



**УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ**  
**ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА У ЧАЧКУ**

**Мр Војислав Вукадиновић**

**РАЗВОЈ МОДЕЛА ОПЕРАТИВНОГ МЕНАџМЕНТА**  
**ЖЕЛЕЗНИЧКИХ ВУЧНИХ ВОЗИЛА**

**ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА**

**Чачак, 2016.**

<b><i>I. Аутор</i></b>	
Име и презиме:	<b>Мр ВОЈИСЛАВ ВУКАДИНОВИЋ</b> , дипл. инж. маш.
Датум и место рођења:	10.01.1974. године, Београд
Садашње запослење:	Предузеће „Србија воз“ а.д.
<b><i>II. Докторска дисертација</i></b>	
Наслов: <b>РАЗВОЈ МОДЕЛА ОПЕРАТИВНОГ МЕНАџМЕНТА ЖЕЛЕЗНИЧКИХ ВУЧНИХ ВОЗИЛА</b>	
Број страница:	272
Број слика:	44
Број библиографских података:	114
Установа и место где је рад израђен:	<b>Факултет техничких наука у Чачку</b>
Научна област (УДК)	
Ментор:	<b>Др Цариша Бешић</b> , ванредни професор, Универзитет у Крагујевцу, Факултет техничких наука у Чачку
<b><i>III. Оцена и одбрана</i></b>	
Датум пријаве теме:	20.11.2013.
Број одлуке и датум прихватања докторске дисертације:	
Број:	IV-04-335/10 Датум: 14.05.2014.
Комисија за оцену подобности теме и кандидата:	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Др Радо Максимовић</b>, редовни професор, Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Ужа научна област: Производни системи, организација и менаџмент, датум избора: 18.02.2008.; председник</li> <li>2. <b>Др Цариша Бешић</b>, ванредни професор, Универзитет у Крагујевцу, Факултет техничких наука у Чачку, Ужа научна област: Менаџмент и бизнис, датум избора: 10.07.2013.; ментор</li> <li>3. <b>Др Алемпије Вељовић</b>, редовни професор, Универзитет у Крагујевцу, Факултет техничких наука у Чачку, Ужа научна област: Менаџмент информациони системи, датум избора: 12.06.2006.; члан</li> </ol>	
Комисија за оцену докторске дисертације:	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Др Радо Максимовић</b>, редовни професор, Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Ужа научна област: Производни системи, организација и менаџмент, датум избора: 18.02.2008.; председник</li> <li>2. <b>Др Алемпије Вељовић</b>, редовни професор,</li> </ol>	

Универзитет у Крагујевцу, Факултет техничких наука у Чачку,  
Ужа научна област: Менаџмент информациони системи,  
датум избора: 12.06.2006.; члан

3. **Др Дејан Ђорђевић**, редовни професор,  
Универзитет у Новом Саду, Технички факултет „Михајло Пупин“  
Зрењанин,  
Ужа научна област: Менаџмент,  
датум избора: 15.10.2012.; члан
4. **Др Владимир Радовановић**, ванредни професор  
Универзитет у Крагујевцу, Факултет техничких наука у Чачку,  
Ужа научна област: Менаџмент и бизнис,  
датум избора: 12.11.2013.; члан
5. **Др Гордана Богдановић**, доцент  
Универзитет у Крагујевцу, Факултет инжењерских наука,  
Ужа научна област: Примењена механика, примењена информатика и  
рачунарско инжењерство,  
датум избора: 14.2.2012.; члан

Комисија за одбрану докторске дисертације:

