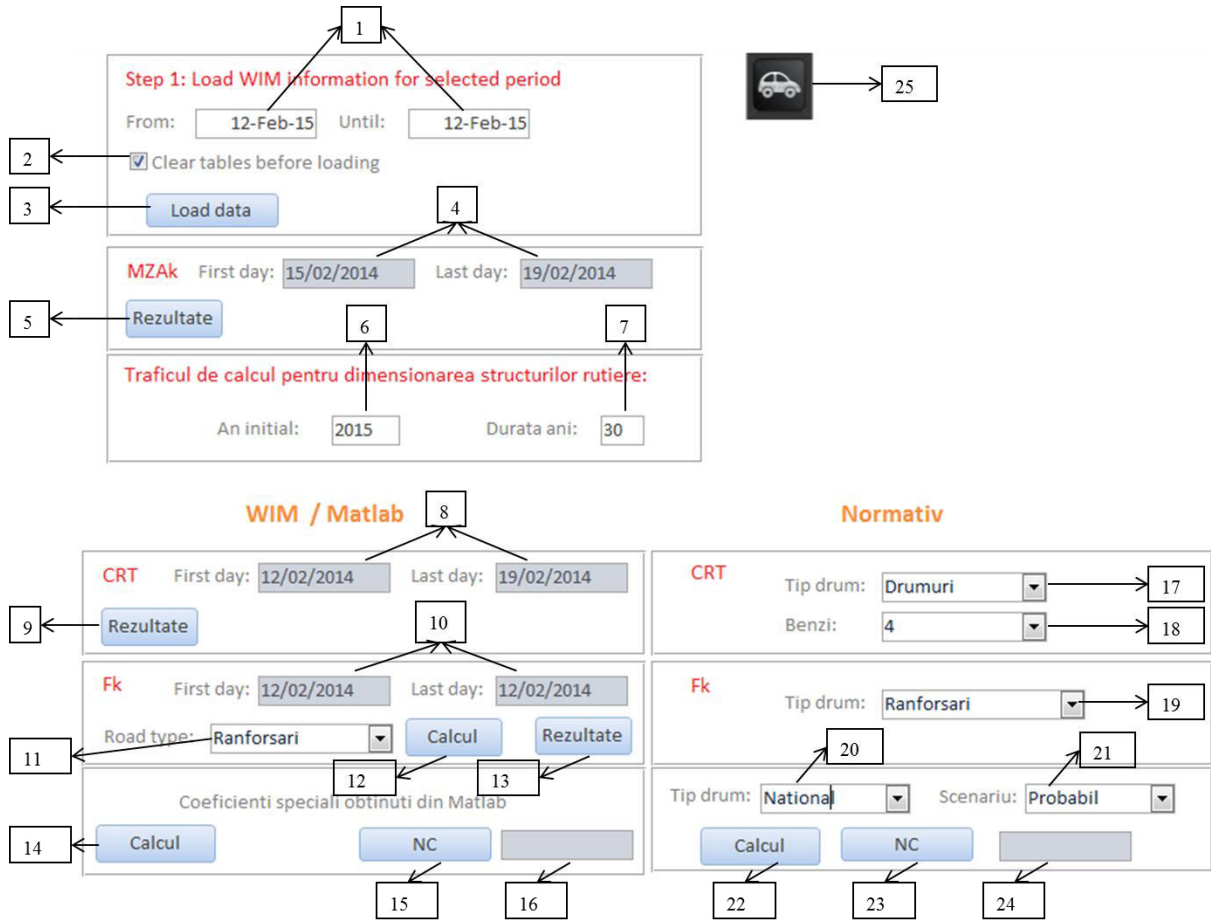


Fig. 4.43 Interfața grafică funcție evaluare trafic  $N_c$

Tab. 4.37 Semnificație butoane interfață funcție evaluare trafic  $N_c$

Buton/ casetă	Semnificație	Funcție calcul
1	Intervalul de timp care se dorește a fi studiat	
2	Opțiune de ștergere a datelor vechi existente în baza de date	
3	Buton de încărcare a datelor în memoria funcției	
4	Afișaj perioada preîncărcată în memorie pentru calculul $MZA_k$	vezi funcția VolByClass, Fig. 4.5, buton 1
5	Afișare valori $MZA_k$ calculate pentru fiecare grupă de vehicule	TrMza
6	An de bază implementare proiect	TrCoefEvol; TrCoefEvolNorm
7	Perioada de perspectivă	TrCoefEvol; TrCoefEvolNorm
8	Afișaj perioada preîncărcată în memorie pentru calculul $c_{rt}$	vezi funcția VolByLane, Fig. 4.15, butoane 1 și 2
9	Afișare rezultate evaluare $c_{rt}$	vezi funcția VolByLane, Fig. 4.15, buton 7

Buton/ casetă	Semnificație	Funcție calcul
10	Afișaj perioada preîncărcată în memorie pentru calculul $f_k$	AxDays
11	Selectare structură rutieră (Tab. 4.34)	AxCoef
12	Calcul coeficienți $f_k$ de echivalare în osii standard	
13	Afișare rezultate, pentru fiecare grupă de vehicule	Ac_Results
14	Calcul $MZA_k$ în osii standard, pe durata perioadei de perspectivă, utilizând coeficienții de evoluție stabiliți pe baza măsurătorilor WIM	TrCoefPk
15	Calcul $N_c$ pe baza măsurătorilor WIM	TrNC_k
16	Afișare rezultat $N_c$ calculat pe baza măsurătorilor WIM	cod calcul în VBA
17	Selectare tip drum pentru stabilire $c_{rt}$	TrCrtNorm
18	Selectare număr benzi de circulație pentru stabilire $c_{rt}$	TrCrtNorm
19	Selectare tip drum pentru stabilire coeficienți $f_k$	TrFkNorm
20	Selectare tip drum pentru stabilire coeficienți evoluție trafic	TrCoefEvolNorm
21	Selectare scenariu pentru stabilire coeficienți evoluție trafic	TrCoefEvolNorm
22	Calcul $MZA_k$ în osii standard, pe durata perioadei de perspectivă, utilizând coeficienții de evoluție standardizați	TrCoefPk
23	Calcul $N_c$ utilizând coeficienții standardizați	TrNC_kNorm
24	Afișare rezultat $N_c$ calculat utilizând coeficienții standardizați	cod calcul în VBA
25	Buton închidere fereastră și revenire la interfața de bază	

Funcția de calcul a traficului  $N_c$  este axată pe 2 (două) segmente:

- evaluarea utilizând atât volumele de trafic, cât și coeficienții de calcul obținuți pe baza datelor WIM;
- evaluarea utilizând volumele de trafic WIM și coeficienții de calcul standardizați [93].

Cele două abordări au în comun utilizarea acelorași valori ale MZA pentru fiecare din cele 6 (șase) categorii de vehicule considerate, obținute în baza datelor WIM. Aplicația de evaluare a  $N_c$  permite vizualizarea intervalului de timp pentru care există date preîncărcate în funcția dedicată prelucrării volumelor de trafic (VolByClass, Fig. 4.4, Tab. 4.6). Valorile  $MZA_k$  sunt obținute prin apăsarea butonului aferent (buton 5, Fig. 4.43, Tab. 4.37), pentru perioada preîncărcată în aplicație. În cazul în care utilizatorul consideră că intervalul studiat nu trebuie modificat, nu este necesară reîncărcarea altor date (butoane 1-3, Fig. 4.43, Tab. 4.37). În caz contrar, selectarea unei noi perioade pentru analiză va conduce la suprascrierea intervalelor preîncărcate în memorie, atât pentru evaluarea  $MZA_k$ , cât și pentru  $c_{rt}$  și  $f_k$ .

Celălalt aspect comun al celor două segmente din funcția de calcul a traficului  $N_c$  îl reprezintă selectarea anului de bază și a perioadei de perspectivă.

Obținerea coeficienților de calcul este diferențiată pe cele două segmente, astfel:

#### **segmentul 1:**

- Evaluarea coeficientului de repartiție transversală a traficului  $c_{rt}$  pe baza datelor de trafic WIM se realizează prin funcția VolByLane de studiu a volumelor (a se vedea 4.3.2.4, Fig. 4.15). Aceasta furnizează valoarea maximă a procentului de repartiție transversală a traficului pe zona studiată, pentru perioada dorită. Apelarea funcției se poate face direct din aplicația de evaluare a  $N_c$  (buton 9, Fig. 4.43, Tab. 4.37);

- Evaluarea factorilor  $f_k$  de echivalare a vehiculelor reale în osii standard se face conform procedurii standardizate (Tab. 4.34) [93] și a funcției TRANSofT dedicate (a se vedea 4.3.8.2), în funcție de tipul de structură rutieră și de osii. Apelarea funcției se poate face direct din aplicația de evaluare a  $N_c$  (buton 12, Fig. 4.43, Tab. 4.37);

- Coeficienții de evoluție a traficului utilizați în evaluarea  $N_c$  pe baza datelor WIM au fost obținuți în urma studierii variației zilnice a volumelor de trafic, pentru categoriile de autovehicule

luate în considerare în cadrul determinării  $N_c$ . Această procedură presupune parcurgerea următoarelor etape:

- stabilirea variației volumelor zilnice de trafic pentru cele 6 (șase) categorii de vehicule considerate în evaluarea  $N_c$ , pentru perioada de timp studiată;
- stabilirea unor modele de regresie liniară multiplă, cuprinzând funcții caracterizate de o liniaritate a coeficienților. Studiul diferitelor tipuri de funcții de regresie liniară a condus la concluzia că funcțiile logaritmice descriu cel mai bine tendințele de evoluție a volumelor de trafic. Se menționează faptul că funcțiile evaluate nu au rolul de a formula predicții pe termen scurt ale evoluției traficului, ci de a furniza informații asupra tendințelor pe termen lung de creștere sau scădere a volumelor. În acest sens, este indicată stabilirea funcțiilor logaritmice pe baza unor informații colectate pe termen cât mai lung posibil. Funcțiile logaritmice de regresie liniară urmărite au forma generală (ec.(4.25)):

$$f(x) = a \cdot \ln(x) + b \quad (4.25)$$

unde:

a, b – coeficienți de regresie evaluați în MS Excel, utilizând funcțiile INDEX și LINEST, pe baza volumelor de trafic și a zilelor studiate (în format numeric).

- estimarea valorilor funcțiilor logaritmice propuse, pentru anii 2020, 2025, 2030 și 2035 (similar procedurii din AND 584-2012 [93]), pentru fiecare categorie de autovehicule considerată;
- evaluarea coeficienților de evoluție a traficului, prin împărțirea valorilor funcțiilor aferente anilor de afectare la valorile corespunzătoare anului de bază.

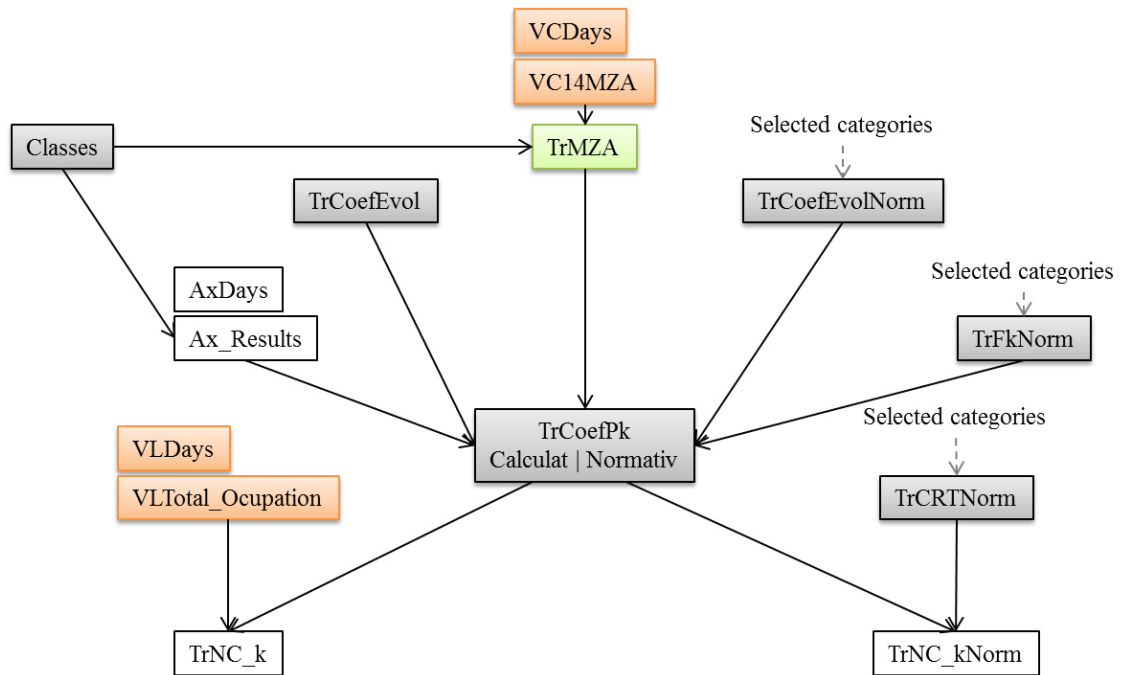
Se precizează faptul că estimarea tendinței medii de evoluție a traficului contribuie la îmbunătățirea performanței predicțiilor de trafic [8]. Stabilirea unor modele logaritmice de regresie liniară au rolul de a oferi o imagine asupra evoluției volumelor de trafic, pornind de la informațiile colectate utilizând un sistem WIM.

- Apelarea succesivă a butoanelor 14 și 15 (Fig. 4.43, Tab. 4.37) conduce la afișarea rezultatului pentru traficul de calcul  $N_c$  (casetă 16, Fig. 4.43, Tab. 4.37), evaluat prin codul implementat în VBA pentru funcționalitatea TRANSofT.

### ***segmentul 2:***

- Coeficientul de repartiție transversală a traficului  $c_{rt}$  este obținut din tabelul standardizat (Tab. 4.35) [93], în funcție de categoria de drum (buton 17, Fig. 4.43, Tab. 4.37) și numărul benzilor de circulație (buton 18, Fig. 4.43, Tab. 4.37);
- Factorii  $f_k$  de echivalare a vehiculelor reale în osii standard sunt, de asemenea, extrași de către TRANSofT din tabelul standardizat (Tab. 4.33) [93], în funcție de tipul structurii rutiere (buton 19, Fig. 4.43, Tab. 4.37);
- Coeficienții de evoluție a traficului utilizați în evaluarea  $N_c$  sunt obținuți din tabelele standardizate [93], în funcție de categoria drumului (buton 20, Fig. 4.43, Tab. 4.37) și scenariul preconizat (buton 21, Fig. 4.43, Tab. 4.37);
- Apelarea succesivă a butoanelor 22 și 23 (Fig. 4.43, Tab. 4.37) conduce la afișarea rezultatului pentru traficul de calcul  $N_c$  (casetă 24, Fig. 4.43, Tab. 4.37), evaluat prin codul implementat în VBA pentru funcționalitatea TRANSofT.

Caseta verde din schema logică a funcției pentru evaluarea  $N_c$  (Fig. 4.44) reprezintă un modul de calcul apelat din interfața grafică a funcției. Casetele albe sunt elemente de fundal, apelate indirect, necesare funcționalității aplicației. Casetele roșii sunt elemente preluate din alte funcții TRANSofT, care intră în calculul  $N_c$ , alături de alți factori.

Fig. 4.44 Schemă logică funcție TRANSofT pentru calcul  $N_c$ 

### 4.3.9 Determinarea traficului de calcul pentru proiectarea și verificarea drumurilor din punct de vedere al capacității de circulație

#### 4.3.9.1 Generalități

Traficul de calcul pentru proiectarea și verificarea drumurilor din punct de vedere al capacității de circulație este debitul orar de calcul  $Q_C$ , exprimat în vehicule etalon/oră. Vehiculul etalon este autoturismul. Pentru toate categoriile de drumuri, debitul orar de calcul reprezintă debitul pe sensul de circulație cel mai încărcat [93].

Pentru dimensionarea unui drum sau pentru stabilirea nivelului de serviciu al unui sector de drum, este necesar ca debitul orar de calcul să nu depășească debitul de serviciu corespunzător nivelului maxim de serviciu admis pe categoria respectivă de drum (ec.(4.26) [93]):

$$Q_C \leq Q_{Si} \quad (4.26)$$

unde:

$Q_{Si}$  – debitul de serviciu corespunzător nivelului de serviciu admisibil „i”, stabilit conform PD 189-2000 [92].

Debitul de serviciu  $Q_{Si}$ , exprimat în vehicule etalon-autoturisme/oră, reprezintă numărul maxim de vehicule care pot trece printr-o secțiune de drum sau bandă de circulație, cu asigurarea unor condiții de circulație (nivel de serviciu) date. În general, evaluarea  $Q_{Si}$  depinde de o serie de factori [92]:

- numărul benzilor de circulație;
- lățimea carosabilului și obstacolele laterale;
- distribuția orară a traficului și orele de vârf;
- caracterul zonei studiate.

Factorii enumerați anterior influențează debitul maxim de serviciu, aferent condițiilor ideale de trafic. Capacitatea de circulație, exprimată în vehicule etalon-autoturisme/oră, reprezintă numărul maxim de vehicule care pot trece într-o unitate de timp printr-o secțiune de drum sau bandă de circulație dată [92]. Capacitatea de circulație în condiții ideale (Tab. 4.38 [92]) variază în funcție de categoria drumului.



Tab. 4.38 Capacitatea de circulație în condiții ideale [92]

Categoria de drum	Drumuri cu 2 benzi de circulație	Drumuri cu 4 sau 6 benzi de circulație	Autostrăzi 2x2 benzi	Autostrăzi 2x3 benzi
Capacitatea de circulație în condiții ideale	2800 veh. etalon/oră/ambele benzi	2200 veh. etalon/oră/bandă		2300 veh. etalon/oră/bandă

În ceea ce privește un sector de drum, calitatea serviciilor descrie funcționalitatea construcției respective din punct de vedere al utilizatorului. Principalii factori, evaluați printr-o serie de măsuri specifice, care stau la baza percepției utilizatorilor despre calitatea serviciilor sunt [32]:

- timpul de deplasare;
- viteza de deplasare;
- întârzierile în trafic;
- numărul de opriri necesare;
- manevrabilitate și confort;
- siguranța circulației;
- costurile deplasărilor;
- disponibilitatea informațiilor în trafic etc.

Nivelul de serviciu reprezintă o serie de aprecieri cantitative asupra măsurilor de performanță care stau la baza percepției utilizatorilor despre calitatea serviciilor pe un sector de drum [32]. Măsurile de evaluare sunt grupate în diferite categorii, conducând la stabilirea a 6 (șase) niveluri de serviciu, notate cu litere de la A (condiții ideale) la F (condițiile cele mai defavorabile) [92].

În România, debitul orar de calcul  $Q_C$  se stabilește pe baza debitului orar corespunzător celei de-a 50-a oră de vârf. Acesta se determină pe curba de debite orare clasate, rezultate din măsurătorile continue efectuate pe durata unui an de zile. Atunci când nu se dispune de măsurători continue pe durata unui an, debitul orar de calcul se poate estima pe baza intensității medii zilnice anuale, în vehicule etalon ( $MZA_E$ ), și a factorului de vârf  $F_V$  (PHF):

- pentru drumuri cu 2 și 3 benzi de circulație (ec.(4.27) [93]):

$$Q_C = MZA_E \cdot \frac{K}{PHF} \quad (4.27)$$

- pentru drumuri cu cel puțin 4 benzi de circulație și pentru autostrăzi (ec.(4.28) [93]):

$$Q_{CD} = MZA_E \cdot \frac{K}{PHF} \cdot D \quad (4.28)$$

unde:

$Q_C$  – debitul orar de calcul în ambele sensuri de circulație [vehicule etalon/oră];

$Q_{CD}$  – debitul orar de calcul pe sensul de circulație cel mai solicitat [vehicule etalon/oră];

$MZA_E$  – intensitatea medie zilnică anuală a traficului în ambele sensuri de circulație [vehicule etalon/zi];

$K$  – raportul între debitul orar corespunzător celei de-a 50-a oră de vârf și  $MZA_E$ ;

$D$  – ponderea din  $Q_C$  a traficului de pe sensul de circulație cel mai încărcat;

$F_V$  (PHF) – factorul orei de vârf.

În cazul construirii sau modernizării unui drum nou sau a unei autostrăzi, debitul orar de calcul  $Q_C$  se stabilește pentru o perioadă de perspectivă de cel puțin 15 ani. Pentru estimarea anului în care este necesară sporirea capacității de circulație a unui drum, se determină prognoza debitelor orare de calcul, la intervale de câte 5 ani. Pentru stabilirea nivelului de serviciu actual pe un drum existent, debitul orar de calcul se determină pentru anul de bază al traficului [93].

Etaplele determinării debitului orar de calcul  $Q_C$  pentru proiectarea și verificarea drumurilor din punct de vedere al capacității de circulație sunt următoarele:

1. Stabilirea anului sau anilor pentru care se determină debitul orar de calcul.
2. Evaluarea intensității traficului mediu zilnic anual MZA, pe grupe de vehicule, pentru anul de bază.
3. Stabilirea coeficienților de evoluție a traficului în perspectivă, pe grupe de vehicule.
4. Stabilirea coeficienților de echivalare a traficului în vehicule etalon, pe grupe de vehicule, în funcție de relief.
5. Evaluarea intensității traficului mediu zilnic anual, în vehicule etalon autoturisme/24 ore, în funcție de anul pentru care este necesară determinarea debitului orar de calcul (ec.(4.29) [93]):

$$MZA_{E,i} = \sum_{k=1}^n (MZA_k \cdot p_{k,i} \cdot c_k) \quad (4.29)$$

unde:

$MZA_{E,i}$  – intensitatea medie zilnică anuală a traficului, în anul „i” [vehicule etalon/zi];

$MZA_k$  – intensitatea medie zilnică anuală a traficului din anul de bază, pentru grupa „k” de vehicule;

$p_{k,i}$  – coeficient de evoluție a traficului, pentru grupa „k” de vehicule, în anul „i”;

$c_k$  – coeficient de echivalare a vehiculelor fizice din grupa „k” în vehicule etalon autoturisme.

MZA se poate evalua și utilizând un model de afectare a traficului, calibrat pentru anul de bază.

6. Determinarea coeficienților K, D și  $F_V$ .

Determinarea raportului K între debitul orar corespunzător celei de-a 50-a oră de vârf și  $MZA_E$  se poate realiza direct, utilizând curba de debite orare clasate, rezultată din măsurătorile continue efectuate pe durata unui an de zile. Dacă nu există astfel de măsurători, se adoptă valori orientative, în funcție de categoria drumului și caracteristicile circulației rutiere (Tab. 4.39 [93]).

Tab. 4.39 Raport K – valori recomandate [93]

Categorია de drum	Drumuri publice, exclusiv străzi				Autostrăzi
	2 benzi		4 benzi		2x2, 2x3
Caracteristici/ zone trafic	normal	trafic sezonier important	zone suburbane și traversare localități	interurban	extraurban
K	0,08; 0,10	0,12	0,08; 0,10	0,10; 0,12	0,08; 0,10 0,10; 0,12

Determinarea ponderii D a traficului de pe sensul de circulație cel mai încărcat se poate realiza direct, prin măsurători manuale sau automate, pe senzori de circulație. Altfel, se pot adopta valori orientative, în funcție de categoria drumului și zonele traversate (Tab. 4.40 [93]).

Tab. 4.40 Raport D – valori recomandate [93]

Categorია de drum	Drumuri cu 4 benzi de circulație		Autostrăzi
	rurală, suburbană	între localități	extraurban
D	0,55; 0,63	0,55; 0,65	0,55; 0,65

Atât pentru coeficientul K, cât și pentru D, se recomandă adoptarea valorilor mai mici pentru perioadele de perspectivă [93].

Factorul orei de vârf PHF se poate determina prin măsurători directe. Dacă acest lucru nu este posibil sau nu se dispune de astfel de măsurători, se adoptă valori orientative, în funcție de categoria de drum (Tab. 4.41 [93]).

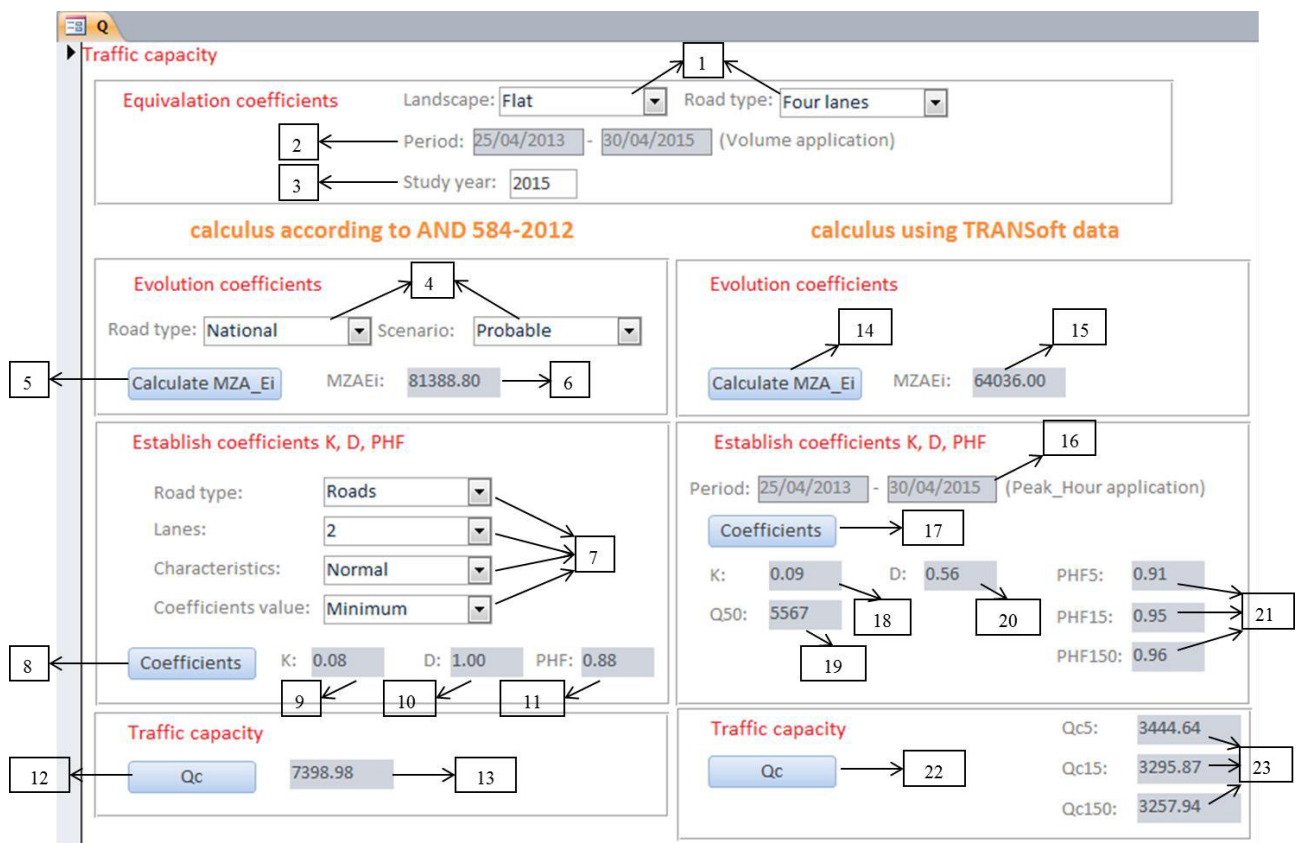
Tab. 4.41 PHF – valori recomandate [93]

Categoria de drum	Drumuri cu 2 benzi de circulație	Drumuri cu 4 benzi de circulație		Autostrăzi
Caracteristicile zonei traversate	rurală, între localități	rurală, suburbană	între localități	extraurban
F <sub>V</sub>	0,88	0,95	0,88	0,94

#### 7. Determinarea debitului orar de calcul ( $Q_C$ sau $Q_{CD}$ ) (ec.(4.27), ec.(4.28)).

#### 4.3.9.2 Interfața și funcționalitatea TRANSofT pentru studiul capacității de circulație

Interfața grafică a funcției pentru studiul capacității de circulație cuprinde o serie de butoane, casete text, casete combo și casete de selectare (Fig. 4.45). Fiecare buton/casetă are o anumită semnificație (Tab. 4.42), evaluarea parametrilor realizându-se prin funcții de calcul definite în cadrul aplicației TRANSofT. Butoanele destinate evaluării parametrilor de trafic apelează funcțiile corespunzătoare (Tab. 4.42).

Fig. 4.45 Interfața grafică funcție evaluare debit  $Q_c$ Tab. 4.42 Semnificație butoane interfață funcție evaluare debit  $Q_c$ 

Buton/casetă	Semnificație
1	Criterii selecție coeficienți de echivalare din normativ
2	Perioada considerată pentru calcul MZA (în modulul VolbyClass din aplicația Volume)
3	Anul de studiu
4	Criterii selecție coeficienți de evoluție din normativ

Buton/ casetă	Semnificație
5	Buton calcul $MZA_{E,i}$ folosind coeficienții de evoluție din normativ
6	Valoare $MZA_{E,i}$ calculată folosind coeficienții de evoluție din normativ
7	Criterii selecție coeficienți K, D, $F_V$ din normativ
8	Buton încărcare coeficienți K, D, $F_V$ din normativ
9	Valoare coeficient K din normativ
10	Valoare coeficient D din normativ
11	Valoare coeficient $F_V$ din normativ
12	Buton calcul $Q_C$ bazat pe coeficienți din normativ
13	Valoare $Q_C$ bazat pe coeficienți din normativ
14	Buton calcul $MZA_{E,i}$ folosind coeficienții de evoluție identificați
15	Valoare $MZA_{E,i}$ calculată folosind coeficienții de evoluție identificați
16	Perioada considerată pentru calculul factorului orei de vârf (în aplicația Peak_Hour)
17	Buton calcul coeficienți
18	Valoare coeficient K calculat
19	Valoare $Q_{50}$ utilizată pentru calculul coeficientului K
20	Valoare coeficient D calculat
21	Valori coeficient $F_V$ calculate prin 3 metode
22	Buton calcul $Q_C$ bazat pe coeficienți calculați prin TRANSofT
23	Valori $Q_C$ bazate pe coeficienți calculați

Determinarea debitului de calcul  $Q_C$  pentru verificarea și dimensionarea drumurilor din punct de vedere al capacității de circulație s-a realizat conform prevederilor AND 584-2012 [93]. Debitul de calcul  $Q_C$ , exprimat în veh.etalon/oră (ec.(4.27), ec.(4.28)), a fost evaluat prin 2 (două) metode (par. 4.3.9.1):

- utilizând volumele de trafic și coeficienții de calcul obținuți prin prelucrarea datelor HS-WIM utilizând TRANSofT;
- utilizând volumele de trafic HS-WIM prelucrate cu TRANSofT și coeficienții de calcul standardizați [93].

Ambele metode se bazează pe coeficienții standardizați de echivalare a vehiculelor fizice în vehicule etalon – autoturisme [93].

Prima etapă a evaluării (Fig. 4.45) presupune selectarea anului de bază, a tipului de relief în care este amplasat sectorul de drum studiat, precum și a numărului de benzi, în vederea echivalării vehiculelor reale în vehicule etalon – autoturisme. Această etapă este comună pentru cele două ipoteze de calcul.

Evaluarea debitului  $Q_C$  utilizând coeficienți standardizați conduce la evaluarea  $MZA_{E,i}$ . De asemenea, pornind de la informațiile selectate de către utilizator referitor la categoria drumului, numărul de benzi și locație, TRANSofT afișează raportul K, ponderea D și factorul PHF, din tabelele standardizate [93] (Fig. 4.45).

Evaluarea debitului  $Q_C$  utilizând volumele și coeficienții TRANSofT presupune calculul  $MZA_{E,i}$  pe baza coeficienților de evoluție ai traficului în perspectivă obținuți în prealabil, utilizând funcții logaritmice de regresie liniară. Pe baza informațiilor de trafic colectate cu sistemul HS-WIM și procesate prin TRANSofT, se determină atât raportul K între debitul orar corespunzător celei de-a 50-a oră de vârf și  $MZA_E$ , cât și ponderea D a traficului de pe sensul de circulație cel mai încărcat. Factorul orei de vârf s-a evaluat în cele 3 (trei) ipoteze considerate pentru intervalele suborare de vârf, ca medii aritmetice ale tuturor valorilor PHF pentru orele de vârf zilnice.

## CAP. 5 PRELUCRAREA DATELOR OBTINUTE CU SISTEMUL WIM

### 5.1 Date de trafic utilizate

Sistemul utilizat în cadrul prezentei lucrări este un sistem de cântărire în mișcare HS-WIM, de tip Hi-Trac EMU 100+, proprietate a Universității Tehnice din Cluj Napoca, furnizat de către TDC Systems Ltd. Marea Britanie. Dispozitivul a fost instalat pe drumul național DN1 (E60), la limita vestică a municipiului Cluj Napoca, România (par. 3.6.9).

Sistemul a devenit funcțional la data de 24 aprilie 2013. Datele utilizate în cadrul prezentei lucrări au fost colectate în perioada 25 aprilie 2013 – 30 aprilie 2015 (736 zile). Durata încărcării tuturor fișierelor MS Access din baza de date WIM variază în funcție de capacitatea calculatorului utilizat (Tab. 5.1, Fig. 5.1). Finalitatea operațiunii este însoțită de un mesaj de confirmare pentru utilizator.

Tab. 5.1 TRANSofT – durate comparative încărcare date trafic

Nr. crt.	Început studiu	Sfârșit studiu	Procesor	Memorie RAM	Durată încărcare [min:sec]	Fig.
1	25.04.2013	30.04.2015	Intel Core i7, 2 Ghz	8 GB	7:54	Fig. 5.1 stg.
2			Intel Core i3, 2,1 Ghz	4 GB	10:15	Fig. 5.1 dr.

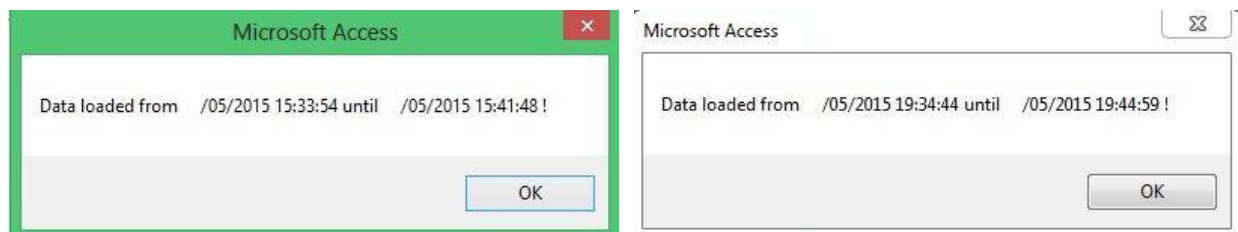


Fig. 5.1 TRANSofT – durate comparative încărcare date trafic

Necesitatea efectuării unor lucrări de întreținere, formatare și recalibrare a unității electronice a sistemului HS-WIM a determinat suspendarea temporară a funcționării acestuia în următoarele perioade:

- 18 iulie 2013 – 11 august 2013;
- 1 iulie 2014 – 13 iulie 2014;
- 20 decembrie 2014 – 21 ianuarie 2015.

De asemenea, datorită unor erori de scurtă durată survenite la înregistrarea sau descărcarea datelor, unele zile nu au fost monitorizate deloc sau nu dispun de informații complete.

Astfel, pentru perioada de studiu de 736 zile, s-a beneficiat de informații complete în 615 zile (83,6 %) (Fig. 5.2).

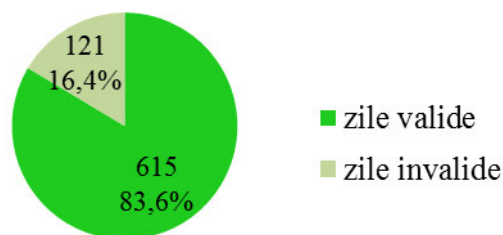


Fig. 5.2 Validitate zile monitorizate

## 5.2 Verificarea validității datelor

TRANSofT include funcții cu rol de verificare a validității datelor și corectare a fișierelor care cuprind informații eronate. Astfel, s-au efectuat următoarele operațiuni de filtrare și rafinare a bazei de date, utilizând funcțiile dedicate:

- În perioada 12 august 2013 – 30 iunie 2014, după prima întrerupere a funcționării sale, sistemul HS-WIM a exportat fișierele MS Access ale bazei de date având denumirile în limba română. Acest lucru contravine principiului de implementare a aplicației, care presupune respectarea formatului internațional pentru numele fișierelor MS Access (par. 4.2). Astfel, s-a apelat funcția de modificare a denumirii fișierelor în cauză, având ca rezultat validarea acestora, conform formatului impus în TRANSofT.
- Fișierele din baza de date încadrează sensurile de deplasare ale vehiculelor în 4 categorii: nord, sud, est sau vest. Având în vedere orientarea sistemului HS-WIM utilizat (VSV–ENE) și posibilitatea de a efectua manevre în locația studiată, se consideră drept valabile doar înregistrările care prevăd deplasarea vehiculelor către est sau vest. Izolat, au fost întâlnite înregistrări eronate ale unor vehicule deplasându-se către nord sau sud. Apelarea funcției TRANSofT de verificare a sensurilor de deplasare a condus la eliminarea înregistrărilor respective.
- Unitatea electronică Hi-Trac EMU utilizată nu a fost configurată pentru actualizarea automată a orei, conform procedurii de trecere la ora de vară (par. 4.3.1.2). Având în vedere faptul că România utilizează această procedură, s-a apelat funcția de corectare a datelor din coloana orelor de înregistrare. La momentul implementării sale, sistemul HS-WIM a fost configurat pentru ora de vară. Astfel, s-au aplicat corecturi ale fișierelor din baza de date aferente perioadelor: 27.10.2013 – 30.03.2014, respectiv 26.10.2014 – 29.03.2015.
- Ținând cont de capabilitățile sistemului HS-WIM utilizat, a fost apelată funcția de eliminare a înregistrărilor care indică vehicule cu o singură osie.
- Similar înregistrărilor eronate ale sensurilor de deplasare, s-a apelat și funcția de eliminare a erorilor referitoare la benzile de circulație. În locația studiată, partea carosabilă cuprinde 4 (patru) benzi de circulație. Au fost întâlnite înregistrări ale unor vehicule deplasându-se pe benzi inexistente în realitate, astfel încât liniile respective au fost eliminate din baza de date WIM. Totodată, există o relație între numărul benzii și sensul de deplasare (Fig. 3.43, Tab. 5.2):

Tab. 5.2 Corelare număr benzi – sensuri de deplasare

Număr bandă de circulație	Sens de deplasare
1	Est
2	Est
3	Vest
4	Vest

- Sistemul utilizat a înregistrat vehicule deplasându-se cu viteze de sub 5 km/h sau peste 180 km/h (limitele sistemului – Tab. 3.2). Numărul înregistrărilor respective este redus. S-a apelat funcția de eliminare a rândurilor în cauză, considerându-se că ele reprezintă erori ale unității electronice de procesare a datelor.
- Au fost verificate toate fișierele zilnice din baza de date, în vederea identificării acelor care nu dispun de informații complete, datorită unor erori de scurtă durată survenite la înregistrarea sau descărcarea datelor de trafic. Funcția dedicată acestei operațiuni numără orele pentru care există înregistrări în fiecare fișier analizat. Dacă acest număr este diferit de 24, funcția returnează atât data pentru care a identificat situația respectivă, precum și numărul de ore înregistrate.



### 5.2.1 Concluzii și recomandări

Urmare identificării unor situații în care fișierele bazei de date sau conținutul acestora nu au îndeplinit condițiile de validitate impuse, s-au efectuat următoarele operații:

- Au fost redenumite fișierele aferente perioadei 12 august 2013 - 30 iunie 2014, conform formatului impus prin TRANSofT. Aplicația nu limitează formatul inițial al numelor fișierelor MS Access.
- Au fost eliminate înregistrările eronate cuprinzând:
  - vehicule care se deplasează către nord sau sud;
  - vehiculele identificate ca având o singură osie;
  - vehiculele deplasându-se pe benzi inexistente în realitate sau necorelate cu sensul de deplasare;
  - vehiculele ale căror viteze de deplasare au fost sub 5 km/h, respectiv peste 180 km/h.
- S-a realizat corelarea orelor de înregistrare a vehiculelor cu trecerea/revenirea la/de la orele de vară oficiale în România. Astfel, au fost corectate datele din coloana orelor de înregistrare, pentru fișierele aferente perioadelor 27 octombrie 2013 - 30 martie 2014, respectiv 26 octombrie 2014 - 29 martie 2015.

Operațiile amintite pot fi efectuate de către administratori atunci când situația impune acest lucru. Corecțiile efectuate sunt minore și simplu de realizat. Înregistrările din baza de date sunt corespunzătoare, erorile survenite încadrându-se în limite acceptabile. În vederea utilizării adecvate a TRANSofT și obținerii unor rezultate corecte, se recomandă următoarele:

- Colectarea regulată a datelor monitorizate de sistem;
- Acordarea unei atenții sporite integrității și calității fișierelor înregistrate;
- Monitorizarea constantă a stării sistemului HS-WIM;
- Efectuarea intervențiilor și lucrărilor de întreținere necesare în cazul apariției unor situații care impun aceste lucruri.

### 5.3 Studiul volumelor de trafic

Pentru această aplicație, s-au utilizat funcțiile aferente din TRANSofT, autovehiculele monitorizate fiind grupate în 9 categorii (Tab. 4.7). Având în vedere faptul că aplicația a fost concepută în limba engleză, categoriile de vehicule sunt următoarele:

- motorcycles = motocicletate;
- cars = autoturisme;
- vans = microbuze și autocamionete;
- 2-axle lorries = autocamioane cu 2 osii;
- 3 and 4-axle lorries = autocamioane cu 3 și 4 osii;
- articulated lorries = autovehicule articulate;
- buses, coaches = autobuze și autocare;
- tractors, special vehicles = tractoare și vehicule speciale;
- trailers, road trains = trenuri rutiere.

Utilizând aplicația TRANSofT, au fost prelucrate datele de trafic colectate cu sistemul HS-WIM, pentru a furniza:

#### 5.3.1 Volume totale de trafic

Volumul total de trafic înregistrat pentru cele 615 zile monitorizate a fost de 38.598.030 autovehicule. Traficul cel mai intens (28% din total) a fost înregistrat pe banda a doua a sensului de deplasare către vest (banda nr. 3 – HS-WIM, Fig. 3.43) (Fig. 5.3). Distribuția traficului pe sensuri de deplasare arată un echilibru între volumele care se deplasează în cele două sensuri de circulație (Fig. 5.3).

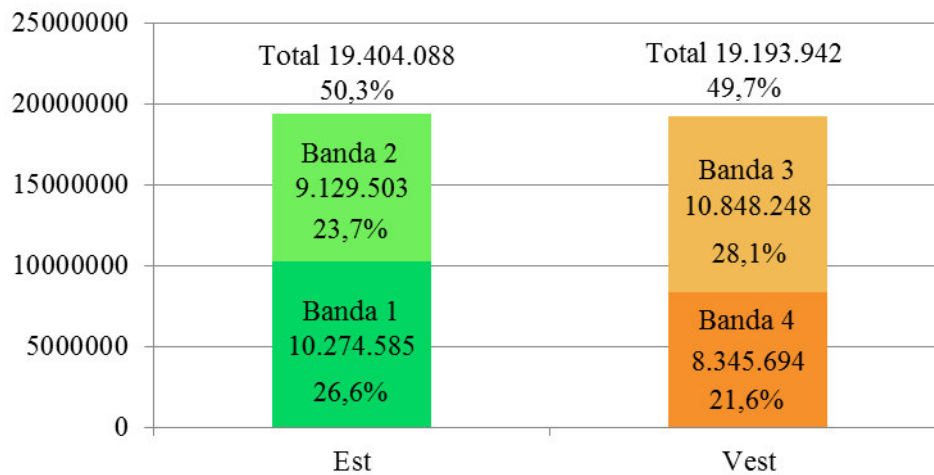


Fig. 5.3 Volume totale: distribuție pe benzi și sensuri de circulație

Circa 95% din volumul total de trafic înregistrat este reprezentat de autoturisme (86,6%), respectiv microbuze și autocamionete (8,3%) (Fig. 5.4). Procentele reduse ale vehiculelor grele se datorează în mare măsură caracteristicilor locației studiate. Sistemul HS-WIM este amplasat la limita vestică dintre zonele urbană și extraurbană a municipiului Cluj Napoca. Zona respectivă este caracterizată de un intens trafic pendular, cuprinzând cu precădere autoturisme. Prezența segmentului de autostradă Gilău – Turda – Câmpia Turzii preia și deviază o mare parte a traficului greu și foarte greu din zona studiată (Fig. 5.5). De asemenea, traseul de deviere prin nord, precum și Varianta Ocolitoare Cluj Est, ocolesc zona sistemului HS-WIM. Astfel, majoritatea autovehiculelor care tranzitează segmentul monitorizat au masa totală sub 3500 kg. Autocamionetele și autocamioanele identificate deservește unitățile economice din regiune. Similar, o mare parte din autobuzele monitorizate efectuează transport de pasageri către și dinspre unitățile comerciale din vecinătatea amplasamentului studiat.

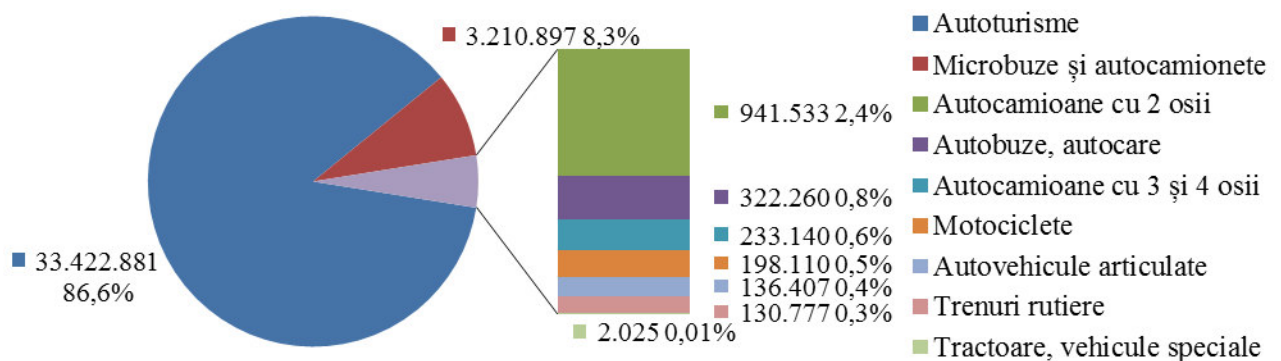


Fig. 5.4 Volume totale: compoziție trafic



Fig. 5.5 Localizare HS-WIM Cluj Napoca – trasee deviere trafic greu (sursa imagine: Google Maps)

Distribuția traficului pe categorii de vehicule, pe sensuri, indică un echilibru (Fig. 5.6) între volumele care se deplasează în cele două sensuri de circulație. Se remarcă atât volumele reduse de tractoare și vehicule speciale, cât și tendințele de deplasare către vest ale autocamioanelor cu 3-4 osii și ale autocarelor (Fig. 5.7).

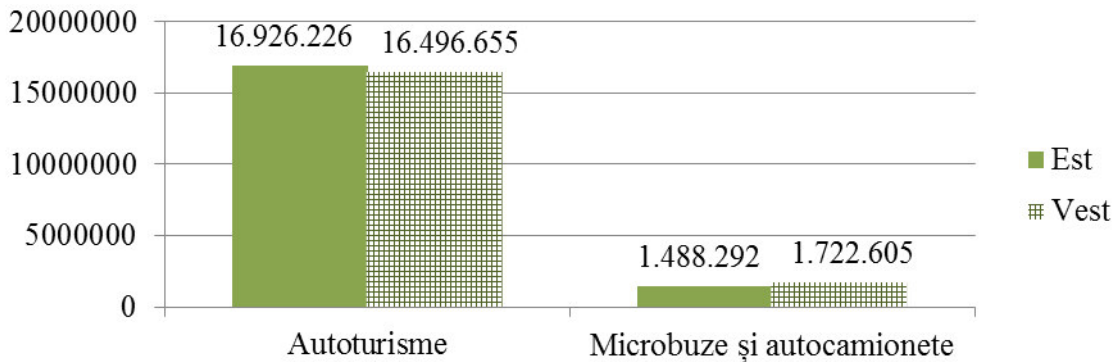


Fig. 5.6 Volume totale: distribuție categorii vehicule, pe sensuri (1/2)

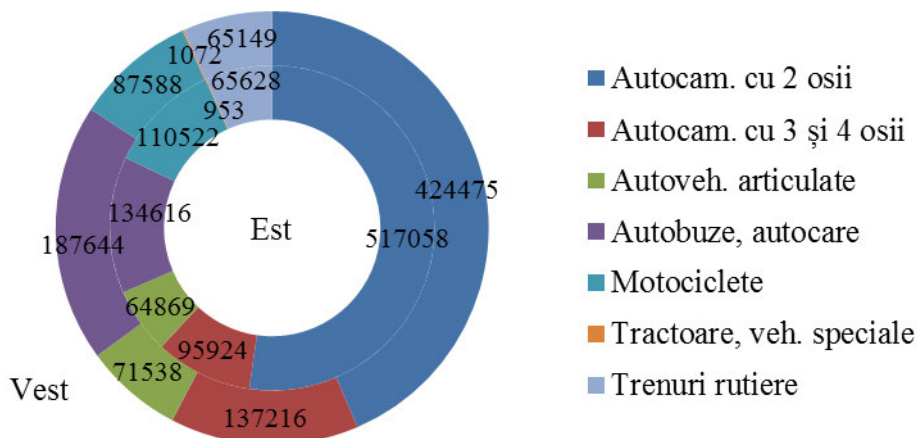


Fig. 5.7 Volume totale: distribuție categorii vehicule, pe sensuri (2/2)

Similar, s-au obținut volumele totale de trafic pentru fiecare categorie de vehicule, aferente fiecărei benzi de circulație (Fig. 5.8, Fig. 5.9). Se remarcă tendința vehiculelor grele și a autobuzelor/autocarelor de a circula pe benzile marginale (nr.1 și nr. 4).

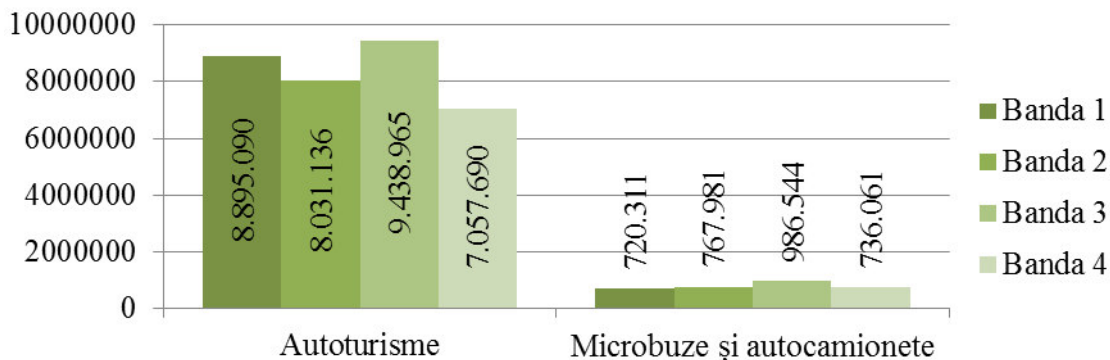


Fig. 5.8 Volume totale: distribuție categorii vehicule, pe benzi (1/2)

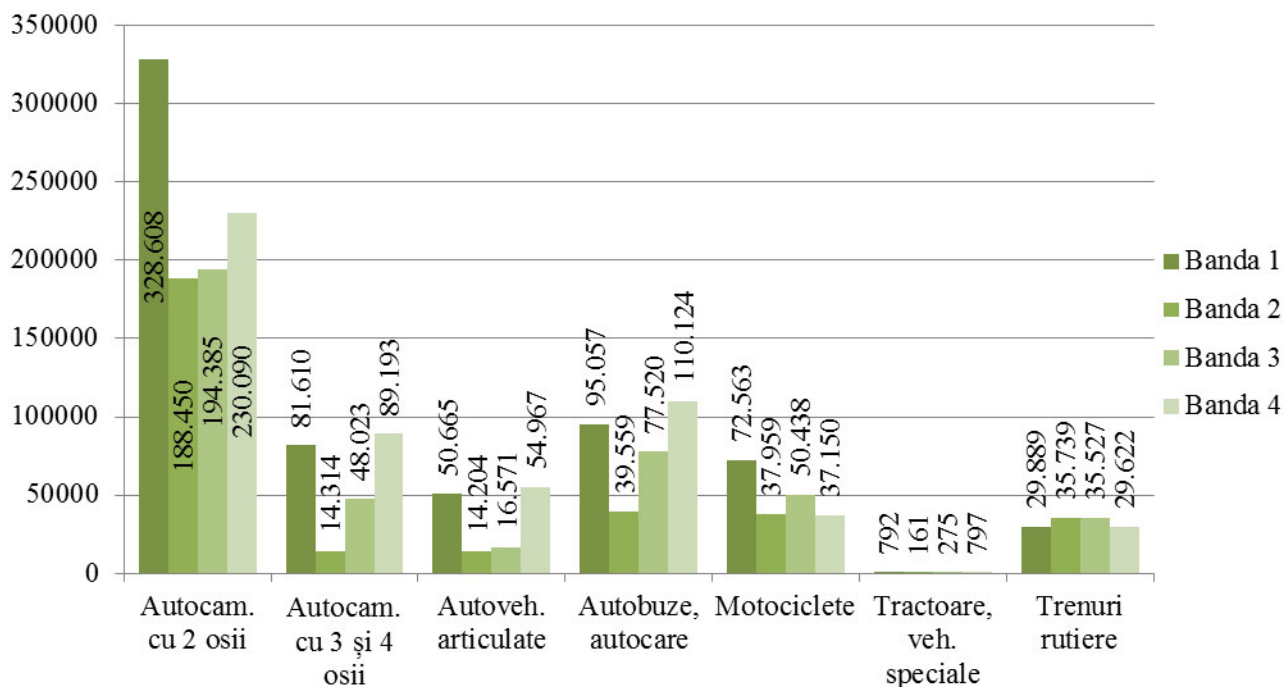


Fig. 5.9 Volume totale: distribuție categorii vehicule, pe benzi (2/2)

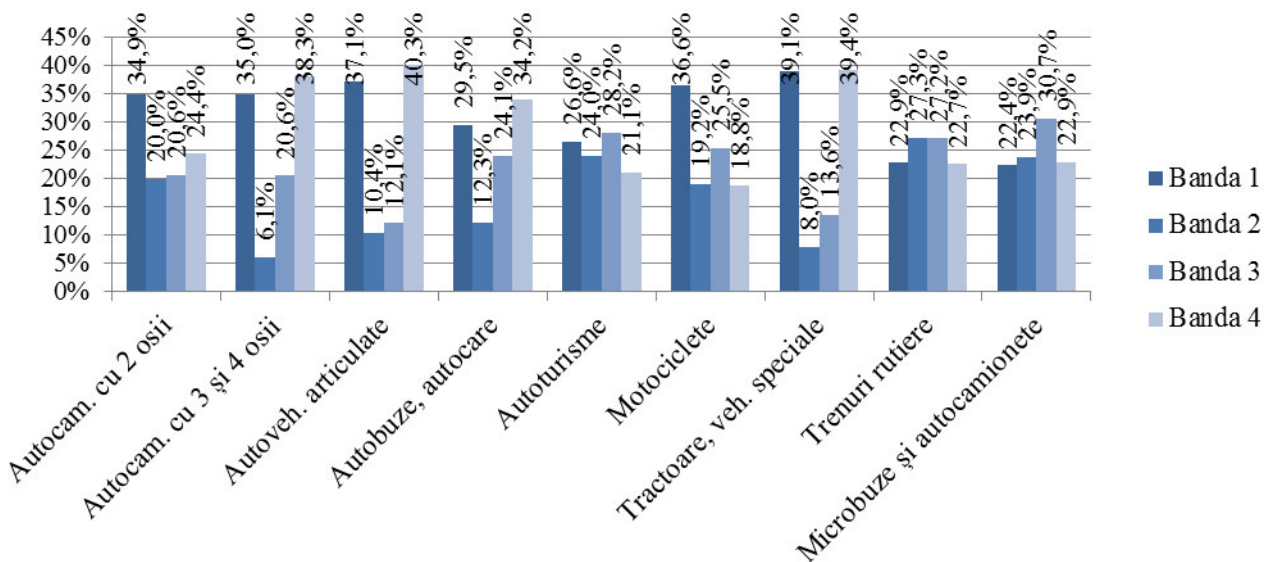


Fig. 5.10 Volume totale: distribuție procentuală trafic, pe benzi de circulație

### 5.3.2 Volume zilnice de trafic

#### 5.3.2.1 Intensitatea medie zilnică anuală

Intensitatea medie zilnică anuală (MZA) totală obținută pentru sectorul studiat este de 62.761 autovehicule. Peste 86% din acestea sunt autoturisme (Fig. 5.4, Tab. 5.3), în baza

considerentelor amintite anterior. Valorile pot fi obținute și separat, în funcție de interesele utilizatorului, prin bifarea/debifarea căsuțelor aferente, în fereastra de dialog a funcției VolByClass (Fig. 4.5).