1. **Др Радо Максимовић**, редовни професор,  
Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука,  
Ужа научна област: Производни системи, организација и менаџмент,  
датум избора: 18.02.2008.; председник
2. **Др Алемпије Вељовић**, редовни професор,  
Универзитет у Крагујевцу, Факултет техничких наука у Чачку,  
Ужа научна област: Менаџмент информациони системи,  
датум избора: 12.06.2006.; члан
3. **Др Дејан Ђорђевић**, редовни професор,  
Универзитет у Новом Саду, Технички факултет „Михајло Пупин“  
Зрењанин,  
Ужа научна област: Менаџмент,  
датум избора: 15.10.2012.; члан
4. **Др Владимир Радовановић**, ванредни професор  
Универзитет у Крагујевцу, Факултет техничких наука у Чачку,  
Ужа научна област: Менаџмент и бизнис,  
датум избора: 12.11.2013.; члан
5. **Др Гордана Богдановић**, доцент  
Универзитет у Крагујевцу, Факултет инжењерских наука,  
Ужа научна област: Примењена механика, Примењена информатика и  
рачунарско инжењерство,  
датум избора: 14.2.2012.; члан

Датум одбране дисертације:

## **ЗАХВАЛНИЦА**

При изради овог рада имао сам несебичну помоћ свог ментора проф. Др Царише Бешића, ванредног професора Факултета техничких наука у Чачку, Универзитета у Крагујевцу, којем се најсрдачније захваљујем на корисно датим саветима, сугестијама и свесрдној подршци.

На пруженој подршци свим срцем се захваљујем својој породици, која ми је пружила безусловну подршку и охрабрење током израде докторске дисертације.

Београд, 2016.

Мр Војислав Р. Вукадиновић

## САДРЖАЈ

РЕЗИМЕ .....	10
ABSTRACT.....	11
ПРЕГЛЕД СЛИКА.....	12
ПРЕГЛЕД ТАБЕЛА.....	14
СПИСАК СКРАЋЕНИЦА И СИМБОЛА.....	17
<b>1. УВОДНО РАЗМАТРАЊЕ .....</b>	<b>20</b>
<b>1.1. Формулација проблема, предмета и циља истраживања .....</b>	<b>20</b>
<i>1.1.1. Проблематика истраживања .....</i>	<i>20</i>
<i>1.1.2. Предмет докторске дисертације.....</i>	<i>22</i>
<i>1.1.3. Значај и циљ истраживања.....</i>	<i>23</i>
<i>1.1.4. Хипотезе докторске дисертације.....</i>	<i>24</i>
<b>1.2. Приказ примењеног метода рада .....</b>	<b>24</b>
<i>1.2.1. Методе истраживања .....</i>	<i>25</i>
<i>1.2.2. Организација истраживања .....</i>	<i>25</i>
<b>2. ДЕФИНИСАЊЕ СТРУКТУРНИХ ЕЛЕМЕНАТА ЖЕЛЕЗНИЧКОГ СИСТЕМА И ЊИХОВЕ МЕЃУЗАВИСНОСТИ У ФУНКЦИОНИСАЊУ САОБРАЋАЈА ВОЗОВА .....</b>	<b>29</b>
<b>2.1. Појам и елементи система железничког саобраћаја .....</b>	<b>29</b>
<b>2.2. Декомпозиција железничког система на управљачки и управљани део ..</b>	<b>36</b>
<b>2.3. Подела рада, организација и управљање у систему железничког саобраћаја .....</b>	<b>39</b>
<b>2.3.1. Хијерархијско – управљачки нивои у вертикалној организацији железнице .....</b>	<b>41</b>
<b>2.3.2. Подела рада и структура делатности у железничком саобраћају .....</b>	<b>42</b>
<b>2.3.3. Декомпозиција система железничког саобраћаја према основним стратумима описивања .....</b>	<b>47</b>
<b>2.3.4. Синтеза специфичних карактеристика система железничког саобраћаја.....</b>	<b>50</b>

<b>3. ВУЧНО ВОЗИЛО КАО СЛОЖЕНИ ТЕХНИЧКИ СИСТЕМ И ФУНКЦИЈЕ ЊЕГОВОГ ЦИЉА</b> .....	52
<b>3.1. Подела вучних возила по облику конструкције, врсти погонске енергије и намени</b> .....	54
<b>3.2. Дефинисање структуре састава железничких вучних возила</b> .....	57
<b>3.2.1. Елементи носеће и погонске структуре код електричних вучних возила</b> .....	58
<b>3.2.2. Елементи носеће и погонске структуре код дизел вучних возила</b> .....	64
<b>3.2.3. Основне техничко-експлоатационе карактеристике и функције циља које треба да остваре вучна возила</b> .....	69
<b>3.3. Дефинисање модела експлоатационе поузданости и расположивости рада вучних возила са аспекта њихове експлоатације и одржавања</b> .....	70
<b>3.3.1. Основне теоријске поставке, дефинисање и разјашњење појмова везаних за поузданост и расположивост рада вучних возила</b> .....	70
<b>3.3.2. Начин утврђивања поузданости и расположивости рада вучних возила</b> .....	74
3.3.2.1. Одређивање поузданости рада вучних возила .....	75
3.3.2.2. Одређивање расположивости рада вучних возила .....	78
3.3.2.3. Општи модел за утврђивање поузданости монофазних електричних вучних возила.....	81
3.3.2.4. Општи модел за утврђивање поузданости дизел електричних вучних возила.....	86
3.3.2.5. Модел расположивости рада монофазних електричних и дизел електричних вучних возила .....	90
3.3.2.5.1. <i>Расположивост рада монофазних електричних вучних возила</i> .....	90
3.3.2.5.2. <i>Модел расположивости рада дизел електричне локомотиве серије 661</i> .....	91
<b>3.4. Модел система одржавања вучних возила</b> .....	92
<b>3.4.1. Постојећи систем одржавања вучних возила на Железници Србије</b> .	94
<b>3.4.2. Подела одржавања железничких вучних возила</b> .....	95
3.4.2.1. Редовно одржавање вучних возила, циклус и рокови његовог извођења .....	97
3.4.2.1.1. <i>Стални надзор над вучним возилима</i> .....	98
3.4.2.1.2. <i>Чишћење и прање вучних возила</i> .....	99
3.4.2.1.3. <i>Контролни прегледи вучних возила</i> .....	99

3.4.2.2. Редовне оправке вучних возила.....	101
3.4.2.3. Ванредно одржавање вучних возила.....	103
3.4.2.4. Модел и циклуси обављања одржавања вучних возила на Железници Србије.....	105
<b>4. АНАЛИЗА ПОСТОЈЕЋЕГ СТАЊА И ФУНКЦИОНИСАЊА ЖЕЛЕЗНИЦЕ СРБИЈЕ И ЊЕНОГ ПОЛОЖАЈА НА ТРАНСПОРТНОМ ТРЖИШТУ .....</b>	<b>107</b>
<b>4.1. Положај и значај железничке мреже Србије и њени магистрални правци у систему Европске железничке мреже .....</b>	<b>107</b>
<b>4.2. Основни чиниоци функционисања саобраћаја возова .....</b>	<b>110</b>
<b>4.3. Стање инфраструктуре Железнице Србије.....</b>	<b>111</b>
<b>4.4. Стање возних средстава Железнице Србије .....</b>	<b>120</b>
<b>4.5. Стање функционисања саобраћаја возова на Железници Србије и њен положај на транспортном тржишту .....</b>	<b>125</b>
<b>4.6. Оцена позиције Железнице Србије на тржишту транспортних услуга... 130</b>	
<b>5. ДЕФИНИСАЊЕ СТАЊА И УЛОГЕ ВУЧНОГ ПАРКА НА ФУНКЦИОНИСАЊЕ И ТРАНСПОРТНУ СПОСОБНОСТ ЖЕЛЕЗНИЦЕ. 134</b>	
<b>5.1. Основне карактеристике железнице и улога вучног парка .....</b>	<b>134</b>
<b>5.2. Статусна стања, врсте вучних паркова и показатељи експлоатације вучних возила .....</b>	<b>138</b>
<b>5.3. Дефинисање врста вучних паркова и репрезентативног узорка вучних возила и њихове распоређености по подручјима вуче на железници Србије .....</b>	<b>139</b>
<b>5.4. Показатељи експлоатације и одржавања вучних возила на железници Србије .....</b>	<b>145</b>
<b>5.4.1. Основни показатељи експлоатационог рада вучних возила .....</b>	<b>145</b>
5.4.1.1. Основни квантитативни показатељи рада вучних возила.....	145
5.4.1.1.1. Извршени бруто вучни рад вучних возила .....	145
5.4.1.1.2. Пређени километри рада вучних возила .....	147
5.4.1.2. Квалитативни показатељи рада вучних возила.....	149
<b>5.5. Улога вучног парка на транспортну способност железнице .....</b>	<b>152</b>
<b>5.5.1. Утврђивање потребног броја вучних возила за одређени обим превозног рада.....</b>	<b>154</b>
<b>5.5.2. Утицај вучних возила на превозну моћ железнице .....</b>	<b>156</b>