Tab. 5.3 Valori MZA, pe categorii de vehicule (25.04.2013 – 30.04.2015)

Nr. crt.	Categorie vehicule	MZA [veh/zi]
1	Autoturisme	54346
2	Microbuze și autocamionete	5221
3	Autocam. cu 2 osii	1531
4	Autobuze, autocare	524
5	Autocam. cu 3 și 4 osii	379
6	Motociclete	322
7	Autoveh. articulate	222
8	Trenuri rutiere	213
9	Tractoare, veh. speciale	3
10	TOTAL	62761

Având în vedere faptul că sistemul HS-WIM utilizat este funcțional din aprilie 2013, s-au evaluat și valorile MZA aferente anilor 2013, 2014 și 2015, utilizând datele disponibile, prelucrate prin TRANSofT (Tab. 5.4).

Tab. 5.4 Valori MZA, pe ani de studiu

Nr. crt.	Categorie vehicule	MZA [veh/zi]		
		2013	2014	2015
1	Autoturisme	54013	54112	55803
2	Microbuze și autocamionete	5681	5104	4639
3	Autocam. cu 2 osii	1348	1734	1253
4	Autobuze, autocare	730	433	389
5	Autocam. cu 3 și 4 osii	388	367	400
6	Motociclete	339	326	276
7	Autovehicule articulate	240	211	218
8	Trenuri rutiere	227	207	202
9	Tractoare, veh. speciale	3	3	4
10	TOTAL	62.969	62.497	63.184

În privința variației MZA, se observă o ușoară creștere a numărului de autoturisme în ultimii 2 ani. Se menționează faptul că, pentru anul în curs, datele disponibile la momentul de față sunt încă insuficiente pentru a formula o concluzie clară asupra valorii MZA din 2015. Cu toate acestea, pentru perioada de 2 ani analizată, se observă o creștere cu 3,3% a volumului de trafic utilizând autoturismele (Fig. 5.11). De asemenea, s-a constatat un fenomen de reducere a volumului de trafic în cazul microbuzelor și autocamionetelor, cu circa 18% în ultimii 2 ani (Fig. 5.11). Trafic în scădere s-a mai înregistrat și în cazurile: motocicletelor (19%), autocamioanelor articulate (9%) și a trenurilor rutiere (11%).



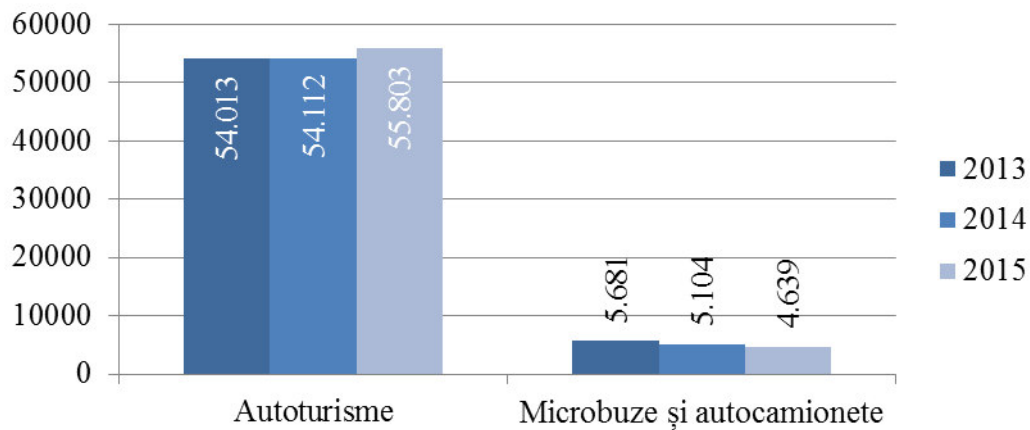


Fig. 5.11 Variație MZA (1/2)

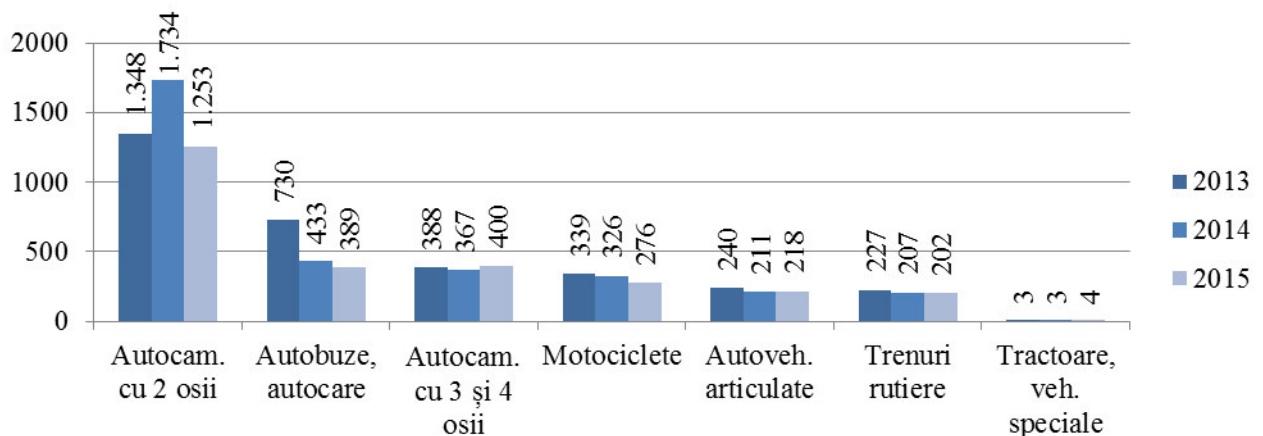


Fig. 5.12 Variație MZA (2/2)

### 5.3.2.2 Variație volume zilnice

Variația volumelor zilnice totale de trafic (Fig. 5.13) pentru perioada studiată indică păstrarea relativă a intervalului de variație, în preajma valorii MZA. Se observă segmentele care indică cele 3 (trei) perioade de inactivitate prelungită, cauzate de remedieri și optimizări aduse sistemului: 18 iulie 2013 – 11 august 2013, 1 iulie 2014 – 13 iulie 2014, respectiv 20 decembrie 2014 – 21 ianuarie 2015. De asemenea, se remarcă situațiile în care s-au înregistrat valori minime ale traficului în zonă. Acestea apar în cazul sărbătorilor legale (Învierea Domnului, Nașterea Domnului, Anul Nou), când volumele scad la circa 40% din mediile obișnuite.

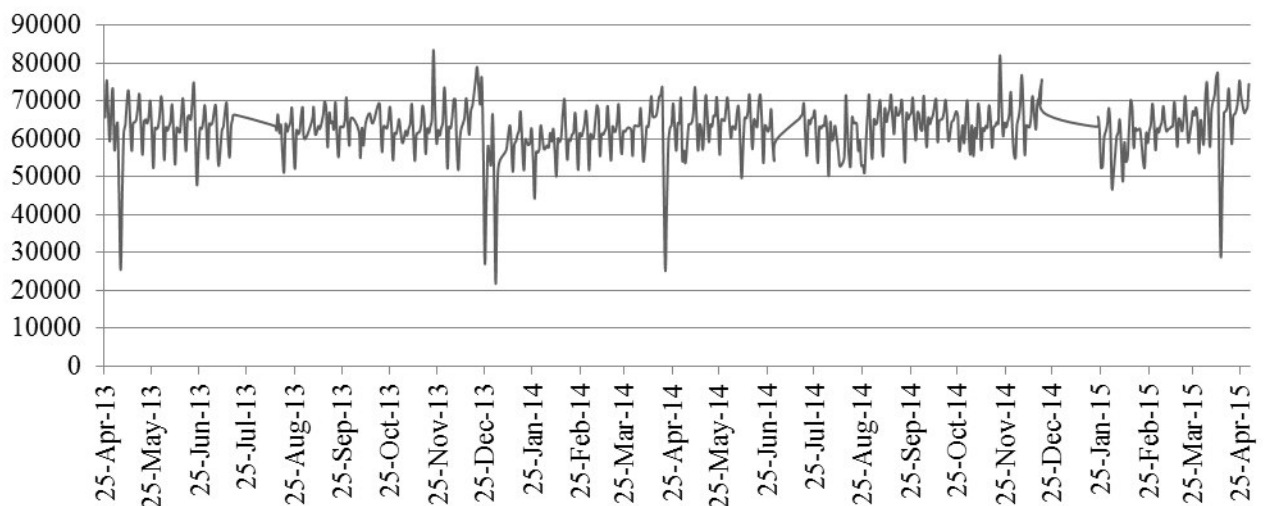


Fig. 5.13 Volume zilnice: variație volume totale trafic



Utilizând proprietatea sistemului HS-WIM de a evalua masele autovehiculelor monitorizate, s-au obținut valorile volumelor de trafic în cazul vehiculelor grele (masa totală > 3500 kg) (Fig. 5.14). Acestea se situează între 0,4% și 4% din volumul total, cu o valoare medie de 2,2%. Principalele aspecte care stau la baza acestor valori reduse sunt: caracteristicile amplasamentului, traficul pendular de autoturisme și traseele alternative pentru traficul greu (Fig. 5.5).

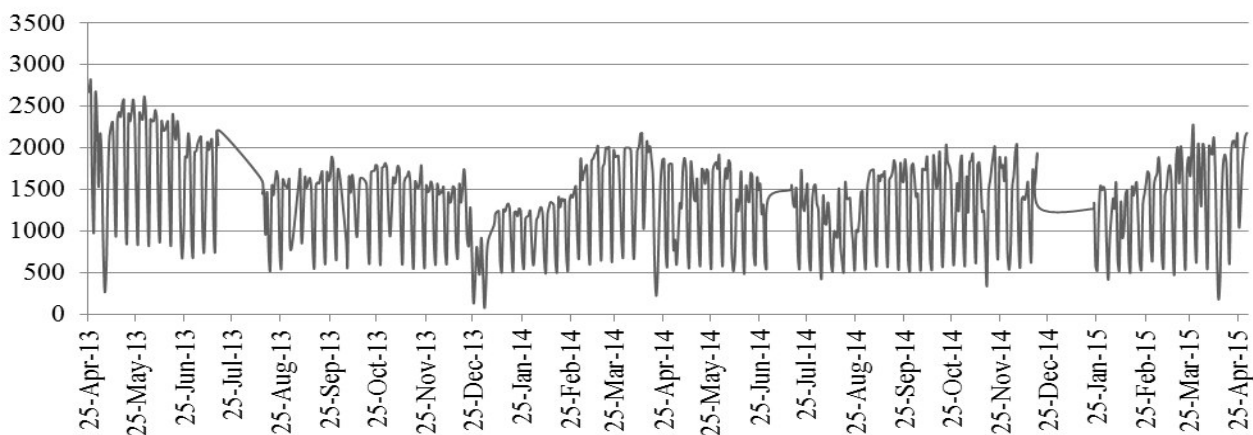


Fig. 5.14 Volume zilnice: variație volume trafic greu

### 5.3.2.3 Intensitatea medie zilnică săptămânală

Evaluarea intensităților medii zilnice săptămânale are ca scop studiul variației volumelor de trafic pe parcursul unui an de zile, la nivel săptămânal. Datele colectate (Fig. 5.15, Fig. 5.16) relevă creșteri substanțiale ale volumului de trafic în perioada sărbătorilor de iarnă. De asemenea, se remarcă reducerea volumelor de trafic în perioadele zilelor libere și sărbătorilor legale (ex. 1 mai, 15 august), precum și în prima săptămână a anului.

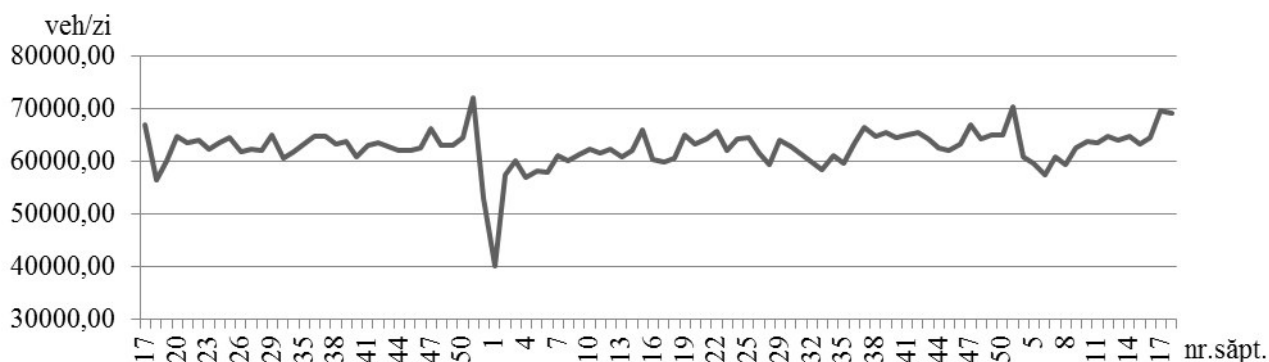


Fig. 5.15 Volume zilnice: medii zilnice săptămânale

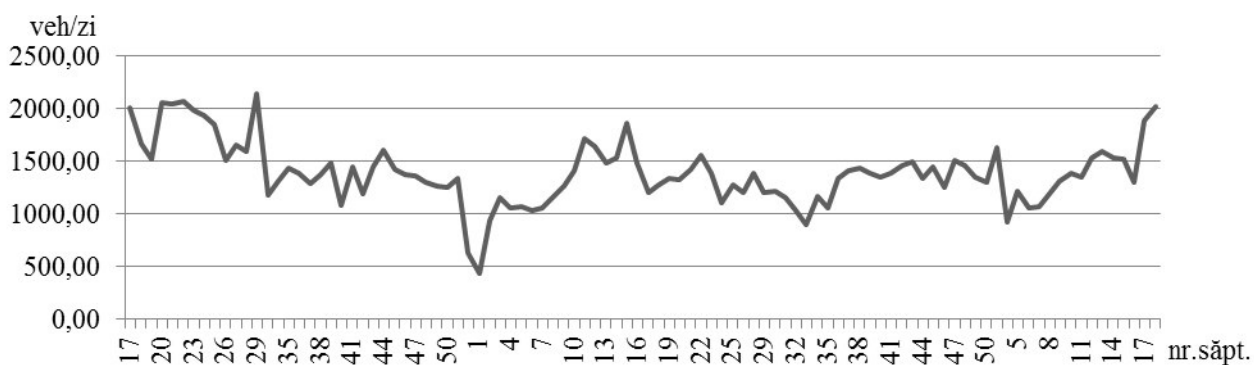


Fig. 5.16 Volume zilnice: medii zilnice săptămânale – vehicule grele

### 5.3.2.4 Intensitatea medie zilnică lunară

Evaluarea intensităților medii zilnice lunare (MZL) (Fig. 5.17) indică valori ridicate de trafic în ultimul trimestru al anului. Valori minime se întâlnesc în perioada ianuarie-februarie, precum și în luna august. Traficul utilizând vehicule grele cunoaște o perioadă de vârf în martie-aprilie, după care descrește spre un minim la sfârșitul verii (Fig. 5.18).

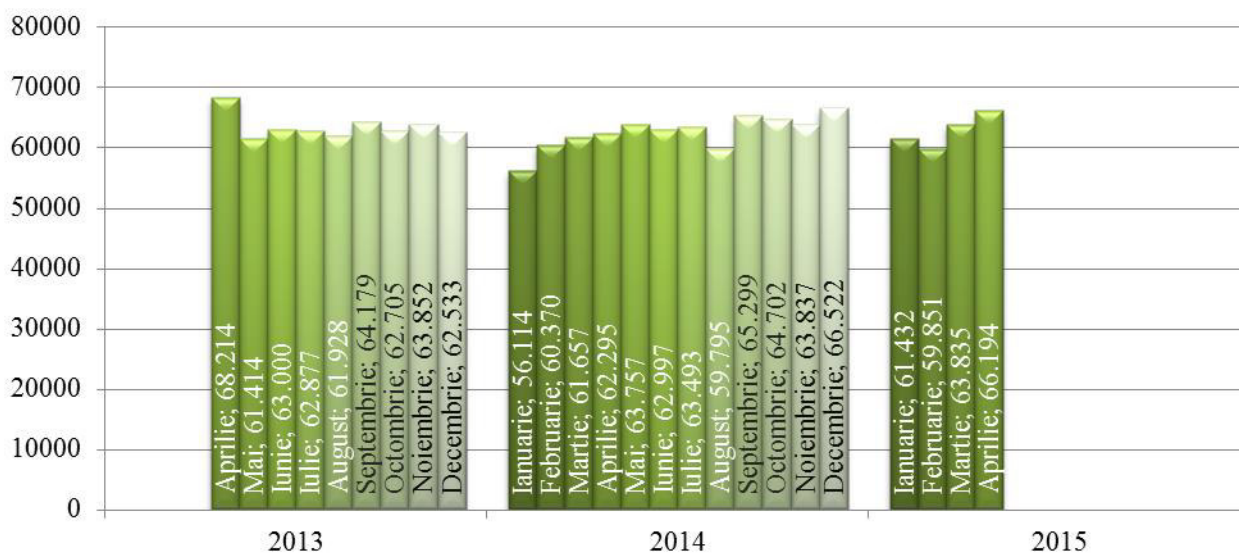


Fig. 5.17 Volume zilnice: valori MZL – total vehicule

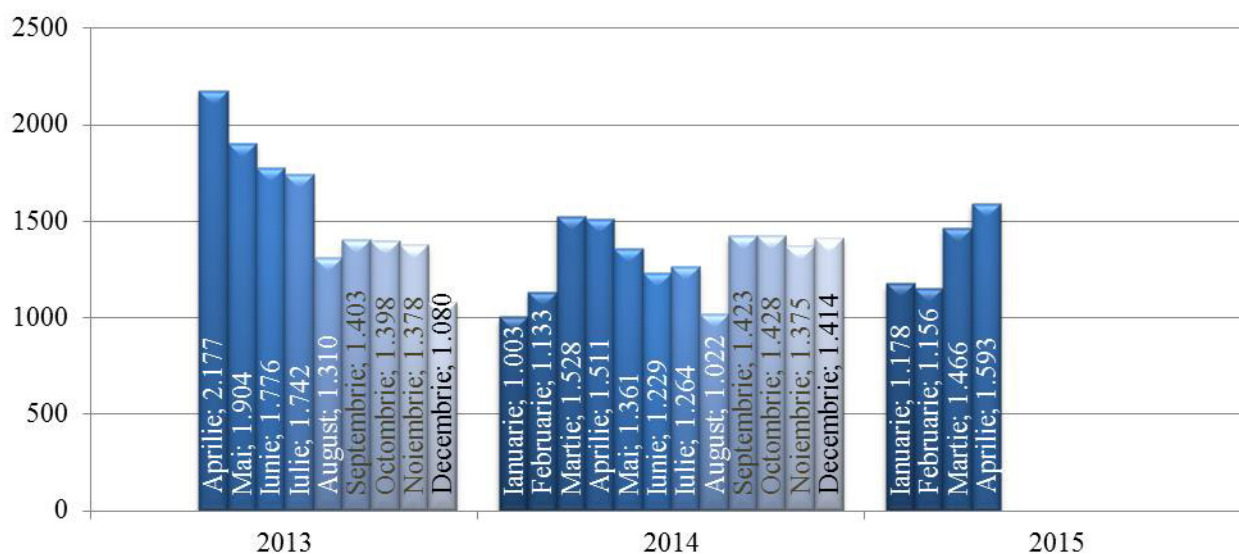


Fig. 5.18 Volume zilnice: valori MZL – vehicule grele

Valorile MZA obținute pe baza MZL, pentru volumele totale de vehicule înregistrate, sunt mai mari cu 0,1...0,7% decât cele evaluate utilizând volume de trafic zilnice, cu excepția celor patru luni studiate în anul 2015 (Tab. 5.5).

Tab. 5.5 Comparație valori MZA

Nr. crt.	Metodă calcul	MZA [veh/zi]		
		2013	2014	2015
1	Volume zilnice	62.969	62.497	63.184
2	MZL	63.412	62.570	62.828

### 5.3.2.5 Intensitatea medie zilnică anuală pentru zile lucrătoare

Similar evaluării MZA, s-a efectuat calculul intensității medii zilnice anuale pentru zile lucrătoare ( $MZA_{ZL}$ ), obținându-se valoarea de 64.434 autovehicule/zi. Se constată astfel faptul că,

în zona analizată,  $MZA_{ZL} > MZA$ . Procentajul autoturismelor din volumul total este de 85,7% (Tab. 5.6).

Tab. 5.6 Valori  $MZA_{ZL}$ , pe categorii de vehicule (25.04.2013 – 30.04.2015)

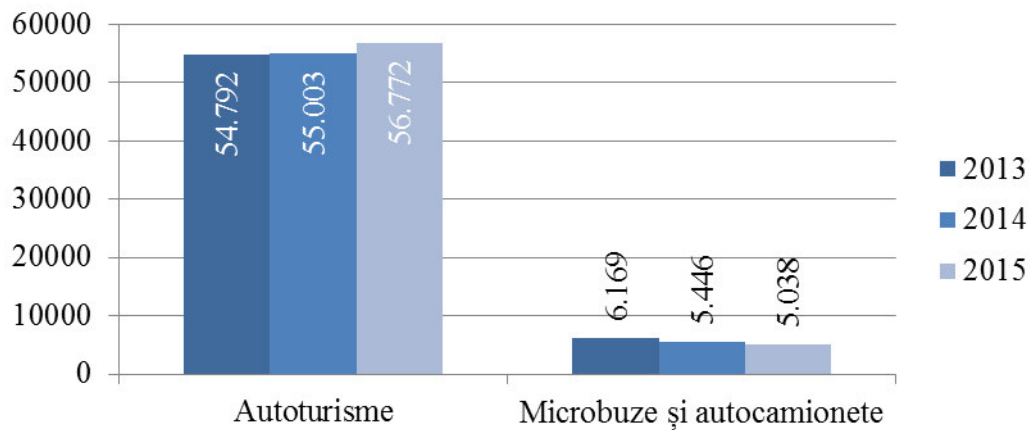
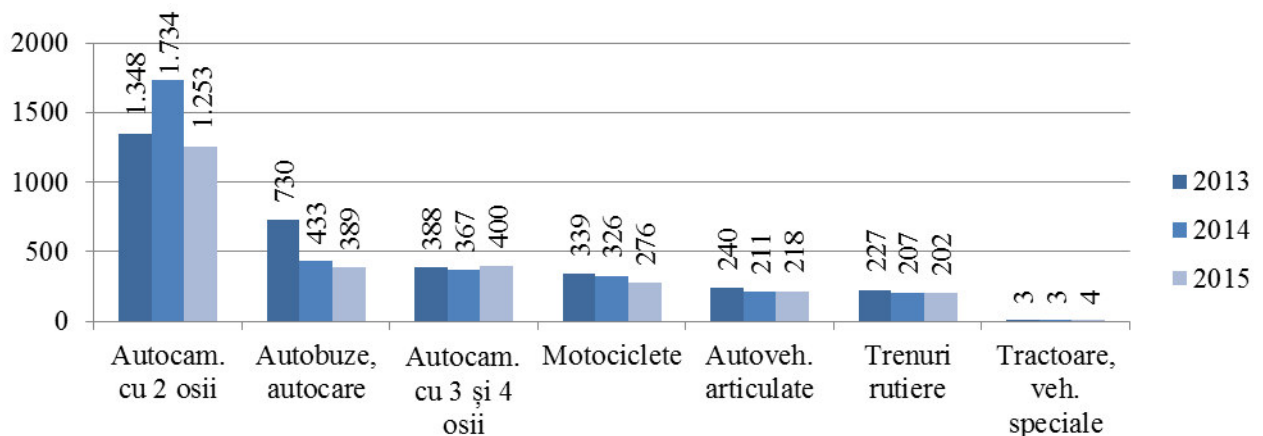
Nr. crt.	Categorie vehicule	$MZA_{ZL}$ [veh/zi]
1	Autoturisme	55214
2	Microbuze și autocamionete	5617
3	Autocam. cu 2 osii	1734
4	Autobuze, autocare	607
5	Autocam. cu 3 și 4 osii	440
6	Motociclete	320
7	Autoveh. articulate	267
8	Trenuri rutiere	231
9	Tractoare, veh. speciale	4
10	TOTAL	64434

Având în vedere faptul că sistemul HS-WIM utilizat este funcțional din aprilie 2013, s-au evaluat și valorile  $MZA_{ZL}$  aferente anilor 2013, 2014 și 2015, utilizând datele disponibile, prelucrate prin TRANSofT (Tab. 5.7).

Tab. 5.7 Valori  $MZA_{ZL}$ , pe ani de studiu

Nr. crt.	Categorie vehicule	$MZA_{ZL}$ [veh/zi]		
		2013	2014	2015
1	Autoturisme	54792	55003	56772
2	Microbuze și autocamionete	6169	5446	5038
3	Autocam. cu 2 osii	1601	1911	1432
4	Autobuze, autocare	847	500	462
5	Autocam. cu 3 și 4 osii	457	422	464
6	Motociclete	334	322	282
7	Autoveh. articulate	290	253	261
8	Trenuri rutiere	243	225	224
9	Tractoare, veh. speciale	4	4	5
10	TOTAL	64.737	64.088	64.940

Similar valorilor  $MZA$ , variația  $MZA_{ZL}$  în ultimii 2 ani indică o creștere a traficului în zile lucrătoare, utilizând autoturismele, de 3,6% (Fig. 5.19). De asemenea, în ultimii 2 ani s-a constatat reducerea volumului de trafic utilizând: microbuzele și autocamionetele (18%), motocicletele (16%), autocamioanele articulate (10%) și trenurile rutiere (8%). Traficul folosind autobuze/autocare este în scădere, respectiv cu autocamioane având 3 și 4 osii este relativ constant (Fig. 5.20).

Fig. 5.19 Variație MZA<sub>ZL</sub> (1/2)Fig. 5.20 Variație MZA<sub>ZL</sub> (2/2)

### 5.3.3 Repartiția transversală a traficului

TRANSofT include funcția VolByLane, care prelucrează datele de trafic înregistrate și furnizează repartiția transversală a traficului pe benzile de circulație. Pentru perioada analizată, s-a obținut un coeficient mediu al repartiției transversale  $c_{rt} = 0,28$  (Tab. 5.8).

Coeficientul de repartiție transversală a traficului este un parametru utilizat pentru evaluarea traficului de calcul  $N_c$  pentru dimensionarea structurilor rutiere sau straturilor de ranforsare. Valorile  $c_{rt}$  prevăzute în AND 584-2002 [94] și AND 584-2012 [93] pentru drumuri cu 4 benzi de circulație (similare celui analizat) este  $c_{rt} = 0,35$ , semnificativ diferită față de rezultatele obținute utilizând sistemul HS-WIM (Tab. 5.8).

Tab. 5.8 Coeficienți de repartiție transversală – total

Banda de circulație	Sens de deplasare	$c_{rt}$	
		HS-WIM	AND 584
1	est	0,27	0,35
2	est	0,24	
3	vest	0,28	
4	vest	0,22	

Traficul tinde să se desfășoare pe banda nr. 3 (banda a doua a sensului de deplasare către vest). Valorile  $c_{rt}$  întâlnite variază între 0,10 (banda nr. 1) și 0,34 (banda nr. 3), cu precădere în perioada august 2014 (Tab. 5.9).

Tab. 5.9 Coeficienți de repartitie transversală – valori maxime, minime

Data	Ziua săptămânii	Banda	$c_{rt,max}$
22-Aug-14	vineri	3	0,34
26-Aug-14	marți	3	0,34
19-Dec-14	vineri	3	0,34
25-Aug-14	luni	3	0,34
11-Aug-14	luni	3	0,33
13-Aug-14	miercuri	3	0,33
02-Feb-15	luni	3	0,33
20-Feb-15	vineri	3	0,33
Data	Ziua săptămânii	Banda	$c_{rt,min}$
13-Aug-14	miercuri	1	0,12
19-Dec-14	vineri	1	0,12
11-Aug-14	luni	1	0,11
26-Aug-14	marți	1	0,11
25-Aug-14	luni	1	0,10
22-Aug-14	vineri	1	0,10

Aplicația permite selectarea zilelor săptămânii pentru care se dorește evaluarea  $c_{rt}$ . Repartiția transversală obținută atât pentru zile lucrătoare, cât și pentru sfârșit de săptămână, este similară valorilor totale, obținându-se  $c_{rt} = 0,28$  (Tab. 5.10).

Tab. 5.10 Coeficienți de repartitie transversală – zile lucrătoare, sfârșit de săptămână

Banda de circulație	Sens de deplasare	$c_{rt}$	
		zile lucrătoare	sfârșit de săptămână
1	est	0,26	0,28
2	est	0,24	0,23
3	vest	0,28	0,28
4	vest	0,22	0,21

### 5.3.4 Repartiția orară a volumelor de trafic

Aplicația TRANSofT proiectată prelucrează datele colectate cu sistemul WIM pentru a furniza:

- distribuția orară a volumelor de trafic înregistrate;
- distribuția orară procentuală a volumelor de trafic înregistrate.

S-a analizat repartiția orară a volumelor de trafic, pentru perioada selectată (25.04.2013 – 30.04.2015), în 24 situații distincte (Tab. 5.11). Având în vedere faptul că studiul cuprinde date colectate pe durata a circa 2 ani de zile, valorile obținute reprezintă medii aritmetice, în funcție de zilele selectate. De exemplu, distribuția orară a volumelor de trafic pentru zile lucrătoare reprezintă valori medii orare pentru traficul înregistrat în zilele lucrătoare pe durata perioadei studiate.

Tab. 5.11 Analiză repartiție orară volume

Nr. crt.	Autovehicule	Rezultate/zile	Sens deplasare	Figura
1	ușoare	separat pe zile (Lu-Du), medii	ambele, însumate	Fig. 5.21...Fig. 5.27
2			separat	
3		Lu-Du, medii	ambele, însumate	Fig. 5.28
4			separat	
5		Lu-Vi, medii	ambele, însumate	Fig. 5.29
6			separat	
7		Sa-Du, medii	ambele, însumate	Fig. 5.30
8			separat	

Nr. crt.	Autovehicule	Rezultate/zile	Sens deplasare	Figura
9	grele	zilnice, separat, medii	ambele, însumate	Fig. 5.31...Fig. 5.37
10			separat	
11		Lu-Du, medii	ambele, însumate	Fig. 5.38
12			separat	
13		Lu-Vi, medii	ambele, însumate	Fig. 5.39
14			separat	
15		Sa-Du, medii	ambele, însumate	Fig. 5.40
16			separat	
17	toate	zilnice, separat, medii	ambele, însumate	Fig. 5.41...Fig. 5.47
18			separat	
19		Lu-Du, medii	ambele, însumate	Fig. 5.48
20			separat	
21		Lu-Vi, medii	ambele, însumate	Fig. 5.49
22			separat	
23		Sa-Du, medii	ambele, însumate	Fig. 5.50
24			separat	

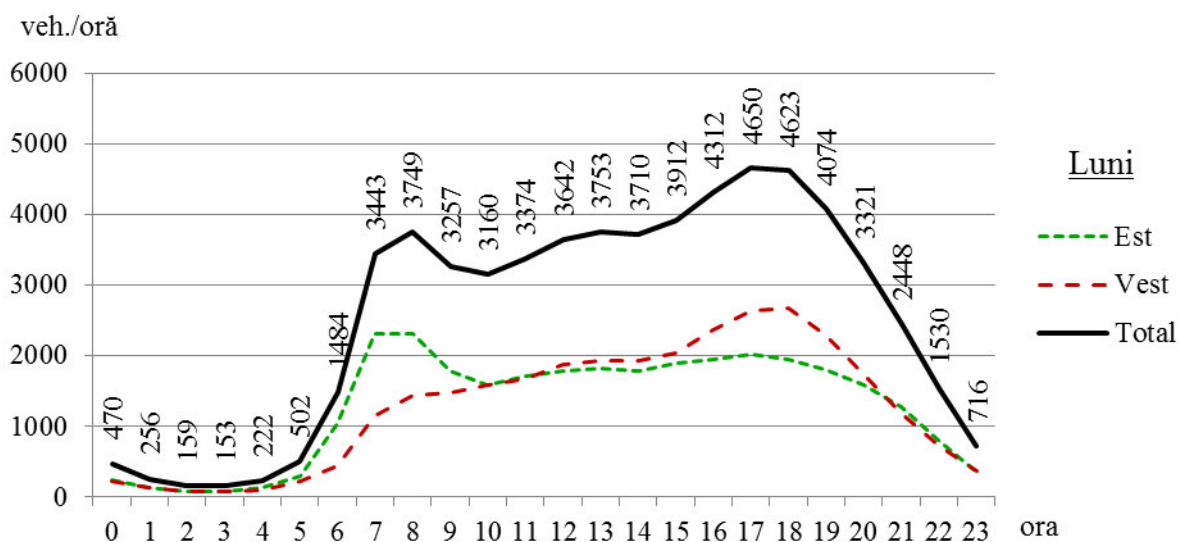


Fig. 5.21 Autovehicule ușoare: repartiție orară volume trafic; luni

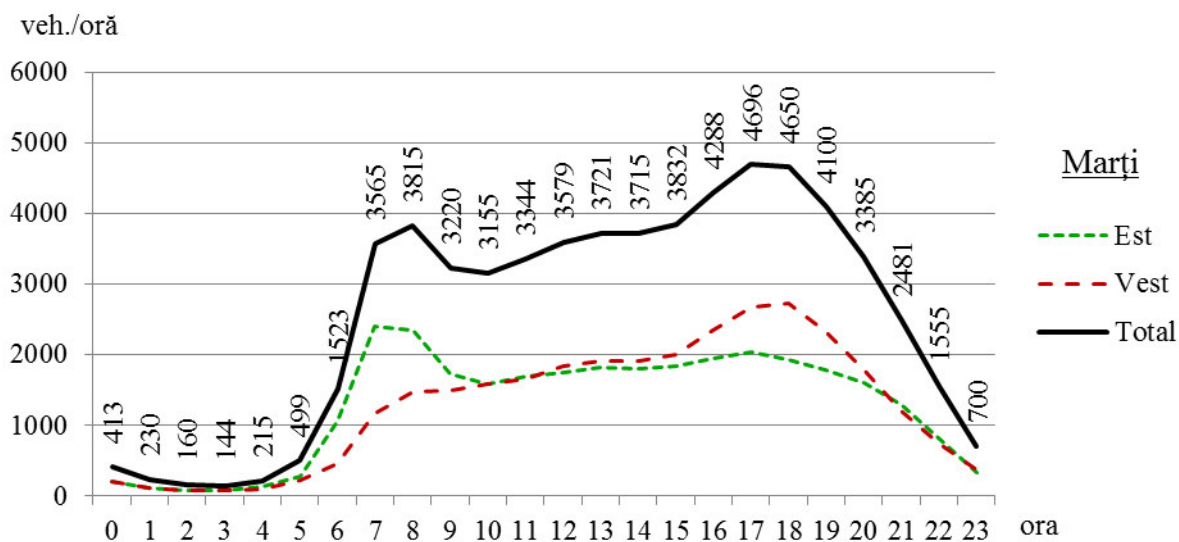


Fig. 5.22 Autovehicule ușoare: repartiție orară volume trafic; marți



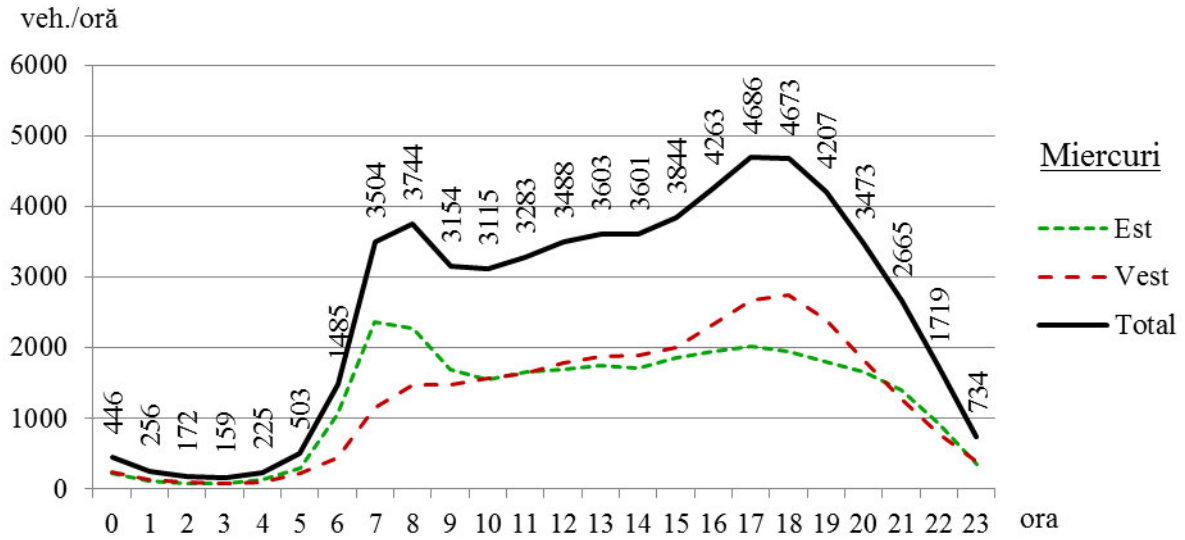


Fig. 5.23 Autovehicule ușoare: repartiție orară volume trafic; miercuri

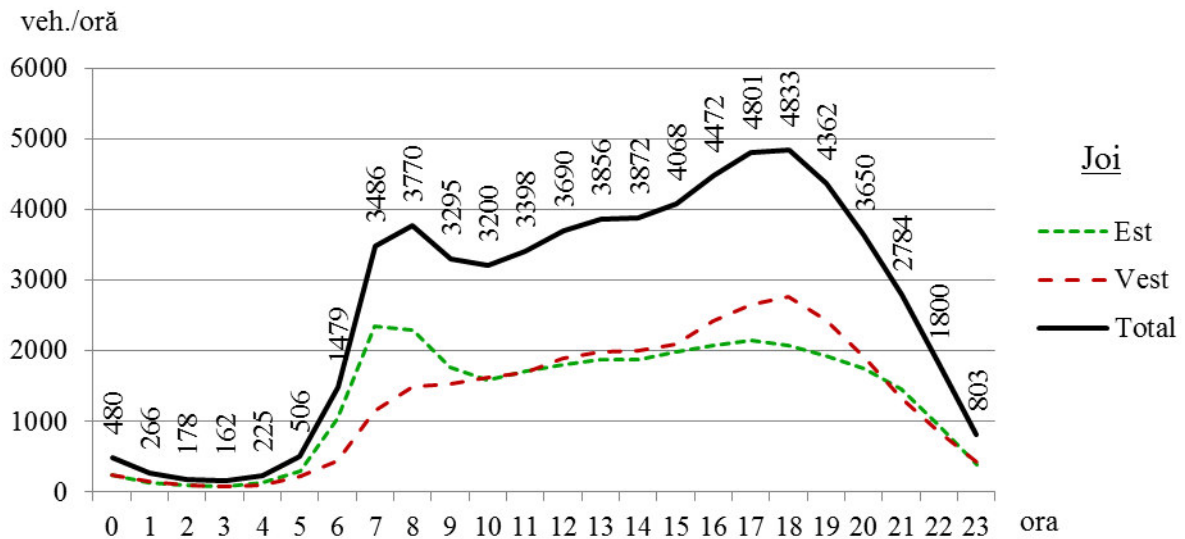


Fig. 5.24 Autovehicule ușoare: repartiție orară volume trafic; joi

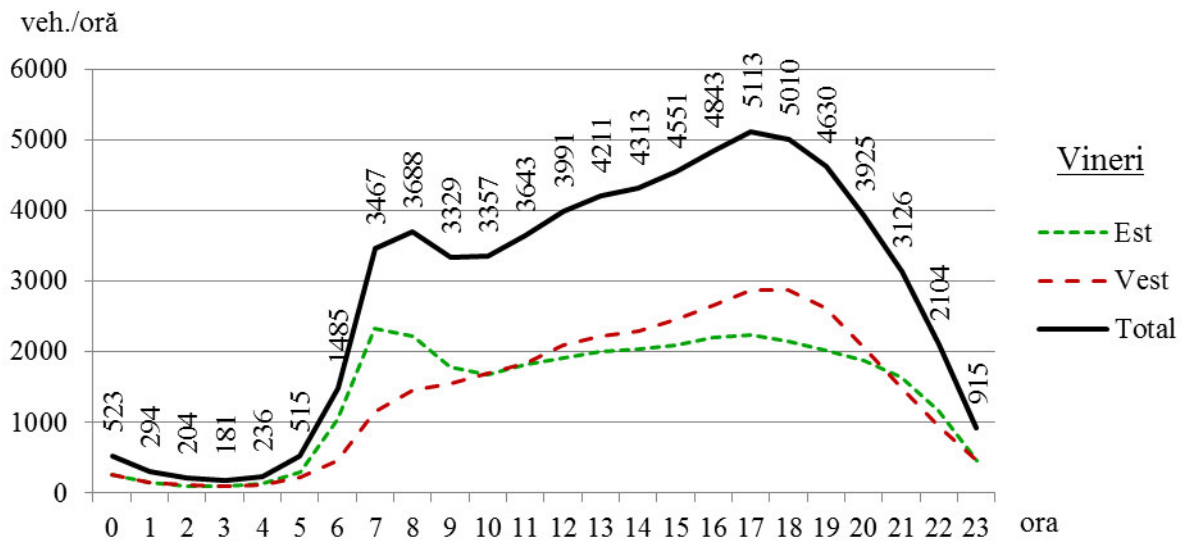


Fig. 5.25 Autovehicule ușoare: repartiție orară volume trafic; vineri

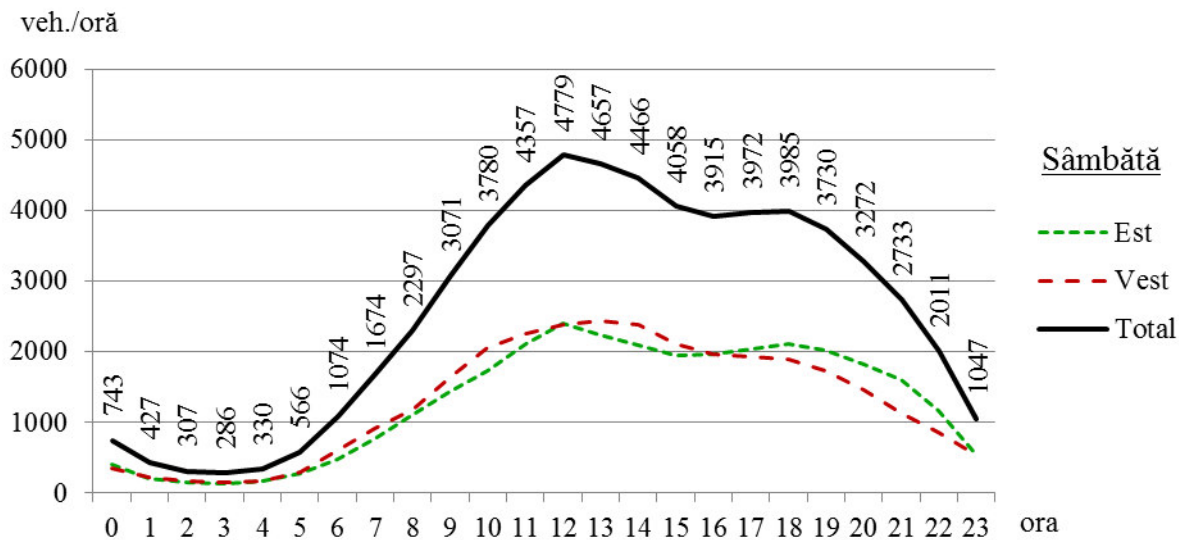


Fig. 5.26 Autovehicule ușoare: repartiție orară volume trafic; sâmbătă

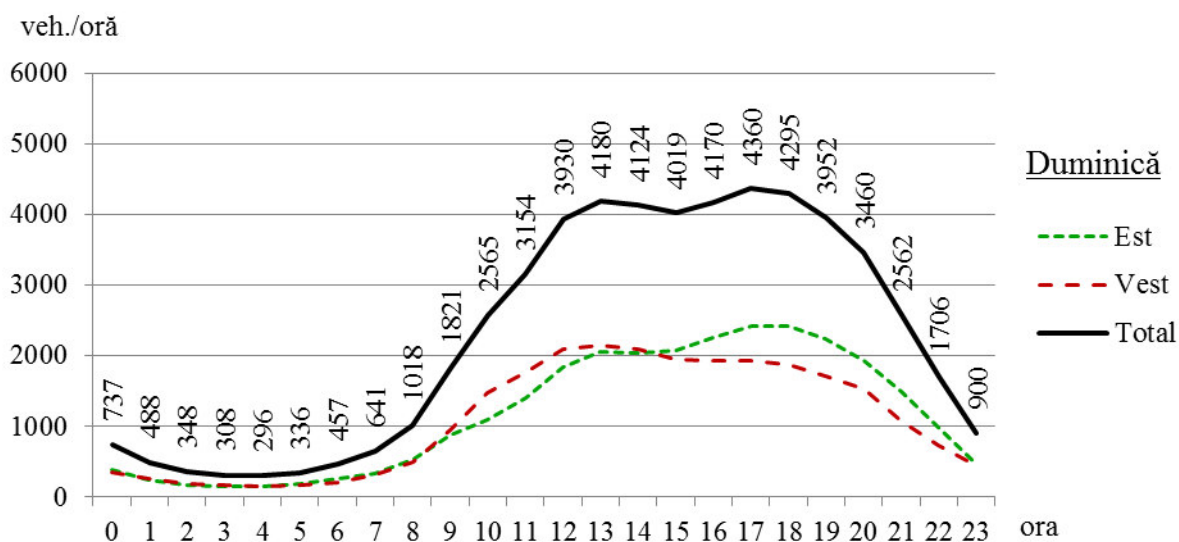


Fig. 5.27 Autovehicule ușoare: repartiție orară volume trafic; duminică

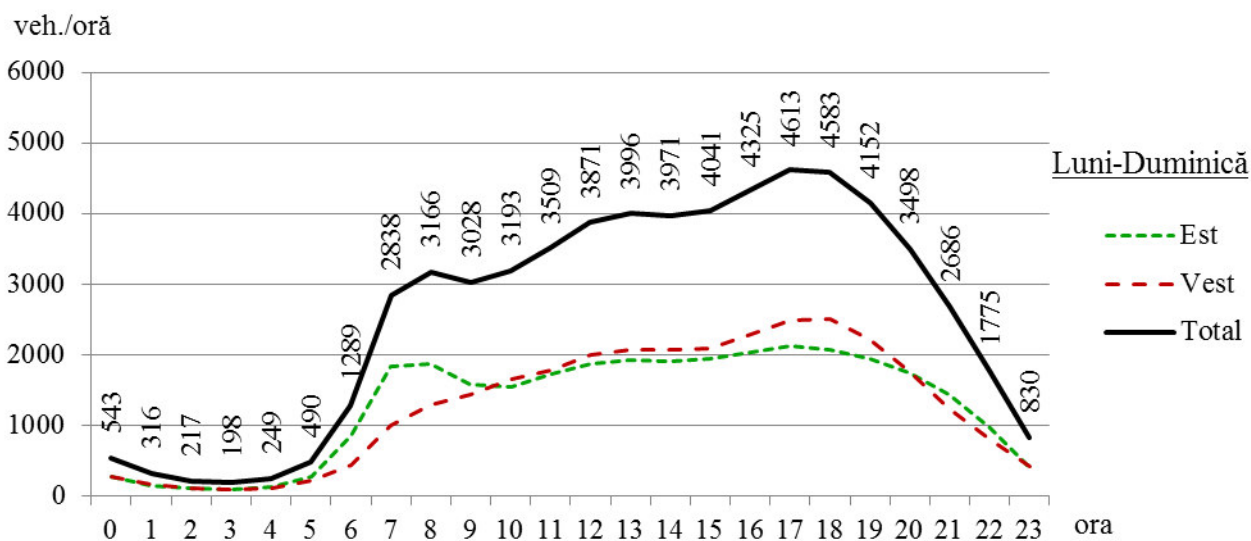


Fig. 5.28 Autovehicule ușoare: repartiție orară volume trafic; medii luni-duminică

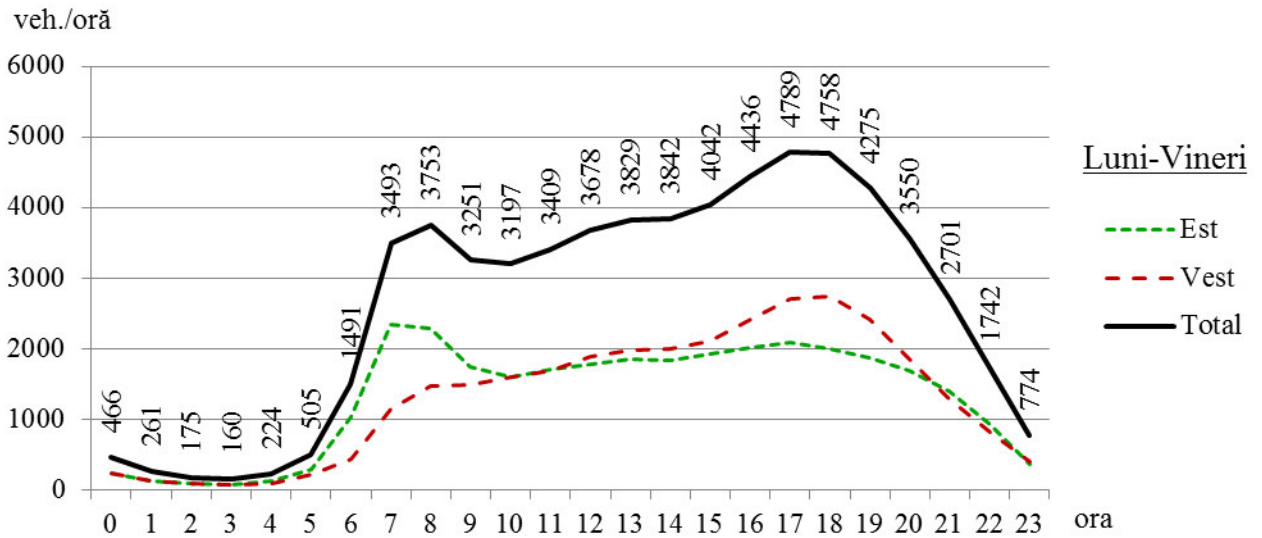


Fig. 5.29 Autovehiculele ușoare: repartiție orară volume trafic; medii zile lucrătoare

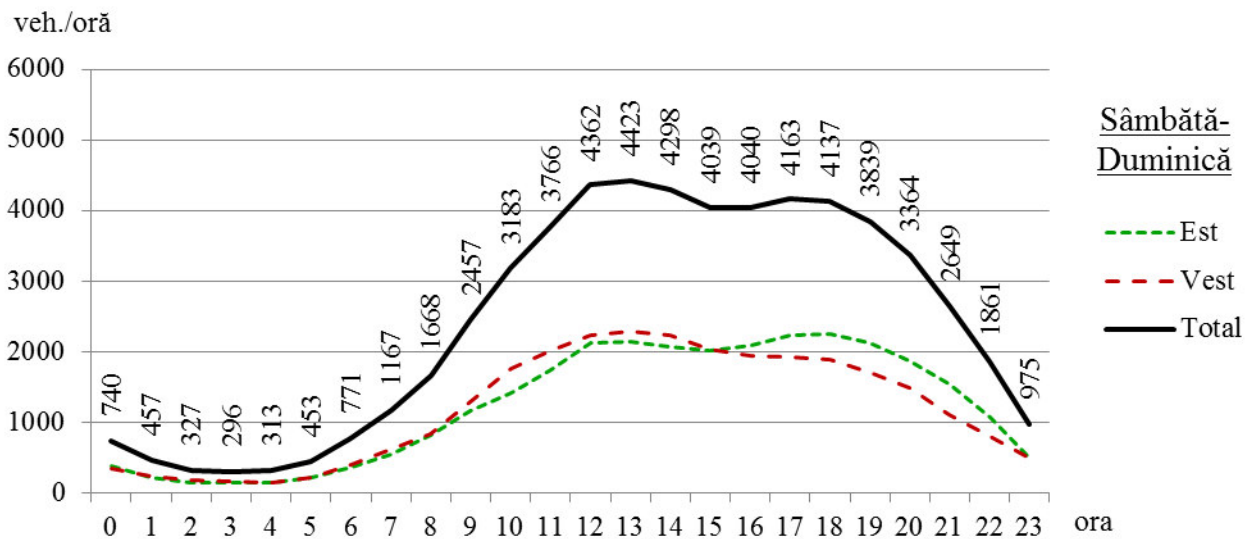


Fig. 5.30 Autovehiculele ușoare: repartiție orară volume trafic; medii sfârșit de săptămână