<b>6. МЕТОДОЛОГИЈА И ПОКАЗАТЕЉИ ЗА ОЦЕНУ РАСПОЛОЖИВОСТИ РАДА ВУЧНОГ ПАРКА И КВАЛИТЕТА ФУНКЦИОНИСАЊА САОБРАЋАЈА И ВУЧЕ ВОЗОВА.....</b>	<b>160</b>
6.1. Индикатори за оцену техничког стања вучних возила .....	160
6.1.1. Бројно стање и техничка структура вучних возила.....	160
6.1.2. Старост вучних возила.....	161
6.1.3. Имобилизација вучних возила.....	162
6.1.4. Интензитет коришћења вучних возила.....	163
6.1.5. Опремљеност вучних возила сигурносним и заштитним уређајима	165
6.1.6. Способност вучних возила за највеће дозвољене брзине саобраћаја...	166
6.2. Дефинисање показатеља за оцену нивоа експлоатационе поузданости и расположивости рада вучних возила у вучном парку Железнице Србије .....	167
6.2.1. Показатељи експлоатационе поузданости .....	167
6.2.2. Показатељи расположивости вучних возила у експлоатацији .....	169
6.2.3. Креирање модела и параметара временске слике стања исправности вучних возила и дефинисање нивоа њихове расположивости .....	171
6.2.4. Основни показатељи квалитета функционисања саобраћаја возова	176
6.3. Модел оптимизације расположивости и оптималног обављања периодичних оправки вучних возила .....	178
6.3.1. Критеријуми и параметри оптимизације расположивости вучних возила .....	178
6.3.2. Обликовање модела и алгоритма за оптимизацију периодичног обављања редовних оправки вучних возила .....	182
6.3.3. Изналажење оптималне периодичности редовних оправки за електромоторне возове серије 412 на Железници Србије.....	192
<b>7. ДЕФИНИСАЊЕ МОДЕЛА И ПАРАМЕТАРА ОПЕРАТИВНОГ МЕНАЏМЕНТА ЖЕЛЕЗНИЧКИХ ВУЧНИХ ВОЗИЛА .....</b>	<b>199</b>
7.1. Менаџмент у железничком саобраћају .....	199
7.2. Оперативни менаџмент у железничком саобраћају.....	200
7.3. Оперативни менаџмент железничким вучним возилима .....	205
7.4. Параметри оперативног менаџмента железничких вучних возила.....	207
7.5. Информациони систем на железници као логистичка подршка оперативном менаџменту .....	213