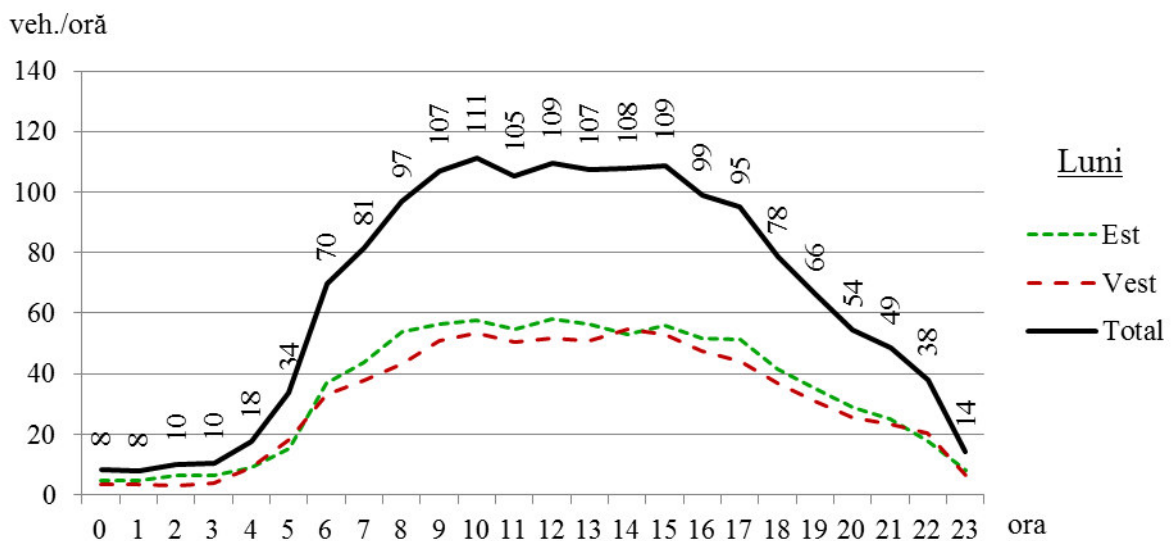


Fig. 5.31 Autovehiculele grele: repartiție orară volume trafic; luni

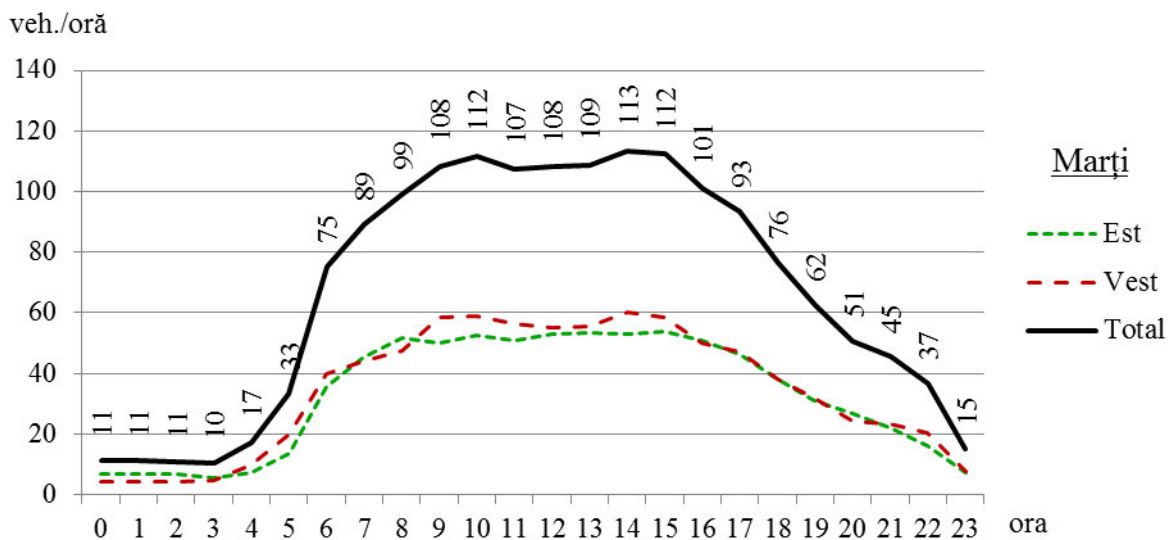


Fig. 5.32 Autovehicule grele: repartiție orară volume trafic; marți

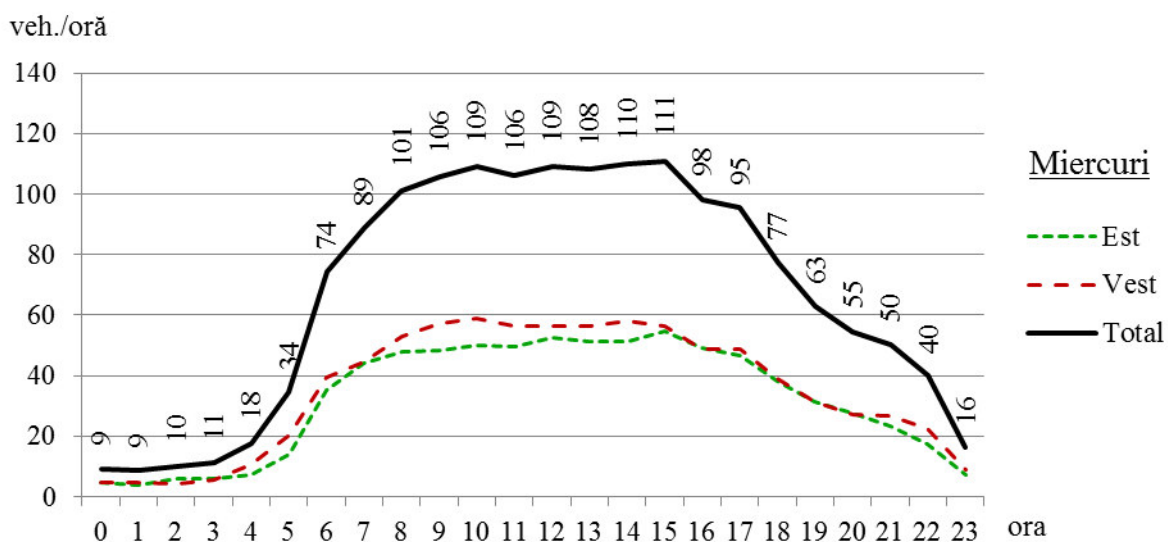


Fig. 5.33 Autovehicule grele: repartiție orară volume trafic; miercuri

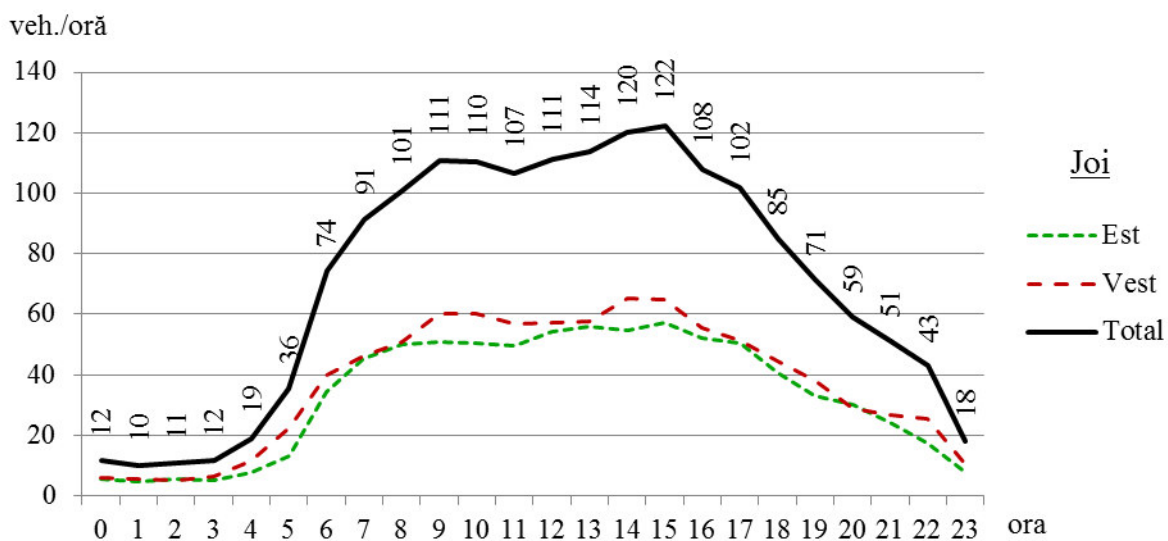


Fig. 5.34 Autovehicule grele: repartiție orară volume trafic; joi

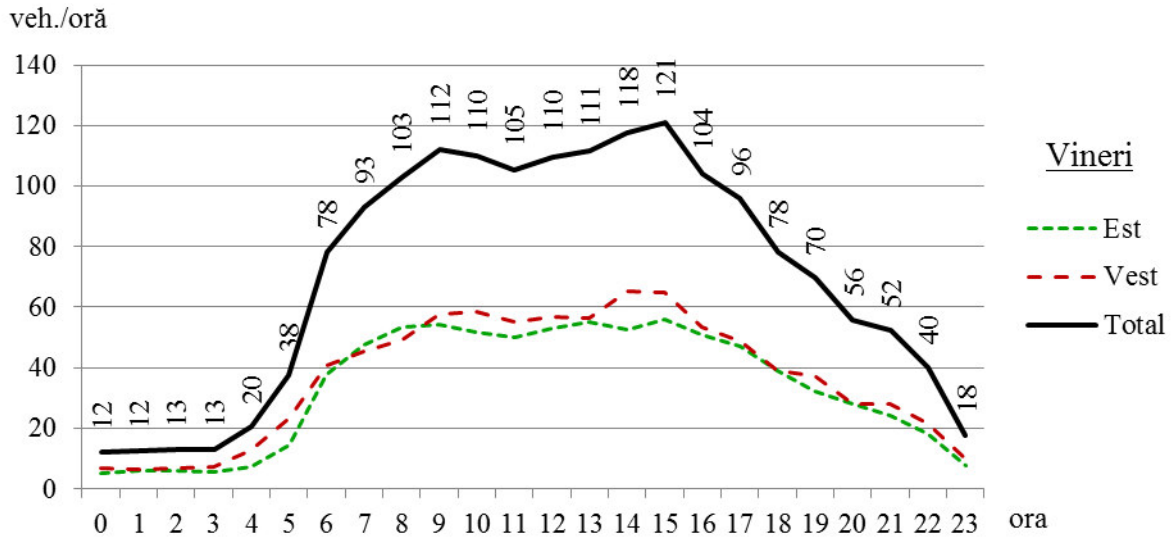


Fig. 5.35 Autovehiculele grele: repartiție orară volume trafic; vineri

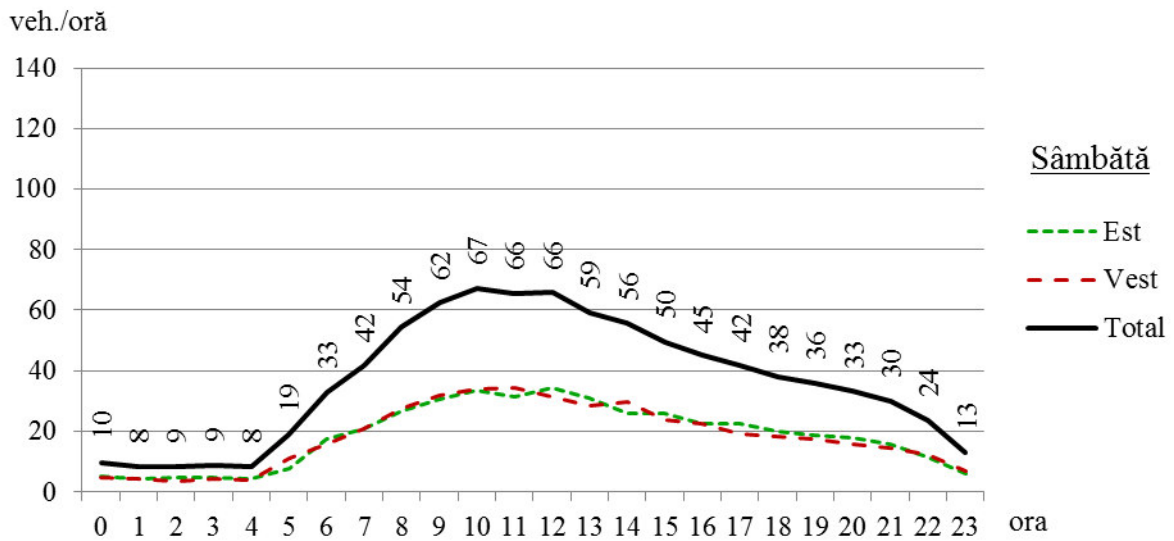


Fig. 5.36 Autovehiculele grele: repartiție orară volume trafic; sâmbătă

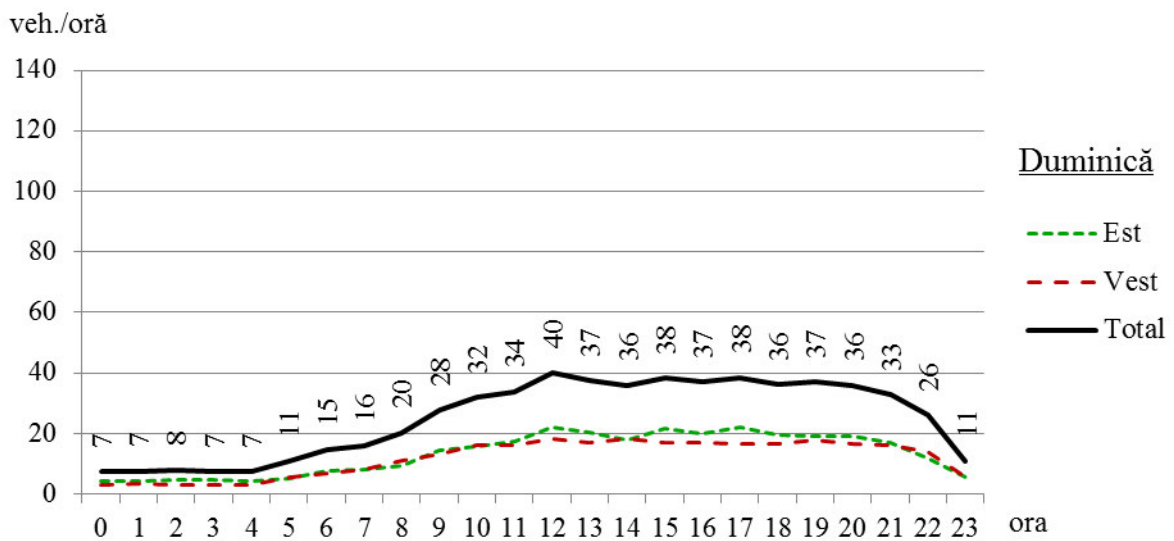


Fig. 5.37 Autovehiculele grele: repartiție orară volume trafic; duminică



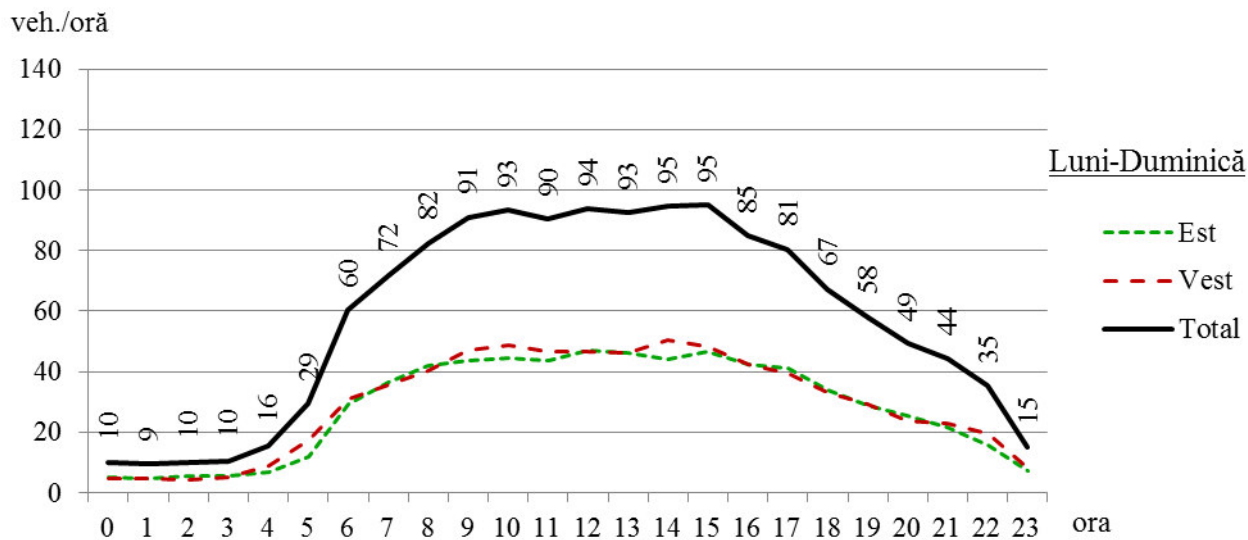


Fig. 5.38 Autovehicule grele: repartiție orară volume trafic; medii luni-duminică

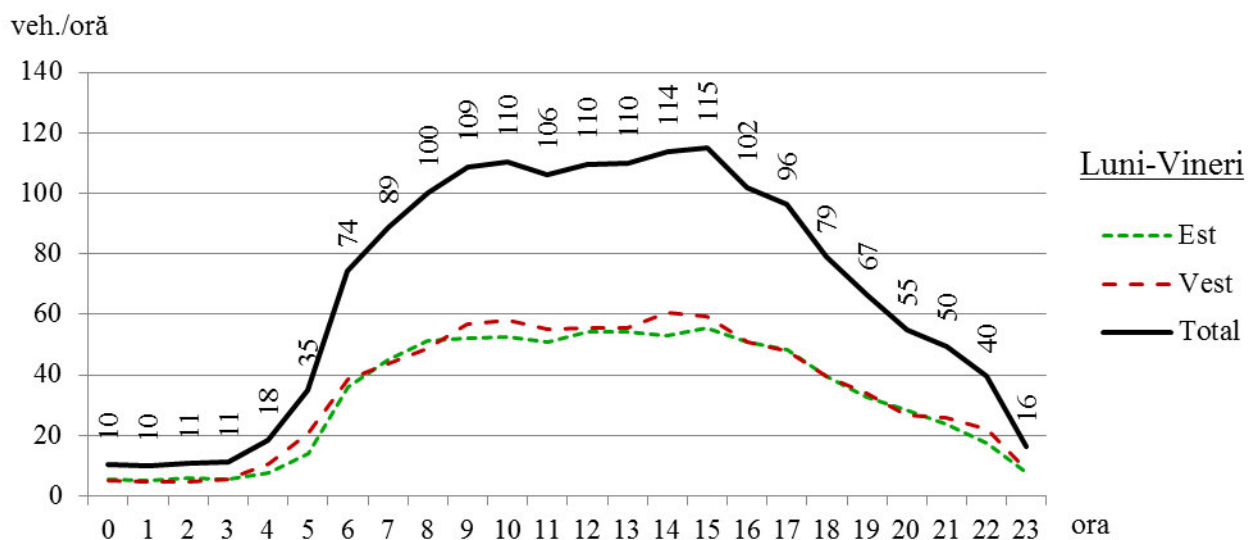


Fig. 5.39 Autovehicule grele: repartiție orară volume trafic; medii zile lucrătoare

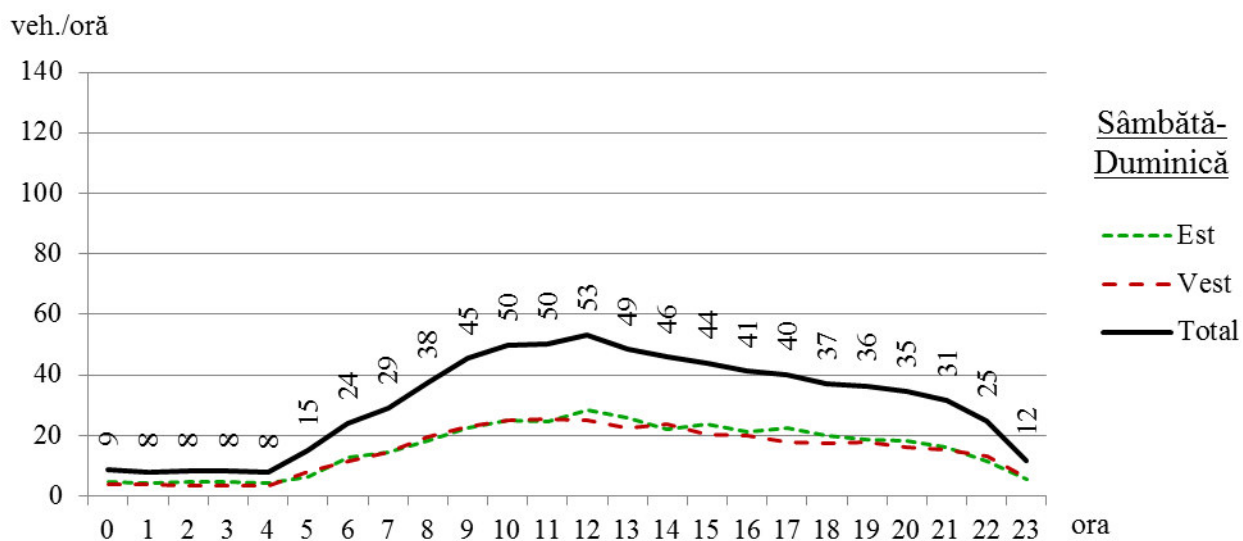


Fig. 5.40 Autovehicule grele: repartiție orară volume trafic; medii sfârșit de săptămână



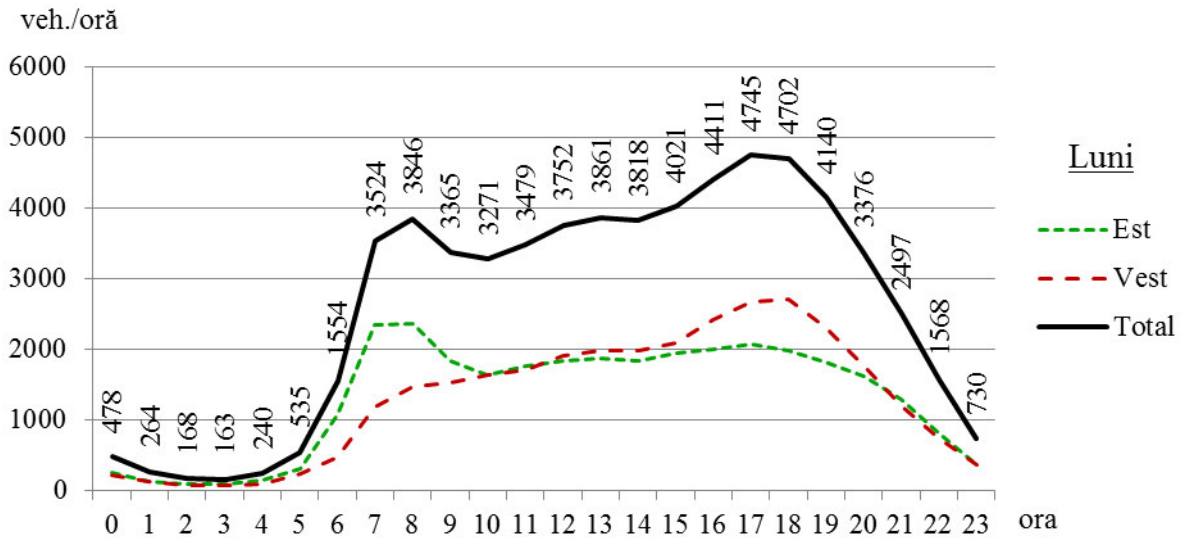


Fig. 5.41 Total autovehicule: repartiție orară volume trafic; luni

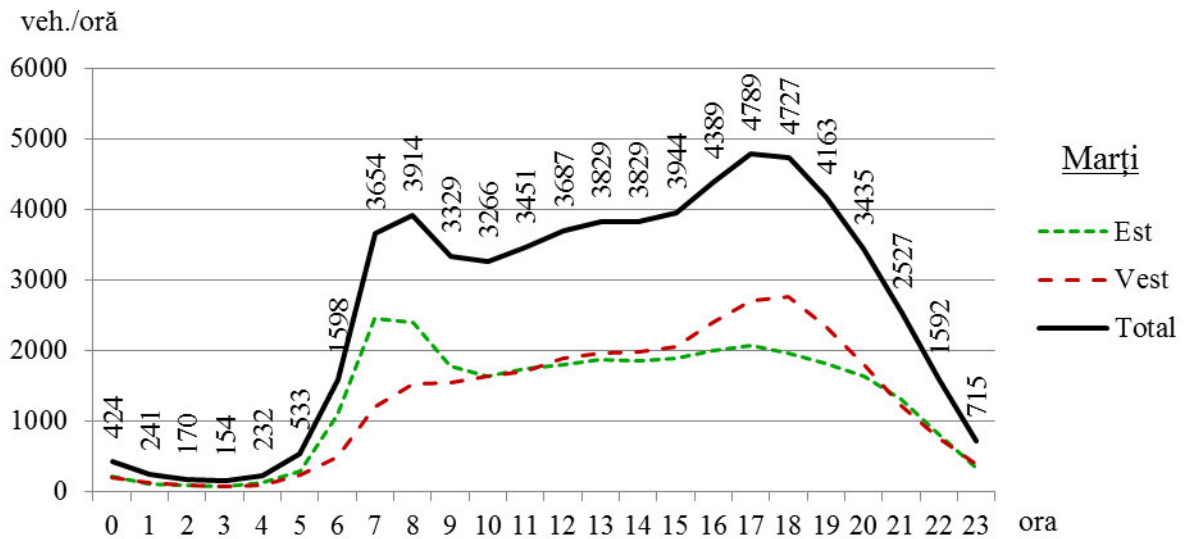


Fig. 5.42 Total autovehicule: repartiție orară volume trafic; marți

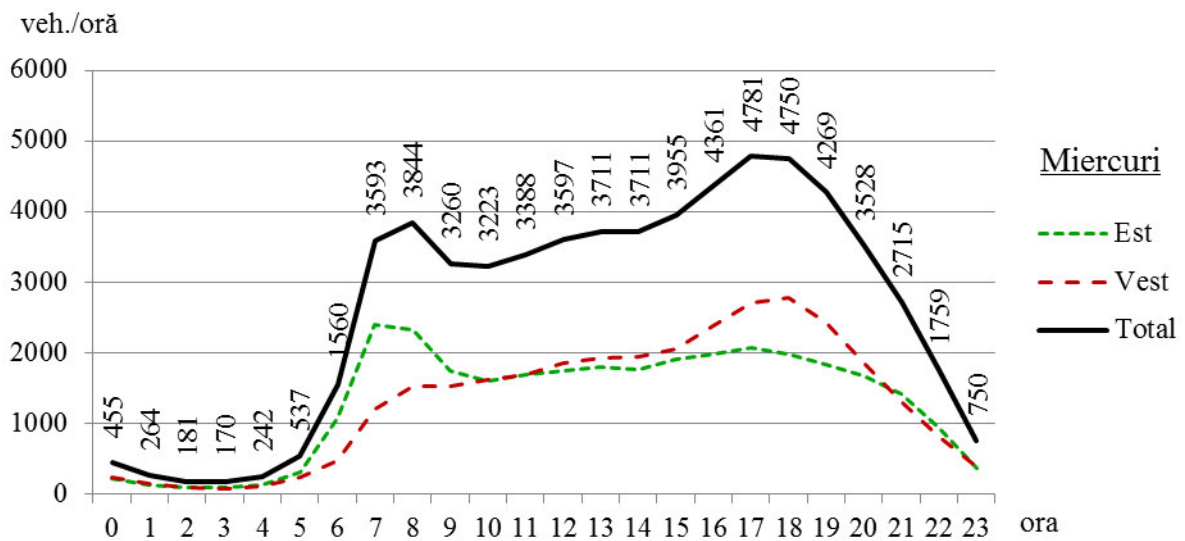


Fig. 5.43 Total autovehicule: repartiție orară volume trafic; miercuri

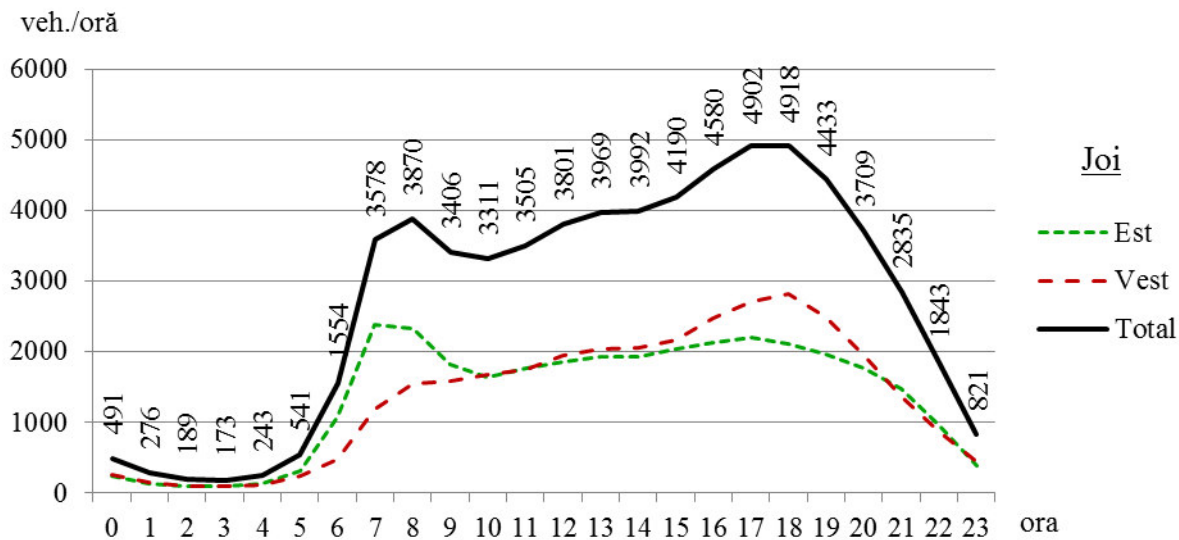


Fig. 5.44 Total autovehicule: repartiție orară volume trafic; joi

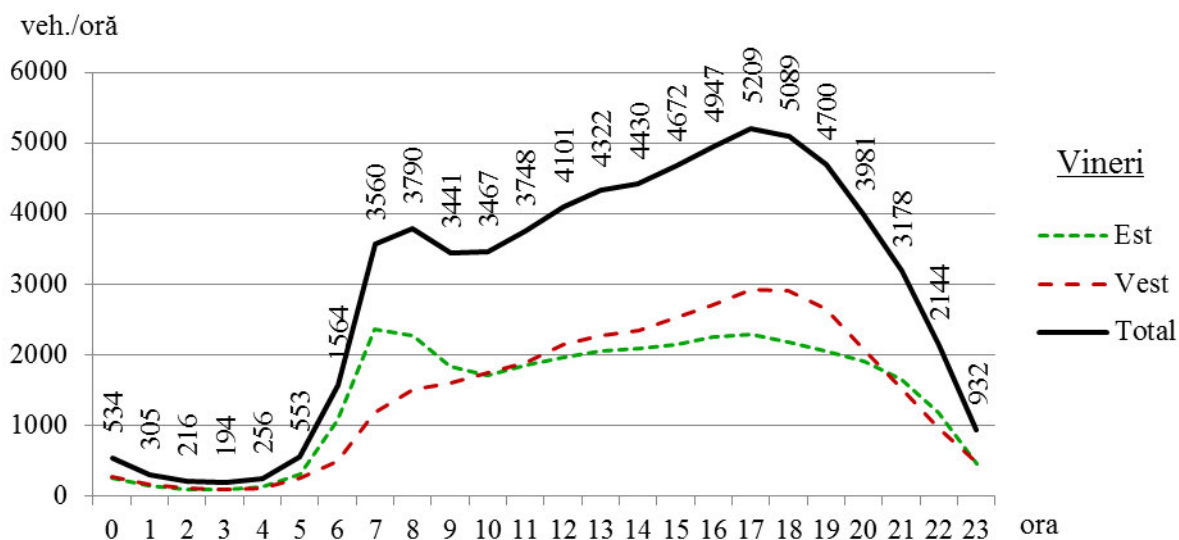


Fig. 5.45 Total autovehicule: repartiție orară volume trafic; vineri

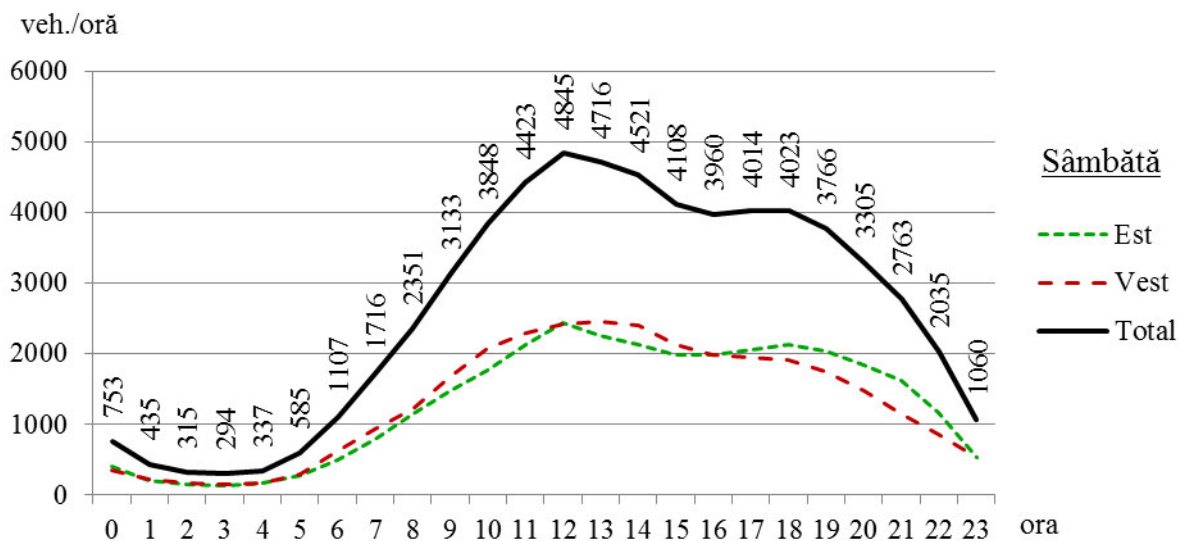


Fig. 5.46 Total autovehicule: repartiție orară volume trafic; sâmbătă

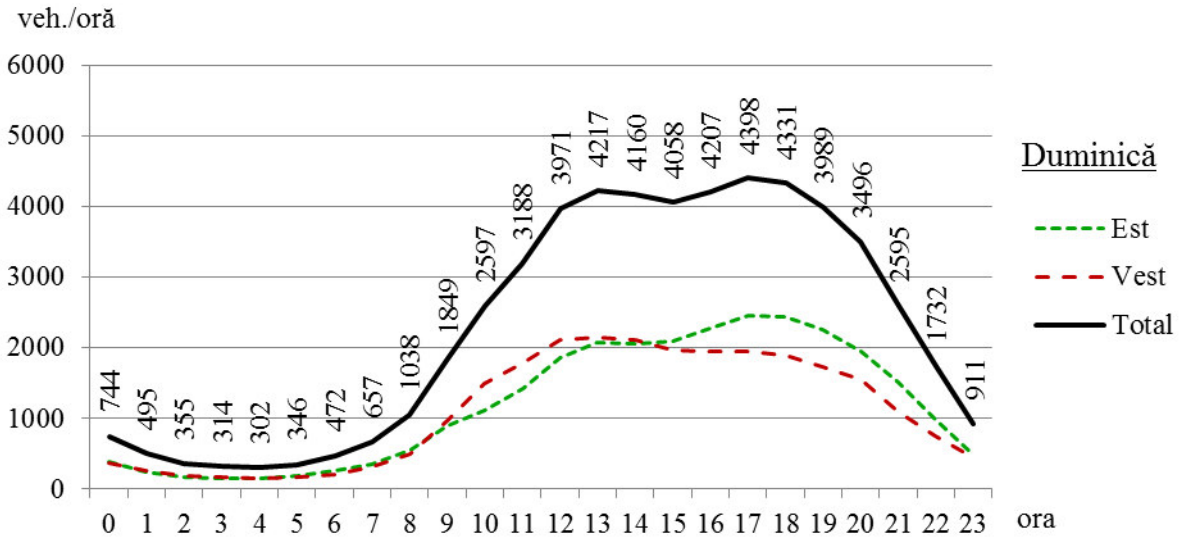


Fig. 5.47 Total autovehicule: repartiție orară volume trafic; duminică

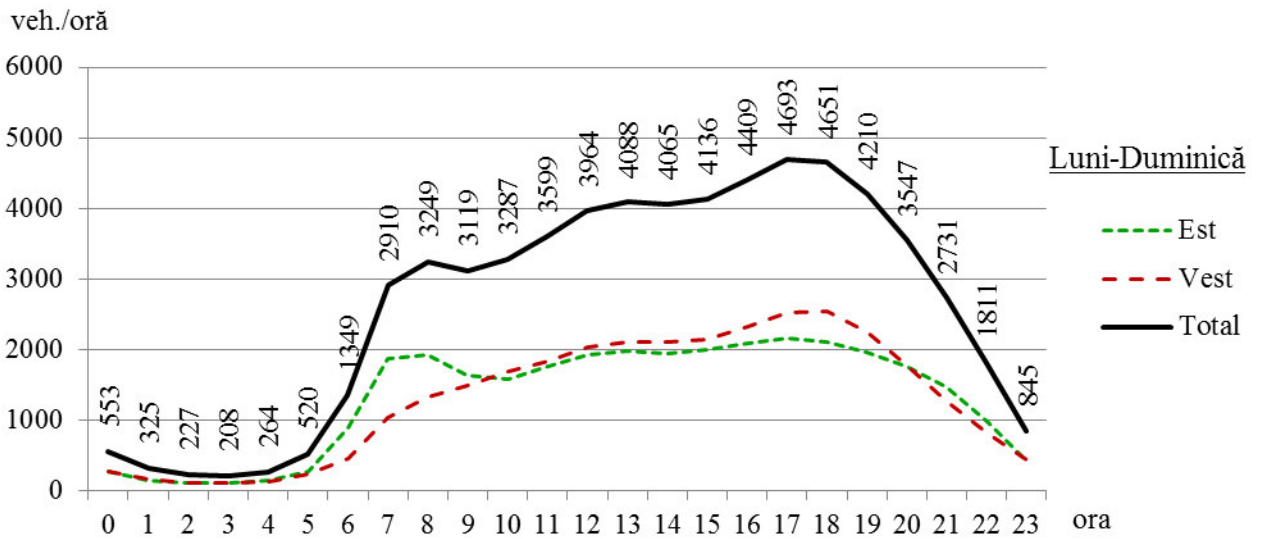


Fig. 5.48 Total autovehicule: repartiție orară volume trafic; medii luni-duminică

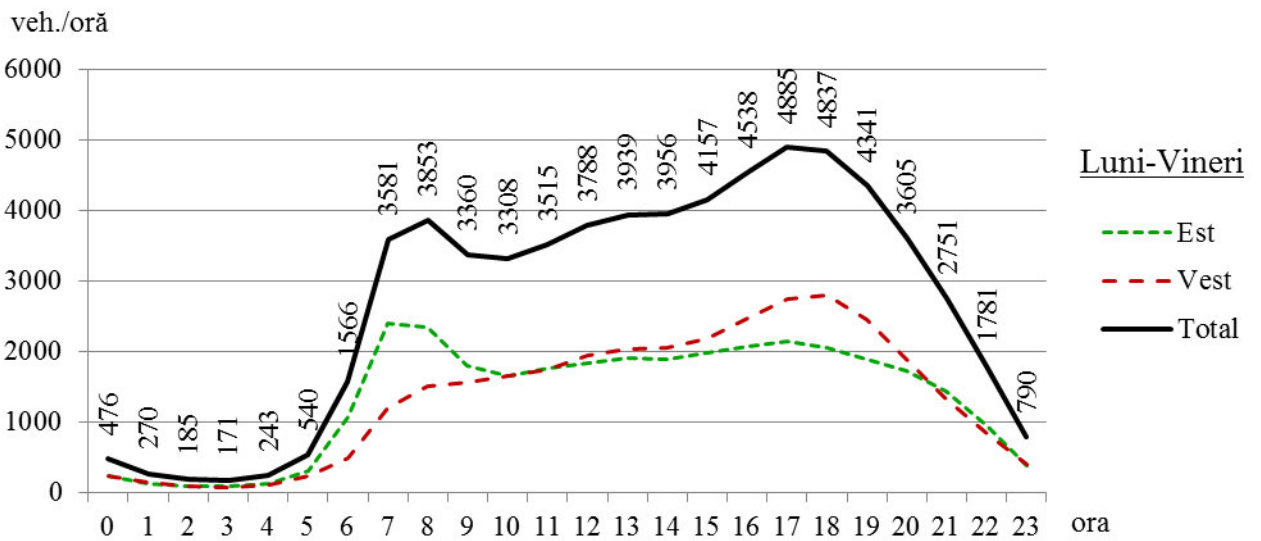


Fig. 5.49 Total autovehicule: repartiție orară volume trafic; medii zile lucrătoare

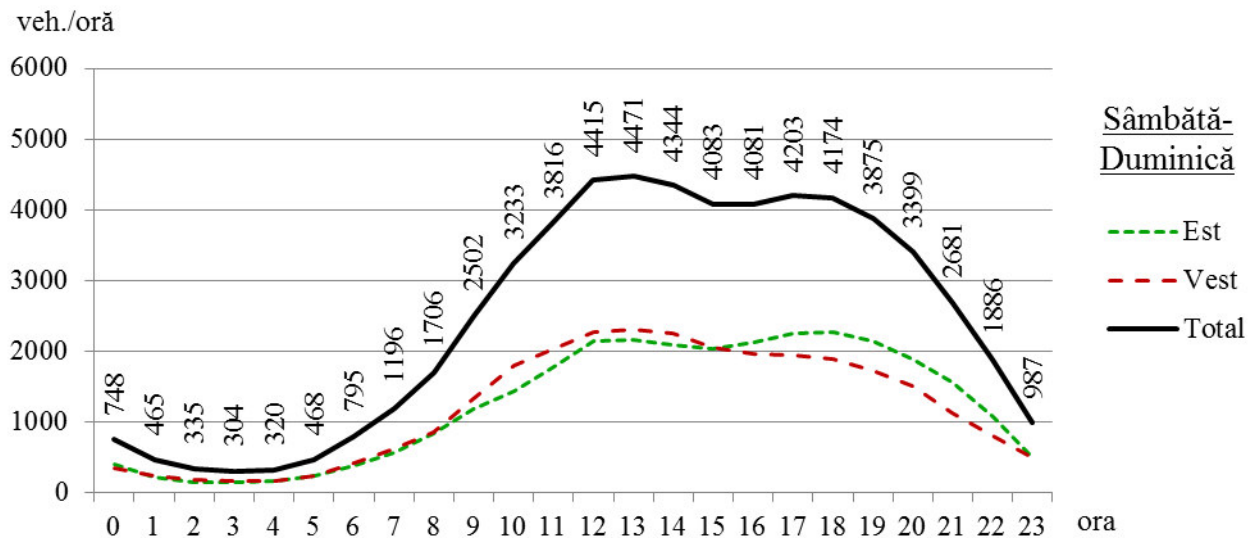


Fig. 5.50 Total autovehicule: repartiție orară volume trafic; medii sfârșit de săptămână

Principalele concluzii care se desprind din analiza variației orare a volumelor de trafic sunt următoarele:

- În cursul dimineților zilelor lucrătoare, volumele de trafic sunt concentrate către est, populația deplasându-se înspre locațiile de interes (economice, industriale, educaționale etc.) din intravilanul municipiului. După-amiaza, fluxul de trafic se modifică, punctele de interes concentrându-se în zonele rezidențiale și comerciale din preajmă. La sfârșit de săptămână, volumele de trafic sunt maxime în jurul amiezei, cu un al doilea vârf în jurul orelor 17-18;
- Cu excepția zilelor de sâmbătă, când volumul maxim de trafic se înregistrează la amiază (orele 12-13), intensitățile maxime sunt întâlnite după-masa, între orele 17-19. Acest interval reprezintă perioada în care autovehiculele se deplasează predominant către vest. Fluxul în sensul opus cunoaște un maxim în cursul dimineții (orele 7-9);
- Volumul mediu al traficului înregistrat la sfârșit de săptămână reprezintă circa 90% din volumul unei zile lucrătoare;
- În cadrul zilelor lucrătoare, traficul greu reprezintă, în medie, 3,3% din totalul volumului de trafic înregistrat;
- La sfârșit de săptămână, traficul greu reprezintă, în medie, 1,6% din totalul volumului de trafic înregistrat. Astfel, volumul mediu al traficului greu la sfârșit de săptămână reprezintă circa 50% din cel desfășurat în timpul zilelor lucrătoare;
- Studiul variației orare a volumelor de trafic separat pe zile ale săptămânii are ca scopuri: studiul capacității de circulație, analiza anumitor tendințe în desfășurarea traficului și stabilirea unor modele de predicție a traficului pe termen scurt.

TRANSofT permite trasarea graficelor de variație a volumelor de trafic orare pentru aceeași zi/aceleași zile ale săptămânii, pentru o anumită perioadă, precum și a graficului valorilor medii pentru zilele respective. Pentru exemplificare, s-au trasat graficele variației orare a volumelor de trafic pentru zilele de vineri din perioada 30.01.2015 – 30.04.2015, pentru cele două sensuri de deplasare (Fig. 5.51, Fig. 5.52). Pe aceleași grafice, s-au suprapus valorile medii ale variației orare pentru zilele de vineri din perioada precizată. Astfel de grafice se pot trasa pentru orice perioadă selectată, pentru zilele de interes pentru utilizator. Principalele utilități ale acestei proceduri sunt:

- studiul variației volumelor de trafic în anumite intervale orare;
- studiul capacității de circulație;
- analiza repetitivității anumitor tendințe în desfășurarea traficului;
- formularea de modele de predicție a traficului pe termen scurt;
- adoptarea de măsuri pentru fluidizarea traficului în anumite situații/intervale orare.

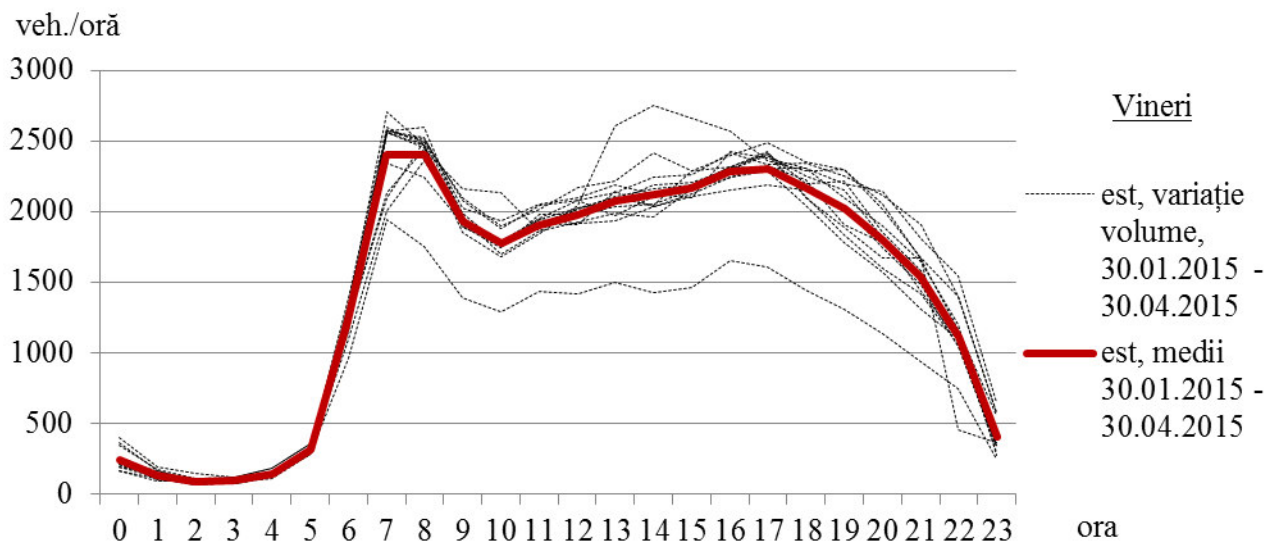


Fig. 5.51 Variație volume orare, 30.01.2015-30.04.2015, zile de vineri (total autovehicule), est

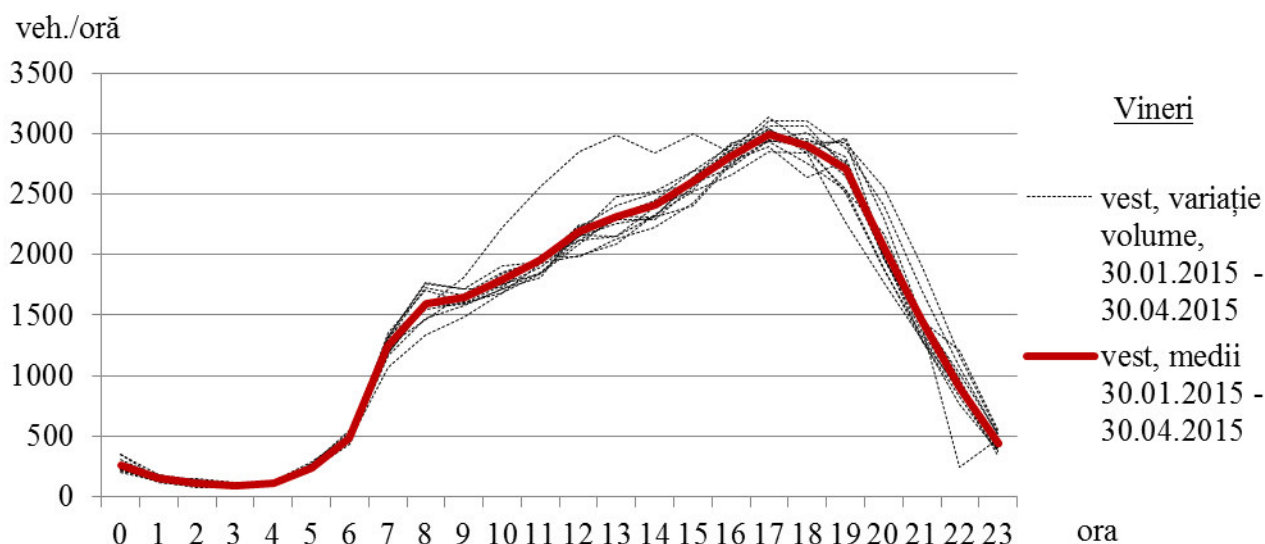


Fig. 5.52 Variație volume orare, 30.01.2015-30.04.2015, zile de vineri (total autovehicule), vest

### 5.3.5 Studiul orelor de vârf

Aplicația TRANSofT proiectată prelucrează datele colectate cu sistemul WIM pentru a evalua:

- orele de vârf pentru fiecare zi din perioada selectată;
- factorii orelor de vârf identificate,  $F_V$  (PHF);
- prelucrări statistice pe baza  $F_V$  (PHF).

Studiul orelor de vârf s-a efectuat pentru 5 (cinci) intervale orare zilnice:

- 0:00:00 – 4:59:59 (noapte);
- 5:00:00 – 9:59:59 (dimineață);
- 10:00:00 – 14:59:59 (amiază);
- 15:00:00 – 19:59:59 (după-amiază);
- 20:00:00 – 23:59:59 (seară).

TRANSofT identifică orele de vârf în cadrul fiecăruia din aceste intervale (Fig. 4.13). Scopul acestei diviziuni este de a furniza informații cât mai complete asupra tendințelor de variație a traficului pe parcursul unei zile. De asemenea, aplicația evaluează factorii PHF pentru fiecare din orele de vârf identificate.

Calculul se efectuează prin 3 (trei) metode, în funcție de precizia dorită (Tab. 4.22):

- intervale de 5 minute (Fig. 4.16);



- intervale de vârf de 15 minute (Fig. 4.17);
- intervale de bază de 15 minute (Fig. 4.18).

TRANSofT utilizează un algoritm de identificare a intervalelor suborare (5 sau 15 minute) caracterizate de volume de trafic maxime. Pe baza acestor volume, sunt evaluate ratele fluxului pentru orele de vârf identificate. Implicit, rezultă valorile PHF (ec.(4.1)). TRANSofT permite vizualizarea factorilor PHF pentru fiecare zi considerată în calcul. Valorile extreme obținute pentru perioada studiată (Tab. 5.12) indică atât distribuții uniforme pe parcursul orelor de vârf, cât și concentrate, cu precădere noaptea.

Tab. 5.12 PHF – valori extreme

Data	Sens deplasare	Interval orar	PHF (5 min.)		PHF (15 min. vârf)		PHF (15 min. bază)	
			min.	max.	min.	max.	min.	max.
13.01.14	Est	1:00 - 2:00	0,240		0,383		0,383	
13.12.13	Ambele	17:00 - 18:00		0,965				
28.05.14	Ambele	13:00 - 14:00				0,991		
04.04.14	Vest	18:00 - 19:00						0,998

### 5.3.5.1 Frecvențele de apariție ale orelor de vârf

În ceea ce privește frecvențele procentuale, rezultatele pentru întreaga perioadă studiată, considerând toate zilele în care traficul a fost monitorizat, indică faptul că intervalele orare 8-9, 14-15 și 17-18 sunt orele de vârf întâlnite cel mai des (Fig. 5.53). Pentru intervalele de seară și noapte, intervalele 20-21, respectiv 0-1, sunt cele mai aglomerate (Fig. 5.54, Fig. 5.55).

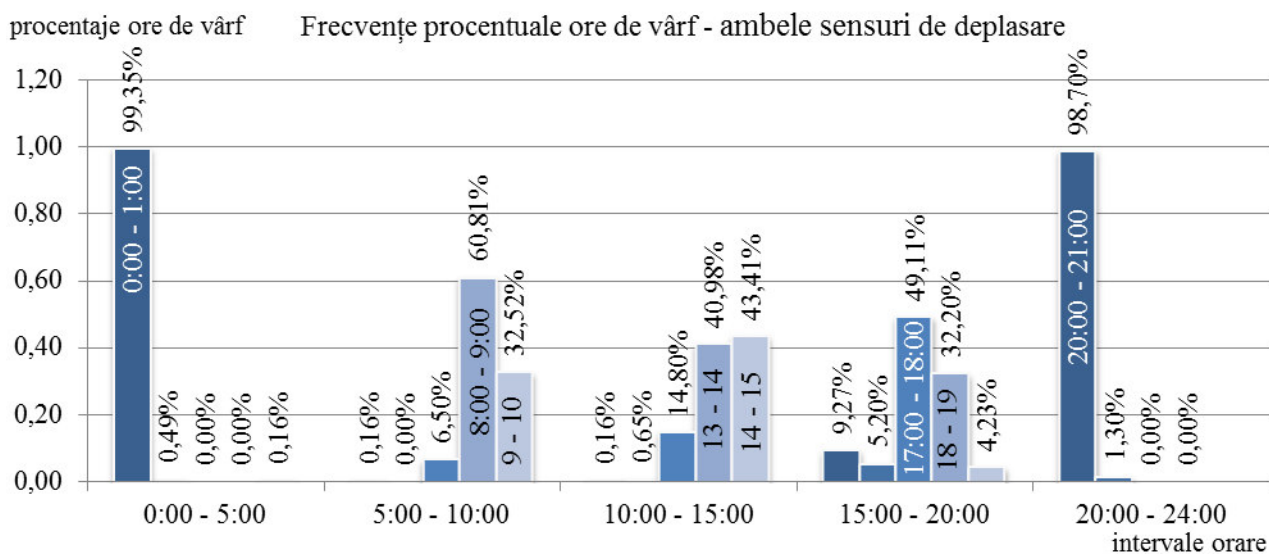


Fig. 5.53 Frecvențe procentuale ore de vârf – ambele sensuri de deplasare



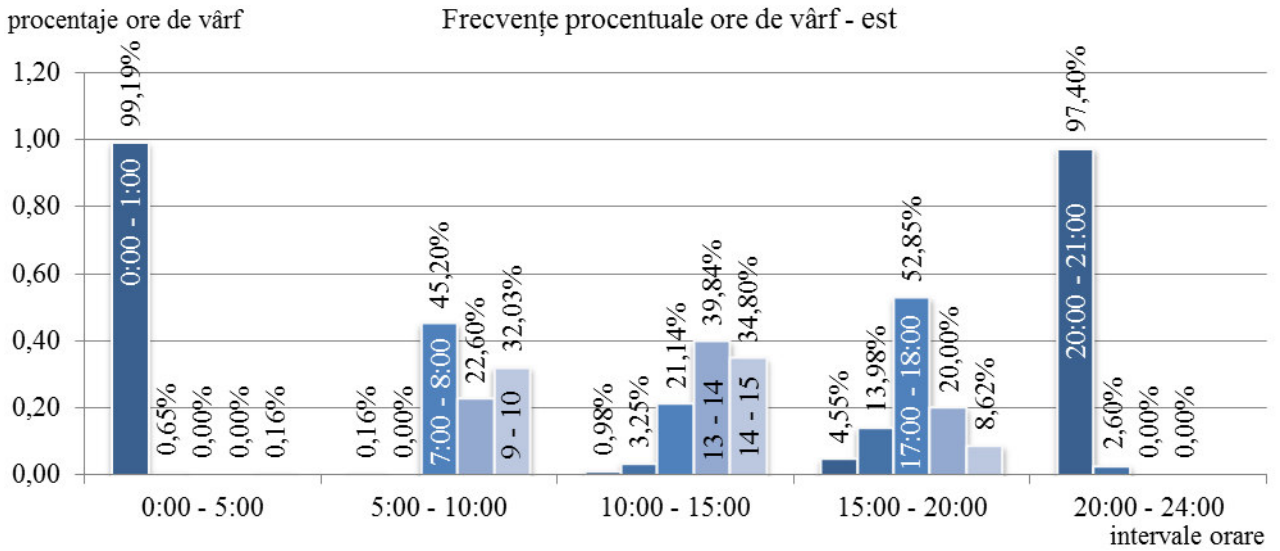


Fig. 5.54 Frecvențe procentuale ore de vârf – est

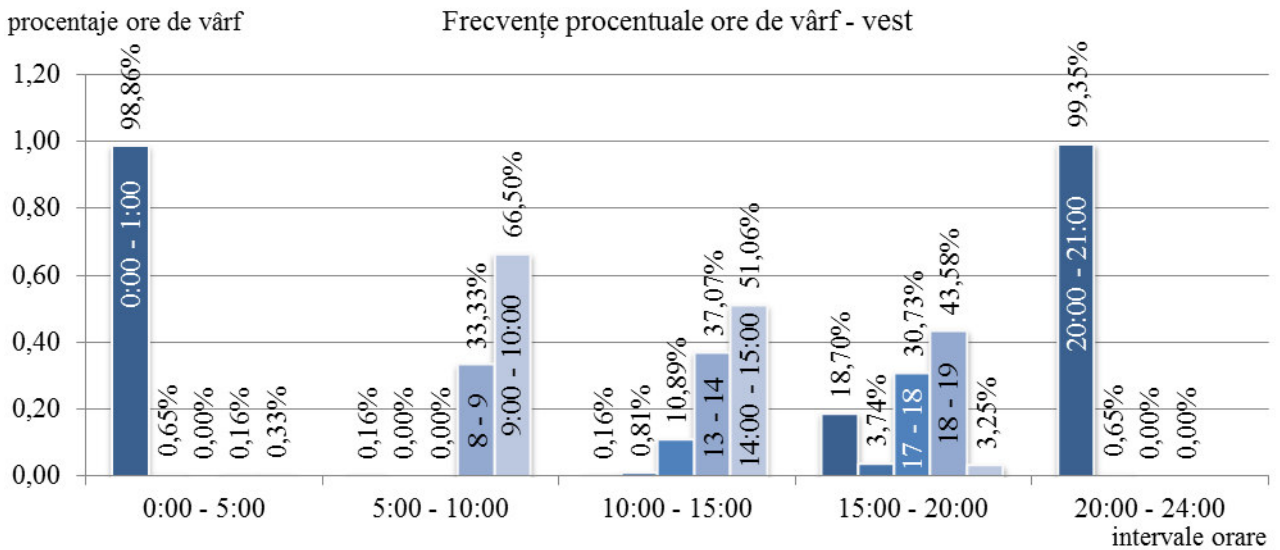


Fig. 5.55 Frecvențe procentuale ore de vârf – vest

Studiile cu o relevanță sporită s-au efectuat prin selectarea, în fereastra de dialog TRANSofT, doar a zilelor lucrătoare, respectiv a zilelor de la sfârșitul săptămânii.