<b>8. ПРЕГЛЕД И АНАЛИЗА ДОБИЈЕНИХ РЕЗУЛТАТА</b> .....	216
<b>8.1. Организација истраживања и прикупљања података</b> .....	216
<b>8.2. Анализа добијених резултата</b> .....	220
<i>8.2.1. Анализа истраженог стања посматраног вучног парка у погледу врста, бројних величина и распоређености на мрежи железнице Србије</i> .....	220
<i>8.2.2. Истраживање распоређености радног парка вучних возила на железничкој мрежи Србије</i> .....	223
<i>8.2.3. Истраживање дефеката и старосне структуре вучних возила</i> .....	228
<i>8.2.4. Истраживање старосне структуре посматраних вучних возила</i> .....	235
<i>8.2.5. Истраживање узрока и одговорности за настанак кварова код вучних возила</i> .....	237
<i>8.2.6. Истраживање ранга значајности узрока и одговорности за настанак дефекта локомотива</i> .....	238
<i>8.2.7. Анализа остварених показатеља експлоатационог рада</i> .....	242
<i>8.2.8. Анализа показатеља одржавања локомотива</i> .....	243
<i>8.2.9. Анализа показатеља експлоатационе поузданости и расположивости рада локомотива</i> .....	245
<i>8.2.10. Анализа показатеља експлоатационе расположивости рада локомотива</i> .....	247
<i>8.2.11. Анализа показатеља функционисања саобраћаја возова</i> .....	251
8.2.11.1. Анализа показатеља редовитости саобраћаја возова.....	252
8.2.11.2. Анализа показатеља безбедности саобраћаја возова.....	252
<i>8.2.12. Истраживање корелационе зависности између величине бруто вучног рада и броја дефеката локомотива</i> .....	255
<i>8.2.13. Преглед оствареног потврђивања постављених хипотеза</i> .....	257
<b>9. ЗАКЉУЧНО РАЗМАТРАЊЕ</b> .....	258
<b>9.1. Осврт на остварени научни допринос истраживања</b> .....	258
<b>9.2. Оцена постојећег стања на Железници Србије, стања вучних возила и предлог мера за њихово побољшање</b> .....	259
<b>9.3. Закључци</b> .....	266
<b>ЛИТЕРАТУРА</b> .....	269

## РЕЗИМЕ

Уводни део представља опис, формулацију и циљеве истраживања, са наводом примењених метода.

Главни део рада односи се на дефинисање структуре железничког система, његових подсистема, њихових међузависности. У склопу тога извршено је дефинисање поделе рада по основним извршним делатностима (извршним службама), организације и хијерархијских нивоа управљања у железничком систему.

Посебно је извршено дефинисање железничких вучних возила као сложеног техничког система са дефинисањем структуре њиховог састава, функције циља и модела за утврђивање њихове поузданости и расположивости рада.

У раду је извршена анализа постојећег стања, функционисања железнице Србије и њеног положаја у односу на железнице земаља Европске Уније.

Дефинисана је методологија и показатељи за оцену нивоа експлоатационе поузданости, расположивости рада вучних возила и функционисања саобраћаја возова.

Дефинисан је модел и параметри оперативног менаџмента железничких вучних возила у склопу система оперативног управљања на железници.

У завршном делу рада дата је анализа добијених резултата преко вредности утврђених показатеља рада, поузданости, расположивости и установљене корелационе зависности.

На крају рада истакнут је остварени научни допринос са датим предлогом мера за побољшање постојећег стања и одговарајући закључци.

**Кључне речи:** *систем железничког саобраћаја, транспортно тржиште, менаџмент, вучна возила, расположивост, поузданост, показатељи рада, функционисање, безбедност и редовитост у железничком саобраћају*

## ABSTRACT

Introduction presents description, formulation and the objectives of the research and allegation of methods applied. Main part of dissertation refers to the the structure of the railway system, its sub-systems and their interdependencies.

The division of labor by basic industry executive (executive agencies) is also defined, as well as the organization and hierarchical levels of management in the railway system.

The components of rolling stock are described as complex systems of specific structure, participation features and models used to determine their reliability and availability.

The paper analyzes existing railways of Serbia, its operation and its position compared to the railways of European Union countries.

Methodologies and indicators for estimation of the exploitation reliability, availability of rolling stock to operate and functioning of railway traffic are also defined.

The definition of the model and parameters of operational management of rail traction vehicles, as a part of the rail operation management system is given.

The final part of paper analyzes results through the values of determined performances of work and established correlation.

**Key words:** *system of rail transport, transport market, management, rolling stock, traction vehicles, availability, reliability, indicators of operation, functioning, safety and regularity in railway traffic.*

## ПРЕГЛЕД СЛИКА

Слика 1. Општа шема система и њихова главна обележја .....	30
Слика 2. Основни елементи структуре железничког система и окружења и њихове међусобне спреге .....	32
Слика 3. Декомпозиција железничког система на управљајући и управљани (извршни) део система .....	37
Слика 4. Узајамно функционална повезаност основних елемената у систему саобраћаја возова као извршном (каузалном) делу железничког система.....	38
Слика 5. Хијерархијски организациони и управљачки нивои у железничким предузећима.....	41
Слика 6. Декомпоновање система железничког саобраћаја на основне стратуме његовог описивања .....	49
Слика 7. Упрошћени модел вучног возила као система .....	53
Слика 8. Декомпозиција основног структурног састава механичког и електричног склопа код четвороосовинских монофазних електро локомотива .....	60
Слика 9. Декомпозиција структурних елемената склопова носеће (механичке) и погонске структуре (вучног погона) код дизел електричне локомотиве .....	66
Слика 10. Распоред главних делова носеће структуре и структуре вучног погона код шестоосовинских дизелелектричних локомотива серије 661 и њихових основних вучних параметара .....	67
Слика 11. Дијаграм поузданости .....	77
Слика 12. Шема компонентних времена расположивости рада вучних возила.....	80
Слика 13. Упрошћена шема серијске везе главних структурних делова монофазних електричних вучних возила.....	82
Слика 14. Упрошћена шема серијске везе главних структурних делова дизел електричних локомотива .....	87
Слика 15. Функционална повезаност елемената вучног погона локомотиве 661 .....	88
Слика 16. Шематски приказ система одржавања вучних возила и осталих железничких возила.....	93
Слика 17. Основни хијерархијски нивои значајности по облику и обиму одржавања вучних возила .....	96
Слика 18. Системска шема одржавања вучних возила .....	97
Слика 19. Шематски приказ циклуса контролних прегледа код дизел и електричних вучних возила .....	101
Слика 20. Шематски приказ циклуса обављања редовних оправки у експлоатационом веку вучних возила.....	102
Слика 21. Положај железничке мреже Србије у склопу Европске железничке мреже .....	108
Слика 22. Положај мрежа пруга Србије у склопу коридора X на Европској железничкој мрежи.....	114
Слика 23. Карта мреже пруга Републике Србије.....	144