În peste 84% din diminețile zilelor lucrătoare, ora de vârf este intervalul 8:00 – 9:00 (Fig. 5.56), deși acesta nu este cel mai des întâlnit interval de vârf pentru niciunul din cele două sensuri de deplasare (Fig. 5.57, Fig. 5.58). Tendința de deplasare a populației către est în cursul dimineții este susținută de posibilitatea de 94% ca ora de vârf să fie în intervalul 7-9 (Fig. 5.57). În cursul amiezei, distribuțiile sunt echilibrate, însă, în majoritatea cazurilor, orele de vârf sunt în intervalul 13-15. După-masa, deplasarea populației către vest este relevată de frecvența de circa 94% de apariție a orei de vârf în intervalul orar 17-19 (Fig. 5.58).

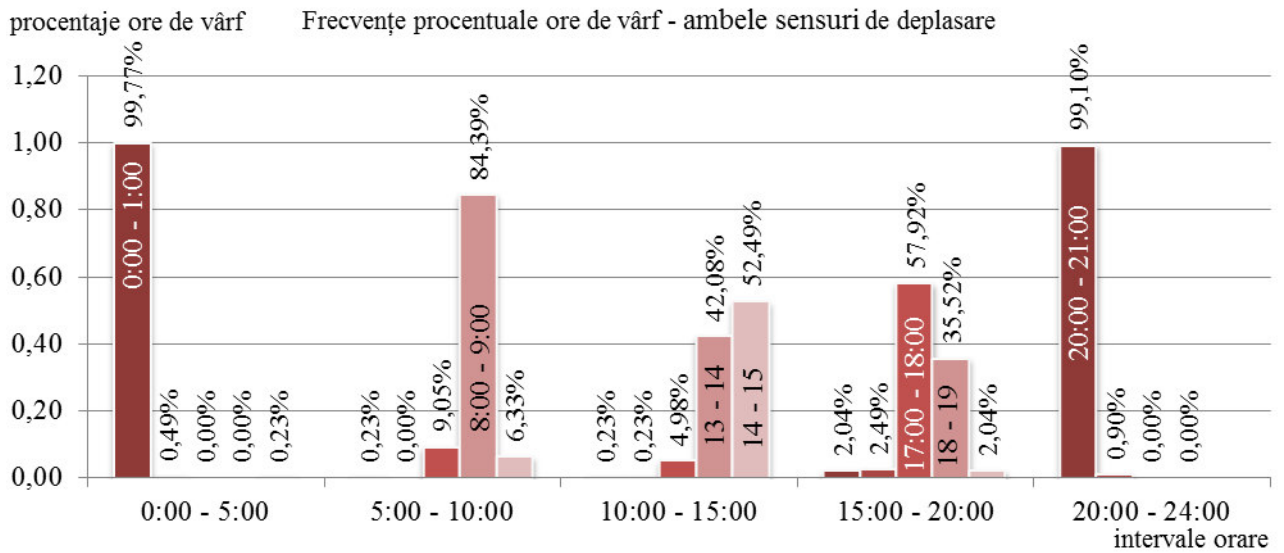


Fig. 5.56 Frecvențe procentuale ore de vârf – ambele sensuri de deplasare, zile lucrătoare

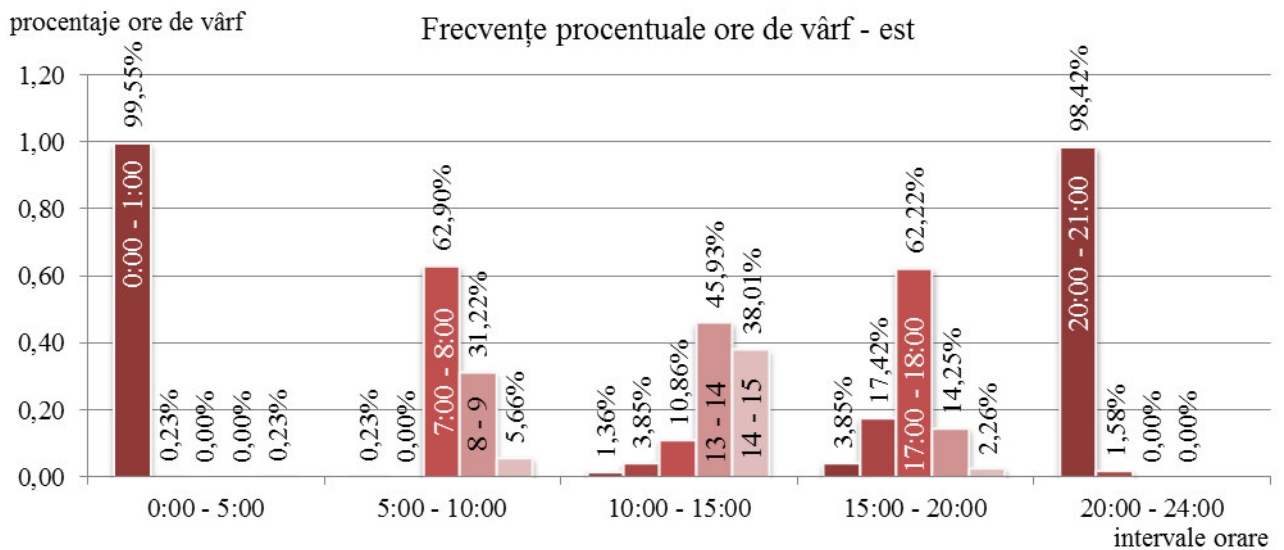


Fig. 5.57 Frecvențe procentuale ore de vârf – est, zile lucrătoare

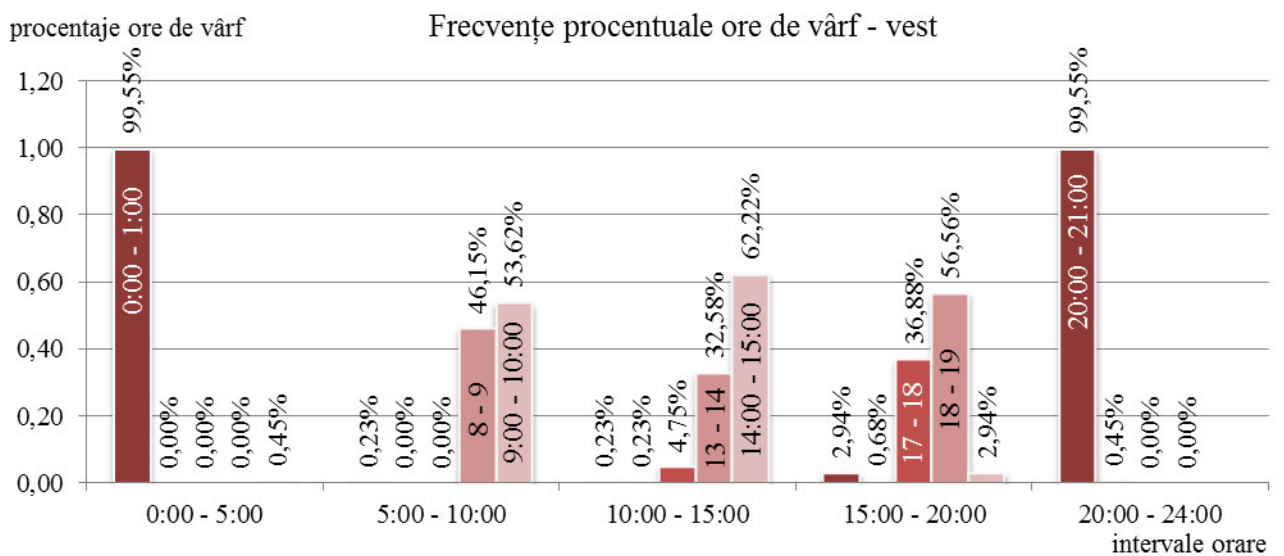


Fig. 5.58 Frecvențe procentuale ore de vârf – vest, zile lucrătoare

La sfârșit de săptămână, orele de vârf cel mai des întâlnite, în afara intervalelor nocturne, sunt 9-10 și 20-21 (Fig. 5.59). În cursul amiezilor și după-meselor, frecvențele de apariție a orelor

de vârf sunt, în general, echilibrate, cu excepția intervalului 15-16 pentru sensul de mers către vest (Fig. 5.60, Fig. 5.61).

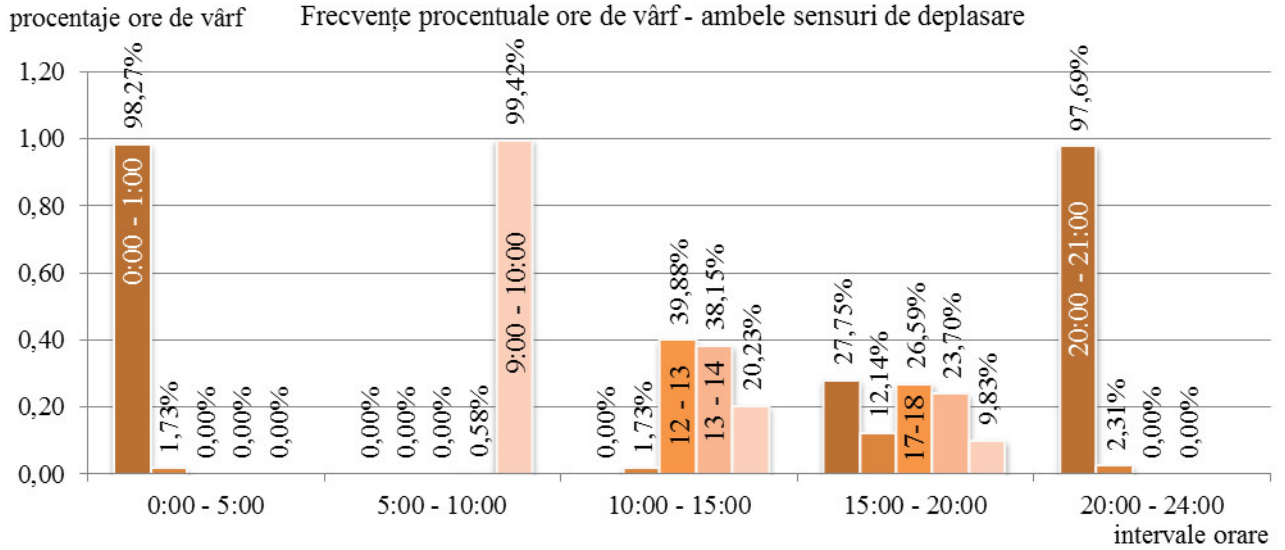


Fig. 5.59 Frecvențe procentuale ore de vârf – ambele sensuri de deplasare, sfârșit de săptămână

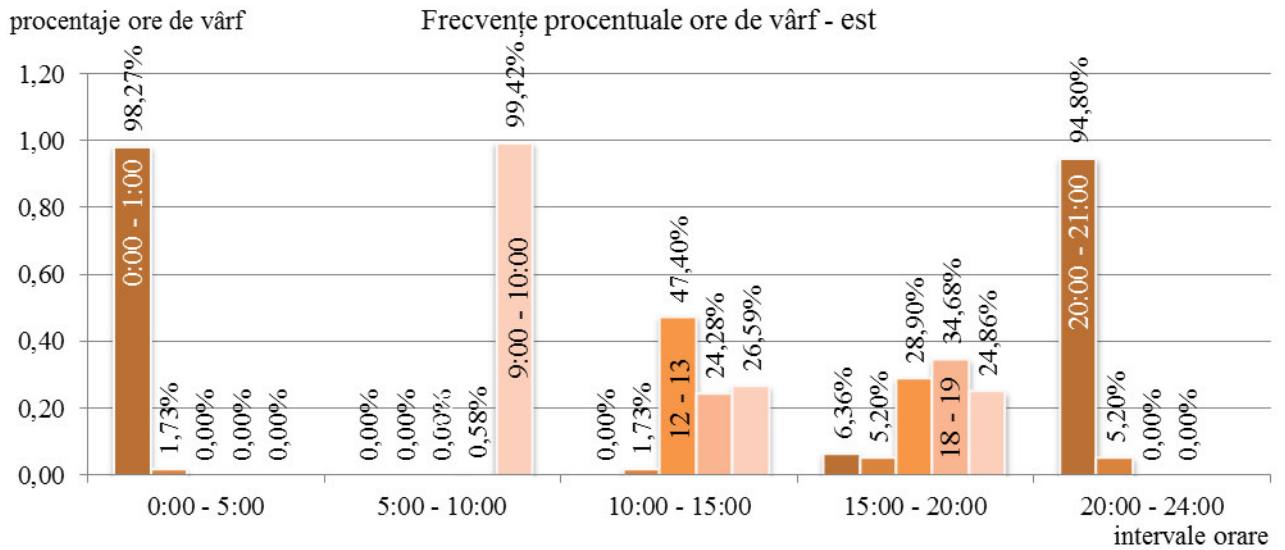


Fig. 5.60 Frecvențe procentuale ore de vârf – est, sfârșit de săptămână

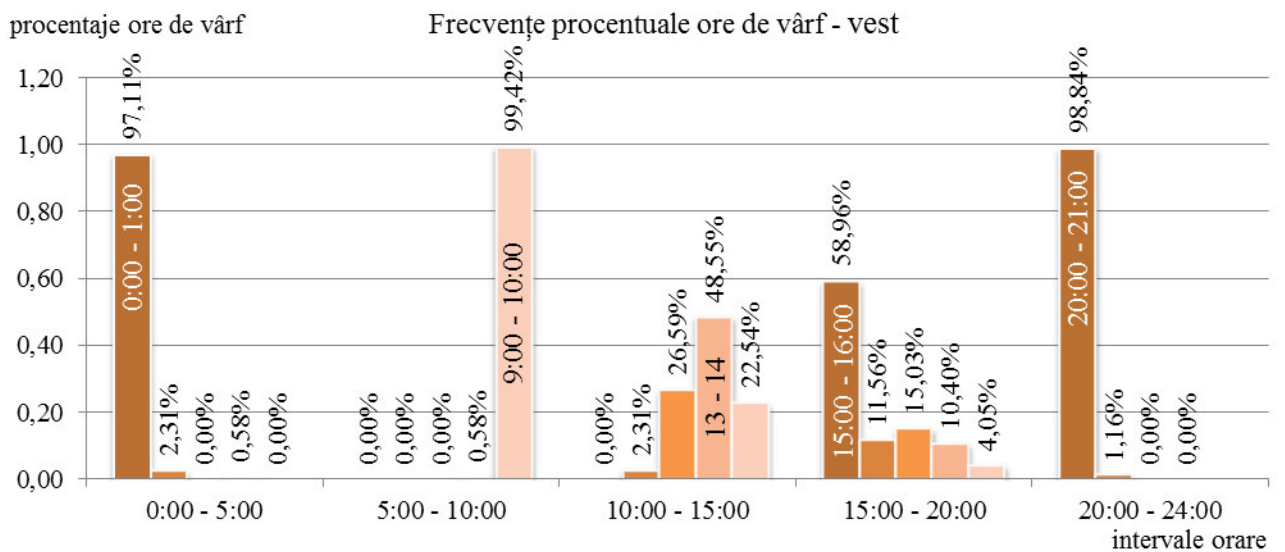


Fig. 5.61 Frecvențe procentuale ore de vârf – vest, sfârșit de săptămână

### 5.3.5.2 Frecvențe de apariție ale intervalelor suborare de vârf

Pentru intervalele orare de vârf cu frecvențele de apariție cele mai mari, s-au extras intervalele suborare de vârf cel mai des întâlnite. Acest lucru s-a realizat în cele 3 (trei) ipoteze de calcul, în funcție de intervalele suborare evaluate.

În urma analizei rezultatelor obținute pentru zilele lucrătoare (Tab. 5.13, Tab. 5.14, Tab. 5.15), s-au constatat următoarele aspecte:

- procentele identificate sunt mai reduse în ipoteza de calcul considerând intervale de 5 minute, respectiv mai ridicate în ipoteza celor 15 minute de bază. Acest lucru este normal, datorită faptului că prima ipoteză compară 12 posibile intervale suborare de vârf, în vreme ce a doua doar 4 astfel de intervale;
- pentru sensul de deplasare către vest, intervalul 9:45-10:00 este de vârf în 80% din cazuri, comparativ cu celelalte trei intervale de 15 minute de bază (9:00-9:15, 9:15-9:30, 9:30-9:45) (Tab. 5.15). El include intervalul suborar 9:50-9:55, care este de vârf în 31% din situații (Tab. 5.13);
- distribuția volumelor de trafic suborare în cursul amiezilor și după-meselor este mai uniformă decât în alte perioade ale zilei. Acest aspect influențează valorile factorilor PHF. Valorile frecvențelor suborare de apariție a minutelor de vârf sunt cuprinse între 11 și 32%, în funcție de ipoteza de calcul, inferioare valorilor pentru celelalte intervale orare ale zilei.

Tab. 5.13 Frecvențe procentuale minute de vârf, zile lucrătoare (intervale de 5 minute)

Nr. crt.	Sens de deplasare	Interval orar	Ora:minutele de vârf	Frecvența procentuală minute de vârf [%]
1	Ambele sensuri	0:00 - 5:00	0:00-0:05	21
2		5:00 - 10:00	8:00-8:05	16
3		10:00 - 15:00	14:40-14:45	11
4			14:50-14:55	11
5		15:00 - 20:00	17:25-17:30	12
6			17:50-17:55	12
7		20:00 - 24:00	20:05-20:10	22
8	Est	0:00 - 5:00	0:00-0:05	16
9		5:00 - 10:00	7:30-7:35	17
10		10:00 - 15:00	13:40-13:45	12
11		15:00 - 20:00	17:40-17:45	11
12		20:00 - 24:00	20:10-20:15	19
13	Vest	0:00 - 5:00	0:00-0:05	21
14		5:00 - 10:00	9:50-9:55	31
15		10:00 - 15:00	14:50-14:55	12
16		15:00 - 20:00	18:30-18:35	11
17		20:00 - 24:00	20:05-20:10	19

Tab. 5.14 Frecvențe procentuale minute de vârf, zile lucrătoare (intervale de 15 minute de vârf)

Nr. crt.	Sens de deplasare	Interval orar	Ora:minutele de vârf	Frecvența procentuală minute de vârf [%]
1	Ambele sensuri	0:00 - 5:00	0:00-0:15	39
2		5:00 - 10:00	8:00-8:15	33
3		10:00 - 15:00	14:40-14:55	15
4		15:00 - 20:00	17:40-17:55	14
5		20:00 - 24:00	20:00-20:15	34

Nr. crt.	Sens de deplasare	Interval orar	Ora:minutele de vârf	Frecvența procentuală minute de vârf [%]
6	Est	0:00 - 5:00	0:00-0:15	31
7		5:00 - 10:00	7:25-7:40	24
8		10:00 - 15:00	13:40-13:55	15
9		15:00 - 20:00	17:05-17:20	18
10		20:00 - 24:00	20:00-20:15	26
11	Vest	0:00 - 5:00	0:00-0:15	35
12		5:00 - 10:00	9:45-10:00	59
13		10:00 - 15:00	14:20-14:35	12
14			14:40-14:55	12
15		15:00 - 20:00	18:25-18:40	16
16		20:00 - 24:00	20:00-20:15	34

Tab. 5.15 Frecvențe procentuale minute de vârf, zile lucrătoare (intervale de 15 minute de bază)

Nr. crt.	Sens de deplasare	Interval orar	Ora:minutele de vârf	Frecvența procentuală minute de vârf [%]
1	Ambele sensuri	0:00 - 5:00	0:00-0:15	58
2		5:00 - 10:00	8:00-8:15	55
3		10:00 - 15:00	14:30-14:45	31
4		15:00 - 20:00	17:15-17:30	36
5		20:00 - 24:00	20:00-20:15	62
6	Est	0:00 - 5:00	0:00-0:15	47
7		5:00 - 10:00	7:30-7:45	43
8		10:00 - 15:00	13:15-13:30	30
9		15:00 - 20:00	17:15-17:30	32
10		20:00 - 24:00	20:00-20:15	53
11	Vest	0:00 - 5:00	0:00-0:15	61
12		5:00 - 10:00	9:45-10:00	80
13		10:00 - 15:00	14:15-14:30	32
14		15:00 - 20:00	18:15-18:30	31
15		20:00 - 24:00	20:00-20:15	57

În urma analizei rezultatelor obținute pentru sfârșiturile de săptămână (Tab. 5.16, Tab. 5.17, Tab. 5.18), s-au constatat următoarele aspecte:

- procentele identificate sunt mai reduse în ipoteza de calcul considerând intervale de 5 minute, respectiv mai ridicate în ipoteza celor 15 minute de bază. Acest lucru este normal, datorită faptului că prima ipoteză compară 12 posibile intervale suborare de vârf, în vreme ce a doua doar 4 astfel de intervale;
- intervalele suborare cuprinse între orele 9:45 și 10:00 sunt de vârf în cele mai multe cazuri. Alte intervale cu frecvențe ridicate de aglomerare sunt cele cuprinse între 20:00-20:15;
- și în acest caz, distribuția volumelor de trafic suborare în cursul amiezilor și după-meselor este mai uniformă decât în alte perioade ale zilei.

Tab. 5.16 Frecvențe procentuale minute de vârf, sfârșit de săptămână (intervale de 5 minute)

Nr. crt.	Sens de deplasare	Interval orar	Ora:minutele de vârf	Frecvența procentuală minute de vârf [%]
1	Ambele sensuri	0:00 - 5:00	0:00-0:05	21
2		5:00 - 10:00	9:55-10:00	33
3		10:00 - 15:00	12:45-12:50	16
4		15:00 - 20:00	15:00-15:05	17
5		20:00 - 24:00	20:05-20:10	22
6	Est	0:00 - 5:00	0:00-0:05	16
7		5:00 - 10:00	9:45-9:50	28
8		10:00 - 15:00	12:45-12:50	13
9		15:00 - 20:00	18:45-18:50	15
10		20:00 - 24:00	20:10-20:15	19
11	Vest	0:00 - 5:00	0:00-0:05	21
12		5:00 - 10:00	9:50-9:55	31
13		10:00 - 15:00	13:15-13:20	12
14			13:20-13:25	12
15		15:00 - 20:00	15:05-15:10	16
16		20:00 - 24:00	20:05-20:10	19

Tab. 5.17 Frecvențe procentuale minute de vârf, sf. de săptămână (intervale de 15 minute de vârf)

Nr. crt.	Sens de deplasare	Interval orar	Ora:minutele de vârf	Frecvența procentuală minute de vârf [%]
1	Ambele sensuri	0:00 - 5:00	0:00-0:15	39
2		5:00 - 10:00	9:45-10:00	68
3		10:00 - 15:00	12:45-13:00	20
4		15:00 - 20:00	15:00-15:15	31
5		20:00 - 24:00	20:00-20:15	34
6	Est	0:00 - 5:00	0:00-0:15	31
7		5:00 - 10:00	9:45-10:00	39
8		10:00 - 15:00	12:40-12:55	17
9		15:00 - 20:00	18:10-18:25	17
10		20:00 - 24:00	20:00-20:15	26
11	Vest	0:00 - 5:00	0:00-0:15	35
12		5:00 - 10:00	9:45-10:00	59
13		10:00 - 15:00	13:15-13:30	15
14		15:00 - 20:00	15:00-15:15	26
15		20:00 - 24:00	20:00-20:15	34

Tab. 5.18 Frecvențe procentuale minute de vârf, sf. de săptămână (intervale de 15 minute de bază)

Nr. crt.	Sens de deplasare	Interval orar	Ora:minutele de vârf	Frecvența procentuală minute de vârf [%]
1	Ambele sensuri	0:00 - 5:00	0:00-0:15	58
2		5:00 - 10:00	9:45-10:00	91
3		10:00 - 15:00	12:45-13:00	35
4		15:00 - 20:00	15:00-15:15	49
5		20:00 - 24:00	20:00-20:15	62



Nr. crt.	Sens de deplasare	Interval orar	Ora:minutele de vârf	Frecvența procentuală minute de vârf [%]
6	Est	0:00 - 5:00	0:00-0:15	47
7		5:00 - 10:00	9:45-10:00	71
8		10:00 - 15:00	12:45-13:00	37
9		15:00 - 20:00	18:45-19:00	29
10		20:00 - 24:00	20:00-20:15	53
11	Vest	0:00 - 5:00	0:00-0:15	61
12		5:00 - 10:00	9:45-10:00	80
13		10:00 - 15:00	13:15-13:30	43
14		15:00 - 20:00	15:00-15:15	48
15		20:00 - 24:00	20:00-20:15	57

### 5.3.5.3 PHF – valori medii

Valorile medii ale PHF sunt obținute ca medii aritmetice ale indicatorilor PHF rezultați pentru orele de vârf din perioada studiată. Pentru fiecare interval orar considerat, s-au evaluat factorii PHF, în cele trei ipoteze de calcul. Evaluarea s-a efectuat diferențiat, pentru zile lucrătoare (Tab. 5.19), respectiv pentru sfârșit de săptămână (Tab. 5.20).

Tab. 5.19 PHF – valori medii, zile lucrătoare

Nr. crt.	Sens de deplasare	Interval orar	PHF (5 min.)	PHF (15 min. vârf)	PHF (15 min. bază)	PHF (AND 584-2012)
1	Ambele sensuri	0:00 - 5:00	0,673	0,785	0,805	0,950
2		5:00 - 10:00	0,874	0,922	0,931	
3		10:00 - 15:00	0,904	<b>0,949</b>	<b>0,962</b>	
4		15:00 - 20:00	0,911	<b>0,951</b>	<b>0,962</b>	
5		20:00 - 24:00	0,864	0,909	0,918	
6		val.medii	0,845	0,903	0,915	
7	Est	0:00 - 5:00	0,598	0,744	0,773	
8		5:00 - 10:00	0,864	0,924	0,941	
9		10:00 - 15:00	0,864	0,928	0,944	
10		15:00 - 20:00	0,868	0,929	<b>0,948</b>	
11		20:00 - 24:00	0,849	0,911	0,925	
12		val.medii	0,809	0,887	0,906	
13	Vest	0:00 - 5:00	0,653	0,775	0,800	
14		5:00 - 10:00	0,843	0,914	0,921	
15		10:00 - 15:00	0,875	0,934	<b>0,949</b>	
16		15:00 - 20:00	0,889	0,937	<b>0,949</b>	
17		20:00 - 24:00	0,825	0,884	0,894	
18		val.medii	0,817	0,889	0,903	

Tab. 5.20 PHF – valori medii, sfârșit de săptămână

Nr. crt.	Sens de deplasare	Interval orar	PHF (5 min.)	PHF (15 min. vârf)	PHF (15 min. bază)	PHF (AND 584-2012)
1	Ambele sensuri	0:00 - 5:00	0,685	0,802	0,825	0,950
2		5:00 - 10:00	0,797	0,844	0,849	
3		10:00 - 15:00	0,903	<b>0,947</b>	<b>0,957</b>	
4		15:00 - 20:00	0,902	<b>0,945</b>	<b>0,956</b>	
5		20:00 - 24:00	0,866	0,914	0,923	
6		val.medii	0,831	0,890	0,902	

Nr. crt.	Sens de deplasare	Interval orar	PHF (5 min.)	PHF (15 min. vârf)	PHF (15 min. bază)	PHF (AND 584-2012)
7	Est	0:00 - 5:00	0,596	0,742	0,773	
8		5:00 - 10:00	0,794	0,860	0,874	
9		10:00 - 15:00	0,872	0,931	0,944	
10		15:00 - 20:00	0,871	0,927	0,939	
11		20:00 - 24:00	0,839	0,900	0,914	
12		val.medii	0,794	0,872	0,889	
13	Vest	0:00 - 5:00	0,707	0,825	0,848	
14		5:00 - 10:00	0,749	0,813	0,818	
15		10:00 - 15:00	0,877	0,934	<b>0,947</b>	
16		15:00 - 20:00	0,867	0,926	0,941	
17		20:00 - 24:00	0,828	0,899	0,912	
18		val.medii	0,806	0,880	0,893	

#### 5.3.5.4 PHF – valori mediane

Evaluarea medianei PHF are la bază identificarea în tabelul de rezultate privind PHF a valorii care împarte distribuția în două părți egale. Dacă există un număr par de înregistrări, mediana este evaluată ca medie aritmetică a celor două valori din vecinătatea mijlocului distribuției de înregistrări.

Pentru fiecare interval orar considerat, s-au evaluat factorii PHF, în cele trei ipoteze de calcul. Evaluarea s-a efectuat diferențiat, pentru zile lucrătoare (Tab. 5.21), respectiv pentru sfârșit de săptămână (Tab. 5.22).

Tab. 5.21 PHF – valori mediane, zile lucrătoare

Nr. crt.	Sens de deplasare	Interval orar	PHF (5 min.)	PHF (15 min. vârf)	PHF (15 min. bază)	PHF (AND 584-2012)
1	Ambele sensuri	0:00 - 5:00	0,682	0,792	0,810	0,950
2		5:00 - 10:00	0,878	0,930	0,938	
3		10:00 - 15:00	0,907	<b>0,951</b>	<b>0,965</b>	
4		15:00 - 20:00	0,914	<b>0,953</b>	<b>0,965</b>	
5		20:00 - 24:00	0,867	0,909	0,917	
6		val.medii	0,850	0,907	0,919	
7	Est	0:00 - 5:00	0,602	0,750	0,780	
8		5:00 - 10:00	0,873	0,929	0,944	
9		10:00 - 15:00	0,869	0,934	<b>0,948</b>	
10		15:00 - 20:00	0,874	0,933	<b>0,953</b>	
11		20:00 - 24:00	0,852	0,914	0,931	
12		val.medii	0,814	0,892	0,911	
13	Vest	0:00 - 5:00	0,656	0,779	0,800	
14		5:00 - 10:00	0,848	0,920	0,929	
15		10:00 - 15:00	0,881	0,936	<b>0,952</b>	
16		15:00 - 20:00	0,894	0,942	<b>0,954</b>	
17		20:00 - 24:00	0,829	0,888	0,898	
18		val.medii	0,821	0,893	0,907	

Tab. 5.22 PHF – valori mediane, sfârșit de săptămână

Nr. crt.	Sens de deplasare	Interval orar	PHF (5 min.)	PHF (15 min. vârf)	PHF (15 min. bază)	PHF (AND 584-2012)
1	Ambele sensuri	0:00 - 5:00	0,685	0,807	0,830	0,950
2		5:00 - 10:00	0,797	0,848	0,850	
3		10:00 - 15:00	0,909	0,951	0,961	
4		15:00 - 20:00	0,907	0,950	0,961	
5		20:00 - 24:00	0,874	0,920	0,928	
6		val.medii	0,834	0,895	0,906	
7	Est	0:00 - 5:00	0,602	0,744	0,779	
8		5:00 - 10:00	0,801	0,860	0,872	
9		10:00 - 15:00	0,879	0,936	0,946	
10		15:00 - 20:00	0,878	0,935	0,947	
11		20:00 - 24:00	0,852	0,907	0,922	
12		val.medii	0,802	0,876	0,893	
13	Vest	0:00 - 5:00	0,711	0,833	0,850	
14		5:00 - 10:00	0,755	0,830	0,830	
15		10:00 - 15:00	0,880	0,939	0,950	
16		15:00 - 20:00	0,871	0,933	0,947	
17		20:00 - 24:00	0,833	0,903	0,918	
18		val.medii	0,810	0,888	0,899	

### 5.3.5.5 Analiză comparativă medii – mediane PHF

Principalele concluzii care se desprind în urma analizei valorilor PHF medii, respectiv mediane obținute sunt:

- valorile PHF pentru zile lucrătoare sunt cu 1-2% mai mari decât cele obținute pentru sfârșit de săptămână;
- valorile PHF considerând ratele fluxului pentru intervale suborare de 15 minute de vârf sunt cu 7-10% mai mari decât cele utilizând intervale de 5 minute de vârf. Analog, valorile PHF obținute utilizând intervale de 15 minute de bază sunt cu 8-12% mai mari decât cele utilizând intervale de 5 minute;
- valorile maxime pentru PHF (Tab. 5.19, Tab. 5.21) se înregistrează în cursul amiezilor și după-meselor, atunci când volumele orare sunt distribuite mai uniform în timp;
- în cursul nopții și al dimineții, volumele de trafic sunt mai concentrate în intervale de timp scurte, conducând la valori mai reduse ale PHF;
- valorile medianelor PHF sunt cu până la 1,4% mai mari decât cele medii, în cazul zilelor lucrătoare, și cu până la 2,1% mai mari în cazul sfârșiturilor de săptămână;
- valorile PHF obținute considerând ambele sensuri de deplasare sunt superioare celor obținute separat pentru fiecare sens în parte;
- pentru drumuri similare celui studiat în cazul de față, valoarea recomandată în AND 584-2012 [93] pentru factorul orei de vârf este 0,950. În urma evaluării valorilor medii și mediane pentru PHF, s-a considerat că cele cuprinse între 0,945 și 0,955 coincid cu valoarea  $F_v = 0,950$  din AND 584. Astfel de valori s-au obținut în perioada amiezilor și după-meselor, considerând, cu precădere, intervale suborare de 15 minute de bază pentru rata fluxului. În aceeași ipoteză, s-au obținut și valori care depășesc media PHF = 0,950;
- În afara cazurilor menționate anterior, valorile PHF obținute prin măsurători de trafic utilizând sistemul HS-WIM sunt inferioare celei recomandate prin normativ [93]. Acest lucru indică o oarecare concentrare a volumelor de trafic în perioade scurte de timp. În același timp, însă, aceasta nu implică automat faptul că traficul este congestionat, valori PHF reduse întâlnindu-se și în cazurile când volumele de trafic nu depășesc capacitatea de circulație;

- valorile PHF obținute în baza intervalelor suborare de 5 minute de vârf sunt, în general, inferioare valorilor recomandate prin normativ [93].

### 5.3.5.6 PHF – valori ale modulului

În privința modulului (Tab. 5.23), utilizarea intervalelor de 5 minute pentru rata fluxului conduce la valori reduse ale modulului, factorii PHF luând valori diversificate.

Tab. 5.23 PHF – valori maxime ale modulului

Nr. crt.	Sens de deplasare	Interval orar	PHF	Modul
1	Vest	0:00-0:05	0,667	11
2	Est	0:00-0:15	0,750	10

### 5.3.6 Concluzii și propuneri

Prelucrarea prin TRANSofT a volumelor de trafic monitorizate utilizând sistemul HS-WIM este axată pe următoarele aspecte:

- Analiza volumelor totale de trafic;
- Analiza volumelor zilnice de trafic, prin evaluarea următorilor parametri:
  - intensitatea medie zilnică anuală, totală și pe categorii de vehicule;
  - variația volumelor zilnice de trafic pentru perioada studiată;
  - intensitatea medie zilnică săptămânală;
  - intensitatea medie zilnică lunară;
  - intensitatea medie zilnică anuală pentru zile lucrătoare, totală și pe categorii de vehicule;
- Evaluarea repartiției transversale a traficului pe benzile de circulație;
- Analiza repartiției orare a volumelor de trafic, pentru autovehicule ușoare, grele și totalul lor;
- Studiul orelor de vârf și prelucrarea statistică a datelor, pentru 5 (cinci) intervale orare zilnice, utilizând 3 (trei) metode de calcul.

Principalele aspecte constatate în urma prelucrării prin TRANSofT a volumelor de trafic monitorizate utilizând sistemul HS-WIM sunt:

- Circa 87% din autovehiculele înregistrate sunt autoturisme. Volumul redus de vehicule grele se datorează în mare măsură prezenței sectorului de autostradă A3 Gilău - Turda - Câmpia Turzii și a traseelor de ocolire a municipiului Cluj Napoca, care preiau o mare parte a traficului greu de tranzit.
- Distribuțiile procentuale de trafic pe cele 4 (patru) benzi de circulație monitorizate sunt cuprinse între 21,6% (banda nr. 4) și 28,1% (banda nr. 3).
- Vehiculele grele tind să se deplaseze pe benzile marginale (nr. 1, nr. 4).
- S-a observat o tendință de creștere a valorilor totale ale MZA pentru ultimii 2 ani de zile, incluzând un spor de 3,3% a numărului de autoturisme. Sporul numărului de autoturisme aferent zilelor lucrătoare a fost de 3,6%.
- Volumele de trafic în zilele de sărbători legale sau libere la nivel național sunt de circa 40% din mediile uzuale.
- Traficul greu reprezintă, în medie, 2,2% din volumul total de trafic înregistrat, datorită caracteristicilor amplasamentului studiat și a traficului pendular de autoturisme.
- Volumele de trafic sunt sporite în cursul primăverii și în ultimul trimestru al anului. Valorile minime se înregistrează în cursul lunilor ianuarie, februarie și august.
- Valoarea obținută pentru coeficientul de repartiție transversală a traficului  $c_{rt} = 0,28$  este inferioară celei recomandate în standardul românesc AND 584 [93][94] pentru zona studiată, și anume  $c_{rt} = 0,35$ .
- Volumul mediu al traficului înregistrat la sfârșit de săptămână reprezintă circa 90% din volumul unei zile lucrătoare.

- Volumul traficului greu la sfârșit de săptămână (1,6% din total) reprezintă circa 50% din cel desfășurat în timpul zilelor lucrătoare (3,3% din total).
- În cursul dimineților zilelor lucrătoare, volumele de trafic sunt concentrate către est, populația deplasându-se înspre locațiile de interes (economice, industriale, educaționale etc.) din intravilanul municipiului Cluj Napoca. După-amiaza, sensul fluxul de trafic majoritar se modifică spre zonele rezidențiale și comerciale dinspre vest.
- Tendința de deplasare a populației către est în cursul dimineții este susținută de posibilitatea de 94% ca ora de vârf să fie în intervalul 7-9. În cursul amiezii, distribuțiile sunt echilibrate, însă, în majoritatea cazurilor, orele de vârf sunt în intervalul 13-15. După-masa, deplasarea populației către vest este relevată de frecvența de circa 94% de apariție a orei de vârf în intervalul orar 17-19.
- La sfârșit de săptămână, volumele de trafic sunt maxime în jurul amiezii, cu un al doilea vârf în jurul orelor 17-18.
- Au fost trasate graficele de variație orară a volumelor de trafic pentru zilele de vineri din perioada 30.01.2015 – 30.04.2015, pentru cele două sensuri de deplasare. Pe aceleași grafice, s-au suprapus valorile medii ale variației orare pentru zilele studiate. Astfel de grafice se pot trasa pentru orice perioadă selectată, selectând zilele de interes pentru utilizator. Principalele utilități ale acestei proceduri sunt:
  - studiul variației volumelor de trafic în anumite intervale orare;
  - studiul capacității de circulație;
  - analiza repetitivității anumitor tendințe în desfășurarea traficului;
  - formularea de modele de predicție a traficului pe termen scurt;
  - adoptarea de măsuri pentru fluidizarea traficului în anumite situații/intervale orare.
- Valorile factorilor orei de vârf PHF pentru zile lucrătoare sunt cu 1-2% mai mari decât cele obținute pentru sfârșit de săptămână.
- Valorile maxime pentru PHF se înregistrează în cursul amiezii și după-meselor, atunci când volumele orare sunt distribuite mai uniform în timp. În cursul nopții și al dimineții, volumele de trafic sunt mai concentrate în intervale de timp scurte, conducând la valori mai reduse ale PHF.
- În general, valorile PHF obținute în urma prelucrării datelor utilizând TRANSofT sunt inferioare valorii recomandate în AND 584-2012 [93], și anume 0,950. Acest lucru indică o oarecare concentrare a volumelor de trafic în perioade scurte de timp. În același timp, însă, aceasta nu implică automat faptul că traficul este congestionat, valori PHF reduse întâlnindu-se și în cazurile când volumele de trafic nu depășesc capacitatea de circulație. Valori similare celei indicate anterior au fost obținute în cursul amiezii și după-meselor, considerând, cu precădere, intervale suborare de 15 minute de bază pentru rata fluxului. Totodată, în aceeași ipoteză, s-au obținut și valori superioare celei recomandate (PHF = 0,961, PHF = 0,965).

În vederea utilizării adecvate a TRANSofT și obținerii unor rezultate corecte și relevante în privința studiului volumelor de trafic, se propun următoarele:

- Revizuirea coeficienților de repartiție transversală a traficului  $c_{rt}$  recomandați prin normative, avându-se în vedere posibilitatea modificării lor. Având în vedere perioada îndelungată a studiului efectuat în prezenta lucrare și valoarea obținută ( $c_{rt} = 0,28$ ), se constată faptul că valorile recomandate în standarde [93][94] pot fi mult superioare valorilor reale, conducând astfel la supradimensionarea structurilor rutiere. Cu toate acestea, este necesară fundamentarea unei astfel de măsuri prin multiple evaluări similare celei efectuate în prezentul studiu. În acest sens, TRANSofT reprezintă o unealtă ideală pentru prelucrarea datelor de trafic.
- Adoptarea unor măsuri de planificare a transporturilor în mediu urban, în vederea îmbunătățirii condițiilor de trafic. Se impune o mai bună organizare și gestiune a traficului urban, astfel încât să fie favorizată fluidizarea și decongestionarea, în special în cadrul orelor

de vârf. Acest lucru este valabil nu doar în cazul studiat și prezentat, ci și în numeroase alte situații în care capacitatea de circulație a drumurilor este atinsă ori depășită.

Sub numitorul comun al îmbunătățirii productivității muncii, este necesară corelarea aspectelor tehnico-funcționale pe de o parte, precum și a celor administrative și legale pe de alta, astfel încât să se urgenceze adoptarea unor măsuri concrete de către autoritățile abilitate pentru îmbunătățirea condițiilor de trafic rutier. În acest sens, TRANSofT reprezintă un instrument extrem de util în prelucrarea datelor care stau la baza unor măsuri administrative adecvate. În cazul locației studiate în prezenta lucrare, a fost elaborat un studiu comparativ [11] care arată posibilele măsuri pentru îmbunătățirea parametrilor de trafic în zona analizată.

- Utilizarea TRANSofT pentru prelucrarea datelor de trafic în vederea stabilirii anumitor tendințe în desfășurarea traficului și a formulării unor modele de predicție a traficului pe termen scurt. Acest lucru contribuie la îmbunătățirea performanței predicțiilor de trafic [8]. Au fost dezvoltate diverse metode de evaluare a condițiilor existente de trafic și de predicție a evoluției acestora [12], incluzând modele parametrice (serii temporale, filtre Kalman etc.) și non-parametrice (modele de regresie, rețele neuronale [107] etc.). Utilizarea TRANSofT poate fi axată asupra aspectelor de bază [106] ale predicției traficului pe termen scurt, abordate în literatura de specialitate.
- Evaluarea factorului orei de vârf (PHF) utilizând ratele fluxului calculate pe baza uneia din metodele propuse, în funcție de situație. Calculul ratei fluxului pe baza volumelor suborare din cele 15 minute de bază conduce la valorile PHF cele mai ridicate, similare celor recomandate prin standarde. Studiile efectuate în acest sens [9][10] susțin rezultatele obținute în cadrul prezentei lucrări, contribuind la stabilirea orelor de vârf și a tendințelor de desfășurare a traficului în zona analizată.
- Utilizarea măsurătorilor HS-WIM și a prelucrărilor TRANSofT în vederea monitorizării vehiculelor supraîncărcate, care încalcă limitele de greutate admise prin lege. În acest sens, autoritățile abilitate pot efectua controale suplimentare cu sisteme LS-WIM de recunoaștere a plăcuțelor de înmatriculare sau similare, având în vedere faptul că sistemele HS-WIM oferă date informative, ele nefiind acreditate în vederea aplicării de sancțiuni. Astfel de măsuri sunt adoptate în mod constant la nivel internațional [75][76][77][81].

#### 5.4 Studiul vitezelor de deplasare ale vehiculelor

Studiul vitezelor este concentrat asupra vitezelor instantanee de deplasare, înregistrate utilizând sistemul HS-WIM studiat. Vitezele au fost înregistrate pe fiecare bandă de circulație separat, pentru perioada 26 aprilie 2013 – 30 aprilie 2015. Începând cu data de 27 aprilie 2014, înregistrările vitezelor de deplasare ale vehiculelor pe banda nr. 1 (sensul de deplasare spre est) au fost efectuate eronat, toate autovehiculele monitorizate pe banda respectivă fiind înregistrate ca deplasându-se cu viteza de 50 km/h. Erorile survenite se limitează la parametrul de viteză, nefiind afectate înregistrările referitoare la volume de trafic sau mase ale vehiculelor. Nu se cunosc cauzele precise ale înregistrărilor eronate, iar sistemul nu a fost întrerupt în vederea efectuării de investigații și remedieri în acest sens. Cu toate acestea, având în vedere aspectele survenite, studiul vitezelor de deplasare a fost divizat în două etape:

- etapa 1: 25 aprilie 2013 – 26 aprilie 2014, pentru care s-au considerat în calcul informațiile referitoare la viteză înregistrate pe banda nr. 1;
- etapa 2: 27 aprilie 2014 – 30 aprilie 2015, pentru care s-au luat în calcul doar vitezele monitorizate pe benzile nr. 2, 3 și 4.

Calculul au fost efectuate pentru fiecare bandă de circulație în parte, pe senzori și pentru totalul vehiculelor monitorizate. De asemenea, s-au utilizat 3 (trei) mărimi ale intervalelor de viteză utilizate la generarea tabelului de distribuție a frecvențelor:

- 1 km/h;
- 2 km/h;
- 5 km/h.



Apelarea funcției de construire a tabelului distribuției frecvențelor de întâlnire a vitezelor instantanee înregistrate conduce la afișarea rezultatelor procesate prin TRANSofT (Tab. 5.24). Tabele similare sunt generate pentru fiecare caz de studiu în parte. Calculele se pot efectua separat pe benzi sau senzori de circulație.

Tab. 5.24 Tabel distribuție frecvențe viteze, intervale de 2 km/h (fragment)

Limita inferioară interval viteze [km/h]	Mijloc interval viteze [km/h]	Limita superioară interval viteze [km/h]	Număr vehicule	Frecvența [%]	Frecvența cumulată [%]
48	49	50	603611	3,21	10,55
50	51	52	775551	4,13	14,68
52	53	54	982898	5,23	19,91
54	55	56	1267018	6,75	26,66
56	57	58	1321318	7,03	33,69
58	59	60	1504415	8,01	41,70
60	61	62	1387107	7,38	49,08
62	63	64	1473530	7,84	56,93

De asemenea, TRANSofT furnizează și graficele aferente:

- graficul distribuției frecvențelor (Fig. 5.62):

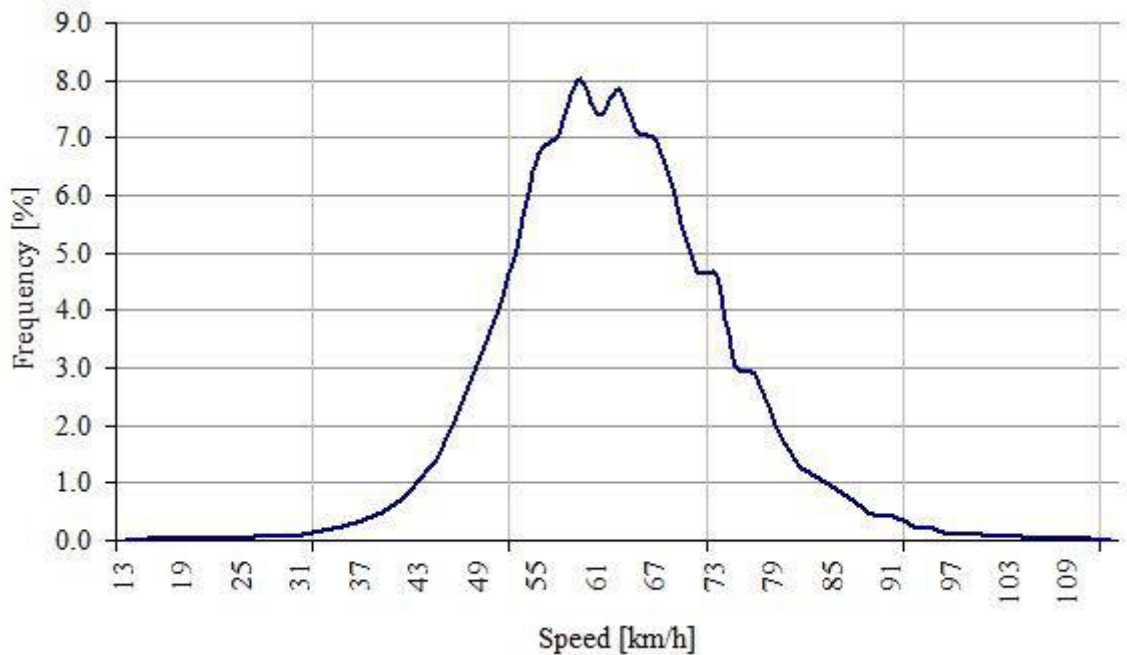


Fig. 5.62 Graficul distribuției frecvențelor, intervale de viteză de 2 km/h

- graficul distribuției frecvențelor cumulate (Fig. 5.63):

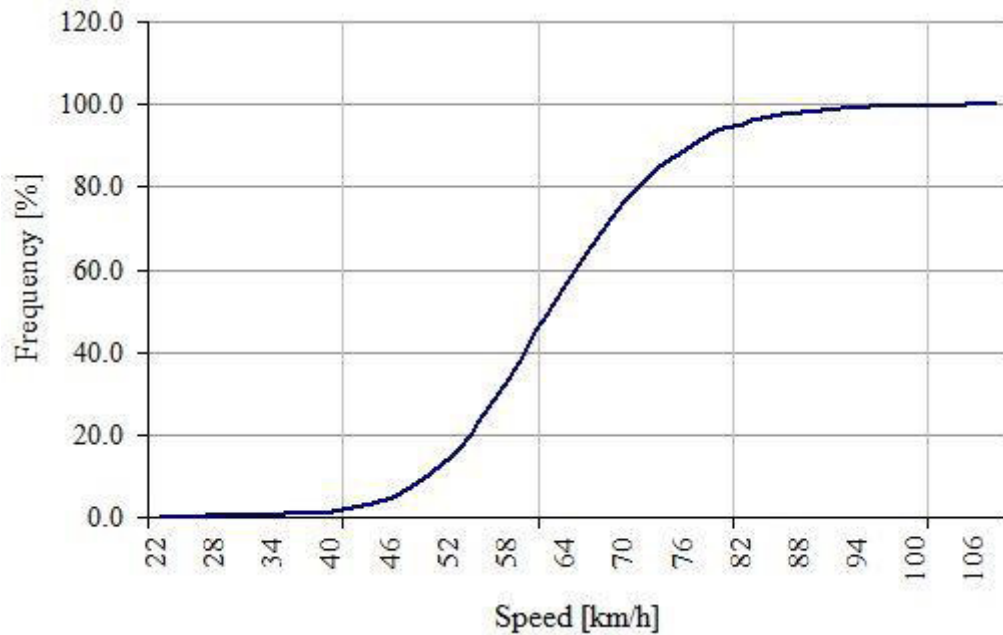


Fig. 5.63 Graficul distribuției frecvențelor cumulate, intervale de viteză de 2 km/h

În continuare, studiul vitezelor a fost divizat în cele 2 (două) etape ale analizei, având în vedere erorile de înregistrare prezentate anterior. Studiile au avut ca scop stabilirea elementelor principale de statistică matematică evaluate în cadrul studiului vitezelor de deplasare ale vehiculelor (par. 4.3.5.1), pentru fiecare din cele 3 (trei) mărimi ale intervalelor de viteză utilizate.

#### 5.4.1 Studiul vitezelor în etapa 1

##### 5.4.1.1 Studiul pe benzi de circulație

Studiul indică rezultate similare obținute pentru intervale de viteză de 1 km/h, respectiv 2 km/h utilizate la generarea tabelului de distribuție a frecvențelor (Tab. 5.25...Tab. 5.30). De asemenea, valorile obținute utilizând intervale de 5 km/h sunt foarte apropiate celor menționate anterior, cu excepția vitezelor modale și a pasului distribuției.

Sectorul de drum studiat se găsește în intravilan. Viteza legală admisă pe sectorul respectiv este de 50 km/h. Se remarcă faptul că majoritatea autovehiculelor nu respectă această limită. Cu excepția benzii nr. 1, vitezele medii și mediane sunt cu cel puțin 12 km/h mai mari decât limita legală impusă (Tab. 5.25, Tab. 5.26). De asemenea, aproximativ 40-45% din autovehiculele monitorizate se deplasează cu viteze mai mari cu până la 20 km/h decât limita impusă (Tab. 5.28).

85% din autovehiculele monitorizate se deplasează cu viteze de peste 52 km/h, iar 15% peste 74 km/h (Tab. 5.29). Excepție face banda nr. 1, unde aceste limite sunt mai mici cu 5-10 km/h.

Tab. 5.25 Viteze mediane  $S_{50}$  [km/h], pe benzi de circulație – etapa 1

Mărimă interval de viteze [km/h]	Banda de circulație			
	1	2	3	4
1	56,44	65,88	64,40	62,06
2	56,47	65,88	64,40	62,06
5	56,52	65,91	64,41	62,08

Tab. 5.26 Viteze medii  $\bar{S}$  [km/h], pe benzi de circulație – etapa 1

Mărimă interval de viteze [km/h]	Banda de circulație			
	1	2	3	4
1	57,21	66,16	65,05	62,96
2	57,21	66,15	65,04	62,96
5	57,18	66,12	65,01	62,93

Tab. 5.27 Viteze modale [km/h], pe benzi de circulație – etapa 1

Mărime interval de viteze [km/h]	Banda de circulație			
	1	2	3	4
1	54,5	62,5	62,5	59,5
2	55	67	63	59
5	57,5	67,5	62,5	57,5

Tab. 5.28 Pasul distribuției [km/h] / vehicule în pas [%], pe benzi de circulație – etapa 1

Mărime interval de viteze [km/h]	Banda de circulație			
	1	2	3	4
1	49...59 / 43,4	60...70 / 44,6	57...67 / 38,5	53...63 / 39,1
2	48...58 / 43,4	58...68 / 44,4	56...66 / 38,5	52...62 / 39,1
5	45...55 / 43,4	55...65 / 44,4	55...65 / 37,5	50...60 / 39

Tab. 5.29 Viteze procentuale  $S_{15}$ ,  $S_{85}$  [km/h], pe benzi de circulație – etapa 1

Mărime interval de viteze [km/h]	Banda de circulație							
	1	2	3	4	1	2	3	4
	Viteza procentuală [km/h]							
	$S_{15}$				$S_{85}$			
1	47,75	57,21	54,56	52,73	66,84	75,00	75,94	73,65
2	47,73	57,20	54,55	52,72	66,88	75,19	75,95	73,71
5	47,35	56,82	54,37	52,30	67,18	75,00	75,91	73,88

Tab. 5.30 Abateri standard  $s_d$  [km/h], pe benzi de circulație – etapa 1

Mărime interval de viteze [km/h]	Banda de circulație			
	1	2	3	4
1	10,09	9,40	11,34	11,13
2	10,10	9,41	11,35	11,14
5	10,17	9,50	11,42	11,21

#### 5.4.1.2 Studiul pe senzori de deplasare

Studiul pe senzori de deplasare indică viteze superioare de deplasare pe sensul către vest, cu circa 2-3 km/h în medie (Tab. 5.31, Tab. 5.32). Peste 37% din autovehicule se deplasează cu viteze cuprinse între 50 și 67 km/h (Tab. 5.34), iar peste 85% din conducătorii auto depășesc viteza legală admisă pe sectorul de drum studiat (Tab. 5.35). 15% din autovehiculele monitorizate au fost înregistrate cu viteze de peste 72-75 km/h (Tab. 5.35).

Tab. 5.31 Viteze mediane  $S_{50}$  [km/h], pe senzori de deplasare – etapa 1

Mărime interval de viteze [km/h]	Sens de deplasare	
	est	vest
1	61,09	63,33
2	61,00	63,39
5	60,98	63,40

Tab. 5.32 Viteze medii  $\bar{S}$  [km/h], pe senzori de deplasare – etapa 1

Mărime interval de viteze [km/h]	Sens de deplasare	
	est	vest
1	61,35	64,14
2	61,35	64,14
5	61,32	64,11

Tab. 5.33 Viteze modale [km/h], pe sensuri de deplasare – etapa 1

Mărime interval de viteze [km/h]	Sens de deplasare	
	est	vest
1	59,5	59,5
2	59	59
5	57,5	62,5

Tab. 5.34 Pasul distribuției [km/h] / vehicule în pas [%], pe sensuri de deplasare – etapa 1

Mărime interval de viteze [km/h]	Sens de deplasare	
	est	vest
1	53...63 / 37,3	57...67 / 38,2
2	52...62 / 37,3	56...66 / 38,2
5	50...60 / 37,0	50...60 / 37,4

Tab. 5.35 Viteze procentuale  $S_{15}$ ,  $S_{85}$  [km/h], pe sensuri de deplasare – etapa 1

Mărime interval de viteze [km/h]	Sens de deplasare			
	est	vest	est	vest
	Viteza procentuală [km/h]			
	$S_{15}$		$S_{85}$	
1	50,73	53,71	72,14	74,89
2	50,67	53,71	72,16	75,05
5	50,57	53,29	72,31	74,91

Tab. 5.36 Abateri standard  $s_d$  [km/h], pe sensuri de deplasare – etapa 1

Mărime interval de viteze [km/h]	Sens de deplasare	
	est	vest
1	10,74	11,29
2	10,76	11,30
5	10,83	11,38

### 5.4.1.3 Studiul pentru totalul vehiculelor monitorizate

Analiza integrală a volumelor de trafic arată că viteza medie de deplasare a autovehiculelor în zona studiată este de circa 62 km/h (Tab. 5.37, Tab. 5.38). Diferențele dintre vitezele mediane și cele medii sunt de 0,5 km/h, în favoarea celor din urmă.

37% din conducătorii auto adoptă viteze de deplasare cuprinse între 54-55 și 60-65 km/h (Tab. 5.40), în timp ce mai puțin de 15% din autovehiculele circulă cu viteze sub 52 km/h (Tab. 5.41). Totodată, 15% din vehicule se deplasează cu viteze de peste 73 km/h (Tab. 5.41).

Tab. 5.37 Viteze mediane  $S_{50}$  [km/h], total vehicule – etapa 1

Mărime interval de viteze [km/h]	$S_{50}$ [km/h]
1	62,21
2	62,23
5	62,21

Tab. 5.38 Viteze medii  $\bar{S}$  [km/h], total vehicule – etapa 1

Mărime interval de viteze [km/h]	$\bar{S}$ [km/h]
1	62,73
2	62,72
5	62,70

Tab. 5.39 Viteze modale [km/h], total vehicule – etapa 1

Mărime interval de viteze [km/h]	viteza modală [km/h]
1	59,5
2	59
5	62,5

Tab. 5.40 Pasul distribuției [km/h] / vehicule în pas [%], total vehicule – etapa 1

Mărime interval de viteze [km/h]	Pasul distribuției [km/h]	Vehicule în pas [%]
1	55...65	37,39
2	54...64	37,39
5	50...60	37,18

Tab. 5.41 Viteze procentuale  $S_{15}$ ,  $S_{85}$  [km/h], total vehicule – etapa 1

Mărime interval de viteze [km/h]	$S_{15}$ [km/h]	$S_{85}$ [km/h]
1	52,12	73,44
2	52,12	73,52
5	51,74	73,70

Tab. 5.42 Abateri standard  $s_d$  [km/h], total vehicule – etapa 1

Mărime interval de viteze [km/h]	$s_d$ [km/h]
1	11,11
2	11,12
5	11,19

## 5.4.2 Studiul vitezelor în etapa 2

În această etapă, studiul vitezelor nu a inclus informațiile colectate pe banda nr. 1.

### 5.4.2.1 Studiul pe benzi de circulație

Studiul indică rezultate similare obținute pentru intervale de viteză de 1 km/h, respectiv 2 km/h utilizate la generarea tabelului de distribuție a frecvențelor (Tab. 5.43...Tab. 5.48). De asemenea, valorile obținute utilizând intervale de 5 km/h sunt foarte apropiate celor menționate anterior, cu excepția pasului distribuției. Diferențe de 4...5 km/h se întâlnesc între vitezele modale evaluate pe benzile 2 și 3, utilizând intervale de 1, respectiv 2 km/h (Tab. 5.45).

Și în acest caz, se remarcă faptul că majoritatea autovehiculelor nu respectă limita vitezei legale, de 50 km/h. Vitezele medii și mediane sunt cu 11...15 km/h mai mari decât limita legală impusă (Tab. 5.43, Tab. 5.44). De asemenea, 85% din autovehiculele monitorizate se deplasează cu viteze de peste 52 km/h, iar 15% peste 73 km/h (Tab. 5.47).

Tab. 5.43 Viteze mediane  $S_{50}$  [km/h], pe benzi de circulație – etapa 2

Mărime interval de viteze [km/h]	Banda de circulație		
	2	3	4
1	65,18	63,53	61,19
2	65,17	63,57	61,11
5	65,19	63,58	61,13

Tab. 5.44 Viteze medii  $\bar{S}$  [km/h], pe benzi de circulație – etapa 2

Mărime interval de viteze [km/h]	Banda de circulație		
	2	3	4
1	65,49	64,23	61,98
2	65,48	64,22	61,98
5	65,46	64,19	61,95

Tab. 5.45 Viteze modale [km/h], pe benzi de circulație – etapa 2

Mărime interval de viteze [km/h]	Banda de circulație		
	2	3	4
1	62,5	59,5	59,5
2	67	63	59
5	67,5	62,5	57,5

Tab. 5.46 Pasul distribuției [km/h] / vehicule în pas [%], pe benzi de circulație – etapa 2

Mărime interval de viteze [km/h]	Banda de circulație		
	2	3	4
1	59...69 / 45,0	57...67 / 38,5	53...63 / 39,7
2	58...68 / 45,0	56...66 / 38,5	52...62 / 39,7
5	55...65 / 45,0	50...60 / 37,1	50...60 / 39,2

Tab. 5.47 Viteze procentuale  $S_{15}$ ,  $S_{85}$  [km/h], pe benzi de circulație – etapa 2

Mărime interval de viteze [km/h]	Banda de circulație					
	2	3	4	2	3	4
	Viteza procentuală [km/h]					
	$S_{15}$			$S_{85}$		
1	56,61	53,85	51,85	74,20	74,97	72,76
2	56,61	53,85	51,84	74,24	75,14	72,88
5	56,30	53,42	51,46	74,37	74,97	73,02

Tab. 5.48 Abateri standard  $s_d$  [km/h], pe benzi de circulație – etapa 2

Mărime interval de viteze [km/h]	Banda de circulație		
	2	3	4
1	9,20	11,50	11,31
2	9,21	11,51	11,32
5	9,28	11,58	11,40

#### 5.4.2.2 Studiul pe senzori de deplasare

În acest studiu, sensul de deplasare către est cuprinde practic doar banda nr. 2. Astfel, rezultatele pentru acest sens de deplasare nu vor mai fi repetate, ele identificându-se cu cele aferente benzii nr. 2 în studiul pe benzi de deplasare (Tab. 5.43...Tab. 5.48).

Peste 38% din autovehiculele se deplasează cu viteze cuprinse între 50 și 65 km/h (Tab. 5.52), iar peste 85% din conducătorii auto depășesc viteza legală admisă pe sectorul de drum studiat (Tab. 5.47, Tab. 5.53). 15% din autovehiculele monitorizate au fost înregistrate cu viteze de peste 74 km/h (Tab. 5.47, Tab. 5.53).

Tab. 5.49 Viteze mediane  $S_{50}$  [km/h], pe senzori de deplasare – etapa 2

Mărime interval de viteze [km/h]	Sens de deplasare
	vest
1	62,49
2	62,53
5	62,54

Tab. 5.50 Viteze medii  $\bar{S}$  [km/h], pe senzori de deplasare – etapa 2

Mărime interval de viteze [km/h]	Sens de deplasare
	vest
1	63,25
2	63,24
5	63,21



Tab. 5.51 Viteze modale [km/h], pe sensuri de deplasare – etapa 2

Mărime interval de viteze [km/h]	Sens de deplasare
	vest
1	59,5
2	59
5	62,5

Tab. 5.52 Pasul distribuției [km/h] / vehicule în pas [%], pe sensuri de deplasare – etapa 2

Mărime interval de viteze [km/h]	Sens de deplasare
	vest
1	55...65 / 38,2
2	54...64 / 38,2
5	50...60 / 38,0

Tab. 5.53 Viteze procentuale  $S_{15}$ ,  $S_{85}$  [km/h], pe sensuri de deplasare – etapa 2

Mărime interval de viteze [km/h]	Sens de deplasare	
	vest	
	Viteza procentuală [km/h]	
	$S_{15}$	$S_{85}$
1	52,85	74,07
2	52,84	74,08
5	52,42	74,24

Tab. 5.54 Abateri standard  $s_d$  [km/h], pe sensuri de deplasare – etapa 2

Mărime interval de viteze [km/h]	Sens de deplasare
	vest
1	11,47
2	11,48
5	11,56

### 5.4.2.3 Studiul pentru totalul vehiculelor monitorizate

În etapa 2 a studiului, analiza integrală a volumelor de trafic se realizează utilizând informațiile înregistrate pe benzile nr. 2, 3 și 4. Viteza medie de deplasare a autovehiculelor în zona studiată este de circa 63,5-64 km/h (Tab. 5.55, Tab. 5.56). Diferențele dintre vitezele mediane și cele medii sunt de 0,5 km/h, în favoarea celor din urmă.

Circa 40% din conducătorii auto adoptă viteze de deplasare cuprinse între 55-57 și 65-67 km/h (Tab. 5.58), în timp ce mai puțin de 15% din autovehiculele circulă cu viteze sub 54 km/h (Tab. 5.59). Totodată, 15% din vehicule se deplasează cu viteze de peste 74 km/h (Tab. 5.59).

Tab. 5.55 Viteze mediane  $S_{50}$  [km/h], total vehicule – etapa 2

Mărime interval de viteze [km/h]	$S_{50}$ [km/h]
1	63,45
2	63,49
5	63,49

Tab. 5.56 Viteze medii  $\bar{S}$  [km/h], total vehicule – etapa 2

Mărime interval de viteze [km/h]	$\bar{S}$ [km/h]
1	63,97
2	63,97
5	63,94

Tab. 5.57 Viteze modale [km/h], total vehicule – etapa 2

Mărime interval de viteze [km/h]	viteza modală [km/h]
1	62,5
2	63
5	62,5

Tab. 5.58 Pasul distribuției [km/h] / vehicule în pas [%], total vehicule – etapa 2

Mărime interval de viteze [km/h]	Pasul distribuției [km/h]	Vehicule în pas [%]
1	57...67	40,01
2	56...66	40,01
5	55...65	38,44

Tab. 5.59 Viteze procentuale  $S_{15}$ ,  $S_{85}$  [km/h], total vehicule – etapa 2

Mărime interval de viteze [km/h]	$S_{15}$ [km/h]	$S_{85}$ [km/h]
1	54,01	74,12
2	54,01	74,14
5	53,61	74,29

Tab. 5.60 Abateri standard  $s_d$  [km/h], total vehicule – etapa 2

Mărime interval de viteze [km/h]	$s_d$ [km/h]
1	10,84
2	10,85
5	10,93

### 5.4.3 Concluzii și propuneri

Studiul vitezelor de deplasare a presupus analiza vitezelor instantanee monitorizate utilizând sistemul HS-WIM. Prelucrarea prin TRANSofT a vitezelor de deplasare a fost structurată în 2 (două) etape distincte: 25 aprilie 2013 – 26 aprilie 2014, respectiv 27 aprilie 2014 – 30 aprilie 2015.

Calculul au fost efectuate pentru fiecare bandă de circulație în parte, pe senzori și pentru totalul vehiculelor monitorizate, utilizând 3 (trei) mărimi ale intervalelor de viteză pentru generarea tabelului de distribuție a frecvențelor. Analiza a fost axată pe evaluarea principalelor elemente de statistică matematică, pentru fiecare mărime a intervalelor de viteză utilizate.

Principalele aspecte constatate în urma prelucrării prin TRANSofT a vitezelor de deplasare monitorizate utilizând sistemul HS-WIM sunt:

- Majoritatea autovehiculelor monitorizate nu respectă limita legală de viteză în zonă, și anume 50 km/h.
- Viteza medie de deplasare a autovehiculelor în zona studiată este de circa 62 km/h.
- Viteza procentuală  $S_{15}$  este de circa 53 km/h, iar viteza  $S_{85}$  de 73 km/h. Astfel, se constată că mai puțin de 15% din conducătorii auto respectă limita legală de viteză în zona studiată.
- Majoritatea autovehiculelor monitorizate se deplasează cu viteze mai mari cu până la 20 km/h decât limita impusă.
- Vitezele de deplasare pe sensul către vest (ieșire din oraș) sunt cu circa 2-3 km/h mai mari decât spre est (intrare în oraș).

În vederea utilizării adecvate a TRANSofT și obținerii unor rezultate corecte și relevante în privința studiului vitezelor de deplasare, se propun următoarele:

- Revizuirea limitei legale de viteză impuse pe sectorul de drum analizat. Având în vedere faptul că viteza  $S_{15}$  este superioară valorii de 50 km/h, iar viteza  $S_{85}$  este de 73 km/h, se propune impunerea unei limite de 60 km/h pentru tronsonul studiat. Acest lucru este susținut și de caracteristicile locației respective, amplasate la limita sectorului intravilan al municipiului Cluj Napoca, fără intersecții semnalizate și fără treceri de pietoni.

În același timp, o astfel de măsură trebuie să fie adoptată respectând legislația în vigoare, pe o anumită lungime, conform unei documentații care să aibă avizul autorităților abilitate și să

asigure desfășurarea în siguranță a circulației rutiere. În acest sens, TRANSofT reprezintă o unealtă ideală pentru prelucrarea datelor de trafic colectate utilizând sistemul HS-WIM. Adoptarea unor astfel de măsuri poate fi considerată în orice altă situație în care se constată că vitezele reale de deplasare a vehiculelor sunt superioare limitei impuse, în baza unor măsurători corespunzătoare, prelucrate utilizând TRANSofT.

- În cazul menținerii limitelor impuse, se recomandă corelarea monitorizării vitezelor de deplasare cu măsuri de sancționare a încălcării limitei legale. Măsurătorile HS-WIM nu constituie o bază legală pentru aplicarea de sancțiuni în acest sens. Cu toate acestea, datele colectate și prelucrate oferă o imagine clară asupra tendințelor de deplasare. Astfel, autoritățile abilitate pot lua măsurile necesare, prin efectuarea de controale, în baza monitorizărilor de trafic efectuate. În acest sens, măsurile similare adoptate la nivel internațional conduc atât la îmbunătățirea siguranței circulației, cât și la economii datorate reducerii costurilor de spitalizare și reparații ale autovehiculelor [79][80].

De asemenea, se poate avea în vedere instalarea unui sistem de recunoaștere automată a plăcuțelor de înmatriculare, care să funcționeze în paralel cu dispozitivul HS-WIM, în baza datelor prelucrate prin TRANSofT.

## 5.5 Studiul densității de trafic

Factorii considerați în calcul la evaluarea densității de trafic sunt vitezele medii și volumele de trafic.

Având în vedere aspectele prezentate referitoare la funcționalitatea senzorilor de pe banda nr. 1, studiul densității de trafic a fost divizat în două etape, corespunzătoare perioadelor:

- etapa 1: 25 aprilie 2013 – 26 aprilie 2014, pentru care s-au considerat în calcul informațiile referitoare la viteză înregistrate pe banda nr. 1;
- etapa 2: 27 aprilie 2014 – 30 aprilie 2015, pentru care s-au luat în calcul doar vitezele monitorizate pe benzile nr. 2, 3 și 4.

De asemenea, studiul densităților de trafic a fost divizat în 2 (două) părți: zile lucrătoare și sfârșit de săptămână, datorită variațiilor diferite ale volumelor de trafic și vitezelor de deplasare. Rezultatele acestui studiu reprezintă densitățile medii pentru perioadele aferente celor două etape, utilizând mediile ponderate ale valorilor orare zilnice (ec. (4.17)).

### 5.5.1 Studiul densității de trafic în etapa 1

#### 5.5.1.1 Zile lucrătoare

Studiul densității de trafic pentru zile lucrătoare conduce la rezultate care au o distribuție similară repartiției orare a volumelor de trafic (par. 5.3.4). În cursul dimineții, densitatea de trafic pe benzile care asigură deplasarea vehiculelor către est este de circa 20 veh/km (Fig. 5.64). Această valoare este depășită, în cursul după-mesei, pe banda nr. 1. Benzile nr. 3 și 4 înregistrează densități de trafic în creștere pe parcursul zilei, până în intervalul orar 18-19, când valorile densității ating 22...27 veh/km (Fig. 5.64).

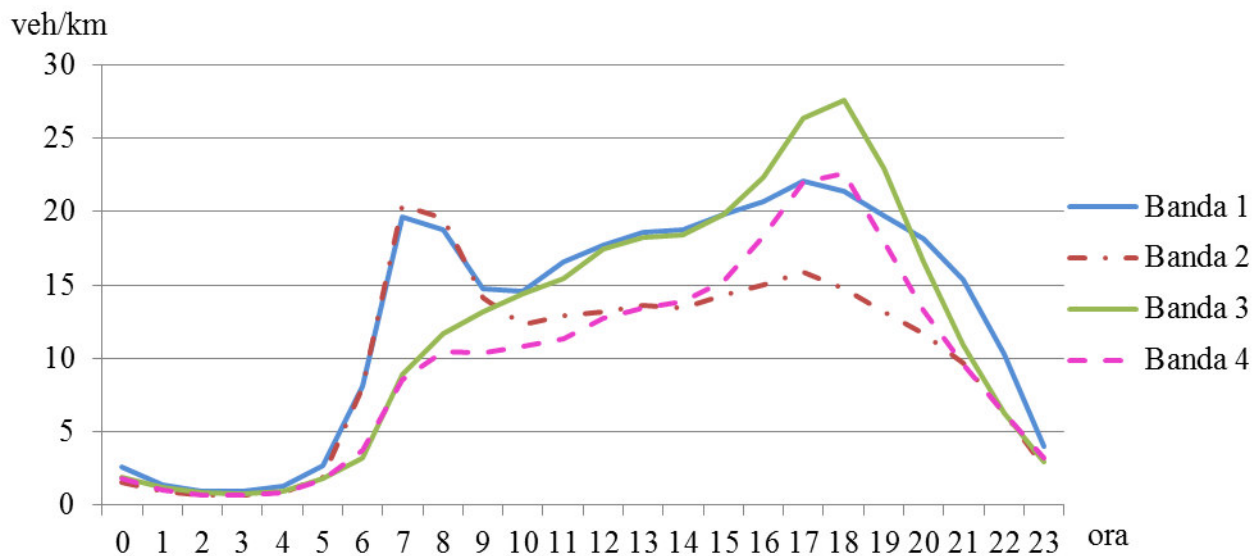


Fig. 5.64 Densitatea de trafic, pe benzi de circulație, etapa 1, zile lucrătoare

Analiza pe sensuri de deplasare confirmă densitățile maxime din cursul dimineții către est (40 veh/km), respectiv după-masa în sens opus (50 veh/km) (Fig. 5.65).

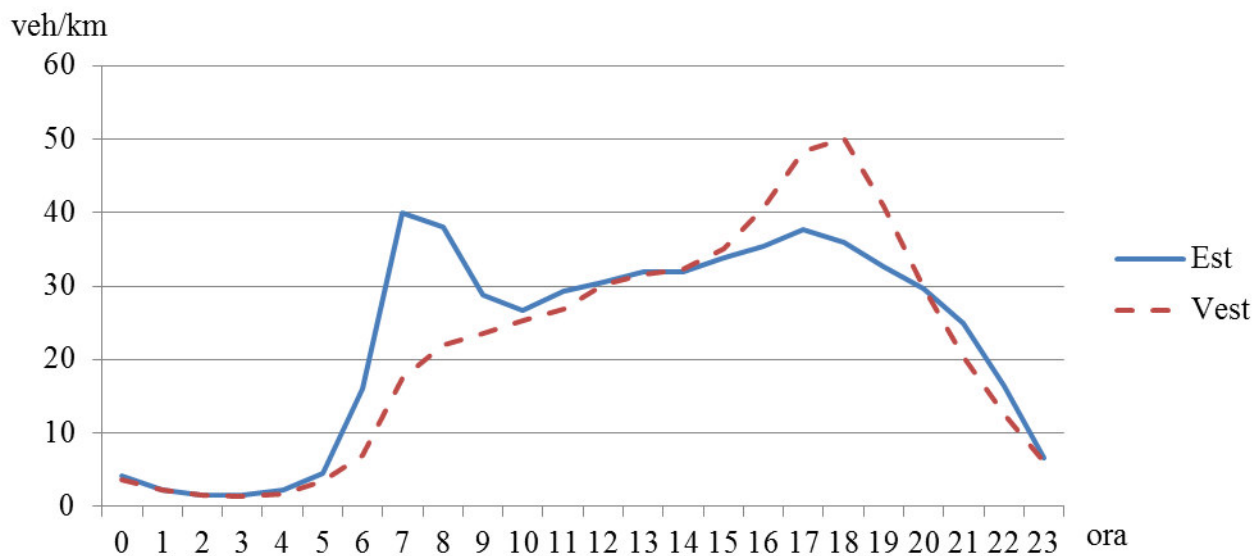


Fig. 5.65 Densitatea de trafic, pe sensuri de deplasare, etapa 1, zile lucrătoare

Valorile totale ale densității în cadrul zilelor lucrătoare ating valori de peste 80 veh/km, în intervalele orare 17...19 (Fig. 5.66).

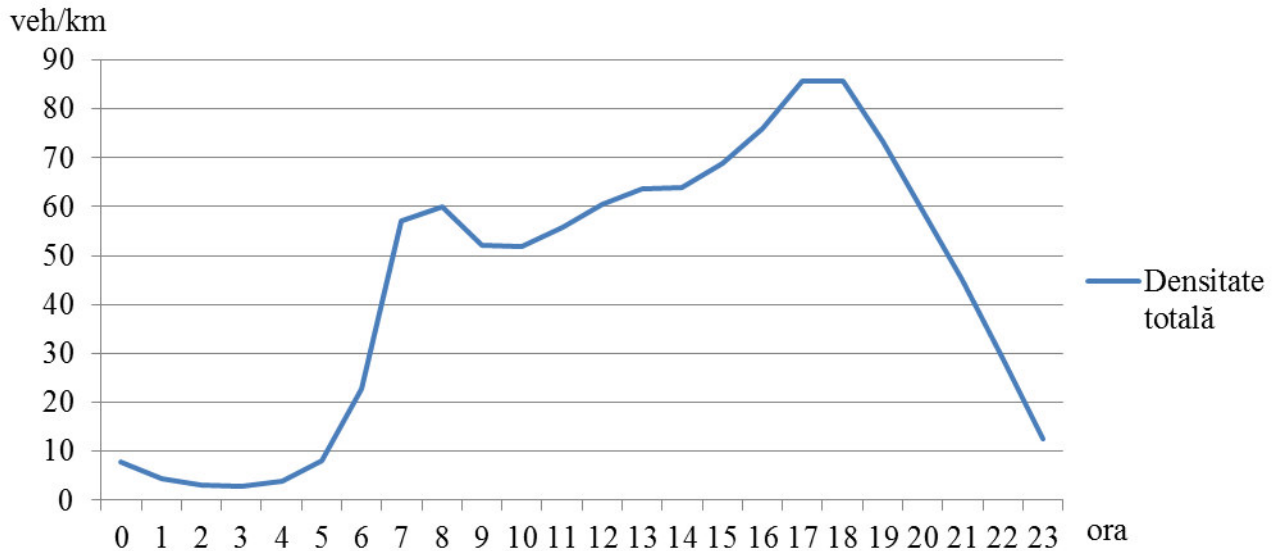


Fig. 5.66 Densitatea de trafic, total vehicule, etapa 1, zile lucrătoare

### 5.5.1.2 Sfârșit de săptămână

La sfârșit de săptămână, evoluția orară a densității de trafic este similară repartiției orare a volumelor de trafic (par. 5.3.4). Spre deosebire de valorile obținute pentru zilele lucrătoare, distribuția densității pe cele 4 benzi studiate este asemănătoare (Fig. 5.67, Fig. 5.68). Valorile densităților de trafic de la sfârșitul săptămânii sunt mai ridicate decât cele de luni până vineri, cu până la 22% în cursul amiezei și cu până la 72% noaptea. Excepție fac intervalele orare de vârf de dimineață și după-masă (Fig. 5.66), când densitatea în cursul zilelor lucrătoare este superioară, cu până la 170% dimineața și 20% după-masa (Fig. 5.66, Fig. 5.69).

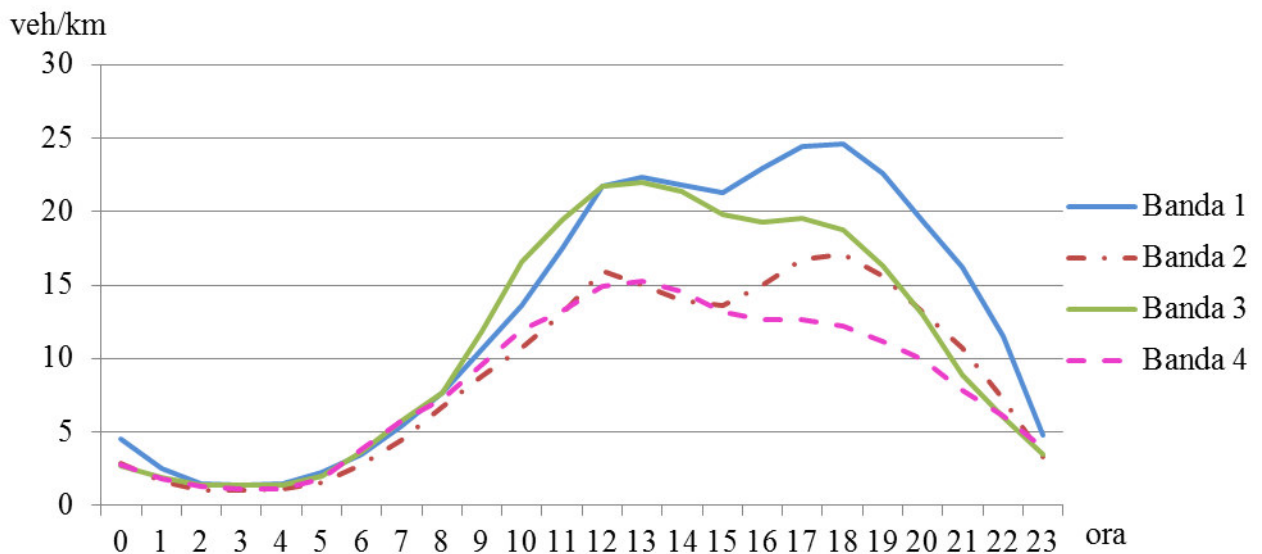


Fig. 5.67 Densitatea de trafic, pe benzi de circulație, etapa 1, sfârșit de săptămână

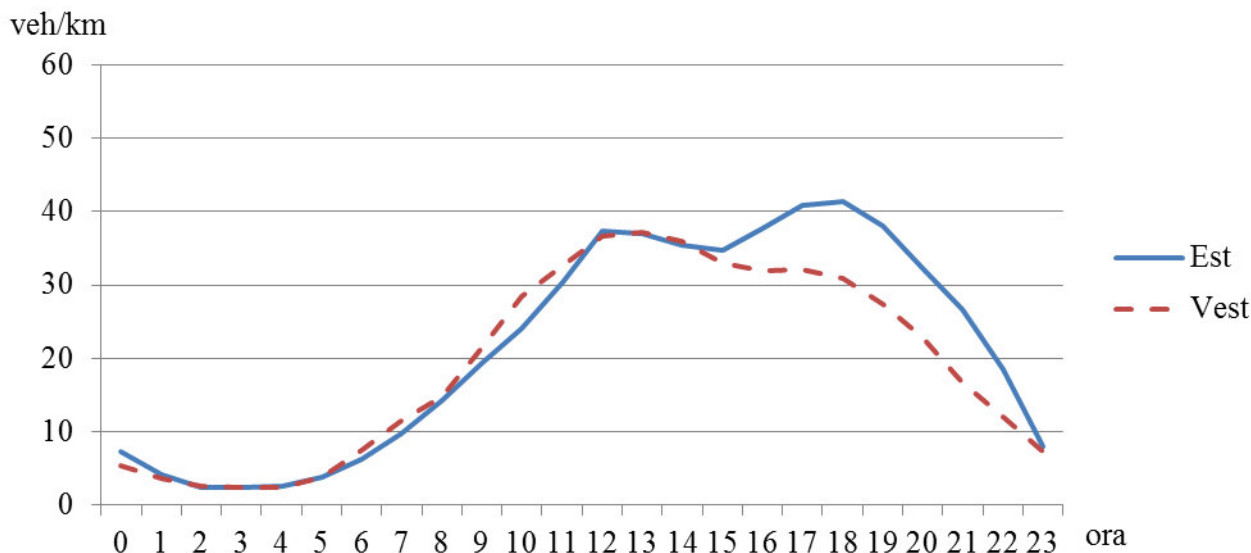


Fig. 5.68 Densitatea de trafic, pe sensuri de deplasare, etapa 1, sfârșit de săptămână

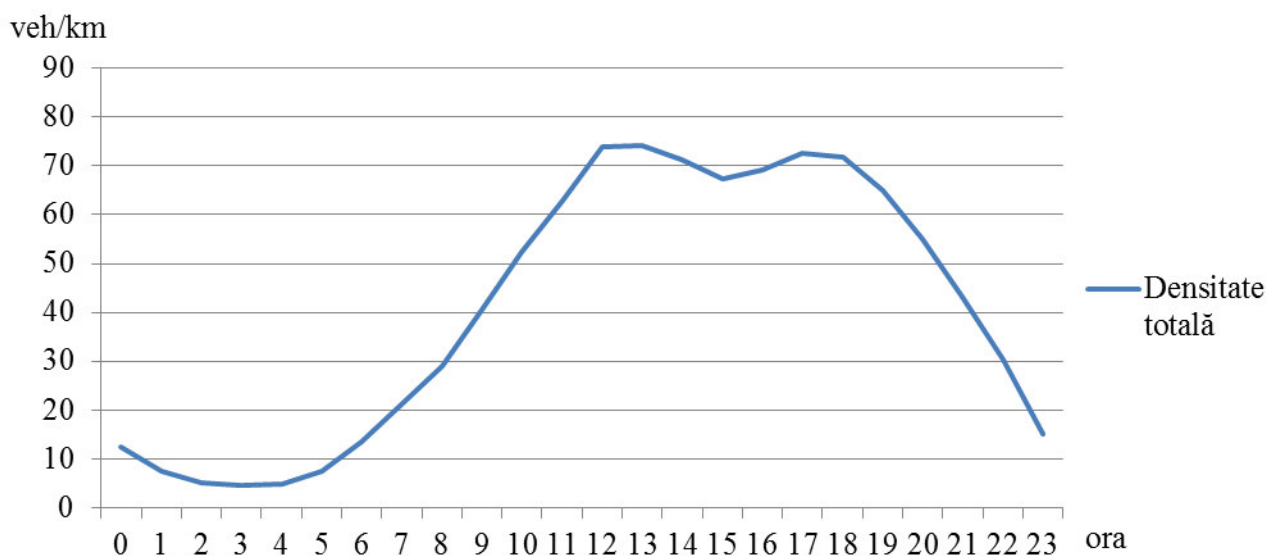


Fig. 5.69 Densitatea de trafic, total vehicule, etapa 1, sfârșit de săptămână

### 5.5.2 Studiul densității de trafic în etapa 2

Distribuția și valorile obținute pentru densitatea de trafic în etapa 2 de studiu sunt similare celor din etapa 1. În această etapă, nu au fost luate în considerare înregistrările de pe banda nr. 1. În consecință, rezultatele obținute pentru sensul de deplasare către est includ doar banda nr. 2 (Fig. 5.71, Fig. 5.74). De asemenea, valorile totale nu cuprind înregistrările de pe banda nr. 1, datorită faptului că acestea afectau negativ rezultatele (Fig. 5.72, Fig. 5.75).

Și în această etapă a studiului, valorile densităților de trafic de la sfârșitul săptămânii sunt mai ridicate decât cele de luni până vineri, cu până la 20% în cursul amiezei și cu până la 86% noaptea. Excepție fac intervalele orare de vârf de dimineață și după-masă (Fig. 5.72), când densitatea în cursul zilelor lucrătoare este superioară, cu până la 148% dimineața și 36% după-masa (Fig. 5.72, Fig. 5.75).



### 5.5.2.1 Zile lucrătoare

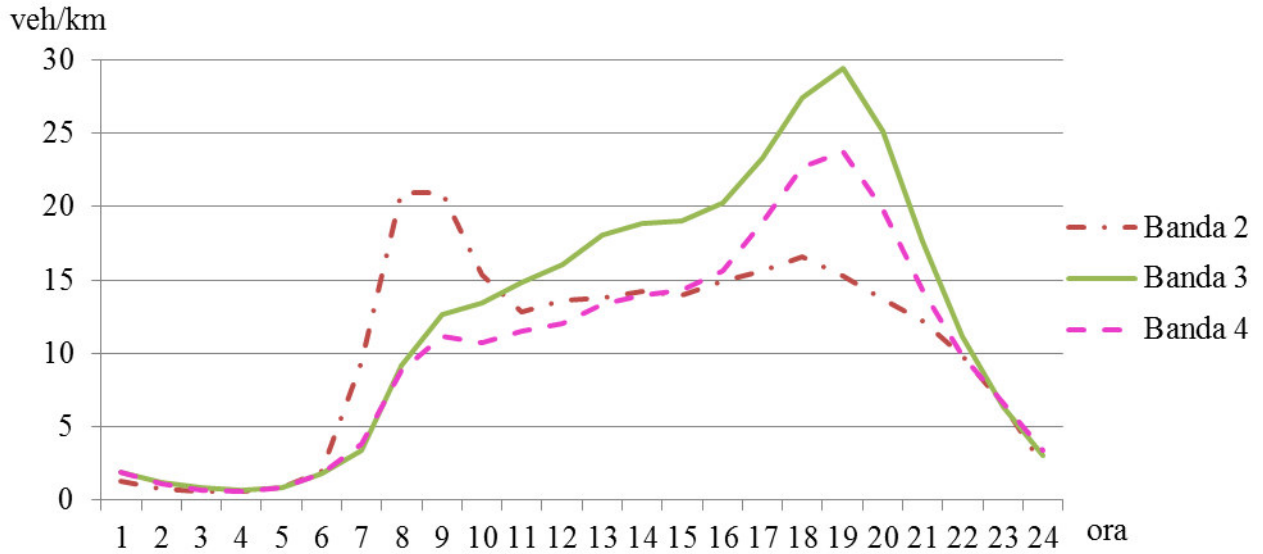


Fig. 5.70 Densitatea de trafic, pe benzi de circulație, etapa 2, zile lucrătoare

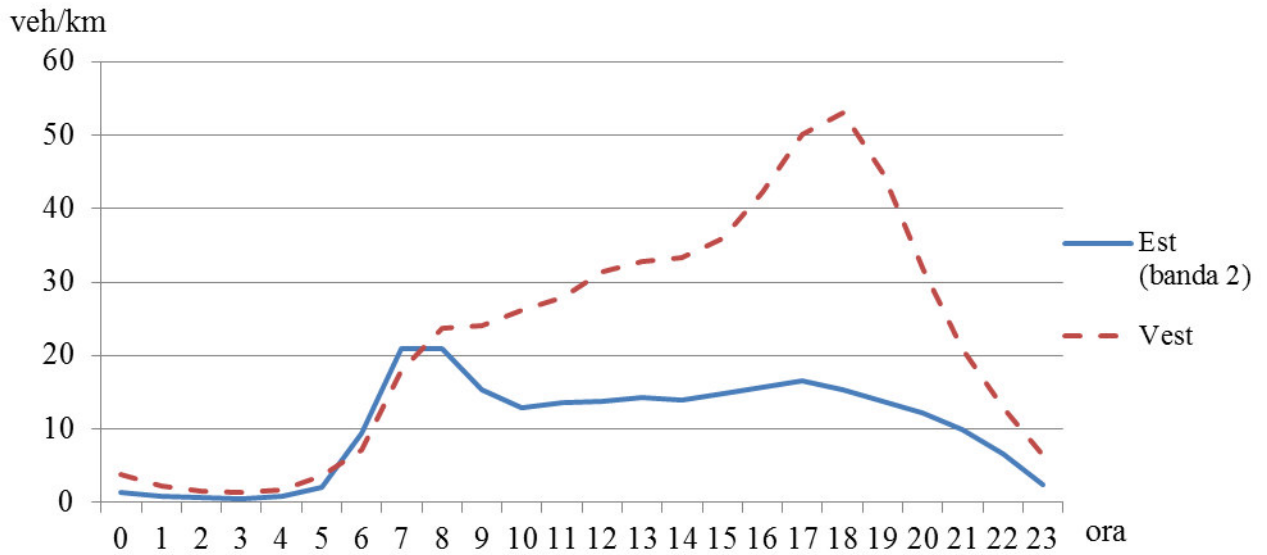


Fig. 5.71 Densitatea de trafic, pe sensuri de deplasare, etapa 2, zile lucrătoare

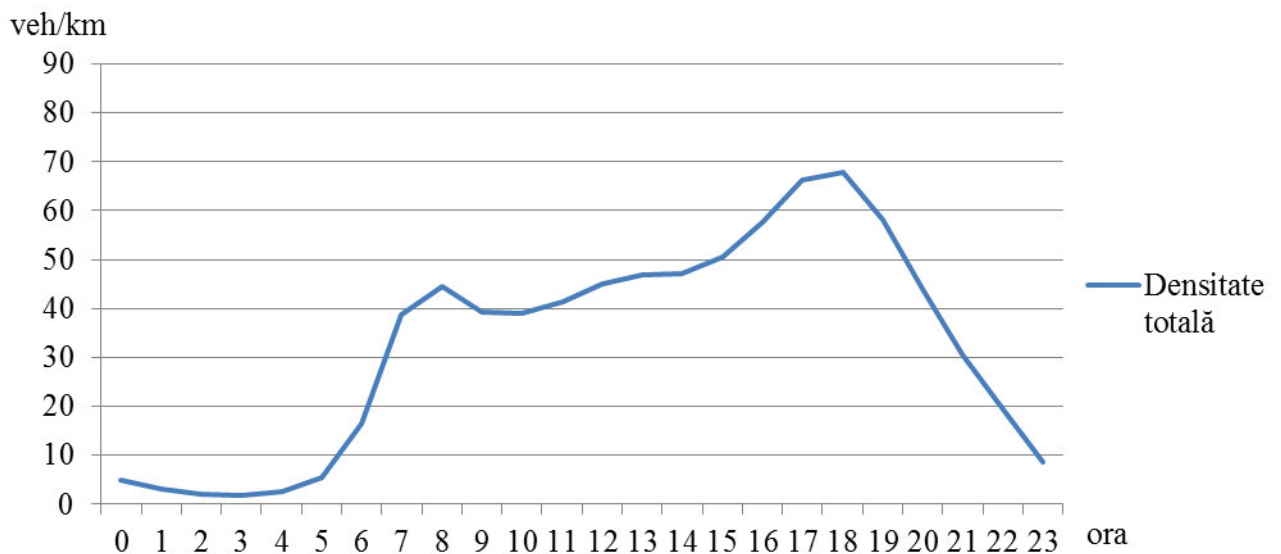


Fig. 5.72 Densitatea de trafic, total vehicule, etapa 2, zile lucrătoare

### 5.5.2.2 Sfârșit de săptămână

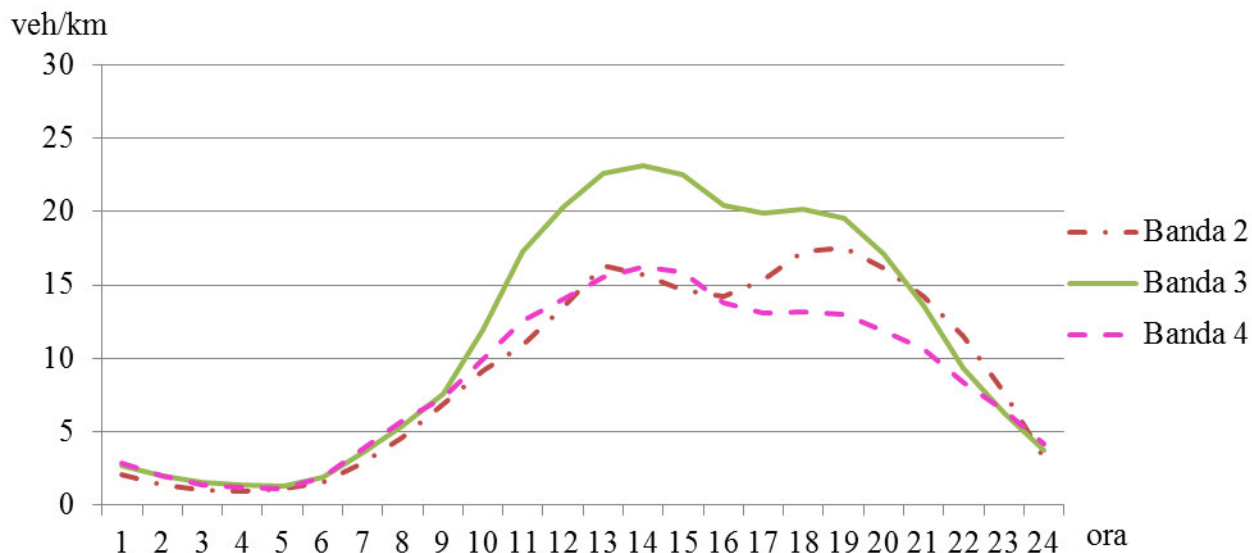


Fig. 5.73 Densitatea de trafic, pe benzi de circulație, etapa 2, sfârșit de săptămână

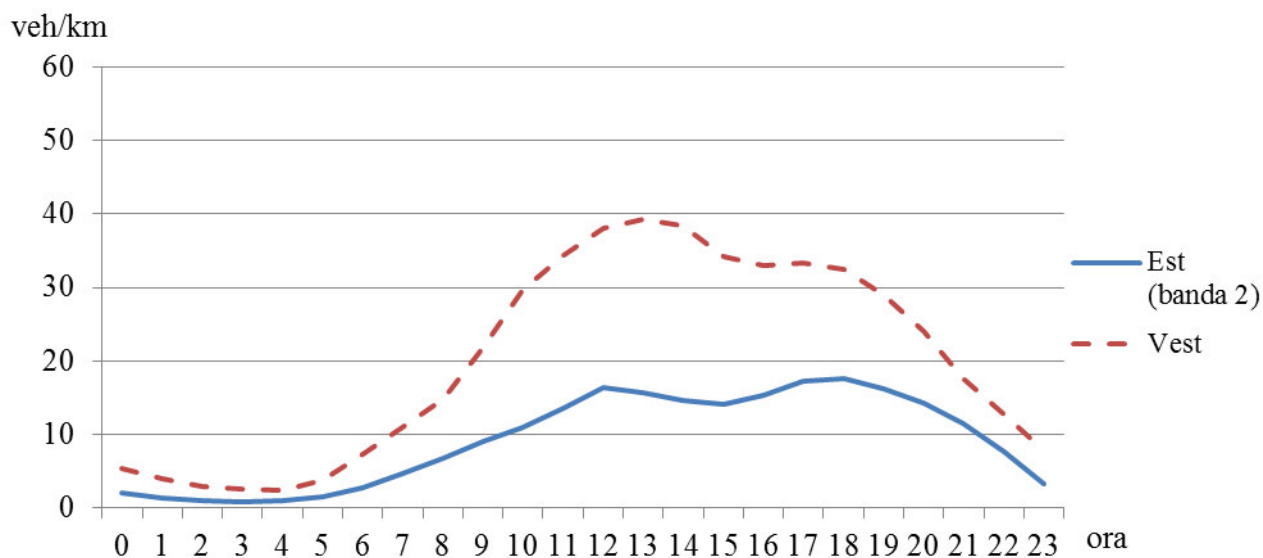


Fig. 5.74 Densitatea de trafic, pe sensuri de deplasare, etapa 2, sfârșit de săptămână

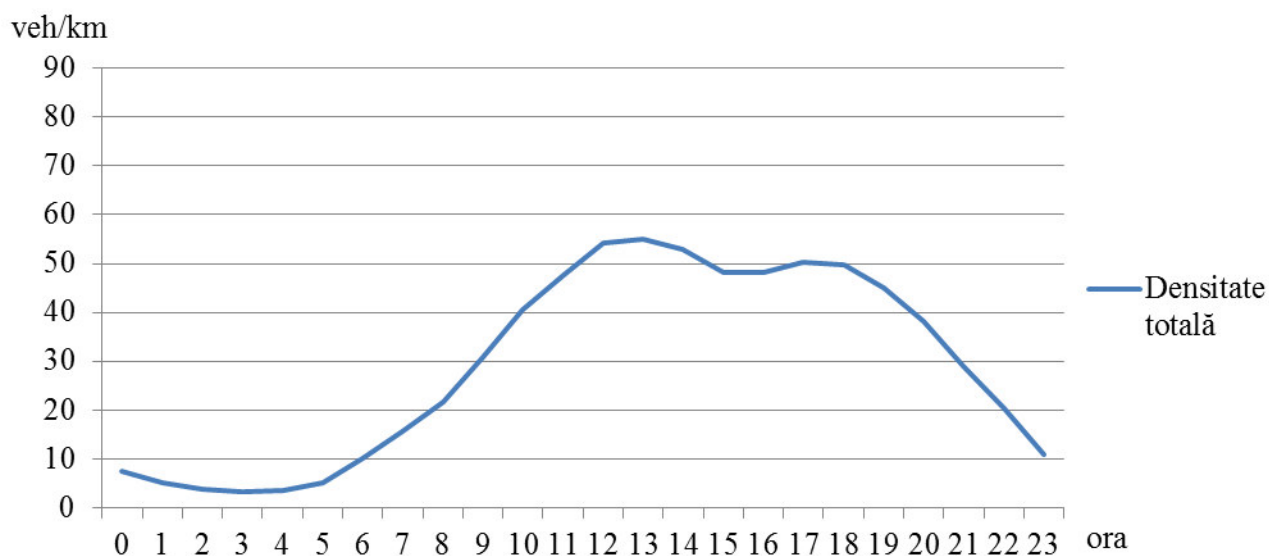


Fig. 5.75 Densitatea de trafic, total vehicule, etapa 2, sfârșit de săptămână

### 5.5.3 Concluzii

Studiul densității de trafic a condus la rezultate care au o distribuție în timp similară repartiției orare a volumelor de trafic. Analiza densității a fost structurată în 2 (două) etape distincte, aceleași ca și în cazul studiului vitezelor. Calculele au fost efectuate pentru fiecare bandă de circulație în parte, pe senzori și pentru totalul vehiculelor monitorizate.

Principalele aspecte constatate în urma evaluării prin TRANSofT a densității de trafic sunt:

- Densitățile pe benzi de circulație ating valori de până la 20...30 veh/km, în funcție de momentul zilei și de categoria acesteia (lucrătoare sau sfârșit de săptămână).
- Densitățile pe senzori de deplasare ating valori de până la 40...50 veh/km, în funcție de momentul zilei și de categoria acesteia (lucrătoare sau sfârșit de săptămână).
- Valorile totale ale densității în cadrul zilelor lucrătoare ating valori de peste 80 veh/km, în intervalele orare 17...19 pe parcursul zilelor lucrătoare, respectiv 70 veh/km în cursul amiezilor și după-meselor de la sfârșitul săptămânii.

### 5.6 Relații între volum, densitate și viteză

Având în vedere aspectele prezentate referitoare la funcționalitatea senzorilor de pe banda nr. 1, studiul relațiilor dintre parametri macroscopici de trafic a fost divizat în două etape, corespunzătoare perioadelor:

- etapa 1: 25 aprilie 2013 – 26 aprilie 2014, pentru care s-au considerat în calcul informațiile referitoare la viteză înregistrate pe banda nr. 1;
- etapa 2: 27 aprilie 2014 – 30 aprilie 2015, pentru care s-au luat în calcul doar vitezele monitorizate pe benzile nr. 2, 3 și 4.

#### 5.6.1 Relații între volum, densitate și viteză în etapa 1

Având în vedere faptul că studiului densității a implicat și evaluarea vitezelor de deplasare și a volumelor de trafic, s-au obținut relațiile de interdependență dintre cele 3 (trei) caracteristici. TRANSofT furnizează diagramele respective (Fig. 5.76), care indică faptul că traficul pe sectorul studiat se desfășoară în condiții stabile (Fig. 4.37). Perechile de puncte din fiecare grafic arată faptul că tendința de derulare a traficului în zona analizată nu atinge valorile de capacitate ale volumului, vitezei sau densității.

#### 5.6.2 Relații între volum, densitate și viteză în etapa 2

În etapa 2 a studiului, nu au fost luate în considerare înregistrările de pe banda nr. 1. Astfel, s-au obținut rezultate similare celor din etapa 1, indicând o desfășurare stabilă a fluxului de trafic (Fig. 5.77). Se menționează faptul că rezultatele au valori mai reduse decât în etapa 1 datorită absenței înregistrărilor de pe banda nr. 1.