Слика 24. Коефицијент потребе вучних возила у зависности од дужине вучне релације .....	158
Слика 25. Шема праћења параметара расположивости локомотива према статусима на раду и у отказима.....	172
Слика 26. Графикон праћења времена стања исправности и времена одржавања вучних возила у експлоатацији за утврђивање њихове расположивости рада .....	175
Слика 27. Шема оптимизације параметара расположивости рада вучних возила ....	180
Слика 28. Враћање поузданости вучног возила на ниво задовољавајуће погонске поузданости.....	183
Слика 29. График зависности функције трошкова редовних оправки и експлоатационих трошкова вучних возила у зависности од дужине пређених километара.	185
Слика 30. Алгоритам за одређивање оптималог решења редовних оправки вучних возила.....	191
Слика 31. Блок дијаграм основних функција оперативног управљања у железничком саобраћају.....	201
Слика 32. Хијерархијски нивои оперативног управљања железничким саобраћајем .....	201
Слика 33. Стратумско-хијерархијски нивои описивања система оперативног управљања са основним токовима информација повратне спреге и акција управљања .....	204
Слика 34. Хијерархијски нивои оперативног менаџмента железничких вучних возила.....	206
Слика 35. Блок дијаграм организације вуче возова.....	210
Слика 36. Карта мреже пруга Републике Србије и распоређености вучних возила радног парка свих серија по јединицама вуче .....	227
Слика 37. Дијаграм кретања укупног броја дефеката свих посматраних локомотива и просечног броја дефеката по локомотиви у раду .....	230
Слика 38. Дијаграм промене појединих врста локомотивских паркова и броја дефеката по локомотиви у раду из одабраног узорка посматраних серија локомотива .....	233
Слика 39. Дијаграм промене врста вучних паркова моторних возова и броја дефеката по моторном возу у раду из посматраног узорка .....	234
Слика 40. Дијаграм кретања укупног броја дефеката моторних возова и просечног броја дефеката по моторном возу .....	234
Слика 41. Дијаграм промене кретања просечног броја дефеката по једној локомотиви радног парка припадајућих серија.....	235
Слика 42. Бројно стање локомотива активног вучног парка по интервалима година старости.....	236
Слика 43. Дијаграм кретања дефеката по локомотиви у раду одређених серија .....	248
Слика 44. Графички преглед кретања бруто вучног рада у бруто тонским километрима и укупног броја дефеката локомотива по годинама посматраног периода.....	255

## ПРЕГЛЕД ТАБЕЛА

Табела 1. Врсте контролних прегледа код дизел и електровучних возила .....	100
Табела 2. Критеријуми броја нормираних километара вожње за вучна возила у циклусу обављања оправки .....	103
Табела 3. Железничка мрежа пруга у земљама ЕУ и Србији у периоду 2008.-2012. године .....	112
Табела 4. Преглед врста пруга на железници Србије у погледу саобраћајне значајности.....	113
Табела 5. Степен електрифицираности железничке мреже пруга у земљама ЕУ .....	117
Табела 6. Укупна дужина пруга и проценат електрифицираности на Железници Србије .....	117
Табела 7. Дозвољене грађевинске брзине за саобраћај возова на пругама а.д. „Железнице Србије“ .....	119
Табела 8. Преглед укупног броја свих вучних и вучених возила (кола) у земљама Европске Уније и Србије у периоду 2008.-2012. год. ....	121
Табела 9. Преглед стања свих вучних возила на Железници Србије у периоду 2008. – 2012. године .....	122
Табела 10. Преглед стања вучних возила по серијама, намени и максималној брзини кретања.....	124
Табела 11. Преглед укупног броја вучних возила (путничких и теретних кола) на Железници Србије у периоду 2008.-2012. год.....	125
Табела 12. Показатељи оствареног обима превозног рада у робном и путничком саобраћају .....	126
Табела 13. Преглед квалитативних показатеља рада у саобраћају путничких и теретних возова.....	128
Табела 14. Преглед укупног броја дефеката и ванредних догађаја на Железници Србије.....	128
Табела 15. Преглед ствареног обима превоза у железничком робном саобраћају у земљама ЕУ и Републици Србији у периоду од 2008. до 2012. године...	129
Табела 16. Преглед превозних капацитета појединих видова саобраћаја на транспортном тржишту Србије исказани бројем путничких места у хиљадама.....	130
Табела 17. Преглед укупних превозних капацитета на транспортном тржишту превоза робе у Србији у укупној носивости по појединим видовима транспорта	131
Табела 18. Учешће у извршењу оствареног превоза путника изражен у оствареним путничким километрима према врстама саобраћаја у Србији (у милионима).....	131
Табела 19. Учешће појединих видова саобраћаја у оствареним тонским км (у милионима).....	132