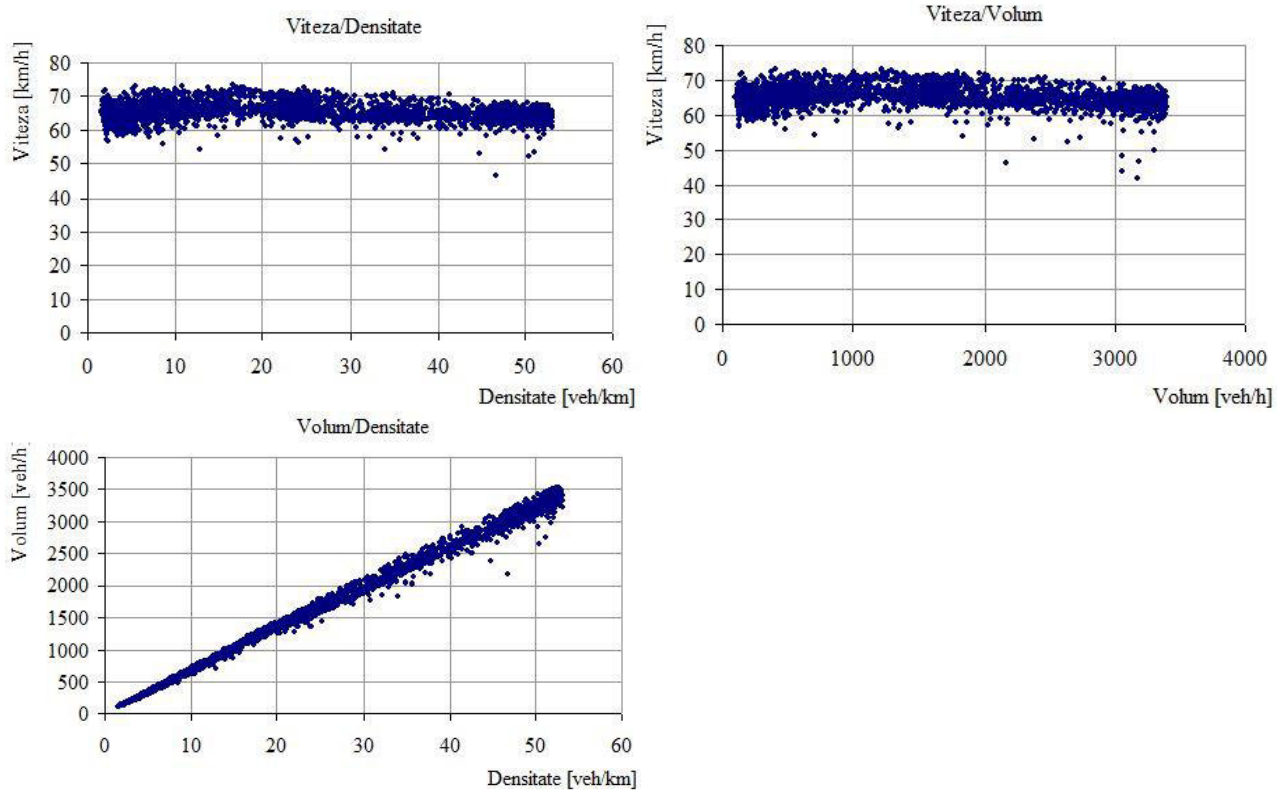


Fig. 5.76 Relații de interdependență ideale între viteză, volum și densitate – etapa 1

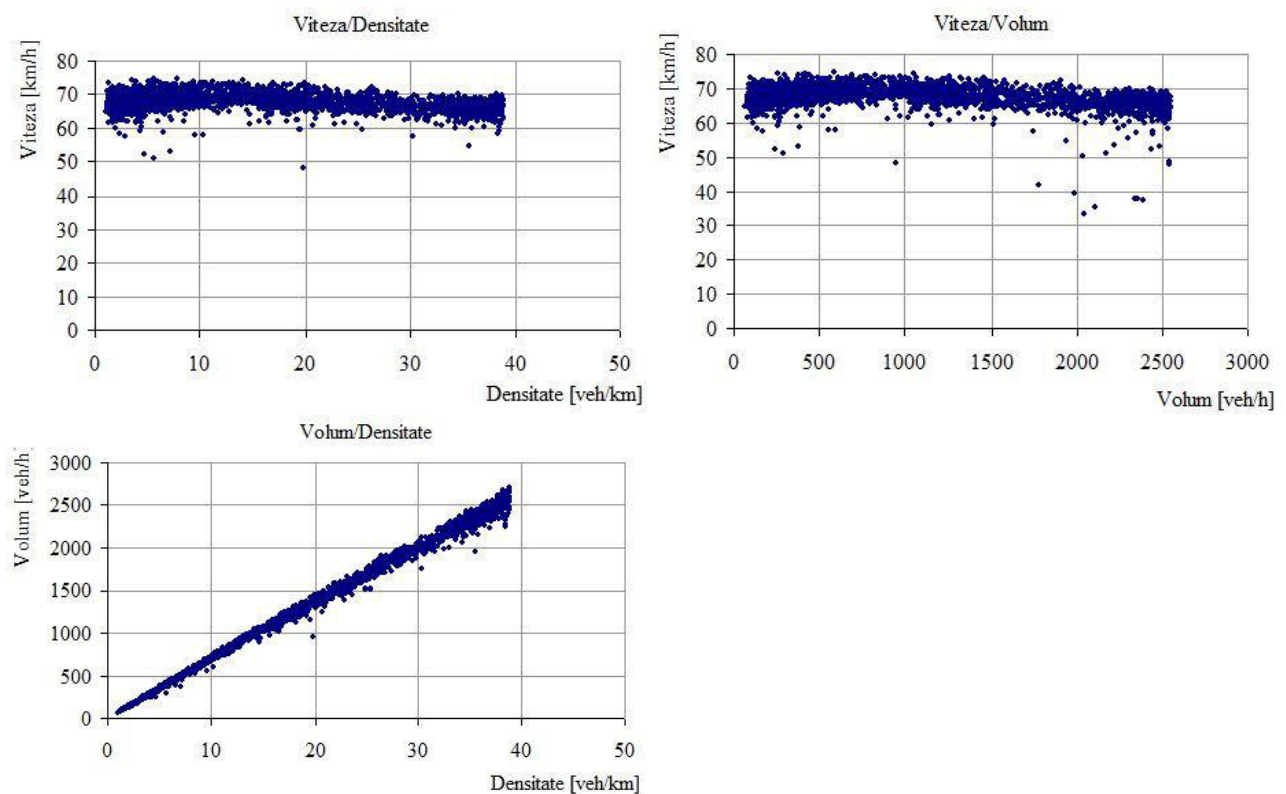


Fig. 5.77 Relații de interdependență ideale între viteză, volum și densitate – etapa 2

### 5.6.3 Concluzii

Stabilirea acestor relații a fost structurată în 2 (două) etape distincte, aceleași ca și în cazul studiilor asupra vitezelor și densităților.

Având în vedere relațiile ideale de interdependență dintre volume, densități și viteze (par. 4.3.7.1), s-a constatat faptul că traficul pe sectorul studiat se desfășoară în condiții stabile.

Tendențele de derulare a traficului în zona analizată nu ating valorile de capacitate ale parametrilor analizați. Unele studii în domeniu, bazate pe relații empirice între volume și viteze [105], identifică zone distincte în cadrul perechilor de puncte care constituie graficele elaborate, propunând metodologii avansate de evaluare a impactului diverselor categorii de vehicule asupra relațiilor stabilite. TRANSofT furnizează date și grafice relevante pentru relațiile dintre parametri macroscopici de trafic, în vederea eventualelor procesări și analize ulterioare.

## 5.7 Determinarea traficului de calcul pentru verificarea și dimensionarea drumurilor din punct de vedere al capacității portante

Determinarea traficului de calcul  $N_c$  pentru verificarea și dimensionarea drumurilor din punct de vedere al capacității portante s-a realizat conform prevederilor AND 584-2012 [93]. Aplicația TRANSofT pentru stabilirea traficului  $N_c$  este structurată în 2 (două) părți (Fig. 4.30):

- evaluarea coeficienților de echivalare a vehiculelor reale în osii standard de 115 kN;
- evaluarea traficului de calcul  $N_c$ .

### 5.7.1 Evaluarea coeficienților de echivalare a vehiculelor reale în osii standard

Evaluarea coeficienților  $f_k$  pe baza datelor reale de trafic înregistrate în cadrul postului HS-WIM studiat s-a realizat conform metodologiei de calcul standardizate [93]. Categoriile de vehicule luate în considerare sunt:

- autocamioane și derivate cu 2 osii;
- autocamioane și derivate cu 3 și 4 osii;
- autovehicule articulate;
- autobuze;
- tractoare cu/fără remorcă și vehicule speciale;
- autocamioane cu remorci (trenuri rutiere).

Utilizând TRANSofT, înregistrările WIM, clasificate pe coduri de vehicule, au fost încadrate în categorii (Tab. 4.7). Măsurătorile efectuate au condus la stabilirea spectrelor de încărcări pe osii și a coeficienților de echivalare  $f_i$ . Metodologia standardizată de determinare a coeficienților  $f_k$  de echivalare în osii standard nu face referire exactă la selectarea pentru calcul doar a vehiculelor grele. Astfel, TRANSofT oferă posibilitatea de a evalua coeficienții  $f_k$  considerând toate autovehiculele din cele 6 (șase) categorii monitorizate (indiferent de masa lor) sau exclusiv pe cele cu masa peste 3500 kg.

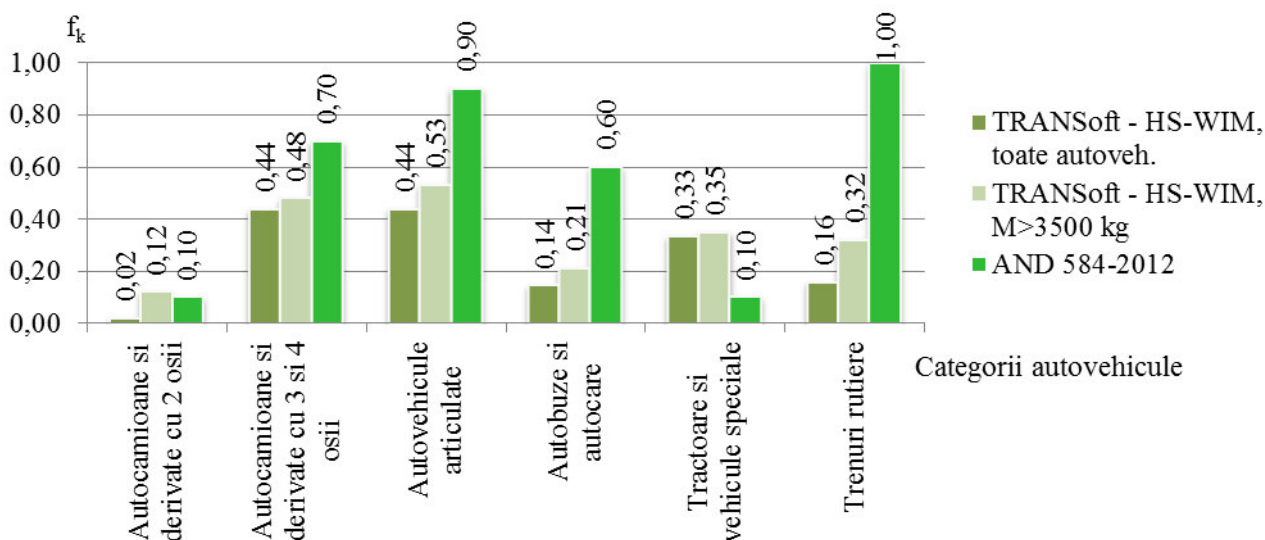
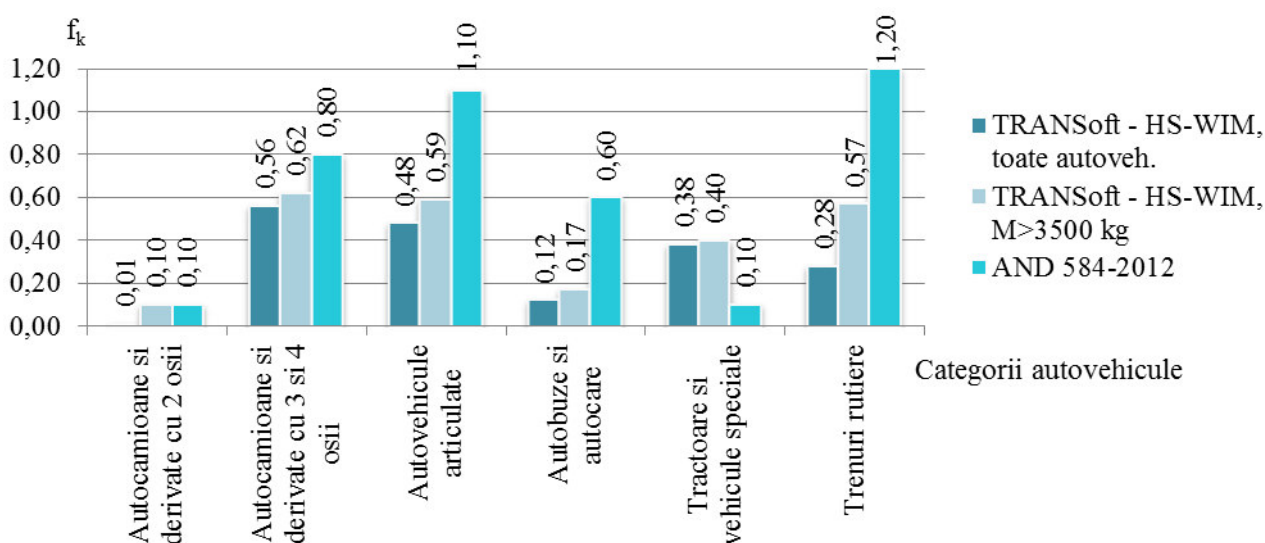
În cazul prezentului studiu, s-a adoptat calculul corespunzător unei structuri rutiere suple/semirigide, obținându-se coeficienții  $f_k$  de echivalare a vehiculelor reale în osii standard (Fig. 5.78). Evaluarea s-a efectuat în 2 (două) ipoteze:

- utilizând datele HS-WIM pentru categoriile de vehicule studiate, indiferent de masa lor;
- utilizând datele HS-WIM pentru categoriile de vehicule studiate, filtrând doar vehiculele cu masa peste 3500 kg,

rezultatele fiind comparate cu recomandările AND 584-2012 [93].

Calculul au fost efectuate pentru trei tipuri de structuri rutiere:

- structuri suple și semirigide (Fig. 5.78);
- ranforsări structuri suple și semirigide (Fig. 5.79);
- structuri rigide (Tab. 5.61).

Fig. 5.78 Coeficienți  $f_k$  de echivalare în osii standard de 115 kN, structuri suple și semirigideFig. 5.79 Coeficienți  $f_k$  de echivalare în osii standard de 115 kN, ranforsări structuri nerigideTab. 5.61 Coeficienți  $f_k$  de echivalare în osii standard de 115 kN, structuri rigide

Nr. crt.	Categoria vehicule	$f_k$		
		TRANSofT - HS-WIM, toate autovehiculele	TRANSofT - HS-WIM, M>3500 kg	AND 584-2012
1	Autocamioane și derivate cu 2 osii	0,08	0,56	0,20
2	Autocamioane și derivate cu 3 și 4 osii	12,61	13,81	2,60
3	Autovehicule articulate	5,60	6,82	1,50
4	Autobuze și autocare	0,16	0,22	2,00
5	Tractoare și vehicule speciale	4,84	5,08	0,20
6	Trenuri rutiere	168,11	342,53	1,40

Rezultatele obținute utilizând informațiile HS-WIM indică, în general, valori inferioare celor recomandate în AND 584-2012 [93]. Excepție fac tractoarele și vehiculele speciale, precum și structurile rigide în general. Valorile mari ale factorilor  $f_k$  în cazul trenurilor rutiere și ale autocamioanelor cu 3-4 osii, la structuri rigide, se datorează valorilor mari ale parametrului "A" pentru osii duble și triple, respectiv ale parametrului "b" (Tab. 4.33).



Principalii factori care contribuie la valorile mai reduse ale factorilor evaluați pe baza datelor WIM sunt:

- compoziția traficului monitorizat pe sectorul analizat (Fig. 5.4), mai precis procentele reduse ale vehiculelor grele în totalul volumului de trafic;
- procentul ridicat de autoturisme din volumul total de trafic (86%) și tendința sa de creștere în ultimii 2 ani (+3,3%);
- scăderea, în ultimii 2 ani, a volumelor de: autovehicule articulate, trenuri rutiere, autobuze și autocamioane cu 2 osii (Tab. 5.4).

Filtrarea vehiculelor în funcție de masă și utilizarea în calcul doar a celor grele conduce la rezultate optime. Acest filtru relevă unul din avantajele TRANSofT față de recenzarea manuală a autovehiculelor. Simpla încadrare a vehiculelor în categorii, fără a considera în calcul masa lor, poate conduce la rezultate subevaluate. TRANSofT oferă opțiunea selectării vehiculelor grele, a căror influență trebuie luată în considerare la dimensionarea unei structuri rutiere.

### 5.7.2 Evaluarea traficului de calcul $N_c$

Traficul de calcul pentru dimensionarea structurilor rutiere sau a straturilor de ranforsare, exprimat în m.o.s. (ec.(4.19)), a fost evaluat prin 2 (două) metode (par. 4.3.8.3):

- pe baza volumelor de trafic și coeficienților de calcul obținuți prin prelucrarea datelor HS-WIM utilizând TRANSofT;
- utilizând volumele de trafic HS-WIM prelucrate cu TRANSofT și coeficienții de calcul standardizați [93].

Evaluarea pe baza informațiilor HS-WIM și coeficienților prelucrați cu TRANSofT s-a realizat, la rândul ei, în 2 (două) ipoteze:

- considerând coeficienți  $f_k$  de echivalare în osii standard evaluați pentru toate autovehiculele monitorizate (par. 5.7.1), indiferent de masa lor;
- considerând coeficienți  $f_k$  de echivalare în osii standard evaluați pentru autovehiculele grele (par. 5.7.1,  $M > 3500$  kg).

S-a considerat ca an de dare în exploatare a construcției anul 2015, pentru o perioadă de perspectivă de 15 ani.

Valorile MZA pentru fiecare categorie de vehicule considerată (Tab. 5.3) sunt comune în cele două ipoteze de calcul.

#### 5.7.2.1 Calculul $N_c$ utilizând datele prelucrate prin TRANSofT

În cadrul aplicației pentru calculul volumelor de trafic, s-a evaluat coeficientul  $c_{rt}$  de repartiție transversală a traficului, obținându-se  $c_{rt} = 0,28$  (Tab. 5.8).

Coeficienții de evoluție ai traficului în perspectivă, pentru fiecare categorie de vehicule considerată, au fost obținuți utilizând funcțiile logaritmice de regresie liniară (ec. (4.25)) stabilite în baza variației volumelor de trafic pentru perioada studiată (Tab. 5.62).

Tab. 5.62 Funcții logaritmice de regresie liniară

Nr. crt.	Categoria vehicule	Funcții logaritmice de regresie liniară
1	autocamioane și derivate cu 2 axe	$f(x) = 2800 \cdot \ln(x) - 28423$
2	autocamioane și derivate cu 3 sau 4 axe	$f(x) = -706 \cdot \ln(x) + 7891$
3	autovehicule articulate	$f(x) = -1382 \cdot \ln(x) + 14924$
4	autobuze și autocare	$f(x) = -4762 \cdot \ln(x) + 51098$
5	tractoare cu/fără remorcă și vehicule speciale	$f(x) = 65 \cdot \ln(x) - 689$
6	autocamioane cu remorci (tren rutier)	$f(x) = -1336 \cdot \ln(x) + 14429$

Astfel, s-au obținut coeficienții de evoluție a traficului pentru perioada 2015-2035, pentru fiecare categorie de autovehicule analizată (Tab. 5.63). Acest lucru s-a efectuat raportând valoarea funcției logaritmice aferente categoriei respective, la un anumit moment în timp, la valoarea sa la

data de 30.04.2015. În cazurile în care s-au obținut coeficienți negativi, s-au adoptat valori pozitive estimate, în funcție de evoluția până la acel punct.

Tab. 5.63 Coeficienți de evoluție  $p_k$  (TRANSofT)

Nr. crt.	Categoría vehicule	Coeficienți de evoluție $p_k$				
		2015	2020	2025	2030	2035
1	autocamioane și derivate cu 2 axe	1,00	1,09	1,17	1,24	1,32
2	autocamioane și derivate cu 3 sau 4 axe	1,00	0,92	0,84	0,77	0,70
3	autovehicule articulate	1,00	0,72	0,45	0,20	0,17
4	autobuze și autocare	1,00	0,48	0,30	0,15	0,10
5	tractoare cu/fără remorcă și vehicule speciale	1,00	1,60	2,18	2,73	3,26
6	autocamioane cu remorci (tren rutier)	1,00	0,72	0,45	0,19	0,10

S-au utilizat coeficienții  $f_k$  de echivalare în osii standard pe baza datelor reale de trafic înregistrate în cadrul postului HS-WIM studiat (Fig. 5.78, Tab. 5.64). Evaluarea  $N_c$  s-a realizat atât echivalând în osii standard toate autovehiculele considerate în calcul, cât și eliminându-le pe cele ușoare.

Tab. 5.64 Coeficienți  $f_k$  de echivalare în osii standard (TRANSofT)

Nr. crt.	Grupa vehicule	$f_k$ în ipoteza	
		toate autovehiculele	autovehicule grele
1	autocamioane și derivate cu 2 axe	0,02	0,12
2	autocamioane și derivate cu 3 sau 4 axe	0,44	0,48
3	autovehicule articulate	0,44	0,53
4	autobuze și autocare	0,14	0,21
5	tractoare cu/fără remorcă și vehicule speciale	0,33	0,35
6	autocamioane cu remorci (tren rutier)	0,16	0,32

În urma efectuării calculului prin TRANSofT, s-a obținut o valoare a  $N_c$  de 1,82 ori mai mare în cazul utilizării în calcul doar a autovehiculelor grele (Tab. 5.65, Fig. 5.80, Fig. 5.81).

Tab. 5.65 Trafic de calcul  $N_c$  – date TRANSofT

$N_c$ în ipoteza	
toate autovehiculele	autovehicule grele
0,45	0,82

**calculus using TRANSofT data**

**crT** First day: 25/04/2013 Last day: 30/04/2015

**fk** First day: 25/04/2013 Last day: 30/04/2015

Road type:

Actual selection:

Traffic growth factors

Fig. 5.80 Foto TRANSofT – calcul  $N_c$  utilizând coeficienții TRANSofT (toate autovehiculele)

**calculus using TRANSofT data**

**crt** First day: 25/04/2013 Last day: 30/04/2015

**fk** First day: 25/04/2013 Last day: 30/04/2015

Road type:

Actual selection:

Traffic growth factors

Fig. 5.81 Foto TRANSofT – calcul  $N_c$  utilizând coeficienții TRANSofT (autovehiculele grele)

### 5.7.2.2 Calculul $N_c$ utilizând coeficienții standardizați

Conform configurației sectorului de drum studiat, s-au utilizat prevederile AND 584-2012 [93]: coeficientul de repartiție transversală a traficului  $c_{rt} = 0,35$  și coeficienții  $f_k$  de echivalare în osii standard prevăzuți în același normativ (Fig. 5.78, Tab. 5.66).

Calculul s-a efectuat în ipoteza probabilă de evoluție a traficului, pentru drumuri naționale europene, considerând coeficienții medii de evoluție aferenți (Tab. 5.66) [93].

Tab. 5.66 Coeficienți de evoluție  $p_k$ . Coeficienți  $f_k$  de echivalare în osii standard (AND 584-2012)

Nr. crt.	Grupa vehicule	$f_k$	Coeficienți de evoluție $p_k$				
			2010	2015	2020	2025	2030
1	autocamioane și derivate cu 2 axe	0,10	1,00	1,26	1,45	1,68	1,93
2	autocamioane și derivate cu 3 sau 4 axe	0,70	1,00	1,18	1,32	1,48	1,66
3	autovehicule articulate	0,90	1,00	1,18	1,45	1,72	2,04
4	autobuze și autocare	0,60	1,00	1,21	1,43	1,69	2,00
5	tractoare cu/fără remorcă și vehicule speciale	0,10	1,00	1,15	1,31	1,50	1,70
6	autocamioane cu remorci (tren rutier)	1,00	1,00	1,15	1,49	1,70	1,93

În urma efectuării calculului prin TRANSofT, s-a obținut  $N_c = 3,38$  m.o.s. (Fig. 5.82).

### calculus according to AND 584-2012

The screenshot shows the TRANSSoft software interface for calculating  $N_c$  according to AND 584-2012. The interface is organized into three main sections:

- crt** section: Road type: Drumuri (dropdown), No. of lanes: 4 (dropdown).
- fk** section: Road type: Suple/Semirigide (dropdown).
- Bottom section: Road type: European (dropdown), Scenario: Probabil (dropdown).

At the bottom of the interface, there are three elements: a blue button labeled "Calculus", a blue button labeled "Nc traffic", and a grey text box displaying the calculated value "3.38".

Fig. 5.82 Foto TRANSSoft – calcul  $N_c$  utilizând coeficienții standardizați

### 5.7.3 Concluzii și propuneri

Determinarea traficului de calcul  $N_c$  pentru verificarea și dimensionarea drumurilor din punct de vedere al capacității portante s-a realizat conform prevederilor AND 584-2012 [93]. Principalele aspecte constatate în urma determinării traficului  $N_c$  utilizând TRANSSoft sunt:

- Rezultatele obținute utilizând informațiile HS-WIM se referă în primul rând la sectorul de drum analizat.
- Funcția TRANSSoft destinată evaluării traficului  $N_c$  pe baza coeficienților standardizați realizează acest lucru automat, cu condiția dispunerii de valori ale MZA pentru categoriile de vehicule considerate. Astfel, TRANSSoft este un instrument util și în lipsa aplicării sale directe la informațiile HS-WIM.
- Valorile coeficienților de echivalare a vehiculelor reale în osii standard obținute utilizând informațiile HS-WIM indică, în general, valori inferioare celor recomandate în AND 584-2012 [93]. Excepție fac tractoarele și vehiculele speciale, precum și structurile rigide în general.
- TRANSSoft oferă posibilitatea de a evalua coeficienții  $f_k$  considerând toate autovehiculele din cele 6 (șase) categorii monitorizate (indiferent de masa lor) sau exclusiv pe cele cu masa peste 3500 kg. Acest lucru reprezintă un avantaj față de metodologia standardizată de determinare a coeficienților  $f_k$ , care nu include selectarea vehiculelor grele în calcul, ci se referă doar la categoriile de autovehicule.

Filtrarea vehiculelor în funcție de masă și utilizarea în calcul doar a celor grele conduce la rezultate optime. Acest filtru relevă unul din avantajele TRANSSoft față de recenzarea manuală a autovehiculelor. Simpla încadrare a vehiculelor în categorii, fără a considera în calcul masa lor, poate conduce la rezultate subevaluate. TRANSSoft oferă opțiunea selectării vehiculelor grele, a căror influență trebuie luată în considerare la dimensionarea unei structuri rutiere.

- Coeficienții de evoluție ai traficului în perspectivă, pentru fiecare categorie de vehicule considerată, au fost obținuți utilizând funcții logaritmice de regresie liniară, stabilite în baza variației volumelor de trafic pentru perioada studiată. Funcții de aceeași natură au fost stabilite și utilizate în cadrul unui studiu [9] referitor la tendințele de desfășurare a traficului în cadrul orelor de vârf.
- Situația studiată arată diferența dintre valorile  $N_c$  evaluate pentru toate autovehiculele de calcul, respectiv doar pentru cele grele. În cazul din urmă, s-a obținut o valoare a  $N_c$  de 1,84 ori mai mare.
- Evaluarea  $N_c$  pe baza coeficienților standardizați conduce la valori superioare, în cazul de față, celor obținute pornind de la datele efective de trafic monitorizate. Această situație poate să fie de altă factură în cazul unor sisteme HS-WIM instalate pe drumuri caracterizate de un trafic foarte greu/exceptional.

Astfel, în vederea utilizării adecvate a TRANSofT și obținerii unor rezultate corecte și relevante în privința determinării traficului de calcul  $N_c$ , se propun următoarele:

- Adoptarea metodologiei de procesare prin TRANSofT a datelor de trafic și în alte cazuri, pe sectoare de drum având caracteristici similare, în special referitoare la compoziția traficului.
- Utilizarea TRANSofT pentru evaluarea traficului de calcul  $N_c$ , în cazul disponerii de date de trafic HS-WIM, având în vedere eficientizarea procesului de dimensionare a structurilor rutiere. Valorile standardizate pentru coeficienții de evoluție și de echivalare în osii standard sunt valabile pentru întreaga rețea de drumuri. În schimb, aplicarea selectivă a informațiilor de trafic monitorizate cu un sistem performant poate conduce la economii majore în construcția de drumuri. Acolo unde valorile de trafic nu impun acest lucru, nu este necesară adoptarea aceleiași structuri ca și pe un sector cu trafic greu sau foarte greu.

Dezavantajele acestei proceduri le reprezintă: costurile de investiție pentru instalarea și întreținerea sistemelor de monitorizare, precum și posibilitatea modificării configurației rețelei de drumuri în viitor sau apariția unor evenimente neprevăzute, care să impună devierea traficului greu pe drumuri subdimensionate pentru asemenea solicitări.

### 5.8 Determinarea traficului de calcul pentru proiectarea și verificarea drumurilor din punct de vedere al capacității de circulație

Determinarea debitului de calcul  $Q_C$  pentru verificarea și dimensionarea drumurilor din punct de vedere al capacității de circulație s-a realizat conform prevederilor AND 584-2012 [93]. Debitul de calcul  $Q_C$ , exprimat în veh.etalon/oră (ec.(4.27), ec.(4.28)), a fost evaluat prin 2 (două) metode (4.3.9.1):

- utilizând volumele de trafic și coeficienții de calcul obținuți prin prelucrarea datelor HS-WIM utilizând TRANSofT;
- utilizând volumele de trafic HS-WIM prelucrate cu TRANSofT și coeficienții de calcul standardizați [93].

Ambele metode de evaluare se bazează pe coeficienții standardizați de echivalare a vehiculelor fizice în vehicule etalon – autoturisme [93].

S-a considerat ca an de dare în exploatare a construcției anul 2015.

Prima etapă a evaluării (Fig. 5.83) presupune selectarea anului de bază, a tipului de relief în care este amplasat sectorul de drum studiat, precum și a numărului de benzi, în vederea echivalării vehiculelor reale în vehicule etalon – autoturisme. Acest lucru este realizat automat de către TRANSofT, conform coeficienților de echivalare standardizați [93]. Această etapă este comună pentru cele două ipoteze de calcul.

Fig. 5.83 TRANSofT – evaluare debit de calcul, etapa 1

Valorile intensității medii zilnice anuale a traficului, în vehicule fizice, pentru anul de bază (Tab. 5.3), sunt comune pentru cele două metode de calcul.

#### 5.8.1 Calculul $Q_C$ utilizând datele prelucrate prin TRANSofT

În cadrul aplicației pentru determinarea debitului de calcul, s-au evaluat coeficienții de evoluție ai traficului în perspectivă, pentru categoriile de vehicule considerate suplimentar în acest scop: motocicletă, autoturism, respectiv microbuze și autocamionete. Coeficienții respectivi au fost obținuți utilizând funcțiile logaritmice de regresie liniară stabilite în baza variației volumelor de trafic pentru perioada studiată (Tab. 5.67).

Tab. 5.67 Funcții logaritmice de regresie liniară

Nr. crt.	Categoria vehicule	Funcții logaritmice de regresie liniară
1	motociclete	$f(x) = -4294 \cdot \ln(x) + 46014$
2	autoturisme	$f(x) = 192810 \cdot \ln(x) - 1997087$
3	microbuze și autocamionete	$f(x) = -32075 \cdot \ln(x) + 346374$

Astfel, s-au obținut coeficienții de evoluție a traficului pentru perioada 2015-2035, pentru fiecare categorie de autovehicule analizată (Tab. 5.63, Tab. 5.68). Acest lucru s-a efectuat raportând valoarea funcției logaritmice aferente categoriei respective, la un anumit moment în timp, la valoarea sa la data de 30.04.2015. În cazurile în care s-au obținut coeficienți negativi, s-au adoptat valori pozitive estimate, în funcție de evoluția până la acel punct.

Tab. 5.68 Coeficienți de evoluție  $p_k$  (TRANSofT)

Nr. crt.	Categoria vehicule	Coeficienți de evoluție $p_k$				
		2015	2020	2025	2030	2035
1	motociclete	1,00	0,36	0,25	0,18	0,10
2	autoturisme	1,00	1,15	1,29	1,42	1,55
3	microbuze și autocamionete	1,00	0,72	0,45	0,19	0,10

În funcție de valorile  $MZA_k$  pentru anul de bază, obținute prin TRANSofT pentru fiecare din categoriile „k” de autovehicule, s-au evaluat valorile  $MZA_{E,i}$  (ec.(4.29)) pentru anul de bază 2015 și pentru anii 2020, 2025 și 2030 (Tab. 5.69).

Tab. 5.69 Valori  $MZA_{E,i}$  – evaluare TRANSofT

Nr. crt.	An de bază	An de studiu	$MZA_{E,i}$ [veh. etalon/zi]
1	2015	2015	64.036
2		2020	70.195
3		2025	76.200
4		2030	81.735

Pe baza informațiilor de trafic colectate cu sistemul HS-WIM și procesate prin TRANSofT, s-au determinat atât raportul K între debitul orar corespunzător celei de-a 50-a oră de vârf și  $MZA_E$ , cât și ponderea D a traficului de pe sensul de circulație cel mai încărcat (Tab. 5.70).

Tab. 5.70 Valori,  $Q_{50}$ , K, D

Nr. crt.	Mărime	U.M.	Valoare obținută
1	$Q_{50}$	veh./oră	5567
2	K	-	0,09
3	D	-	0,56
4	PHF - intervale de 5 minute	-	0,91
5	PHF - intervale de vârf de 15 minute	-	0,95
6	PHF - intervale de bază de 15 minute	-	0,96

Factorul orei de vârf s-a evaluat în 3 (trei) ipoteze, corespunzătoare preciziei de calcul dorite: intervale de 5 minute, intervale de vârf de 15 minute, respectiv intervale de bază de 15 minute (par. 5.3.5). Valorile obținute (Tab. 5.70) reprezintă mediile aritmetice ale tuturor valorilor PHF pentru orele de vârf zilnice, în cele trei ipoteze considerate.

Rezultatele obținute (Tab. 5.71) arată că valorile maxime ale debitului orar de calcul  $Q_C$  se obțin în cazul utilizării intervalelor suborare de 5 minute la evaluarea factorului orei de vârf. De asemenea, se obține o creștere cincinală a valorilor  $Q_C$  cu circa 8...10% față de anul de bază.



Tab. 5.71  $Q_C$  – TRANSofT

Nr. crt.	An de bază	An de studiu	$Q_C$ [veh. etalon/oră]			Evoluție față de anul de bază
			interv. 5 min.	interv. 15 min. vârf	interv. 15 min. bază	
1	2015	2015	3445	3296	3258	-
2		2020	3776	3613	3571	+10%
3		2025	4099	3922	3877	+19%
4		2030	4397	4207	4158	+28%

## calculus using TRANSofT data

**Evolution coefficients**

Calculate MZA\_Ei    MZAEi: 64036.00

---

**Establish coefficients K, D, PHF**

Period: 25/04/2013 - 30/04/2015 (Peak\_Hour application)

Coefficients

K: 0.09    D: 0.56    PHF5: 0.91

Q50: 5567    PHF15: 0.95

PHF150: 0.96

---

**Traffic capacity**

Qc

Qc5: 3444.64

Qc15: 3295.87

Qc150: 3257.94

Fig. 5.84 TRANSofT – Calcul  $Q_C$  utilizând datele prelucrate prin TRANSofT (an de calcul 2015)5.8.2 Calculul  $Q_C$  utilizând coeficienții standardizați

Coeficienții de evoluție ai traficului în perspectivă, pentru categoriile de vehicule considerate la evaluarea  $Q_C$ , sunt preluați din tabelele standardizate [93], în funcție de categoria drumului și scenariul de evoluție selectat. Astfel, considerând valorile  $MZA_k$  pentru anul de bază, obținute prin TRANSofT pentru fiecare din categoriile „k” de autovehicule, s-au evaluat valorile  $MZA_{E,i}$  (ec.(4.29)) pentru anul de bază 2015 și pentru anii 2020, 2025 și 2030 (Tab. 5.72).

Tab. 5.72 Valori  $MZA_{E,i}$  – evaluare conform standard

Nr. crt.	An de bază	An de studiu	$MZA_{E,i}$ [veh. etalon/zi]
1	2015	2015	64.036
2		2020	99.012
3		2025	119.845
4		2030	146.003

Pe baza informațiilor selectate de către utilizator referitor la categoria drumului, numărul de benzi și locație, TRANSofT afișează raportul K, ponderea D și factorul PHF, din tabelele

standardizate [93] (Tab. 5.73). Valorile rezultate sunt identice sau foarte apropiate de cele obținute pe baza informațiilor TRANSofT (Tab. 5.70).

Tab. 5.73 Valori,  $Q_{50}$ , K, D

Nr. crt.	Mărime	Valoare
1	K	0,08
2	D	0,55
3	PHF	0,95

Rezultatele obținute (Tab. 5.74) arată că valorile debitului orar de calcul  $Q_C$  înregistrează o creștere cincinală cu 21...32% față de anul de bază.

Tab. 5.74  $Q_C$  – standard

Nr. crt.	An de bază	An de studiu	$Q_C$ [veh. etalon/oră]	Evoluție față de anul de bază
1	2015	2015	3775	-
2		2020	4586	+21%
3		2025	5551	+47%
4		2030	6762	+79%

**calculus according to AND 584-2012**

**Evolution coefficients**

Road type:  Scenario:

MZAEi:

**Establish coefficients K, D, PHF**

Road type:

Lanes:

Characteristics:

Coefficients value:

K:  D:  PHF:

**Traffic capacity**

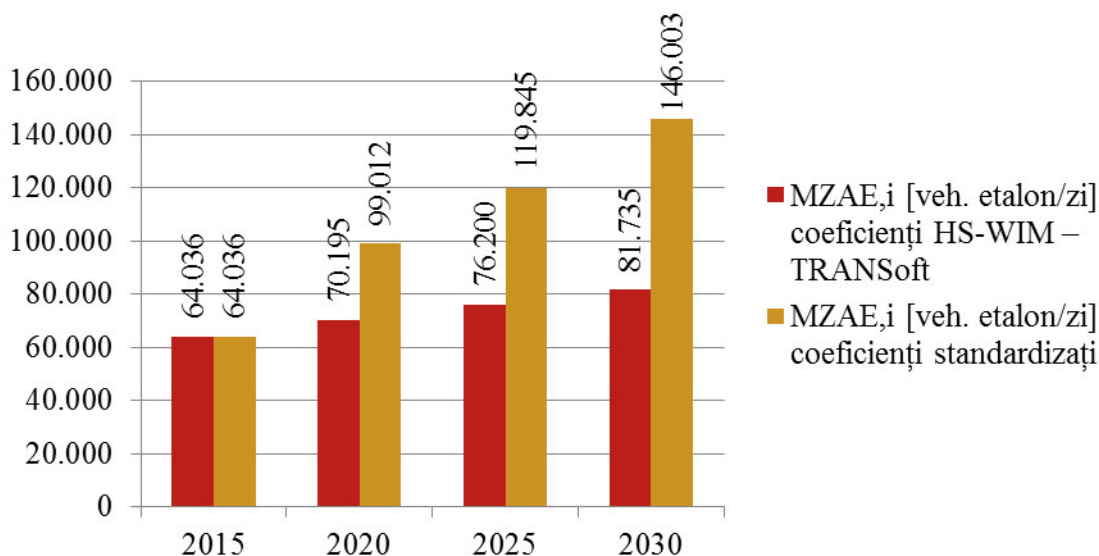
Fig. 5.85 TRANSofT – Calcul  $Q_C$  utilizând coeficienții standardizați (an de calcul 2020)

### 5.8.3 Concluzii și propuneri

În urma evaluării traficului de calcul pentru proiectarea și verificarea drumurilor din punct de vedere al capacității de circulație, s-au constatat următoarele:

- TRANSofT oferă posibilitatea evaluării rapide și precise a debitului orar de calcul pentru un anumit sector de drum, în vederea verificării și dimensionării din punct de vedere al capacității de circulație.

- Valorile  $MZA_{E,i}$  obținute utilizând coeficienții de evoluție estimați prin funcțiile logaritmice de regresie liniară reprezintă min. 56% (anul 2030) din valorile  $MZA_{E,i}$  estimate utilizând coeficienții standardizați [93] (Fig. 5.86).

Fig. 5.86 Comparație  $MZA_{E,i}$ 

- S-a obținut un debit orar corespunzător celei de-a 50-a oră de vârf  $Q_{50} = 5567$  veh./oră.
- Raportul K, ponderea D și factorii PHF obținuți prin cele două metode de calcul au valori identice sau apropiate (Tab. 5.75).

Tab. 5.75 Comparație valori K, D, PHF

Nr. crt.	Mărimă	Standard	HS-WIM – TRANSOft		
			interv. 5 min.	interv. 15 min. vârf	interv. 15 min. bază
1	K	0,08	0,09		
2	D	0,55	0,56		
3	PHF	0,95	0,91	0,95	0,96

- Valorile maxime ale debitului orar de calcul  $Q_C$  se obțin în cazul utilizării intervalelor suborare de 5 minute la evaluarea factorului orei de vârf. Acest aspect susține ideea posibilității depășirii capacității de circulație a unui sector de drum pe intervale suborare de câteva minute, având ca efecte formarea de cozi și întârzieri în trafic.
- Valorile  $Q_C$  obținute în baza prelucrării datelor HS-WIM prin TRANSOft reprezintă între 61% și 91% din valorile rezultate utilizând coeficienții standardizați (Tab. 5.76). Acest lucru indică faptul că procedura standardizată conduce la valori acoperitoare pentru debitele orare de calcul, însă acest aspect poate avea drept consecințe supradimensionări nejustificate.

Tab. 5.76 Comparație valori  $Q_C$  [veh. etalon/oră]

Nr. crt.	An studiu	Standard	HS-WIM – TRANSOft		
			interv. 5 min.	interv. 15 min. vârf	interv. 15 min. bază
1	2015	3775	3445	3296	3258
2	2020	4586	3776	3613	3571
3	2025	5551	4099	3922	3877
4	2030	6762	4397	4207	4158

Astfel, în vederea utilizării adecvate a TRANSOft și obținerii unor rezultate corecte și relevante în privința determinării debitului de calcul  $Q_C$ , se propune adoptarea metodologiei de evaluare a  $Q_C$  prin TRANSOft și în alte cazuri, în special pe sectoare de drum având caracteristici similare, referitoare în primul rând la compoziția traficului.



## CAP. 6 CONCLUZII

### 6.1 Concluzii generale

Transporturile rutiere conferă anumite avantaje asupra altor mijloace de transport. Nivelul dezvoltării economice a unui stat sau a unei regiuni este strâns legat de gradul de dezvoltare al rețelei de transporturi în general și a celei rutiere în particular. Chiar dacă dezvoltarea drumurilor s-a realizat într-un ritm inferior evoluției automobilului, utilizarea eficientă și inteligentă a rețelelor existente a condus la limitarea extinderii necontrolate a construcțiilor rutiere. Noțiuni precum sistemele ITS sau intermodalitatea vin în sprijinul exploatării raționale a drumurilor.

Sistemele ITS reprezintă sisteme care furnizează servicii referitoare la diferite moduri de transport, în vederea proiectării, utilizării și întreținerii sistemelor de transport. Ele au la bază aplicații electronice, precum și utilizarea telecomunicațiilor și a tehnologiei informației în ingineria de trafic, furnizând utilizatorilor posibilitatea de a utiliza eficient și în siguranță rețeaua de transport.

Principalele sisteme ITS colectează, prelucreează și transmit informații despre modul de desfășurare a traficului. Colectarea informațiilor se bazează în general pe detecția vehiculelor, iar transmiterea rezultatelor prelucrate are la bază tehnologia informației, prin diverse standarde de codificare, transmitere și decodificare a datelor. Provocarea de bază a ciclului de funcționalitate ITS o reprezintă procesarea informațiilor. Dificultățile întâlnite în privința posibilităților de a prelucra și interpreta volumele mari de date colectate impun dezvoltarea de aplicații și sisteme dedicate acestor aspecte.

Cântărirea în mișcare este procesul de măsurare a forțelor dinamice transmise de un vehicul în mișcare și de estimare a încărcărilor statice echivalente. Sistemele WIM pot fi încadrate în diferite grupe, în funcție de aplicația fiecăruia, vitezele detectate și toleranțele admisibile. Dezvoltarea tehnologică a sistemelor WIM a fost însoțită de evoluția aplicațiilor în domeniu, studiate în cadrul unor proiecte internaționale de anvergură. Datele statistice colectate și stocate în baze de date WIM sunt utilizate de către administratori în vederea dimensionării raționale a structurilor rutiere și a adoptării unor măsuri de îmbunătățire a desfășurării traficului rutier. De asemenea, unitățile abilitate folosesc informațiile colectate atât pentru efectuarea de controale în trafic, cât și pentru evaluarea efectelor acestora și a implementării unor măsuri de siguranța circulației.

### 6.2 Contribuții personale

Prezenta lucrare a fost elaborată pornind de la ideea îmbunătățirii procedurilor de procesare și analiză a informațiilor de trafic rutier colectate utilizând un sistem de cântărire în mișcare HS-WIM. Dezvoltarea sistemelor WIM impune procesarea și raportarea eficientă a datelor, astfel încât ele să fie utile atât administratorilor, cât și utilizatorilor în general.

Tema de bază a lucrării este realizarea unui sistem de monitorizare a drumurilor, în particular a traficului rutier, sub forma unei aplicații software denumite TRANSsoft (eng. **TR**affic **A**pplicatio**N** **S**oftware). Principalul scop al acesteia este de a furniza un instrument util pentru procesarea, analiza și raportarea datelor de trafic înregistrate utilizând sisteme HS-WIM. Utilitatea informațiilor colectate este limitată în absența unei astfel de aplicații.

Contribuțiile prezentei lucrări sunt grupate într-o sinteză a rețelei de drumuri și a sistemelor de monitorizare la nivel mondial, european și național, precum și în descrierea utilității și aplicarea sistemului proiectat.

#### 6.2.1 Sinteze teoretice

Principalele contribuții din cadrul prezentei lucrări referitoare la rețelele de drumuri și la sistemele de monitorizare a acestora sunt:

- S-a efectuat o sinteză documentară asupra caracteristicilor de bază ale drumurilor și a istoricului acestora;

- S-a întocmit o sinteză a rețelelor de drumuri la nivel mondial și european, incluzând date referitoare la gradele de motorizare, lungimile rețelelor de drumuri și autostrăzi, precum și la rețeaua TEN-T;
- S-au prezentat în detaliu caracteristicile de bază ale rețelelor de drumuri comunale, județene, naționale și ale autostrăzilor din România;
- S-a realizat o sinteză a principalelor direcții de dezvoltare a rețelei rutiere în România, în perioada 2014 – 2030, conform Master Planului General de Transport al României [2];
- Au fost sintetizate și descrise succint principalele elemente și roluri ale ingineriei de trafic;
- S-a motivat necesitatea realizării sistemelor de monitorizare a drumurilor și principalele scopuri și direcții de implementare, în contextul evoluției tehnologice și a dezvoltării infrastructurii rutiere;
- Au fost prezentate principalele caracteristici și componente ale sistemelor inteligente de transport (ITS);
- S-a realizat o clasificare și o prezentare a caracteristicilor principalelor sisteme de monitorizare a drumurilor cunoscute și utilizate, cu precizarea avantajelor și dezavantajelor fiecăruia;
- Au fost detaliate principalele programe implementate la nivel european cu scopul dezvoltării sistemelor ITS, precum și aplicabilitatea lor în România;
- S-au enumerat și prezentat pe scurt o serie de standarde și formate pentru codificarea, transmiterea și decodificarea datelor de trafic colectate și prelucrate;
- S-au prezentat în detaliu principalele caracteristici ale sistemelor de cântărire în mișcare (WIM), precum și tipurile de senzori care intră în componența acestora;
- S-a realizat o sinteză documentară asupra evoluției sistemelor WIM, a dezvoltării tehnologice și a aplicațiilor în domeniu, studiate în cadrul unor proiecte internaționale;
- Au fost prezentate caracteristicile și principiile operaționale ale sistemului HS-WIM Hi-Trac EMU.

### 6.2.2 Sinteze practice

Descrierea utilității și aplicarea sistemului de monitorizare proiectat au inclus următoarele aspecte de bază:

- A fost prezentat sistemul de cântărire în mișcare HS-WIM utilizat în cadrul prezentei lucrări, proprietate a Universității Tehnice din Cluj Napoca, furnizat de către TDC Systems Ltd. Marea Britanie;
- A fost descris amplasamentul unde a fost instalat sistemul prezentat, elementele componente ale acestuia, precum și etapele procesului de instalare;
- S-a prezentat sinteza procesului de colectare a datelor înregistrate, utilizând aplicația electronică proprie a sistemului HS-WIM utilizat, Hi-Comm 100, implementată și furnizată de către producătorul sistemului WIM;
- Au fost descrise principalele ferestre de lucru ale aplicației Hi-Comm 100, precum și componența fișierelor MS Access din baza de date WIM;
- S-a motivat necesitatea realizării sistemelor de monitorizare a drumurilor, în baza evoluției tehnologice și a dezvoltării infrastructurii rutiere;
- A fost prezentată necesitatea implementării programului TRANSofT de colectare și prelucrare a datelor de trafic înregistrate utilizând sisteme WIM;
- Descrierea aplicației de tip modular TRANSofT a inclus prezentarea componentelor de bază ale sistemului (baza de date WIM și aplicația TRANSofT propriu-zisă), precum și a principalelor sale aplicații. Descrierea s-a realizat prin prisma utilității aplicației, prezentându-se pașii de bază care constituie principiul de funcționare al TRANSofT;
- Au fost prezentate condițiile de bază ale funcționalității sistemului propus, prin cerințele impuse fișierelor și directoarelor TRANSofT;
- Descrierea funcțiilor aplicației TRANSofT s-a realizat, în general, în baza următoarelor aspecte:



- principii generale, de natură teoretică, asupra elementelor abordate;
- prezentarea detaliată a interfețelor TRANSofT aferente fiecărei funcții în parte;
- descrierea principiilor de funcționare ale fiecărei funcții TRANSofT, incluzând schemele logice aferente;
- prezentarea funcționalității și utilității fiecărei funcții în parte, incluzând exemple ale rezultatelor obținute prin TRANSofT;
- Pentru perioada de funcționalitate a sistemului WIM utilizat, a fost prezentată implementarea principalelor elemente referitoare la verificarea validității datelor colectate;
- S-au prezentat rezultatele și concluziile desprinse în urma aplicării funcțiilor TRANSofT asupra datelor de trafic colectate în perioada de funcționalitate a sistemului.

Se precizează faptul că, în cadrul prezentei lucrări, TRANSofT a fost aplicată informațiilor colectate utilizând un singur sistem HS-WIM. Prin adaptarea sa, TRANSofT poate fi utilizată pentru prelucrarea informațiilor provenind de la multiple sisteme de cântărire în mișcare, în vederea obținerii unor rezultate concludente. Astfel, se pot avea în vedere elaborarea unor studii complexe asupra planificării transporturilor și mobilității.

### 6.2.3 Propuneri

În urma analizării informațiilor obținute și a concluziilor desprinse, au fost formulate următoarele propuneri referitoare la aspecte care implică utilizarea TRANSofT:

- Adoptarea metodologiei de procesare prin TRANSofT a datelor de trafic colectate utilizând sisteme de cântărire în mișcare;
- Revizuirea coeficienților de repartiție transversală a traficului  $c_{rt}$  recomandați prin normative, avându-se în vedere posibilitatea modificării lor;
- Adoptarea unor măsuri de planificare a transporturilor în mediu urban, în vederea îmbunătățirii condițiilor de trafic și organizării traficului urban, în special în cadrul orelor de vârf. Acest lucru este valabil nu doar în cazul studiat și prezentat, ci și în numeroase alte situații în care este necesară urgentarea adoptării unor măsuri concrete de către autoritățile abilitate pentru îmbunătățirea condițiilor de trafic rutier;
- Utilizarea TRANSofT pentru prelucrarea datelor de trafic în vederea stabilirii anumitor tendințe în desfășurarea traficului și a formulării unor modele de predicție a traficului pe termen scurt;
- Utilizarea măsurătorilor HS-WIM și a prelucrărilor TRANSofT în vederea monitorizării vehiculelor supraîncărcate, care încalcă limitele de greutate admise prin lege;
- Revizuirea limitei legale de viteză impuse pe sectorul de drum analizat, sau, în cazul menținerii limitei curente, corelarea monitorizării vitezelor de deplasare cu măsuri de sancționare a încălcării limitei legale;
- Utilizarea TRANSofT pentru evaluarea traficului de calcul  $N_c$ , în cazul dispunerii de date de trafic HS-WIM, având în vedere eficientizarea procesului de dimensionare a structurilor rutiere;
- Adoptarea metodologiei de evaluare a debitului de calcul  $Q_C$  prin TRANSofT.

### 6.3 Direcții de cercetare

Prin prisma concluziilor prezentate, principalele direcții de cercetare în domeniul studiat vor fi axate pe următoarele aspecte:

- Colectarea regulată a datelor monitorizate de sistemul HS-WIM prezentat;
- Acordarea unei atenții sporite integrității și calității fișierelor înregistrate;
- Monitorizarea constantă a stării sistemului HS-WIM;
- Efectuarea intervențiilor și lucrărilor de întreținere necesare în cazul apariției unor situații care impun aceste lucruri;
- Realizarea demersurilor necesare pentru instalarea unor noi sisteme de monitorizare a traficului rutier, în vederea colectării de informații din multiple locații amplasate

strategic. Datele respective vor fi prelucrate prin TRANSofT și vor sta la baza elaborării unor studii asupra planificării transporturilor, la nivel mezosopic sau macroscopic;

- Continuarea și dezvoltarea analizelor asupra parametrilor de trafic monitorizați;
- Dezvoltarea TRANSofT în vederea furnizării de informații utile entităților interesate;
- Îmbunătățirea și extinderea aplicațiilor și interfeței TRANSofT, pentru facilitarea accesului administratorilor și utilizatorilor la informații din traficul rutier și pentru întocmirea de studii relevante în domeniu;
- Realizarea unor studii și implementarea de soluții practice în zona studiată, în vederea îmbunătățirii condițiilor de desfășurare a traficului rutier. În cazul extinderii rețelei de sisteme de monitorizare, se estimează îmbunătățirea aplicabilității soluțiilor de fluidizare a traficului, inclusiv la nivel mezosopic și macroscopic;
- Stabilirea unor modele de predicție a traficului pe termen scurt și/sau lung, în baza datelor de trafic prelucrate prin TRANSofT și a metodologiilor recomandate în literatura de specialitate;
- Studiul procedurilor de corelare a datelor de trafic HS-WIM cu sisteme de monitorizare video, în vederea unor posibile studii în acest sens ori a implementării de măsuri legale în domeniu.

## REFERINȚE

- [1] Abdulhai B., Kattan L. – Traffic engineering analysis (Chapter 6), Handbook of Transportation Engineering, ed. M. Kutz, McGraw-Hill Professional, pp. 6.3–6.72, 2004;
- [2] AECOM Ingineria S.R.L. – Master Plan General de Transport al României: varianta finală revizuită a Raportului privind Master Planul pe termen scurt, mediu și lung, mai 2015;
- [3] ASTM E1318-09 – Standard Specification for Highway Weigh-in-Motion (WIM) Systems with User Requirements and Test Methods, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2009;
- [4] Barceló J., Kuwahara M., Miska M. – Traffic Data Collection and Its Standardization, Springer, New York, 2010;
- [5] Bottero M., Dalla Chiara B., Deflorio F.P. – Wireless sensor networks for traffic monitoring in a logistic centre, Transportation Research Part C, 26 (2013), 99-124;
- [6] Cadar R.D., Iliescu M., Ciont N. – Implications of Road Structure Design Using Different Approaches, Bulletin UASMV Horticulture 71(2)/2014, ISSN 1843-5254, Electronic ISSN 1843-5394, doi:10.15835/buasvmcn-hort:10597, 428–436, 2014;
- [7] Caprez M. – Testing of Weigh-in-Motion Systems, Proc. of the 1st European Conference on Weigh-in-Motion of Road Vehicles. p187, 1995;
- [8] Chen C., Wang Y., Li L., Hu J., Zhang Z. – The retrieval of intra-day trend and its influence on traffic prediction, Transportation Research Part C 22 (2012) 103-118;
- [9] Ciont N., Cadar R.D., Iliescu M. - Peri-urban Peak Hour Travel Behaviour Study Using A Weigh-in-motion Data Processing Application Software. Urban Transport XXI, WIT Transactions on The Built Environment, Volume 146, ISBN 978-1-84564-898-5, 651-661, doi:10.2495/UT150531, 2015;
- [10] Ciont N., Cadar R.D., Iliescu M., Laslău D.A. – Interactive application for the evaluation of the Peak Hour Factor using weigh-in-motion traffic data. University Politehnica of Bucharest Scientific Bulletin Series C, 77(1), 121–128, 2015;
- [11] Ciont N., Iliescu M., Cadar R.D. – Comparative studies regarding traffic flow improvement scenarios using software modelling and real measured data. Proc. of the 3rd International Conference on Road and Rail Infrastructures, 28-30 April 2014, Split, Croatia, ISSN 1848-9842, 229-235;
- [12] Comert G., Bezuglov A. – An Online Change-Point-Based Model for Traffic Parameter Prediction. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 14(3), 1360–1369, doi: 10.1109/TITS.2013.2260540, 2013;
- [13] Cropley S., Koniditsiotis C., Buckmaster R. – WIMLINK - The Fully Integrated Information Management System for Weigh-in-Motion, Proc. of the 5th International Symposium on Heavy Vehicle Weights and Dimensions, Maroochidore, Queensland, 1998;
- [14] Dhar A. – Traffic and Road Condition Monitoring System, Indian Institute of Technology, Bombay, 2008;
- [15] Diaconu E., Dicu M., Răcănel C. – Căi de comunicații rutiere: principii de proiectare, Conspress, București, ISBN 973-7797-80-9, 2006;
- [16] Directive 2010/40/EU of the European Parliament and of the Council of 7 July 2010 on the framework for the deployment of Intelligent Transport Systems in the field of road transport and for interfaces with other modes of transport;
- [17] Duke J., Schofer J., May Jr. A. – A Statistical Analysis of Speed-Density Hypotheses, Highway Research Record 154, T.R.B., Washington, D.C., 1967;
- [18] Edie L. – Car-Following and Steady-State Theory for Non-Congested Traffic, Operations Research, Vol. 9, ORSA, Washington, D.C., 1961;
- [19] Ellis R. – Analysis of Linear Relationships in Speed-Density and Speed-Occupancy Curves, Final Report, Northwestern University, Evanston, IL, 1964;
- [20] EU transport in figures – statistical pocketbook, European Union, ISBN 978-92-79-37506-4, doi:10.2832/63317, 2014;

- 
- [21] European Commission – Top Trial, Technologies for Optimising the Precision of MS-WIM of Road Transports to Improve Automatic Overload Control and European Procedures for Enforcement, Project reference: IST-1999-20868, 2000-2002;
- [22] European Commission, DG VII Transport – Weigh-in-motion of Axles and Vehicles for Europe (WAVE), General Report, LCPC, Paris, 2001;
- [23] European Commission, Directorate General Transport – COST 333 - Development of New Bituminous Pavement Design Method. Final Report of the Action, ISBN 92-828-6796-X, 1999;
- [24] European Commission, Directorate-General Mobility and Transport, ITS Action Plan, Framework Service Contract TREN/G4/FV-2008/475/01, D5 – Final Report, Action B - EU-wide real-time traffic information services;
- [25] Fitzpatrick K., Elefteriadou D, Harwood D, Collins J., McFadden J., Anderson L. – Speed Prediction for Two-Lane Rural Highways, Texas Transportation Institute, 1999;
- [26] Gheorghită S. – Cercetări privind dezvoltarea unui sistem inteligent de monitorizare a traficului rutier, Teza de doctorat, Universitatea Tehnică din Cluj Napoca, Facultatea de Inginerie Electrică, 2014;
- [27] Greenberg H. – An Analysis of Traffic Flows, Operations Research, Vol. 7, ORSA, Washington, D.C., 1959;
- [28] Greenshields B. – A Study of Highway Capacity, Proc. of the Highway Research Board, Vol. 14, T.R.B., Washington, D.C., 1934;
- [29] Hallenbeck M. – A Description of the Long Term Pavement Performance Project, Traffic Database. Proc. of the 1st European Conference on Weigh-in-Motion of Road Vehicles. p285, 1995;
- [30] Harding M. – WIM Business systems, Proc. of the Weigh-in-Motion Symposium, ARRB Transport Research Ltd., 1996;
- [31] Henny R.J. – European Database on Weigh-in-Motion, Proc. of the 1st European Conference on Weigh-in-Motion of Road Vehicles. p279, 1995;
- [32] Highway Capacity Manual, T.R.B., 5th Edition, Washington, D.C., 2010;
- [33] HI-TRAC® 100 High Speed Weigh-In-Motion Data Collection & Pre-Selection System. Utilising Hi-Comm 100 Software – System Overview, TDC Systems Limited, Weston-super-Mare, North Somerset, England, United Kingdom;
- [34] HI-TRAC® EMU Traffic Data Monitoring System Incorporating Volumetric Counting, Traffic Counting and Classifying and High Speed Weigh-In-Motion Overview, TDC Systems Limited, Weston-super-Mare, North Somerset, England, United Kingdom;
- [35] Hotărârea Guvernului nr. 782/2014 pentru modificarea anexelor la Hotărârea Guvernului nr. 540/2000 privind aprobarea încadrării în categorii funcționale a drumurilor publice și a drumurilor de utilitate privată deschise circulației publice;
- [36] <http://arcatlantique.easyway-its.eu>;
- [37] <http://autotraveler.ru/en>;
- [38] <http://crocodile.easyway-its.eu>;
- [39] <http://easyway12.easyway-its.eu>;
- [40] <http://ec.europa.eu/transport>;
- [41] <http://eip.easyway-its.eu/content/eip>;
- [42] <http://eipplus.easyway-its.eu>;
- [43] [http://en.wikipedia.org/wiki/European\\_route\\_E60](http://en.wikipedia.org/wiki/European_route_E60);
- [44] [http://en.wikipedia.org/wiki/Linear\\_referencing](http://en.wikipedia.org/wiki/Linear_referencing);
- [45] [http://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_countries\\_by\\_road\\_network\\_size](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_road_network_size);
- [46] [http://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_countries\\_by\\_vehicles\\_per\\_capita](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_vehicles_per_capita);
- [47] <http://en.wikipedia.org/wiki/OpenLR>;
- [48] <http://en.wikipedia.org/wiki/Road>;
- [49] [http://en.wikipedia.org/wiki/Traffic\\_count](http://en.wikipedia.org/wiki/Traffic_count);
- [50] [http://en.wikipedia.org/wiki/Trans-European\\_Transport\\_Networks](http://en.wikipedia.org/wiki/Trans-European_Transport_Networks);
- [51] <http://global-sei.com/its/devices/uvd.html>;
- [52] <http://info-traffic-tmc-romania.ro/despre-traffic-ok>;
-

- 
- [53] <http://medtis.easyway-its.eu>;
- [54] <http://next-its.easyway-its.eu>;
- [55] <http://stats.oecd.org/glossary>;
- [56] <http://ursamajor.easyway-its.eu/content/ursa-major>;
- [57] <http://www.130km.ro/calendar.html>;
- [58] [http://www.astro-urseanu.ro/ora\\_vara.html](http://www.astro-urseanu.ro/ora_vara.html);
- [59] <http://www.datex2.eu>;
- [60] <http://www.easyway-its.eu>;
- [61] <http://www.fhwa.dot.gov>;
- [62] <http://www.imagesensing.com>;
- [63] <http://www.invicom.com>;
- [64] <http://www.irdinc.com>;
- [65] <http://www.lasertech.com>;
- [66] [http://www.meas-spec.com/product/traffic/RoadTrax\\_BL.aspx](http://www.meas-spec.com/product/traffic/RoadTrax_BL.aspx);
- [67] <http://www.openlr.org>;
- [68] <http://www.roadtraffic-technology.com>;
- [69] <http://www.sensourceinc.com/PC-VAIR-5.htm>;
- [70] <http://www.trafficguide.ro>;
- [71] <http://www.trafficnav.eu/traffic-service-romania>;
- [72] <http://www.vialicensing.com>;
- [73] <https://support.office.com/>;
- [74] Iliescu M., Cadar R.D., Ciont N. – The Influence of Traffic on the Design of Road Structures in Urban and Interurban Areas on a European Road in Romania, Proc. of the Fourteenth International Conference on Civil, Structural and Environmental Engineering Computing (ed. B.H.V. Topping, P. Iványi), Civil-Comp Press, Stirlingshire, UK, Paper 231, doi:10.4203/ccp.102.231, 2013;
- [75] Intertraffic world, UKIP Media & Events Ltd., Abinger House, Church Street, Dorking, Surrey, RH4 1DF, United Kingdom, 100-101, 2014;
- [76] Intertraffic world, UKIP Media & Events Ltd., Abinger House, Church Street, Dorking, Surrey, RH4 1DF, United Kingdom, 106-107, 2014;
- [77] Intertraffic world, UKIP Media & Events Ltd., Abinger House, Church Street, Dorking, Surrey, RH4 1DF, United Kingdom, 108-109, 2014;
- [78] ISO 17572-3:2015 Intelligent transport systems (ITS), Location referencing for geographic databases, Part 3: Dynamic location references (dynamic profile);
- [79] ITS International 18 (1), 25, 2012;
- [80] ITS International 18 (1), 26, 2012;
- [81] ITS International 19 (5), 33-34, 2013;
- [82] Jacob B., Dolcemascolo V. – Dynamic Interaction Between Instrumented Vehicles and Pavements, Proc. of the 5th International Symposium on Heavy Vehicle Weights and Dimensions, Maroochidore, Queensland, 1998;
- [83] Jacob B., van Loo H. – Standardization of Weigh-in-Motion in Europe, 1st International Seminar of Weigh in Motion, Florianópolis – Santa Catarina, Brazil, 2011;
- [84] Jacob B., van Loo H. – Weigh-in-Motion for Enforcement in Europe, 5th International Conference on Weigh-In-Motion, Paris, 2008;
- [85] Leduc G. – Road Traffic Data: Collection Methods and Applications, European Commission Joint Research Centre, 2008;
- [86] Lee C. – ASTM WIM Standard E 1318 – Revised for the New Millenium, The University of Texas at Austin. U.S.A.;
- [87] Lemke K. – Estimation of the Peak-hour Demand in the German Highway Capacity Manual, Procedia Social and Behavioral Sciences, 16 (2011), 762-770;
- [88] Maryland Department of Transportation Traffic Monitoring System Program, 2010;
- [89] Metode de investigare a traficului rutier, Indicativ AND 602-2012;
- [90] Ministerul Transporturilor – Cabinet Ministru, Memorandum privind Însușirea Master Planului General de Transport al României nr. 8956/25.02.2015;
-

- [91] NCHRP Report 509: Equipment for collecting traffic load data. Transportation Research Board, Washington, D.C., 2004;
- [92] Normativ pentru determinarea capacității de circulație a drumurilor publice, Indicativ PD 189-2000;
- [93] Normativ pentru determinarea traficului de calcul pentru proiectarea drumurilor din punct de vedere al capacității portante și al capacității de circulație, Indicativ AND 584-2012;
- [94] Normativ pentru determinarea traficului de calcul pentru proiectarea drumurilor din punct de vedere al capacității portante și al capacității de circulație, Indicativ AND 584-2002;
- [95] Ordonanța Guvernului nr. 43/1997 privind regimul drumurilor, forma sintetică la 21.01.2013;
- [96] Pline J. – Traffic Engineering Handbook, 5th Edition, Institute of Transportation Engineers, Washington D.C., 1999;
- [97] Queensland Department of Transport and Main Roads – Technical Specification Transport and Main Roads Specifications, MRTS203 - Provision of Weigh-in-Motion System, 2010;
- [98] Roess R.P., Prassas E.S., McShane W.R. – Traffic Engineering, 3rd Edition, Pearson Education Inc., Upper Saddle River, New Jersey, 2004;
- [99] Rooke A. – Project Remove, Requirements for Enforcement of Overloaded Vehicles in Europe, Applications Terms Utilized in Vehicle Weighing, 2005;
- [100] Sunggiardi R., Putranto L.S. – The Development of Microscopic Traffic Analysis Software “Road Canal”, Procedia Social and Behavioral Sciences 16 (2011) 630–641, 1877-0428, doi:10.1016/j.sbspro.2011.04.483;
- [101] Technolution B.V.: “EU/NL developments in Weight In Motion”, Seminar on Digital Tachograph and Weight in Motion, Valencia, 2005;
- [102] Transportation Research COST 323 – Weigh-in-Motion of Road Vehicles - Final Report (1993-1998), LCPC, Paris, 2002;
- [103] Underwood R. – Speed, Volume, and Density Relationships, Quality and Theory of Traffic Flow, Yale Bureau of Highway Traffic, Yale University, New Haven, CT, 1961;
- [104] van Aerde M. – A Single Regime Speed-Flow-Density Relationship for Freeways and Arterials, 74th T.R.B. Annual Meeting;
- [105] Vlahogianni E.I. – Some empirical relations between travel speed, traffic volume and traffic composition in urban arterials. IATSS Research 31(1), 110-119. doi:10.1016/S0386-1112(14)60189-8, 2007;
- [106] Vlahogianni E.I., Karlaftis M.G., Golias J.C. – Short-term traffic forecasting: Where we are and where we’re going. Transportation Research Part C 43 (2014) 3-19. doi:10.1016/j.trc.2014.01.005;
- [107] Vlahogianni E.I., Karlaftis M.G., Golias J.C. – Optimized and meta-optimized neural networks for short-term traffic flow prediction: A genetic approach. Transportation Research Part C 13 (2005), 211-234, doi:10.1016/j.trc.2005.04.007;
- [108] Weigh-In-Motion Technology, Austroads Inc., Sydney, NSW, 2000;
- [109] Wright P.H. – Highway Engineering, 6th Edition, John Wiley & Sons, Inc., 1996.

## ANEXE

- **Curriculum vitae;**
- **Lucrări publicate (selecție):**
  1. Ciont N., Iliescu M., Cadar R.D. – Comparative studies regarding traffic flow improvement scenarios using software modelling and real measured data.  
Proc. of the 3rd International Conference on Road and Rail Infrastructures,  
28-30 April 2014, Split, Croatia  
ISSN 1848-9842, pag. 229-235.
  2. Cadar R.D., Iliescu M., Ciont N. – Implications of Road Structure Design Using Different Approaches.  
Bulletin UASMV Horticulture 71(2)/2014,  
ISSN 1843-5254, e-ISSN 1843-5394, doi:10.15835/buasvmcn-hort:10597,  
pag. 428–436, 2014.
  3. Ciont N., Cadar R.D., Iliescu M., Laslău D.A. – Interactive application for the evaluation of the Peak Hour Factor using weigh-in-motion traffic data.  
University Politehnica of Bucharest Scientific Bulletin Series C, 77(1),  
pag. 121–128, 2015.
  4. Ciont N., Cadar R.D., Iliescu M. – Peri-urban Peak Hour Travel Behaviour Study Using A Weigh-in-motion Data Processing Application Software.  
Urban Transport XXI, WIT Transactions on The Built Environment, Volume 146,  
ISBN 978-1-84564-898-5, doi:10.2495/UT150531,  
pag. 651-661, 2015.



## Curriculum Vitae



### Informații personale

Nume / Prenume **CIONT NICOLAE**

Adresă B-dul Muncii, bl. H15, ap. 13, Satu Mare, 440170 jud. Satu Mare, România

Telefon +40 361 804 828 Mobil: +40 740 326 511

E-mail nicolae.ciont@cfdp.utcluj.ro

Naționalitate română

Data nașterii 13 decembrie 1986

Sex masculin

### Experiența profesională

Perioada 1 iulie 2014 – prezent

Funcția sau postul ocupat Inginer proiectant

Numele și adresa angajatorului S.C. Drumex S.R.L.  
str. C. Brâncuși nr. 145, Cluj Napoca, 400458 Cluj, Romania  
tel: +40 264 410 697

Tipul de activitate Proiectare drumuri și poduri, inginerie de trafic

Perioada 6 august 2009 – 30 septembrie 2013, 7 aprilie 2014 – 30 iunie 2014

Funcția sau postul ocupat Inginer proiectant

Numele și adresa angajatorului S.C. Provia S.R.L.  
str. N. Titulescu nr. 10/14, Cluj Napoca, 400420 Cluj, România  
tel: +40 264 411 318

Tipul de activitate Proiectare drumuri și poduri, inginerie de trafic

Perioada octombrie 2009 – iunie 2013; octombrie 2014 – februarie 2015

Funcția sau postul ocupat Cadru didactic asociat

Numele angajatorului Universitatea Tehnică din Cluj Napoca, Facultatea de Construcții,  
Departamentul Căi Ferate, Drumuri și Poduri  
str. Observatorului, nr. 72-74, Cluj Napoca, 400363 Cluj, Romania  
tel: +40 264 401 838

Tipul de activitate Activitate didactică

### Educație și formare

Perioada Octombrie 2012 – prezent

Numele instituției de învățământ Universitatea Tehnică din Cluj Napoca, Facultatea de Construcții,

Tipul de activitate Doctorand cu frecvență, domeniul Inginerie Civilă

Perioada 1 octombrie 2013 – 31 martie 2014  
Numele instituției de învățământ Tallinn University of Technology, Estonia, Facultatea de Inginerie Civilă,  
Departamentul de Logistică  
Tipul de activitate Stagiul de pregătire – inginerie de trafic și planificarea transporturilor

Perioada Octombrie 2009 – Iulie 2011  
Numele instituției de învățământ Universitatea Tehnică din Cluj Napoca, Facultatea de Construcții  
Diploma obținută Master – Inginerie Civilă

Perioada Octombrie 2005 – Iunie 2009  
Numele instituției de învățământ Universitatea Tehnică din Cluj Napoca, Facultatea de Construcții,  
secția Căi Ferate, Drumuri și Poduri  
Diploma obținută Licență – Inginerie civilă

### **Aptitudini și competențe personale**

Limba maternă Română

Limbi străine cunoscute:	<b>Înțelegere</b>	<b>Vorbire</b>	<b>Scriere</b>
Limba Engleză	Avansat	Avansat	Avansat
Limba Franceză	Avansat	Mediu	Mediu

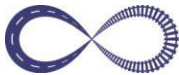
Competențe și abilități sociale și organizatorice Ambiție, perseverență, spirit critic

Competențe și aptitudini de utilizare a calculatorului AutoCAD, AutoCAD Civil Software, Robot Structural Analysis Professional, Microsoft Office Suite, Cube Voyager

Alte competențe din 2003 – Certificat Cambridge pentru Limba Engleză Nivel Avansat, nivel B  
2005 – Certificat Competențe Operator Calculator

Alte interese Turism, handbal, rugby, fotbal, tenis, literatură, muzică

Permis de conducere Categoria B, din Septembrie 2006



# Comparative studies regarding traffic flow improvement scenarios using software modelling and real measured data

Nicolae Ciont<sup>1</sup>, Mihai Iliescu<sup>2</sup>, Rodica Dorina Cadar<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> *Technical University of Cluj Napoca, Romania, Department of Infrastructure*

## Abstract

The purpose of this paper is to study and evaluate the effects of different road network changes on traffic conditions, based on measured stream characteristics and computer-based modelling. The studied perimeter is situated at the Western edge of the city of Cluj Napoca, Romania, on the borderline between urban and suburban areas. At the moment, the European E60 road is the only functional road link which connects the city to the Western suburb of Florești. Population increase and suburban expansion led to high traffic volumes, especially during the morning and afternoon commuting peak hours. As traffic is expected to further increase in the future, we conducted this comparative study to see which solution would have the best impact on traffic conditions in the studied area.

The traffic data we used was collected by a high-speed weigh-in-motion system, installed on the studied E60 road link. We used this real measured data to make a 15-years traffic forecast, based on Romanian regulations. After observing that road capacity has already started to be exceeded during peak hours, we studied two possible traffic flow improvement scenarios. In order to obtain a better look on the impact of the proposed measures, we studied a broader area, including parts of the adjacent neighbourhoods. The computer-based transport modelling and traffic assignment was done using Citilabs' Cube Voyager software. After setting up the road network and modelling the existing situation, we evaluated the impact of each scenario on the traffic volumes, route assignments and travel times. Results show the differences between the existing traffic conditions and the proposed possible future scenarios, which could be adopted to improve the level of service of the streets in the studied area. In the end, we reached a conclusion regarding the recommended solution.

*Keywords: peak hours, weigh-in-motion, transport modelling, volume, travel time*

## 1 Introduction

The development and evolution of human settlements have always been closely linked to the existence of a line of communication between them. As technology

and transportation evolved, especially in the latest centuries, we have witnessed a rapidly changing and developing world [1]. Growth management and traffic congestion are relatively new, but difficult issues [2]. In the situation we approached, these are actually the main problems which this study aims to provide a solution for. The studied area is located in Romania, at the Western edge of the city of Cluj Napoca. The expansion and the rapidly increasing population of the Florești suburban area should have been backed up by sustainable urban development plans, traffic engineering measures and an efficient policy regarding public transportation [3]. The lack of these measures led to traffic congestion and increasing travel times. As traffic volume is expected to increase during the next years, we considered two possible solutions to improve traffic stream characteristics.

## 2 Traffic data

### 2.1 Location and traffic monitoring system

The studied perimeter, shown in Fig. 1, is situated at the Western edge of the city of Cluj Napoca, Romania. This city is a major cultural, industrial, academic and business centre in Romania. According to the 2011 population and housing census [4], around 325,000 people live in the city. The European E60 road (National road DN1) is the main road which connects it to the Hungarian border to the West, as well as to Central and Southern Romania. In the analysed section, the road has four lanes and an East-West layout.



**Figure 1.** Study location.

Approximately 4 km West of Cluj Napoca lies the suburban city of Florești. According to the 2011 census [4] and to Toșa et al. [3], the population of this settlement has known an increase of about 260% since 2007, from 8,600 to almost 23,000 inhabitants. This spectacular evolution led to the constant increase of traffic volumes on the only functional road link between the two cities, especially during the weekdays morning and afternoon commuting peak hours.

Since April 2013, a high speed weigh-in-motion (WIM) system installed on the E60 road link (Fig. 1) has been functional. The system we installed has a piezo-

loop-piezo configuration. Not only does it count and classify the passing vehicles, but it also uses piezo-electric sensors to weigh them [5].

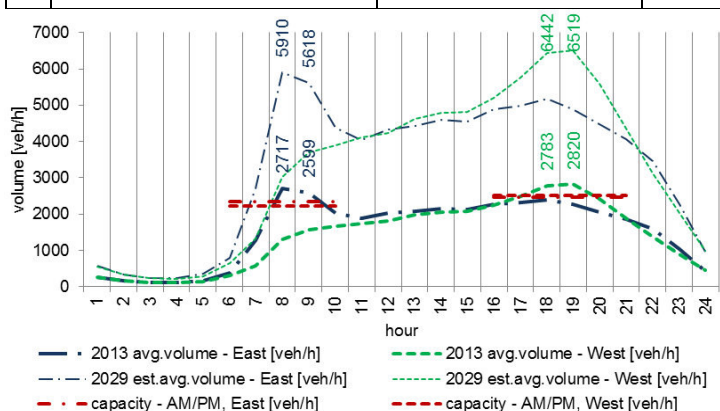
## 2.2 Traffic stream parameters

All collected data was classified according to the direction of travel: Eastbound and Westbound. We extracted the traffic volumes from the WIM data and divided them into five vehicle categories, based on the Romanian standard for vehicles equivalation [6] and our knowledge of local traffic characteristics. We converted each of the five vehicle categories we considered into Passenger Car Equivalents (PCE), using the conversion factors provided by the Romanian standards for vehicles equivalation [6] (Table 1) and highway capacity evaluation [7]. As we also want to study traffic evolution over the next 15 years, we extracted the evolution coefficients provided by Romanian norms [8] (Table 1).

The current and estimated average weekday traffic [2] we obtained from the WIM data for the E60 link that we studied are shown in Fig. 2. We selected the 7.00–9.00 hrs and 17.00–19.00 hrs as peak intervals for traffic heading East and West, respectively.

**Table 1.** Vehicles data.

#	Vehicles	PCE conversion factor	Evolution coeff. (2014 – 2029)
1	motorcycles	0.50	0.64
2	automobiles	1.00	2.22
3	light commercial vehicles	1.20	2.10
4	other light vehicles	3.00	1.75
5	large goods vehicles (LGV), buses, coaches	3.50	1.95



**Figure 2.** Average weekday traffic.

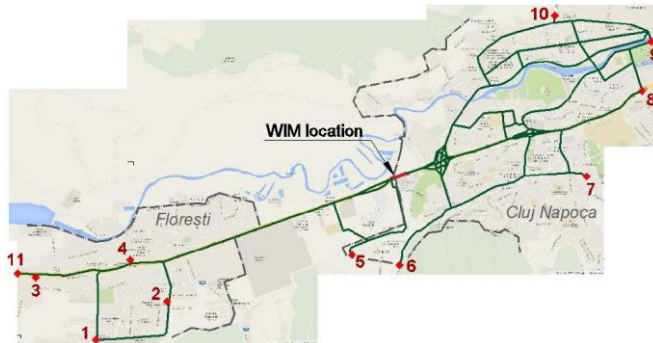
### 3 Traffic assignment

The modelling and analysis of the road transport system that we studied was done using Citilabs' Cube Voyager software. The computer-based transportation forecasting we carried out was based on the following main steps:

- setting up the existing road network;
- establishing the position of the origin and destination zones and connecting them to the network;
- building the trip matrices for the morning and afternoon peak hours;
- building the traffic assignment models for the existing situation;
- adjusting the model inputs so the results match the WIM measured average traffic volumes;
- setting up network improvement scenarios and forecasting their impact on the traffic volumes and route assignments.

#### 3.1 Network model, path building parameters and existing situation

The first step of the traffic assignment process was generating the Cube Voyager network file, shown in Fig. 3. We focused on building a traffic simulation model with macroscopic characteristics, modelling only the main road links and considering five origin-destination zones (1-4, 11) to the West and six (5-10) to the East. The main link between the two areas is represented by the E60 road, where the WIM system is installed. The road network model was also detailed with turn penalties and signalised intersections data, including traffic signals phases, cycle times and delays.



**Figure 3.** Model of the existing road network.

We chose time as the cost of travelling on a certain path between two zones. We prepared the morning and afternoon trip matrices using data provided by traffic surveillance cameras, knowledge of local travel characteristics, data provided by Toșa et al. [3] and WIM data. One of the most popular optimisation algorithms to obtain network equilibrium and minimum-cost traffic paths, based on the Wardrop

equilibrium principles [9], is the iterative Frank–Wolfe algorithm [10]. The general volume–delay function used to evaluate the travel time on a link is expressed by Eq. (1):

$$t(V) = t_0 \cdot \left[ 1 + 0.15 \cdot \left( \frac{V}{C} \right)^\alpha \right] \quad (1)$$

where:

$t(V)$ : average link travel time;

$t_0$ : free–flow link travel time;

$V$ : traffic volume;

$C$ : link capacity;

$\alpha$ : exponent.

Although the formula expressed by Eq. (1) is widely used, according to Spiess [11] it has a few disadvantages, especially in the case of roads with higher capacity, when  $\alpha$  increases. Therefore, we chose to use the conical function proposed by Spiess [11] and described by Eq. (2):

$$t(V) = t_0 \cdot \left[ \frac{2\alpha - 3}{2\alpha - 2} - \alpha \cdot \left( 1 - \frac{V}{C} \right) + \sqrt{\alpha^2 \cdot \left( 1 - \frac{V}{C} \right)^2 + \left( \frac{2\alpha - 1}{2\alpha - 2} \right)^2} \right] \quad (2)$$

with the same symbols as in Eq. (1). We adopted  $\alpha=8$  for four-lane roads and  $\alpha=4$  for one and two-lane roads.

### 3.2 Scenarios

After building the traffic assignment models and adjusting the model inputs so that the results match the WIM measured average traffic volumes, we obtained the current situation. Considering this situation and the evolution of traffic over the next 15 years, we carried out a traffic forecast using the Cube Voyager application, on two improvement scenarios.

The first scenario we considered for the forecast, shown in Fig. 4, was the modernisation of an existing dirt road to the North of the E60 and the opening of a new road link, to the South. At the same time, we considered replacing a roundabout and a T intersection currently used in Florești with two signalised intersections. The second improvement scenario, shown in Fig. 5, involves reversible lanes on the main East-West link, connecting zones #8 and #11, in addition to the changes considered in the first scenario. During the morning peak hours, we considered three lanes accommodating traffic heading East and one lane for the opposite direction, and vice versa for the afternoon peak hours. For the three-lane roads, we considered  $\alpha=10$  in Eq. (2).



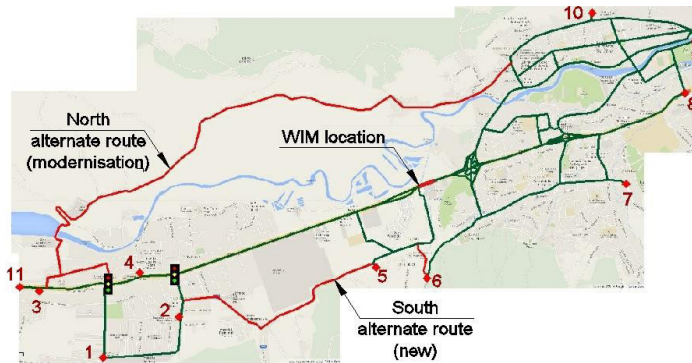


Figure 4. Scenario #1

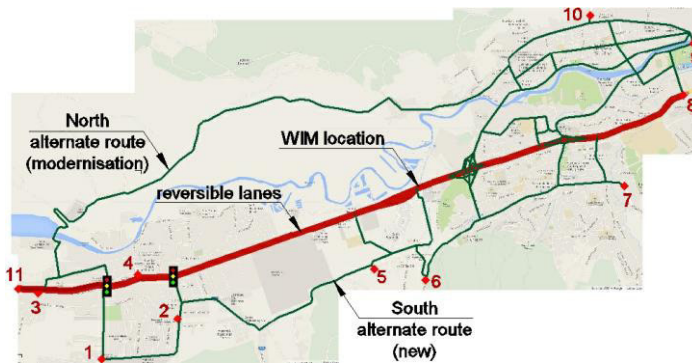


Figure 5. Scenario #2

### 3.3 Results

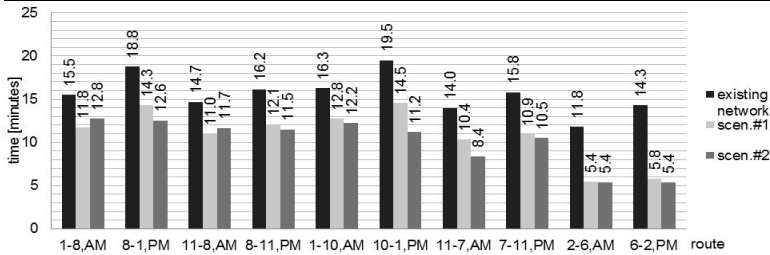
We carried out the route assignment on the existing road network and on the two scenarios described, using traffic data collected in 2013 and estimated for the year 2029. A synthesis of the results we obtained is shown in Table 2, Table 3, Fig. 6 and Fig. 7.

Table 2. Peak hours average traffic volumes on E60 main road link – 2014.

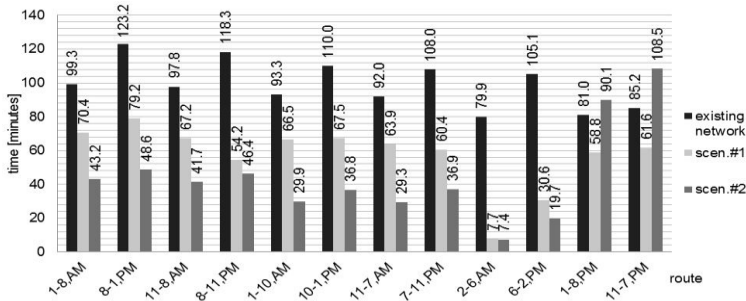
traffic heading	2014					
	AM (morning)			PM (afternoon)		
	existing	scen.#1	scen.#2	existing	scen.#1	scen.#2
	vol.[PCE/h]	change [%]		vol.[PCE/h]	change [%]	
E	2658	-27.8	-24.5	2332	-36.7	-45.2
W	1441	-40.2	-48.9	2801	-29.5	-16.4

**Table 3.** Peak hours average traffic volumes on E60 main road link – 2029.

traffic heading	2029					
	AM (morning)			PM (afternoon)		
	existing	scen.#1	scen.#2	existing	scen.#1	scen.#2
	vol.[PCE/h]	change [%]		vol.[PCE/h]	change [%]	
E	5764	-18.8	-14.8	5038	-8.6	-10.8
W	3362	-28.3	-44.6	6480	-31.9	-23.9



**Figure 6.** Average travel times – busy routes, 2014 traffic volumes



**Figure 7.** Average travel times – busy routes, 2029 estimated traffic volumes

## 4 Conclusions and acknowledgements

As we can see, maintaining the E60 road as the only road link between the zones we studied will lead to forced traffic flow and traffic congestion. If the evolution of traffic follows the pattern we estimated, in 15 years' time the travel times on the main routes we studied will be, on average, 6.6 times longer than now.

The two proposed scenarios would have a similar effect on the busy routes average travel times, reducing them with an average of 31.5% and 35.8%, respectively (Fig. 6). In the short term, we estimate that scenario #1 would have a better impact than scenario #2, reducing the traffic volume on the main link with approximately 30-40% (Table 2). However, in the long term, even though the

peak hours average traffic volumes on the main link would be similarly reduced (Table 3), scenario #2 implies significantly shorter travel times. In 15 years' time, we estimate that the current travel times between main zones of interest would be reduced with 45.4% in scenario #1 and 67.6% in scenario #2 (Fig. 7). On the other hand, as shown in the last two clustered columns of Fig. 7, adopting reversible lanes has a negative impact on the travel times on some of the routes.

In conclusion, we estimate that scenario #1 would have a positive impact on traffic flow in the studied area, especially in the short term. The two alternate routes and the revised traffic signalisation would considerably reduce traffic congestion and average travel times. Reversible lanes would be a suitable solution in the long term, but adopting them should be reconsidered based on the traffic evolution up until that point. However, any route network improvement scenario should be sustained by further measures such as introducing an efficient public transport system and implementing a sustainable urban mobility plan.

The authors would like to express their acknowledgement to the Technical University of Cluj Napoca, institution which owns the WIM system we used for this study. At the same time, we express our gratitude to the Tallinn University of Technology for providing a Citilabs Cube Voyager Educational Licence, used for this study by the main author, during a mobility programme in Estonia.

## References

- [1] Rodrigue, J.P., Comtois, C. & Slack, B.: *The Geography of Transport Systems*, Routledge/Taylor & Francis, New York, United States, pp.171-203, 2006.
- [2] Roess, R.P., Prassas, E.S. & McShane, W.R.: *Traffic Engineering, Third Edition*, Pearson Education Inc., Upper Saddle River, New Jersey 07458, 2004.
- [3] Toşa, C., Antov, D., Köllö, G., Rouk, H. & Rannala, M.: *A Methodology for Modelling Traffic Related Emissions in Suburban Areas*, Transport, Taylor & Francis, United Kingdom, <http://dx.doi.org/10.3846/16484142.2013.819034>, 2013.
- [4] [www.recensamantromania.ro](http://www.recensamantromania.ro), 2011.
- [5] HI-TRAC® 100 High Speed Weigh-in-Motion Data Collection & Pre-selection System. *Utilising Hi-Comm 100 Software – System Overview*, TDC Systems Limited, Weston-super-Mare, North Somerset, England, United Kingdom.
- [6] *SR 7348-2001: Road Works. Vehicles Equivalent for Traffic Capacity Determination*, Romanian Standard, 2001.
- [7] *PD 189-2000: Norm for the determination of public roads capacity*, Romanian Standard, 2000.
- [8] *AND 584-2012: Norm for the evaluation of the computing traffic for the structural and capacity design of roads*, Romanian Standard, 2012.
- [9] Wardrop, J.G.: *Some Theoretical Aspects of Road Traffic Research*, ICE Proceedings: Engineering Divisions, 1(3):325-362, doi: 10.1680/ipeds.1952.11259, 1952.
- [10] Frank, M. & Wolfe, P.: *An Algorithm for Quadratic Programming*, Naval Research Logistics, 3:95-110, doi:10.1002/nav.3800030109, 1956.
- [11] Spiess, H.: *Technical Note – Conical Volume-Delay Functions*, Transportation Science, 24(2):153-158, <http://dx.doi.org/10.1287/trsc.24.2.153>, 1990.

# Implications of Road Structure Design Using Different Approaches

Rodica Dorina CADAR<sup>1\*</sup>, Mihai ILIESCU<sup>1)</sup>, Nicolae CIONT<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Faculty of Civil Engineering, Technical University of Cluj Napoca, 15 C.Daicoviciu st., Cluj Napoca, 400020 Cluj, Romania.

<sup>\*</sup> Corresponding author, e-mail: [rodica.dorina@cfdp.utcluj.ro](mailto:rodica.dorina@cfdp.utcluj.ro)

Bulletin UASVM Horticulture 71(2) / 2014

Print ISSN 1843-5254, Electronic ISSN 1843-5394

DOI:10.15835/buasvmcn-hort:10597

---

## Abstract

The purpose of this paper is to comparatively study the design of a road structure, using parameters provided by standards and their practically measured counterparts. This aspect has multiple consequences, and the ones emphasised are mainly the economical costs and the environmental impact. The location of this study is the Western edge of the city of Cluj Napoca, Romania. Using the traffic data provided by a weigh-in-motion (WIM) system installed on site, a series of parameters used for the design of road structures were evaluated. These parameters are also provided by Romanian standards, and their values were used in this comparative approach. The aim was to establish which procedure provides the best solution, considering different theoretical and practical approaches. After setting up five work hypotheses, the standardised road design procedure was applied. The geotechnical, climatic and hydrological data were used to establish the bearing capacity of the soil. Semi-rigid road pavements were chosen and the 3 (three) eligibility criteria were verified. Different results for the considered hypotheses were obtained. The study emphasises the technical and economical aspects, providing at the same time an environmental point of view. The obtained results support the idea that WIM traffic data is a useful tool for road pavement design, as long as traffic conditions are similar for the studied sectors. Using the effective traffic values as the basis for pavement design leads to economical advantages and less harmful effects on the environment.

**Keywords:** *environmental impact, road design, road structure, weigh-in-motion*

---

## INTRODUCTION

The design of non-rigid road pavements is carried out in Romania using an analytical method of dimensioning. This approach is based on three eligibility criteria. Their validation means that the proposed road structure is suitable and may be accepted (PD 177, 2001).

Road structures in Romania are very diverse. The main reason for this diversity is the evolution in time of the conception referring to the role of different road layers (courses). Also, different calculus parameters have constantly changed in time. Fodor *et al.* (2002) show that in Romania, starting from 1985, the  $N_c$  calculus traffic used for the structural design of public roads, except streets, is based on converting vehicles heavier than 3.5 tons into standard 11.5 tons axles.

This equivalation is done using standardised coefficients, whose values are established either as an average on the national roads network or based on the spectre of real axle-loads, determined using weigh-in-motion (WIM) measurements (AND 584, 2012). For this study, we used both standardised values and real traffic data, collected using a WIM system.

WIM represents the process of measuring the dynamic tyre forces of a moving vehicle and estimating the corresponding tyre loads of the static vehicle (ASTM, 1994; Wei and Fricker, 2003). There are three types of monitoring technologies: intrusive, non-intrusive and off-roadway (Bottero *et al.*, 2012; Klein, 2001). WIM systems represent an intrusive traffic monitoring technology, because they require to be practically installed in

the pavement itself, in saw-cut holes or tunnelling under the surface (Bottero *et al.*, 2012).

This type of monitoring system is a useful traffic data collection tool, which has been used for about 50 years. Its applications include: pavement research, traffic engineering, facility design, traffic monitoring and weight enforcement (Wang and Wu, 2004). Being a technique for continuously measuring different traffic parameters without stopping vehicles, WIM is a fast and unobtrusive traffic engineering tool (Slavik, 2007), which represents an important source of data used in road pavement design (Mai *et al.*, 2013). The collected WIM traffic data may be stored and used either to conceive a pavement design guide or to build a weight enforcement network (Gulyas, 2012).

Some of the negative environmental effects of roads include: degrading of air quality, pollution, noise, toxic emissions etc. Most of the emissions released at an asphalt mixing facility come from the combustion of fuel which is used to dry and heat the aggregates and to keep the asphalt hot. Caiazza *et al.* (2013) identified road transportation as one of the six major sources of combustion emissions. According to their study, about 53,000 early deaths occur per year in the U.S.A. because of motor vehicle emissions.

The main motor vehicle emissions are: nitrogen oxides (NO, NO<sub>2</sub>), volatile organic compounds (VOC), ozone, carbon monoxide (CO), carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), particulate matter (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>) and other air pollutants. According to Mazzi and Dowlatabadi (2007), particulate matter accounts for 90 deaths per year in the U.K. WIM collected data can be used to evaluate the air quality

in a region. Venigalla and Ali (2005) developed a transportation planning and air quality support service in the state of Virginia, U.S.A. The service is based on archived traffic performance measures (e.g. speed, volume, density, peak hour factor etc.).

All these aspects are considered in this paper, through the analysis of 5 (five) different approaches on establishing the  $N_c$  calculus traffic and their influence on the bearing capacity of road structures. The purpose of this comparative study is to emphasise the technical and economical impact of the studied hypotheses. At the same time, it is important to establish the most efficient solution, because this could minimise the negative environmental effects of road engineering.

## MATERIALS AND METHODS

This study has been carried out on the European E60 road (DN1 National Road), at the Western edge of the city of Cluj Napoca, Romania (Fig. 1). In the studied sector, the road consists of a single carriageway with 4 (four) traffic lanes. In this section, a high-speed WIM system has been functional since April 2013 (Fig. 2). The system is owned by the Technical University of Cluj Napoca.

The WIM system used in this study consists of two piezo-electric sensors and one inductive loop, per lane, installed in the road (Fig. 3). The sensors work on the principle of converting mechanical energy, generated by passing vehicles, into electrical energy. The collected electric signals are transferred to the electronic unit, installed in a protective cabinet just outside the carriageway. Stored data is collected either on site, using a data cable, or via a modem and telephone line.

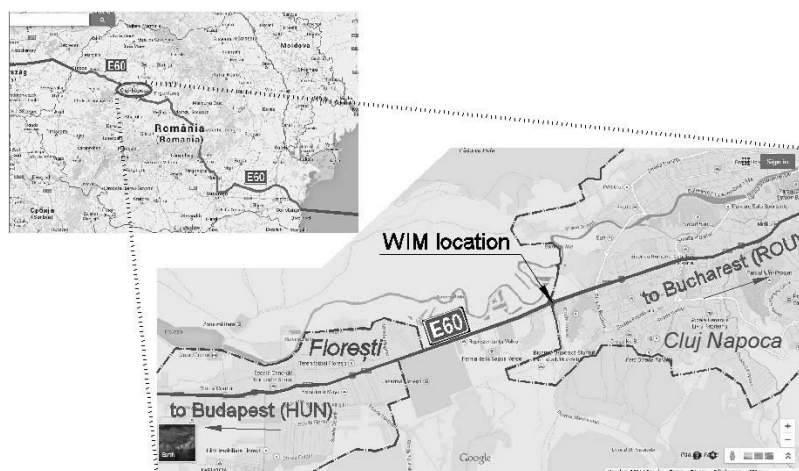


Fig. 1. Cluj Napoca WIM location



Fig. 2. Cluj Napoca WIM system

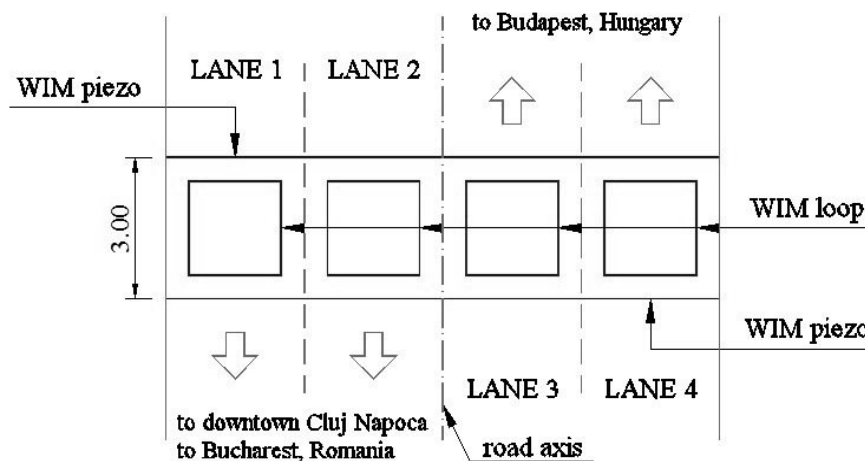


Fig. 3. Cluj Napoca WIM layout

Based on official traffic censuses data, Iliescu *et al.* (2013) showed that the traffic volume in the studied area nearly doubled during the 2000–2010 decade. In 2000, the annual average daily traffic (AADT) was 8157 vehicles. In 2010, it was 15397, and the growth tendency has continued over the last years. According to Ciont *et al.* (2014), traffic volume in the studied area is going to double over the next 15 years, so traffic improvement scenarios should be considered. Another downside of this growth is pollution. Toşa *et al.* (2013) proposed a methodology to estimate traffic related pollutant emissions using transport modelling and an emission estimation procedure. The developed methodology focused on carbon monoxide (CO), but it could be extended to any other pollutant, being an useful tool to analyse sustainable transportation.

The first step of the analytical design of non-rigid road pavements is the evaluation of the  $N_c$  calculus traffic, expressed in millions of standard axles (m.s.a.). The  $N_c$  computing traffic is obtained using eq. (1) (AND 584, 2012):

$$N_c = 365 \cdot 10^{-6} \cdot c_{rt} \cdot \sum_{k=1}^6 \left[ AADT_k \cdot f_k \cdot 0,50 \cdot \sum_{i=1}^n (p_{k,i} + p_{k,i+1}) \cdot t_i \right] \quad (1)$$

where:

- $c_{rt}$  – transversal traffic repartition coefficient, on the mostly used lane;
- $AADT_k$  – annual average daily traffic in the base year (year 1), for vehicles from group 'k';
- $f_k$  – equivalation coefficient into 11.5 t standard axles, for vehicles from group 'k';

$p_{k,i}, p_{k,i+1}$  – perspective traffic evolution coefficients, for vehicles from group ‘k’, at the beginning and the end of the ‘i’ partial perspective period;  
 $t_i$  – length of ‘i’ perspective period [years];  
 $n$  – number of partial  $t_i$  perspective periods.

Since the currently used dimensioning methodology has been used, the  $c_{rt}, f_k$  and  $p_k$  factors were changed after each traffic census. Precisely, the 2002 values (AND 584, 2002) were corrected in 2012 (AND 584, 2012) and adjusted to the traffic volume and distribution at that time. In this paper, both the standardised values for the  $c_{rt}$  and  $f_k$  parameters, as well as their values calculated based on WIM traffic data, were used.

Regarding the  $c_{rt}$  transversal traffic repartition coefficient, the standard value for 4 (four) lane roads in suburban areas (corresponding to this case) is 0.35. On the other hand,  $c_{rt}$  evaluation for the mostly used lane, based on the collected WIM data, led to  $c_{rt}=0.45$ .

Real axle loads are considered in the structural design of road pavements (Gulyas, 2012). The evaluation of the  $N_c$  traffic is based on the equivalation of different types of vehicles into standard 11.5 t axles. This is done using the  $f_k$  equivalation coefficients, which represent the number of standard axles that have the same effect on the road as the real vehicles. The  $f_k$  coefficients are established per groups of vehicles.

WIM data is extensively used in the design of road pavements, design of bridges and weight enforcement (Mai *et al.*, 2013). If there are no WIM systems on the studied road or network, standardised  $f_k$  coefficients are used (AND 584, 2012), which represent an average on the national roads network (Tab. 1). Otherwise,  $f_k$  coefficients

are determined according to the AND 584 norm, depending on: the spectre of real axle-loads, the type of road structure and the type of axles. In this paper, WIM collected data was used and the  $f_k$  values in tab. 1 were obtained.

The corrections made to these coefficients were considerable, especially in the case of 2-axle trucks, which represent a significant part of vehicles heavier than 3.5 t. This led to studying the influence that the mentioned modifications had on the  $N_c$  traffic and on the road structures and costs.

In this study, both the  $N_c$  traffic calculated according to the results of the traffic censuses, provided by the road administration, and the  $N_c$  traffic evaluated based on WIM data, were used.  $N_c$  was established for a 15-years period of perspective, starting in 2013 and ending in 2028. The standardised traffic evolution coefficients, based on traffic censuses, per vehicle categories (Eq.(1)), were used.

For the studied area, the following parameters are known:

- geotechnical characteristics;
- climate type;
- hydrologic regime.

These parameters led to establishing the bearing capacity of the roadbed. This is the first step in verifying if a certain road structure could have a successful behaviour in time under traffic. Then, the proposed structural layers, which need to verify the standardised admission criteria, were established.

The proposed road structures are new, semi-rigid and laid on a 20 cm subgrade of filling material treated with lime. Two subbase layers were chosen, an inferior granular one and a

**Tab. 1.** Equivalation coefficients of vehicles into standard 11.5 t axles

Type of vehicle	$f_k$ coefficient		
	AND 584, 2002	AND 584, 2012	using WIM data
2-axle trucks	0.4	0.1	0.2
3-axle trucks	0.6	0.7	0.5
4-axle trucks	0.6	0.7	1.1
articulated vehicles	0.8	0.9	1.5
buses, coaches	0.6	0.6	-
tractors	0.3	0.1	-
road train/special vehicles	-	1.0	1.2



superior stabilised one. The base course and the wearing course are asphaltic (Fig. 4).

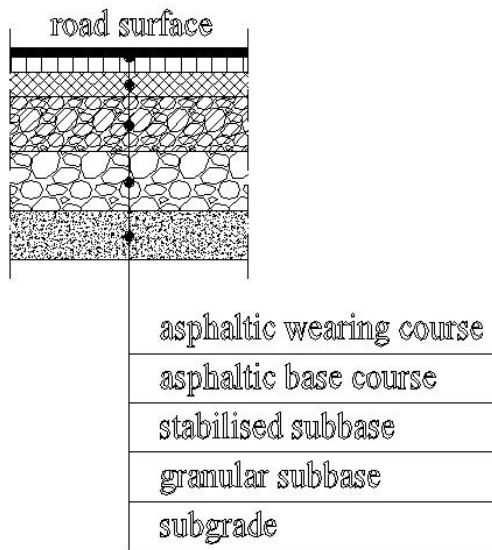


Fig. 4. Typical road structure

The proposed road structures need to verify the following admission criteria:

- the allowable tensile strain ( $\epsilon_r$ ) at the base of the asphaltic layers criterion, translated as the admissible Fatigue Rate of Degradation ( $FRD_{adm}$ ). The effective FRD should not exceed  $FRD_{adm}$  (Eq.(2)):

$$FRD \leq FRD_{adm} \quad (2)$$

- the allowable tensile stress ( $\sigma_{r,adm}$ ) at the base of the stabilised course criterion (Eq.(3)):

$$\sigma_r \leq \sigma_{r,adm} \quad (3)$$

- the allowable compressive strain ( $\epsilon_{z,adm}$ ) at the subgrade level criterion (Eq.(4)):

$$\epsilon_z \leq \epsilon_{z,adm} \quad (4)$$

The evaluation of stresses and strains in the structure under the action of the standard 11.5 t axle is carried out using the standardised electronic application called Calderom. It has a simple MS-DOS based interface and it requires the following input data:

- the studied road/sector;
- number of structural road layers (maximum 5);

- the thickness and characteristics (dynamic modulus and Poisson's ratio) of each course;
- the depth of calculus for stresses and strains.

The results are provided in a Notepad file and they consist in the stresses and strains which occur in the structure under traffic. If all of the admission criteria are passed, then the structure is valid. Otherwise, it should be reviewed until it corresponds.

Considering all these aspects, 5 (five) work hypotheses to determine the  $N_c$  calculus traffic were identified (Tab. 2).

After verifying the proposed structures, an economical evaluation was carried out, using a standardised electronic procedure. For each structure corresponding to the assumed work hypothesis, the costs were evaluated per 1000 sqm.

## RESULTS AND DISCUSSION

The  $N_c$  traffic values and the road structures corresponding to the 5 (five) calculus hypotheses are presented in tab. 3.

The proposed road structures verify the standardised design criteria. However, their layout is orientative and one could adopt other configurations. As the purpose of the study was not to design a structure, but to compare different hypotheses, the proposed methodology does not directly interfere with the choice of structure. A constant thickness for the foundation/subbase courses across the different hypotheses was maintained, in order to better reflect the geometrical variability of the base and wearing courses (Tab. 3, *Italic characters*). Higher  $N_c$  traffic values lead to thicker courses, which provide the necessary road structure bearing capacity.

The results obtained following the Calderom analysis show that the proposed structures are suitable (Fig. 5, Fig. 6, Fig. 7). The standardised admission criteria are met. The  $N_c$  values obtained using different approaches influence the stresses and strains which occur in the structure.

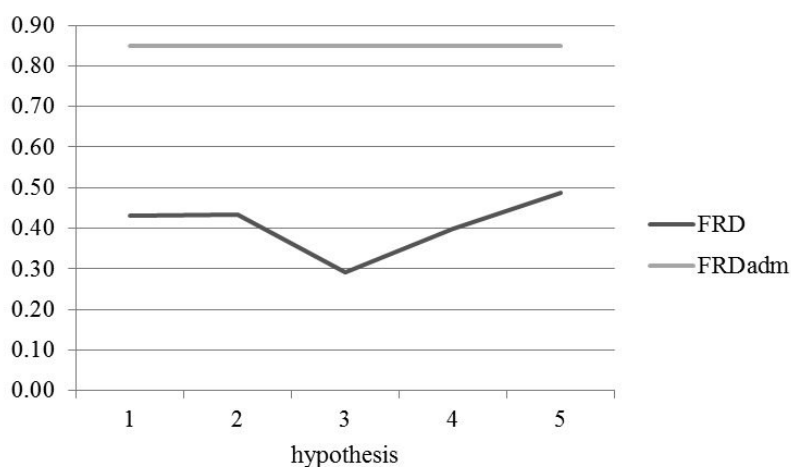
The effective stresses and strains for all admission criteria are situated below the imposed limit. The admission percentage obtained for the stresses and strains in all five hypotheses are presented in tab. 4. As mentioned before, the purpose of the study was to compare the effects of different hypotheses, not to design specific

**Tab. 2.** Work hypotheses

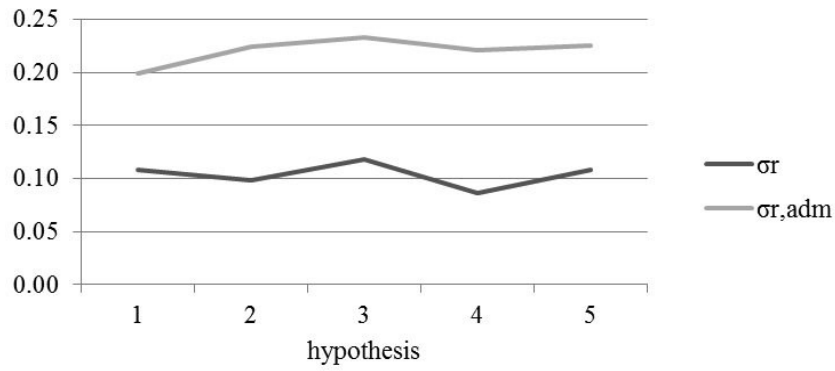
Hypothesis	Traffic data			Equivalation coefficients	
	WIM	Traffic census	AND 584, 2002	AND 584, 2012	using WIM data
1	•				•
2	•		•		
3	•			•	
4		•	•		
5		•		•	

**Tab. 3.**  $N_c$  traffic and road structures

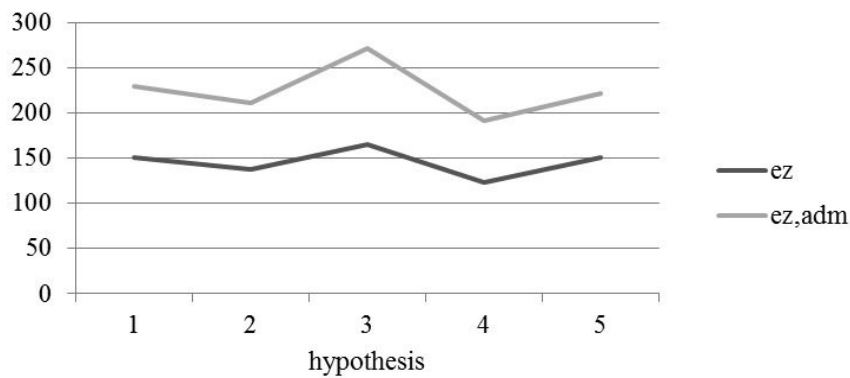
Hypo.	Hypothesis description	$N_c$ (m.s.a.)	Road structure	
			Material	Thickness (cm)
1	WIM traffic data; WIM based equiv. coefficients.	3.82	asphaltic wearing course	4+6
			asphaltic base course	8
			stabilised subbase	22
			granular subbase	24
			subgrade	20
2	WIM traffic data; equiv. coefficients: AND 584-2002.	5.13	asphaltic wearing course	4+6
			asphaltic base course	10
			stabilised subbase	22
			granular subbase	24
			subgrade	20
3	WIM traffic data; equiv. coefficients: AND 584-2012.	2.05	asphaltic wearing course	4+6
			asphaltic base course	6
			stabilised subbase	22
			granular subbase	24
			subgrade	20
4	2010 traffic census data; equiv. coefficients: AND 584-2002.	7.42	asphaltic wearing course	5+6
			asphaltic base course	12
			stabilised subbase	22
			granular subbase	24
			subgrade	20
5	2010 traffic census data; equiv. coefficients: AND 584-2012.	4.32	asphaltic wearing course	4+6
			asphaltic base course	8
			stabilised subbase	22
			granular subbase	24
			subgrade	20



**Fig. 5.** Tensile strains at the base of the asphaltic layers



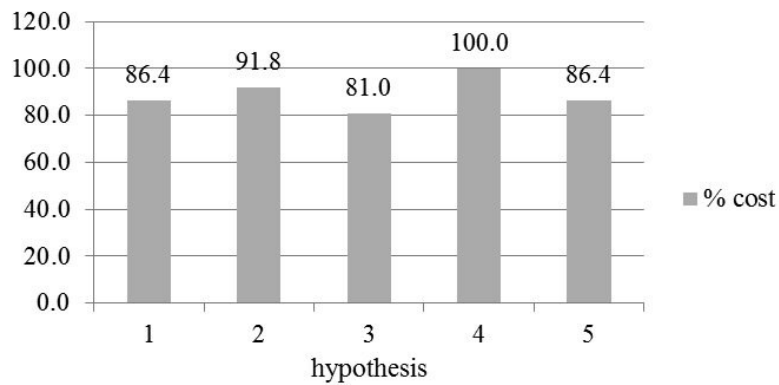
**Fig. 6.** Tensile stresses at the base of the stabilised course



**Fig. 7.** Compressive strains at the subgrade level

**Tab. 4.** Stresses and strains – admission rates [%]

Hypothesis	$N_c$ (m.s.a.)	FRD/FRD <sub>adm</sub> [%]	$\sigma_r/\sigma_{r,adm}$ [%]	$\epsilon_z/\epsilon_{z,adm}$ [%]
1	3.82	51	54	66
2	5.13	51	44	65
3	2.05	34	51	61
4	7.42	47	39	64
5	4.32	57	48	68



**Fig. 8.** Economical evaluation results

road structures. Although the choice of structure could lead to higher admission rates and higher efficiency, the difference between separate approaches would still be the same.

The lower the percentages in tab. 4, the higher the structural strength reserve is and one could adopt less thick courses, with lower costs and negative environmental impact. Hypothesis no.1, which uses both WIM traffic data and WIM based coefficients, provides lower strength reserve than other approaches, especially in the case of the allowable tensile stress ( $\sigma_{r,adm}$ ) at the base of the stabilised course. However, the same road structure, in hypothesis no.5, provides similar efficiency, but in the case of the other two admission criteria. Therefore, in the studied case, using WIM data on one hand, and traffic census data and the 2012 standardised coefficients on the other, provides similar results. Combining the two leads to hypothesis no.3, which leads to highly efficient results, compared to the other approaches.

The financial evaluation showed that the cheapest solution would be to adopt the structure from hypothesis no.3 (Fig. 8). The costs implied by this solution would be 20% cheaper than structure no.4. Hypotheses no.1 and 5 imply the same road structure (Tab. 3), therefore they imply similar financial costs, 6.7% more expensive than approach no.3.

Assuming the calculus hypotheses in tab. 2, the maximum costs were obtained for the structure corresponding to hypothesis no.4. This result was predictable, considering the high  $N_c$  traffic and the thick structural layers (Tab. 3).

Hypotheses no. 2 and 4 are based on the 2002 traffic equivalation coefficients, which are no longer used in practice. They were replaced by the 2012 ones. Practically, this means that the values in fig. 8 show a shift in the past years towards adopting more economical solutions. These imply both reduced costs and reduced environmental impact. If hypotheses no. 2 and 4 were eliminated, then the most economically advantageous solution remains no.3, which would be about 6% cheaper than the other ones.

Based on the obtained results, using WIM traffic data and the 2012 traffic equivalation coefficients would be the best design approach, from a technical, financial and environmental point of view. It is also to be noted that the

modifications brought to the 2002 coefficients were useful, as they are representative and better reflect the stresses and strains which occur in the structure. Using WIM traffic data provides results which are satisfactory enough, cheaper and more environmentally friendly. Applying the updated 2012 traffic coefficients is a useful tool, especially when traffic monitoring devices, such as the one used in this study, are not available. Combining WIM traffic data and standardised traffic coefficients provides best results.

## CONCLUSION

From a technical point of view, using WIM traffic data in the studied case provides more economical results, based on the fact that the  $N_c$  traffic is more realistic for the studied sector. However, the standardised values are applicable to a wider range of road sectors and cover a broader set of traffic composition and values.

From an environmental point of view, any reduction of structure thickness implies less construction material (such as asphalt) being produced, which means less emissions and less negative environmental impact. In the case of road rehabilitation, an useful and efficient technology is the recycling of the existing pavement. In the U.S.A., over 80% of asphalt removed from roads is reused as construction aggregate. It can be either mixed into new pavement or used as subbase or fill material (FHA, 2012).

Although asphalt and other construction materials are very useful and widely used, the importance of environmental issues and challenges has significantly increased during the last decades. People have become more and more conscious and aware of their actions' consequences. At the same time, small and large-scale measures, as well as research and educational programs, are essential (Kennepohl, 2008).

In conclusion, WIM traffic data is a useful tool to assess the traffic volume on a road sector. Not only does it offer a more accurate image of the traffic on the studied road, but the structures adopted based on WIM data are cheaper and less harmful to the environment. Collected data can be used to directly evaluate motor vehicle emissions, and, indirectly, to reduce the emissions released at asphalt mixing facilities. However, from a technical point of view, WIM data collected on a certain

road sector should only be applied on roads with similar traffic characteristics.

*Acknowledgments.* This paper is supported by the Sectoral Operational Programme Human Resources Development POSDRU/159/1.5/S/137516 financed from the European Social Fund and by the Romanian Government.

This paper was supported by the project "Development and support multidisciplinary postdoctoral programs in primordial technical areas of national strategy of the research – development – innovation" 4D-POSTDOC, contract no. POSDRU/89/1.5/S/52603, project co-funded from European Social Fund through Sectorial Operational Program Human Resources 2007-2013".

## REFERENCES

- American Society for Testing and Materials (1994). Standard Specification for Highway Weigh-In-Motion (WIM) Systems with User Requirements and Test Method. ASTM Designation E 1318-94.
- Bottero M, Dalla Chiara B, Defflorio FP (2012). Wireless sensor networks for traffic monitoring in a logistic centre. *Transportation Research (Elsevier) Part C* 26 (2013) 99-124.
- Caiazzo F, Ashok A, Waitz IA, Yim SHL, Barrett SRH (2013). Air pollution and early deaths in the United States. Part I: Quantifying the impact of major sectors in 2005. *Atmospheric Environment (Elsevier)* 79:198-208.
- Ciont N, Iliescu M, Cadar RD (2014). Comparative studies regarding traffic flow improvement scenarios using software modelling and real measured data. *Proceedings of the 3<sup>rd</sup> International Conference on Road and Rail Infrastructures – CETRA 2014*, 28-30 April 2014, Split, Croatia. ISSN 1848-9842. pp.229-235.
- Federal Highway Administration (2012). *User Guidelines for Waste and Byproduct Materials in Pavement Construction*.
- Fodor G, Popescu N (2002). *Flexible and semi-rigid pavements. Design and Configuration*, Inedit Publishing, Bucharest, Romania.
- Gulyas A (2012). Axle load trends in Hungary and their effects on pavement structural design. *Procedia – Social and Behavioural Sciences* 48 (2012) 888 – 896.
- Iliescu M, Cadar RD, Ciont N (2013). The Influence of Traffic on the Design of Road Structures in Urban and Interurban Areas on a European Road in Romania. *Proceedings of the Fourteenth International Conference on Civil, Structural and Environmental Engineering Computing*. Paper 231. Civil-Comp Press, Stirlingshire, UK. doi:10.4203/ccp.102.231.
- Kennepohl GJA (2008). *Asphalt Pavements and the Environment*. International Symposium on Asphalt Pavements and Environment, Zürich, Switzerland.
- Klein LA (2001). *Sensor technologies and data requirements for ITS*. Artech House, London, ISBN 1-58053-077-X.
- Mai D, Turochy RE, Timm DH (2013). Quality control of weigh-in-motion data incorporating threshold values and rational procedures. *Transportation Research (Elsevier) Part C* 36 (2013) 116-124.
- Mazzi EA, Dowlatabadi H (2007). Air Quality Impacts of Climate Mitigation: UK Policy and Passenger Vehicle Choice. *Environmental Science & Technology* 41(2):387. doi:10.1021/es060517w.
- Normativ pentru determinarea traficului de calcul pentru proiectarea drumurilor din punct de vedere al capacității portante și al capacității de circulație, Indicativ AND 584-2002.
- Normativ pentru determinarea traficului de calcul pentru proiectarea drumurilor din punct de vedere al capacității portante și al capacității de circulație, Indicativ AND 584-2012.
- Search Corporation (2000). Norm for the design of flexible and semi-rigid pavements (analytical method), Indicative PD 177-2001.
- Slavik M (2007). Weigh-in-motion: years of South African experience. *Journal of the South African Institution of Civil Engineering*. Vol 49 No 1, 2007, pp.11-16, paper 617.
- Toşa C, Antov D, Köllő G, Rouk H, Rannala M (2013) A Methodology for Modelling Traffic Related Emissions in Suburban Areas. *Transport, Taylor & Francis, United Kingdom*, <http://dx.doi.org/10.3846/16484142.2013.819034>.
- Venigalla M, Ali A (2005). Deriving performance measures for transportation planning using ITS archived data. *Civil Engineering and Environmental Systems, Taylor & Francis, United Kingdom*, doi:10.1080/10286600500279998.
- Wang J, Wu M (2004). An overview of research on weigh-in-motion system. *Proceedings of the 5<sup>th</sup> World Congress on Intelligent Control and Automation*, June 15-19, 2004, Hangzhou, China.
- Wei T, Fricker JD (2003). *Weigh-In-Motion Data Checking and Imputation*. Indiana Dept. of Transportation. Report no. FHWA/IN/JTRP-2003/16.

## INTERACTIVE APPLICATION FOR THE EVALUATION OF THE PEAK HOUR FACTOR USING WEIGH-IN-MOTION TRAFFIC DATA

Nicolae CIONT<sup>1</sup>, Rodica Dorina CADAR<sup>2</sup>, Mihai ILIESCU<sup>3</sup>,  
Diana Angela LASLĂU<sup>4</sup>

*This paper presents an interactive electronic application designed to study the Peak Hour Factor (PHF). The application processes the traffic data collected by a weigh-in-motion system in the city of Cluj Napoca, Romania. PHF evaluation was carried out considering five and 15-minute intervals for the rate of flow. The application identifies both peak hours and peak five and 15-minute sub-hourly intervals. Calculus was done for morning, noon and evening times of day, for both working days and weekends. The results show significant differences between different rate of flow approaches.*

**Keywords:** peak hour factor, weigh-in-motion, database, electronic application

### 1. Introduction

Traffic stream parameters represent a quantitative measure used by engineers to better understand and describe traffic flow [1]. Volume and rate of flow are macroscopic traffic stream parameters, used to describe the traffic stream as a whole [2]. The relations between these two parameters are among the most important in transportation engineering [3]. For a carriageway section, traffic volume is the total number of vehicles passing it during a specified time interval, whereas flow rate represents an equivalent hourly volume at which vehicles travel during a sub-hourly time interval [3]. Rates of flow are variable during an hour and they are usually evaluated for one, five or 15-minute intervals.

The peak hour factor (*PHF*) is defined by eq.(1), as the ratio of the total hourly traffic volume ( $V$ ) to the maximum rate of flow within that hour ( $v$ ) [3]:

$$PHF = \frac{V}{v} = \frac{V}{4 \cdot V_{15}} \quad (1)$$

---

<sup>1</sup> PhD student, C.F.D.P. Dept., Technical University of Cluj Napoca, Romania, e-mail: nicolaeciont@yahoo.com

<sup>2</sup> Lect., C.F.D.P. Dept., Technical University of Cluj Napoca, Romania, e-mail: rodica.dorina@cfdp.utcluj.ro

<sup>3</sup> Prof., C.F.D.P. Dept., Technical University of Cluj Napoca, Romania, e-mail: mihai.iliescu@cfdp.utcluj.ro

<sup>4</sup> Engineer, e-mail: diana\_laslau@yahoo.com

Standard design and analysis practices [2][3][4] calculate  $v$  based on the volume during the peak 15-minute interval within the analysis hour,  $V_{15}$  (eq.(1)). However, the use of five-minute flow rates has recently increased [2]. The dynamic relationship between volume and rate of flow is analysed through the Peak Flow Factor (PFF) [5]. The peak hour volume is a critical input in road design and other operational analysis [1]. PHF is mainly used to evaluate traffic conditions on a certain road sector, through the concepts of capacity and Level of Service (LOS) [6]. It can also be used to quantify the effects of short time traffic peaking, leading to congestion [7], and also to study traffic safety. Milton & Mannering [8] used PHF and other traffic data to show that a negative binomial regression is a useful predictive tool for accident-analysis research.

In Romania, the 50th busiest hour of the year is considered the relevant hourly volume ( $Q_C$ ) [4]. In other countries, such as Germany,  $Q_C$  is defined as the 30th busiest hour of the year [9]. Establishing  $Q_C$  and PHF can be done using a continuous traffic monitoring system, such as weigh-in-motion (WIM). When this is not available,  $Q_C$  is estimated based on PHF [4].

WIM is a fast, useful and unobtrusive traffic engineering tool [10], used to continuously measure different traffic parameters without stopping vehicles. However, it is an intrusive traffic monitoring technology, because it requires to be practically installed in the pavement itself [11]. This type of monitoring system is used worldwide for applications such as: pavement design and research, traffic engineering and weight enforcement [12]. Traffic monitoring systems are extensively used to collect data in highly developed countries (e.g. U.S.A., Germany, France etc.), as well as in developing ones, such as India, Vietnam or the U.A.E. [13]. In Romania, loop detectors are installed on the national roads network, but their use is rather limited to vehicle counts. The use of WIM systems would lead to: sustainable traffic planning, lighter vehicle loads, increased traffic safety and efficiency. In Chile for example, WIM has successfully been used for over 30 years to sustain the government's strict policy towards weight enforcement [13]. In the UK, the Vehicle and Operator Services Agency uses WIM systems to identify overweight vehicles [14], and examples could go on.

Where PHF cannot be calculated using measured traffic data, standard approximate values can be used. HCM 2000 [15] and HCM 2010 [3] recommend PHF values of 0.92 and 0.88 for urban and rural areas, respectively. Values higher than 0.95 are encountered in congested areas [3]. For motorways, AND [4] suggests a PHF value of 0.94, as well as Zegeer et al. do [16]. In the case of four-lane roads passing suburban areas, PHF should be 0.95 [4]. HPMS [17] proposes a range of values applicable to motorways in urban and rural areas. Research on PHF sampling and modelling has been conducted since the late 1980s [18]. A series of studies [7][19][20] established mathematical equations to estimate PHF



based on traffic volume, population or volume-to-capacity ratios. Most PHF models show that an increase in traffic volume leads to higher PHFs [6].

The main purpose of this paper is to present the PHF function of an electronic application. This application processes the daily traffic data collected by a WIM system and automatically evaluates the daily peak hours and PHFs, using peak five and 15-minute flow rate periods. The average PHF values obtained are compared to the ones provided by standards [3][4]. This ITS-based application is quite new in Romania and represents a basis for traffic engineering studies. Worldwide, similar programs are associated with WIM systems. The Maryland Department of Transportation uses such an application to evaluate different traffic factors using data collected from 79 traffic counting systems [21].

## **2. Data collecting system**

For this study, the traffic data continuously collected by a WIM system was used. This device is installed on the European E60 road (DN1 National Road), at the Western edge of the city of Cluj Napoca, Romania. The studied road sector consists of a single carriageway with 4 (four) traffic lanes. The used WIM system has a piezo-loop-piezo configuration. The system has been functional since late April, 2013. Downloading the stored traffic data on a PC may be done either on site or through a modem and telephone line. The system's electronic application converts the information into Microsoft Access (MS Access) format.

## **3. Designed electronic application**

The main purpose of the designed electronic application is to provide a useful tool for the processing, analysis and reporting of the collected WIM traffic data. The input files are analysed and processed using the MS Access 2010 database management system. The system is based on the Visual Basic for Applications (VBA) programming language. One of the application's main functions is centred on evaluating the PHF, based on WIM data. As the studied road sector has an East-West layout, the function provides the peak hours and their corresponding volumes, per both directions separately, as well as altogether. The basic application flowchart begins with collecting the WIM traffic data and converting it to the MS Access file format (Fig. 1).

The size of the MS Access input files is considerable (about 22 MB per daily file). Therefore, the file reading process has been optimised through the use of a selective database browsing, according to the user's choice of function to run at a given moment (Fig. 1). Otherwise, time consumption and memory usage would be unnecessary high.

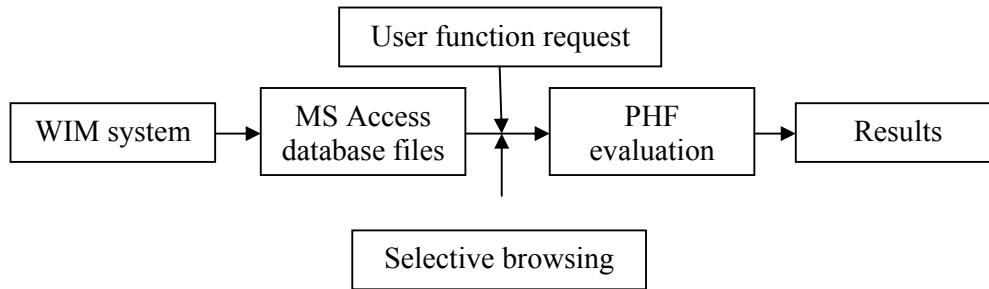


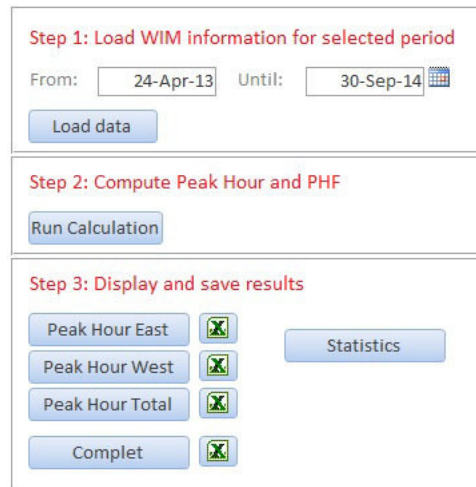
Fig. 1. Application flowchart

It is not always certain the peak 15-minute interval within the analysis hour is one of the four main quarters of an hour. It could be any sub-hourly interval of 15 consecutive minutes. This aspect is not specifically mentioned in the HCM [3] or AASHTO [22] indications, although they recommend using the worst 15 minutes of the considered design or peak hour. The application identifies the peak interval and then evaluates the PHF, for the established daily peak hours, in 3 (three) different ways (Table 1).

Table 1

PHF evaluation intervals			
No.	PHF mode	Shortcut	Characteristics
1	5-minute intervals	p5	the application identifies the peak 5-minute interval during the analysis hour, out of the twelve main 5-minute intervals (00-05, 05-10, 10-15 etc.);
2	peak 15-minute intervals	p15	the application identifies the peak 15-minute interval during the analysis hour, out of the following 15-minute intervals: 00-15, 05-20, 10-25, 15-30, 20-35, 25-40, 30-45, 35-50, 40-55, 45-60;
3	main 15-minute intervals	m15	the application identifies the peak 15-minute interval during the analysis hour, out of the four main 15-minute intervals: 00-15, 15-30, 30-45, 45-60.

A print screen of the application (Fig. 2) shows the main steps in PHF evaluation: WIM data loading, identifying the peak hours, computing the PHFs and displaying the results.



Step 1: Load WIM information for selected period

From: 24-Apr-13 Until: 30-Sep-14

Load data

Step 2: Compute Peak Hour and PHF

Run Calculation

Step 3: Display and save results

Peak Hour East [Print]

Peak Hour West [Print]

Peak Hour Total [Print]

Complet [Print]

Statistics

Fig. 2. Application print screen

#### 4. Data processing and results

In this paper, the WIM traffic data collected between April 24, 2013 and September 30, 2014 was used. The study was divided into two parts: working days (Monday-Friday) and weekends (Saturday-Sunday), because traffic stream characteristics are different during these types of days. Using the designed electronic application, the average hourly traffic volumes for the studied period was obtained, per direction and per type of day (Fig. 3). The studied road sector is intensely used by commuters [23], whose main travel directions are Eastbound in the morning and Westbound in the afternoon.

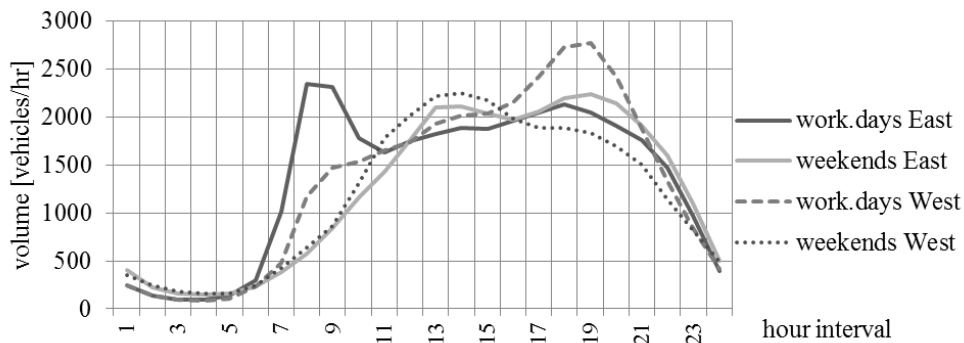


Fig. 3. Average hourly volumes, 24/04/2013 – 30/09/2014

To evaluate the PHF in a useful and suggestive manner, the 24 hours of a day were divided into five intervals: 0:00:00 – 4:59:59 (night), 5:00:00 – 9:59:59

(morning), 10:00:00 – 14:59:59 (noon), 15:00:00 – 19:59:59 (evening), 20:00:00 – 23:59:59 (late evening). For this study, only the morning, noon and evening intervals were considered relevant. Using the specific functions of the electronic application, the MS Access database files were used to evaluate the PHF and other traffic and statistical parameters (Table 2):

Table 2

Evaluated traffic parameters			
No.	Hour intervals	Filter	Evaluated parameters
1	5:00:00–9:59:59 10:00:00–14:59:59 15:00:00–19:59:59	East West Total	daily PHFs, using the three PHF calculation modes: p5, p15 and m15 (Table 1);
2			mean, median and mode for the obtained PHF set of values, for the selected time period;
3			most often encountered morning, noon and evening peak hours, and their percentile occurrence;
4			for the peak hours mentioned in row no.3, the most often encountered peak 5-minute intervals, peak 15-minute intervals and main 15-minute intervals (Table 1), and their percentile occurrence.

Table 3

Results – average PHFs (mean values)										
Days	Hour interval	Direction								
		East			West			Total		
work days	5-10	0.861	0.921	0.938	0.841	0.914	0.921	0.870	0.917	0.926
	10-15	0.863	0.928	0.944	0.873	0.934	0.949	0.902	0.949	0.962
	15-20	0.868	0.929	0.948	0.888	0.937	0.949	0.909	0.950	0.961
	ave.	0.864	0.926	0.944	0.867	0.928	0.940	0.894	0.939	0.950
week ends	5-10	0.791	0.858	0.873	0.749	0.813	0.818	0.795	0.842	0.847
	10-15	0.868	0.930	0.943	0.875	0.932	0.946	0.901	0.946	0.956
	15-20	0.867	0.925	0.937	0.866	0.924	0.938	0.900	0.943	0.954
	ave.	0.842	0.904	0.918	0.830	0.890	0.901	0.865	0.910	0.919
PHF mode (Table 1)		p5	p15	m15	p5	p15	m15	p5	p15	m15

Table 4

Most often encountered peak hours							
Days	Hour interval	Direction					
		East		West		Total	
		peak hr.	occurrence [%]	peak hr.	occurrence [%]	peak hr.	occurrence [%]
work days	5-10	7-8	67	9-10	74	8-9	96
	10-15	13-14	53	14-15	73	14-15	61
	15-20	17-18	76	18-19	75	17-18	61
week ends	5-10	9-10	46	9-10	46	9-10	46
	10-15	12-13	22	13-14	22	12-13	22
	15-20	18-19	16	15-16	28	15-16	13

For the studied period (24/04/2013 – 30/09/2014), daily PHF values were obtained, separately for the morning, noon and evening intervals, per direction. They were divided into working days and weekend PHFs. The average values (Table 3) for the daily set of factors were obtained. Based on WIM data, the electronic application also identifies the most often encountered peak hours, as well as their percentile occurrence (Table 4). Similarly, the application looks for the frequently encountered peak sub-hourly intervals and their occurrence.

## 5. Conclusions

An electronic application which uses WIM traffic data to evaluate PHF-related traffic parameters was designed. Among other functions, the application identifies the peak five and 15-minute intervals during the studied hours and offers a clear image of the traffic stream characteristics on the studied road sector.

The results show that the highest PHF values are obtained using the main 15-minute flow rate intervals (Table 1), and they are between 1 and 2% higher than the ones obtained using peak 15-minute intervals. However, for working days, the peak 15-minute interval does not coincide with the main 15-minute interval in 78% of cases. For weekends, this ratio is reduced to 22%. Average PHFs obtained using the peak 5-minute periods are 6 to 8% lower than the maximum ones, thus corresponding to a rural area [3][4][15], which is inaccurate in this case. Weekend PHFs are 3% lower than the working day ones.

For the studied type of road (four-lane road in suburban area), the maximum average PHF for working days is 0.950. This coincides with the standard value in Romania [4]. However, it is often exceeded at noon and during the evening, indicating the area is slightly congested, according to HCM [3][15].

The central tendency of a series of indicators that describe the middle values of a frequency distribution was measured. The results for the PHF mean (Table 3), median and mode show both unimodal and multimodal frequency distributions. PHF values are asymmetrical to the left (negative skewness).

The application can be used to provide traffic reports based on WIM data processing and analysis. It can also be used to evaluate traffic conditions on a road, its capacity, its LOS and to quantify the effects of short time traffic peaking.

## Acknowledgments

This paper is supported by the Sectoral Operational Programme Human Resources Development POSDRU/159/1.5/S/137516 financed from the European Social Fund and by the Romanian Government.

## REFERENCES

- [1]. *M. Kutz*, Handbook of Transportation Engineering, McGraw-Hill Professional, 2003
- [2]. *R.P.Roess, E.S.Prassas and W.R.McShane*, Traffic Engineering, Third Edition, Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 2004

- [3]. \*\*\* Highway Capacity Manual, T.R.B., Fifth Edition, Washington, D.C., 2010
- [4]. \*\*\* Normativul pentru determinarea traficului rutier pentru proiectarea drumurilor din punct de vedere al capacității portante și al capacității de circulație (Norm for determining the traffic for road design in terms of bearing and traffic capacity), AND 584, 2012
- [5]. *P.Yi, J.Wolfenbarger, V.S.Raavi and L.Yu*, “Investigation of Peak Flow Variations Preliminary Field Studies”, in *Transportation Research Record*, **issue 2130**, 2009, pp.75-82
- [6]. *S.Bassan*, “Modeling of Peak Hour Factor on Highways and Arterials”, in *KSCE Journal of Civil Engineering*, **vol. 17**, no. 1, Jan. 2013, pp. 224-232
- [7]. *C.J.Lan, S.D.Abia*, “Determining Peak Hour Factor for Capacity Analysis”, in *Journal of Transportation Engineering*, **vol. 137**, no. 8, Aug. 2011, pp. 520-526
- [8]. *J.Milton, F.Mannerling*, “The relationship among highway geometrics, traffic-related elements and motor-vehicle accident frequencies”, in *Transportation*, Kluwer Academic Publishers, the Netherlands, **vol. 25**, 1998, pp. 395-413
- [9]. *K.Lemke*, “Estimation of the Peak-hour Demand in the German Highway Capacity Manual”, in *Procedia Social and Behavioral Sciences*, Elsevier, **vol. 16**, 2011, pp. 762-770
- [10]. *M.Slavik*, “Weigh-in-motion: years of South African experience”, in *Journal of the South African Institution of Civil Engineering*, **vol. 49**, no.1, 2007, paper 617, pp. 11-16
- [11]. *M.Bottero, B.Dalla Chiara and F.P.Deflorio*, “Wireless sensor networks for traffic monitoring in a logistic centre”, in *Transportation Research Part C*, Elsevier, **vol. 26**, 2013, pp. 99-124
- [12]. *J.Wang, M.Wu*, “An Overview of Research on Weigh-in-motion System”, *Proceedings of the 5<sup>th</sup> World Congress on Intelligent Control and Automation*, June 15-19, 2004, Hangzhou, P.R.China, pp. 5241-5244
- [13]. \*\*\* ITS International, “Truck weight enforcement developing in strength”, **vol. 18**, Issue 1, January/February 2012, pp.53-55
- [14]. \*\*\* ITS International, “UK enforcement detects overweights”, **vol. 19**, Issue 5, September/October 2013, pp.33-34
- [15]. \*\*\* Highway Capacity Manual, T.R.B., Fourth Edition, Washington, D.C., 2000
- [16]. *J.D.Zegeer, M.Vandehey, M.Blogg, K.Nguyen and M.Ereti*, “Default Values for Highway Capacity and Level of Service Analyses”, NCHRP Report 599, Washington, D.C., pp.35-43
- [17]. *Highway Performance Monitoring System (HPMS) Field Manual*, “Procedures for Estimating Highways Capacity”, Office of the Highway Policy Information Federal Highway Administration, Appendix N, 2005
- [18]. *A.Polus, S.Kikuchi*, “Sampling and Evaluation of Peak Hour Factor Characteristics”, University of Delaware, Delaware Transportation Center, 1989
- [19]. *A.P.Tarko, R.I.Perez-Cartagena*, “Variability of Peak Hour Factor at Intersections”, 84<sup>th</sup> Annual Meeting of the Transportation Research Board, January 9-13, 2005, Washington, D.C.
- [20]. *B.Hellinga, Z.R.Abdy*, “Signalized intersection analysis and design: implications of day-to-day variability in peak-hour volumes on delay”, in *Journal of Transportation Engineering*, **vol. 134**, issue 7, 2008, pp. 307-318
- [21]. \*\*\* SHA Maryland Department of Transportation, HISD Traffic Monitoring System Program, October 2010
- [22]. \*\*\* AASHTO, “A policy on geometric design of highways and streets”, American Association of State Highway and Transportation Officials, 2004
- [23]. *N.Ciont, M.Iliescu and R.D.Cadar*, “Comparative studies regarding traffic flow improvement scenarios using software modelling and real measured data”, in *Proceedings of the 3<sup>rd</sup> International Conference on Road and Rail Infrastructures – CETRA 2014*, 28-30 April 2014, Split, Croatia, ISSN 1848-9842, pp.229-235.

# Peri-urban peak hour travel behaviour study using a weigh-in-motion data processing application software

N. Ciont, R. D. Cadar & M. Iliescu  
*Department of Railways, Roads and Bridges,  
Technical University of Cluj Napoca, Romania*

## Abstract

In this paper, the traffic volume processing functions of a designed application software are presented. The road traffic data is collected by a high-speed weigh-in-motion system, which converts the information into Microsoft Access format, providing separate files for each day. The application software uses the MS Access 2010 database management system, which is based on the Visual Basic for Applications programming language. Based on the processed data, the study analyses the peri-urban travel behaviour at the edge of a major city in Romania. Dedicated software functions were designed to provide daily volumes, weekly averages and peak hour traffic for three daily time intervals. Furthermore, this is done by being differentiated by travel directions, as well as altogether. The study was carried out separately for business days and weekends, using data collected from April 2013 until November 2014. Different travel behaviour trends were observed. Six logarithmic multiple linear regression models were established, describing the peak hour travel trends. The designed software and the obtained results can be used for a wide range of applications.

*Keywords: application software, weigh-in-motion, traffic volume, peak hour, travel behaviour trend, linear regression model, logarithmic function.*

## 1 Introduction

A peri-urban area is defined as a region of transition from urban to rural land uses, located outside urban and regional centres [1]. Generally, at least 40% of the inhabitants of these units work in the inner city [2].





The peak hour of a day is defined as the hourly interval which is characterised by the highest traffic volume [3]. Volume and rate of flow are macroscopic traffic stream parameters which are used to describe traffic as a whole. They represent a quantitative measure used by engineers to better understand, describe and predict traffic flow [4]. Traffic volume is the total number of vehicles passing a carriageway section during a specified time interval, usually an hour, a day or a year [5]. The annual average daily traffic (AADT) is the average daily volume evaluated over the course of a year, at a given location [3, 5]. On the other hand, the rate of flow represents an equivalent hourly volume at which vehicles travel during a subhourly time interval. Flow rates are variable over the course of an hour. They can be evaluated for different time intervals, such as one, five or fifteen minutes. The peak hour factor (PHF) is evaluated by dividing the traffic volume ( $V$ ) to the maximum rate of flow ( $v$ ) within the studied hour (eqn. (1)).

$$PHF = \frac{V}{v} \quad (1)$$

The PHF is used to evaluate traffic stream characteristics on a road facility. This is achieved through the concepts of capacity and Level of Service (LOS) [6]. It is also used as a traffic safety predictive tool [7] and to quantify the effects of short time traffic peaking, leading to congestion [8].

By definition, weigh-in-motion (WIM) represents the process of measuring the dynamic tire forces of a moving vehicle and estimating the corresponding tire loads of the static vehicle [9]. Such a system usually includes piezoelectric sensors and inductive loops, as well as data collection equipment. As mentioned by Bottero *et al.* [10], the technology is an intrusive traffic monitoring device, installed in the pavement wearing course. However, as Slavik [11] emphasised, WIM is a fast, useful and unobtrusive traffic engineering tool, used to continuously measure different traffic parameters without stopping vehicles. The main WIM applications are: pavement design and research, traffic engineering and weight enforcement [12].

Various methods to evaluate the existing traffic conditions and predict the ongoing state of traffic parameters have been developed. They are generally classified as parametric and nonparametric [13]. The former include time-series and Kalman filtering models, whereas the latter contain nonparametric regression methods and neural networks [13]. Chen *et al.* [14] compared different traffic prediction models, based on data collected using a loop detector located on the SR99 freeway in California. The surveyed models are grouped in six categories:

- Auto Regressive Moving Average (ARMA)/Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)/Seasonal ARIMA (SARIMA);
- Support Vector Regression (SVR);
- Bayesian networks (BN);
- Feed-Forward Neural Network (FFNN);
- Nearest Neighboring Analysis (NNA);
- Naïve models.

The results showed that all models, except the Naïve ones, proved to be effective. Portugais and Khanal [15] used the efficient BN model to develop an adaptive speed forecasting method, based on radar based sensing devices and Bluetooth devices in moving vehicles. The proposed model is adaptive to traffic conditions and may be applied to WIM data as well.

The main purpose of this paper is to present the traffic volume processing functions of a designed application software, based on the Visual Basic for Applications (VBA) programming language. The system is currently designed to collect and process the traffic data recorded by a WIM system, but it may also be used for a network of such monitoring devices. A peak-hour travel behaviour study was carried out at the studied location based on the processed traffic data. Multiple linear regression models were established with the purpose of estimating the peak hour travel behaviour.

## 2 Traffic data collecting and processing

### 2.1 Data collecting system

The traffic data analysed in this study was collected using a high-speed weigh-in-motion (HS-WIM) system. The device has a piezo-loop-piezo (PLP) configuration. It is installed on the European E60 road, at the western edge of the city of Cluj Napoca, Romania. The road has an east-west layout, consisting of a single carriageway with four lanes.

The studied location immediately adjoins the Cluj Napoca urban area (as shown in fig. 1). The E60 road is currently the only functional road link between the inner city to the east and the suburban settlement of Florești, situated to the west. Traffic stream characteristics are heavily influenced by the rapidly growing suburban population (Ciont *et al.* [16]).

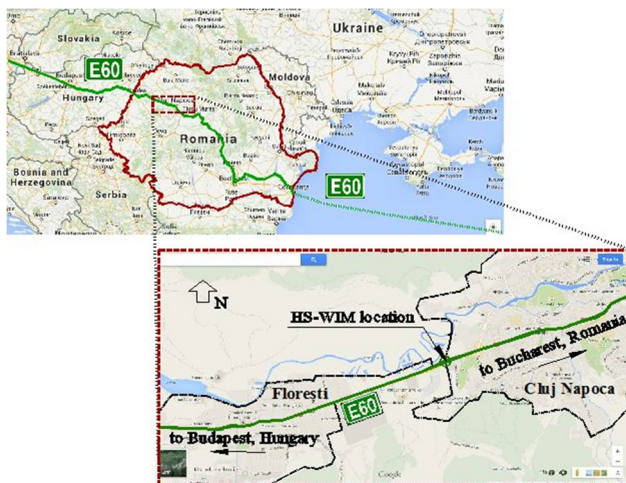


Figure 1: HS-WIM location (source Google Maps).

The HS-WIM system has been recording traffic data since 25 April 2013. The information is stored on an SRAM memory unit and may be downloaded on a PC. The system converts the collected traffic data into Microsoft Access (MS Access) files, providing separate files for each day.

## 2.2 Data processing application software

Each HS-WIM MS Access file includes various useful traffic information. However, this implies that the files are quite large (20–26 MB per daily file), leading to very high computer memory usage. Furthermore, data processing is time-consuming, especially for long monitoring periods. Converting the daily MS Access files into MS Excel format is not an option, due to worksheet limits. Without a suitable processing tool, the collected traffic data becomes unusable.

An application software was designed to process the input HS-WIM database files. The information is analysed and processed using the MS Access 2010 database management system, which offers a user-friendly interface. The system is based on the Visual Basic for Applications (VBA) programming language. One of its advantages is that the user does not need to install the MS Office suite, as free of charge runtime environments (Plug and Play) are available.

The main purpose of the designed application is to provide a useful tool for the processing, analysis and reporting of the recorded traffic parameters. The basic software flowchart (shown in fig. 2), begins by loading the HS-WIM database files. The application performs several validity checks, until the database is cleared of invalid data (e.g. nonexistent lanes, wrong direction etc.). Usually, there are a limited number of erroneous recordings. As soon as the checks are passed, the software processes the input data, according to the user function request. A selective database browsing algorithm was implemented, which improves time consumption and memory usage. The results are initially displayed in MS Access format, but the application also provides the option to export them to MS Excel.

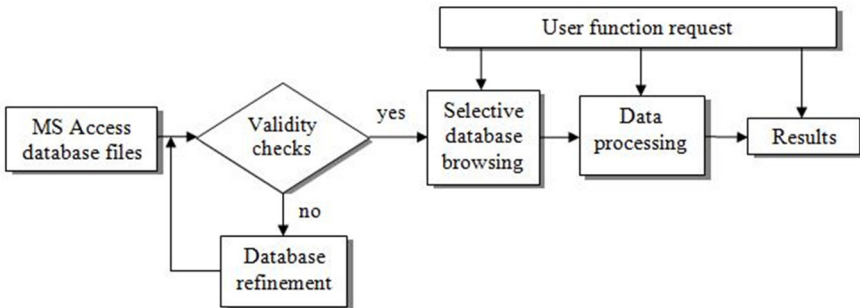


Figure 2: Software flowchart.

## 2.3 Software functionality

The designed application software includes several functions used to evaluate a wide variety of traffic stream characteristics. All of them begin by selecting the desired study period (as shown in fig. 3). File loading is done by pressing the appropriate button. By default, the software appends the database files loaded at a later moment to the ones already existing in the memory, unless the clearing checkbox is ticked.

Step 1: Load WIM information for selected period

From: 25-Apr-13    Until: 30-Nov-14

Clear tables before loading

Load data

Figure 3: Data loading window.

The designed application provides the following results on traffic volumes, rates of flow and peak hours:

- daily and total volumes for the selected time period;
- AADT for the defined vehicle groups and per total;
- daily volumes, weekly averages and monthly averages, for all vehicles and for heavy vehicles;
- daily and weekly average volumes, for the defined vehicle groups;
- traffic distribution on each lane;
- hourly volumes, daily peak hours and PHFs, differentiated by travel direction, as well as altogether.

Heavy vehicles are defined as those vehicles which have a gross weight of more than 3500 kg.

To provide a useful and suggestive peak hours study, the designed software divides the 24 hours of a day into five intervals: 0:00:00–4:59:59 (night), 5:00:00–9:59:59 (morning), 10:00:00–14:59:59 (noon), 15:00:00–19:59:59 (afternoon), 20:00:00–23:59:59 (evening). The studied road sector is situated in a peri-urban area, intensely used by commuters. This aspect determined the evaluation of the morning, noon and afternoon peak hours. The application allowed the analysis to be carried out separately for working days (Monday to Friday) and for weekends. It was considered that hourly intervals during the evening and night are not relevant for the analysed travel behaviour.

## 3 Results

The HS-WIM traffic data used in this study was collected between 25 April 2013 and 30 November 2014. As the studied location immediately adjoins the Cluj Napoca urban area, the analysis was carried out differentiated by travel direction.

It was also considered relevant to analyse the travel behaviour separately for business days and weekends.

### 3.1 Traffic volume and peak hours

Using the specialised application function, the average hourly volumes were obtained. Each value was calculated as an arithmetic mean of the volumes counted during that specific hour. The obtained figures (fig. 4) clearly show that the studied facility is situated in a peri-urban area intensely used by commuters. On business days, most vehicles are heading east in the morning, towards the inner city, and in the opposite direction during the afternoon, towards the suburban shopping and residential areas (fig. 1).

This tendency changes on weekends. As shown in fig. 5, traffic heading east and west have rather similar variations, peaking at noon and during the afternoon.

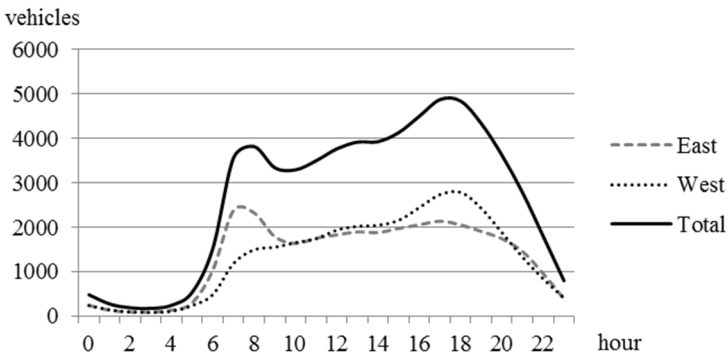


Figure 4: Average hourly volumes, business days.

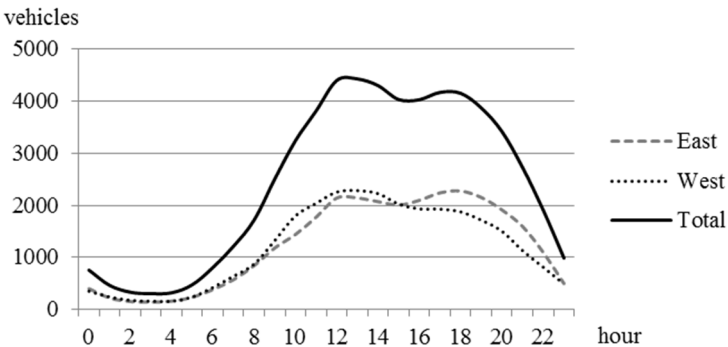


Figure 5: Average hourly volumes, weekends.

The designed application evaluates five daily peak hours, differentiated by travel direction and altogether as well. In this paper, the morning, noon and afternoon intervals were considered relevant. The peak hour occurrence obtained using the application software for working days and weekends is shown in fig. 6, fig. 7 and fig. 8.

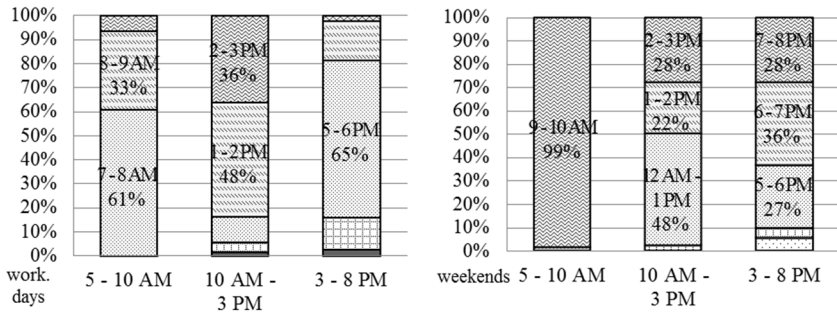


Figure 6: Peak hour occurrence, eastbound.

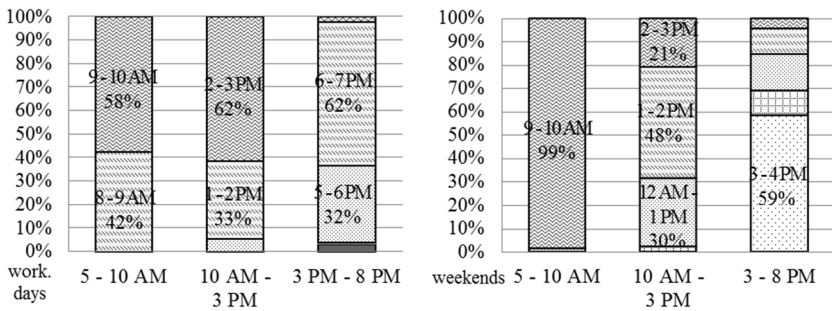


Figure 7: Peak hour occurrence, westbound.

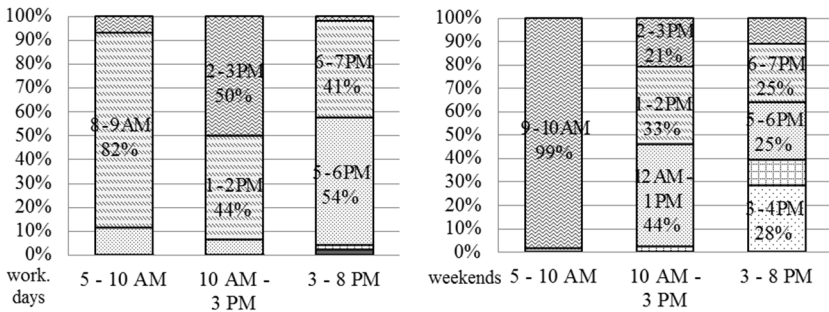


Figure 8: Peak hour occurrence, total.



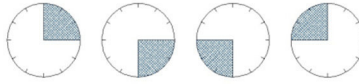


Figure 9: Main quarter-hours.

For each peak hour, the software identifies the busiest main quarter-hour (fig. 9). However, it is not certain that the peak 15-minute interval is one of the four main quarter-hours. The Highway Capacity Manual [5] recommends evaluating the maximum rate of flow based on the busiest 15 minutes of the considered design or peak hour. Other sub-hourly intervals may also be used [3]. The designed software identifies the peak five and 15-minute intervals within the peak hours and uses the corresponding rates of flow to evaluate the PHF. This is a useful feature of the application. Nevertheless, Ciont *et al.* [17] found that evaluating flow rates based on the main quarter-hours provides the highest PHF values, similar to the ones recommended by Romanian and international standards [5]. This is also the approach used in this study to identify the busiest quarter-hours in the studied area.

The major advantage of the designed application software is its capability to process large amounts of HS-WIM data, in order to provide essential traffic information. The busiest main quarter-hours identified for every peak hour are shown in table 1 for working days and table 2 for weekends, respectively.

Table 1: Busiest main quarter-hours, business days.

Direction	Hour Interval	Peak hour	Peak hour occurrence [%]	Peak quarter-hour	Peak quarter-hour occurrence [%]
east	5 AM–10 AM	7 AM	61	30–45	44
	10 AM–3 PM	1 PM	47	15–30	31
	3 PM–8 PM	5 PM	65	15–30	31
west	5 AM–10 AM	9 AM	58	45–60	80
	10 AM–3 PM	2 PM	61	30–45	32
	3 PM–8 PM	6 PM	61	15–30	32
total	5 AM–10 AM	8 AM	82	0–15	51
	10 AM–3 PM	2 PM	50	30–45	31
	3 PM–8 PM	5 PM	54	15–30	32

### 3.2 Travel behaviour trends

The main trend observed was that most trips made during business days are concentrated between the following intervals: 7 AM–9 AM (93%), 1 PM–3 PM (94%) and 5 PM–7 PM (95%) (Figure 8). On weekends, however, peak traffic volumes are rather spread during the noon and afternoon. Nevertheless, in the morning, the busiest hour is from 9 to 10 o'clock in 99% of cases.

On working days, the busiest morning quarter-hour is from 8:00 to 8:15 in 51% of cases (table 1). This is the time when commuters are heading east. In the afternoon, volume is peaking between 5:15 and 6:30 PM.



Table 2: Busiest main quarter-hours, weekends.

Direction	Hour Interval	Peak hour	Peak hour occurrence [%]	Peak quarter-hour	Peak quarter-hour occurrence [%]
east	5 AM–10 AM	9 AM	99	45–60	69
	10 AM–3 PM	12 PM	48	45–60	35
	3 PM–8 PM	6 PM	36	45–60	32
west	5 AM–10 AM	9 AM	99	45–60	80
	10 AM–3 PM	1 PM	48	15–30	42
	3 PM–8 PM	3 PM	59	0–15	47
total	5 AM–10 AM	9 AM	99	45–60	90
	10 AM–3 PM	12 PM	44	45–60	35
	3 PM–8 PM	3 PM	28	0–15	51

The daily peak hour volume variation for the studied period may be represented as shown in fig. 10. Similar graphs are obtained for traffic heading east or west, at noon or in the afternoon.

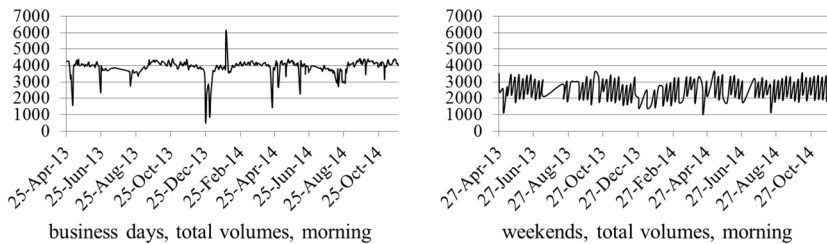


Figure 10: Daily peak hour volumes, morning.

Based on the peak hour processed data, multiple linear regression models were established for the recorded total traffic volumes. These methods may be applied to any function which is linear in the coefficients. After studying different models, it was found that a logarithmic function best describes the peak hour travel behaviour trend. The general formula is shown in eqn. (2).

$$f(x) = A \cdot \ln(x) + B \tag{2}$$

The variable is the date, converted into number format by MS Excel. The regression coefficients A and B were evaluated using MS Excel’s LINEST function, based on the recorded daily traffic volumes processed using the designed application software. All recorded days were included in the calculus. Given the obtained graphs, the measure of correlation is close to nil. However, the purpose of establishing regression models was to create a tool for estimating peak hour travel behaviour trends in general. As shown by Chen *et al.* [14], this may notably improve prediction performance. The obtained peak hour regression models for the total processed traffic volumes are shown in table 3.



Table 3: Peak hour multiple linear regression models.

Hour interval	Business days	Weekends
morning	$f(x) = 11512 \cdot \ln(x) - 118588$	$f(x) = 586 \cdot \ln(x) - 3713$
noon	$f(x) = 1965 \cdot \ln(x) - 16913$	$f(x) = 19339 \cdot \ln(x) - 201173$
afternoon	$f(x) = 4518 \cdot \ln(x) - 43079$	$f(x) = 34631 \cdot \ln(x) - 364056$

## 4 Conclusions

A designed application software used to process road traffic data was presented. The information is recorded by a HS-WIM system, installed at the western edge of the city of Cluj Napoca, Romania. The application is based on the VBA programming language. Among other relevant parameters, it provides results on daily and weekly traffic volumes, AADT and peak hours.

For this analysis, the data collected between 25 April 2013 and 30 November 2014 was used. The studied days were divided into business days and weekends, considering three intervals for the peak hour determination: morning, noon and afternoon.

The results confirmed that the studied section is situated in a peri-urban area intensely used by commuters. Peak hour occurrence and the busiest quarter-hours were evaluated, differentiated by travel direction, as well as altogether. Using the peak hour volumes, six logarithmic multiple linear regression models were established, for each considered interval.

The results can be used to estimate travel behaviour on similar facilities. The regression models may provide peak hour traffic volumes used for designing new facilities or expanding existing ones. Other uses include improving prediction accuracy and establishing growth factors. The designed application software allows similar studies to be conducted separately for different vehicle categories.

## Acknowledgements

This paper is supported by the Sectoral Operational Programme Human Resources Development POSDRU/159/1.5/S/137516 financed from the European Social Fund and by the Romanian Government.

## References

- [1] International conference on peri-urban landscapes: water, food and environmental security; Peri-urban 2014, [www.periurban14.org](http://www.periurban14.org)
- [2] INSEE, [www.insee.fr](http://www.insee.fr)
- [3] Roess, R.P., Prassas, E.S. & McShane, W.R., *Traffic Engineering, Third Edition*, Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 2004.



- [4] Abdulhai, B. & Kattan, L., Traffic engineering analysis (Chapter 6). *Handbook of Transportation Engineering*, ed. M. Kutz, McGraw-Hill Professional, pp. 6.3–6.72, 2004.
- [5] Transportation Research Board, *Highway Capacity Manual Fifth Edition*, Washington DC, 2010.
- [6] Bassan, S., Modeling of Peak Hour Factor on Highways and Arterials. *KSCE Journal of Civil Engineering*, **17(1)**, pp. 224–232, 2013.
- [7] Milton, J. & Mannering F., The relationship among highway geometrics, traffic-related elements and motor-vehicle accident frequencies. *Transportation*, **25**, pp. 395–413, 1998.
- [8] Lan, C.J. & Abia, S.D., Determining Peak Hour Factor for Capacity Analysis, *Journal of Transportation Engineering*, **137(8)**, pp. 520–526, 2011.
- [9] ASTM E1318-02, *Standard Specification for Highway Weigh-in-Motion (WIM) Systems with User Requirements and Test Methods*. ASTM International, West Conshohocken, Pennsylvania, 2002.
- [10] Bottero, M., Dalla Chiara, B. & Deflorio, F.P., Wireless sensor networks for traffic monitoring in a logistic centre. *Transportation Research Part C*, Elsevier, **26(2013)**, pp. 99–124.
- [11] Slavik, M., Weigh-in-motion: years of South African experience. *Journal of the South African Institution of Civil Engineering*, **49(1)**, paper 617, pp. 11–16, 2007.
- [12] Wang, J. & Wu, M., An Overview of Research on Weigh-in-motion System. *Proc. of the 5<sup>th</sup> World Congress on Intelligent Control and Automation*, Hangzhou, P.R. China, pp. 5241–5244, 2004.
- [13] Comert, G. & Bezuglov, A., An Online Change-Point-Based Model for Traffic Parameter Prediction. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, **14(3)**, pp. 1360–1369, 2013.
- [14] Chen, C., Wang, Y., Hu, J. & Zhang, Z., The retrieval of intra-day trend and its influence on traffic prediction. *Transportation Research Part C*, Elsevier, **22(2012)**, pp. 103–118.
- [15] Portugais, B. & Khanal, M., Adaptive traffic speed estimation. *Procedia Computer Science*, Elsevier, **32(2014)**, pp. 356–363.
- [16] Ciont, N., Iliescu, M. & Cadar, R.D., Comparative studies regarding traffic flow improvement scenarios using software modelling and real measured data, *Proc. of the 3<sup>rd</sup> Int. Conf. on Road and Rail Infrastructures*, ed. S. Lakušić, Zagreb, pp. 229–235, 2014.
- [17] Ciont, N., Cadar, R.D., Iliescu, M. & Laslău, D.A., Interactive application for the evaluation of the Peak Hour Factor using weigh-in-motion traffic data. *University Politehnica of Bucharest Scientific Bulletin Series C*, **77(1)**, pp. 121–128, 2015.