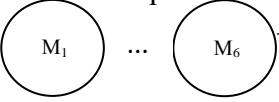

Табела 20. Преглед извршеног бруто вучног рада у (brtkm) по водећим серијама вучних возила електро и дизел вуче на Железници Србије у периоду 2008. - 2012. године.....	146
Табела 21. Просечне годишње пређене километраже посматраних вучних возила у периоду 2008. – 2012. године на Железници Србије.....	149
Табела 22. Преглед остварених квалитативних показатеља рада вучних возила радног вучног парка у периоду 2008.-2012. године на Железници Србије .....	152
Табела 23. Просечна старост вучних возила на Железници Србије у 2012. години. ....	162
Табела 24. Показатељи интензитета коришћења локомотива посматраних серија у периоду 2008. - 2012. године на Железници Србије.....	164
Табела 25. Главни показатељи интензитета коришћења моторних возова за период 2008. - 2012. године.....	165
Табела 26. Преглед укупног времена које су локомотиве водећих серија у радном парку Железнице Србије, провеле у раду и одржавању у периоду 2008.-2012. године.....	176
Табела 27. Преглед показатеља квалитета функционисања саобраћаја возова путничком саобраћају .....	177
Табела 27а. Преглед показатеља квалитета функционисања возова из теретног саобраћаја у периоду 2008.-2012. године на Железници Србије.....	177
Табела 28. Преглед укупног броја ванредних догађаја и њихових последица на Железници Србије у периоду 2008.-2012. године .....	178
Табела 29. Релевантне величине за $l_i$ и $q_i$ .....	193
Табела 30. Величине параметара $i_k$ и $b_k$ .....	193
Табела 31. Величине за одређивање оптималне варијанте периодичности редовних оправки електромоторног воза 412 .....	197
Табела 32. Параметри оптималне периодичности редовних оправки електромоторног воза 412 .....	197
Табела 33. Преглед статусних стања вучних возила збирно по серијама на железници Србије на дан 31.01.2012. године .....	221
Табела 34. Преглед бројног стања по врстама паркова вучних возила посматраних серија по територијалним јединицама вуче на железници Србије на дан 31.01.2012.....	226
Табела 35. Преглед укупног броја дефеката по серијама вучних возила и годинама у периоду од 2008.-2012. године на железници Србије .....	229
Табела 36. Упоредни преглед укупног броја дефеката локомотива у активном инвентарском и радном парку и просечног броја дефеката годишње по локомотиви у раду из посматраног узорка у периоду од 2008.-2012. године на железници Србије.....	231
Табела 37. Упоредни преглед укупног броја дефеката моторних возова у активном и радном парку и просечног броја дефеката годишње по моторном возу у	

раду из посматраног узорка у периоду од 2008.-2012. године на Железници Србије.....	232
Табела 38. Преглед стања старосне структуре елокомотива водећих серија по годинама старости на железници Србије.....	236
Табела 39. Збирни преглед узрока насталих кварова електро локомотива по серијама за период од 2008. – 2012. године на Жлезници Србије.....	239
Табела 40. Збирни подаци са прегледом врсти узрока насталих кварова код локомотива серије 661 за период 2008.-2012. године на Железници Србије.....	240
Табела 41. Преглед фактора одговорности за настале кварове локомотива на железници Србије за период 2008.-2012. године .....	241
Табела 42. Приказ броја дефеката на пређених $10^5$ kmпо годинама и серијама локомотива у периоду од 2008. – 2012. године на Железници Србије....	245
Табела 43. Преглед просечно пређених километара локомотива између дефектата код локомотива по серијама на железници Србије у периоду од 2008.- 2012. године.....	246
Табела 44. Преглед броја дефеката по локомотиви у раду код посматраних серија на железници Србије у периоду од 2008. - 2012. године .....	246
Табела 45. Показатељи расположивости рада локомотива по серијама и годинама у периоду 2008. - 2012. године на железници Србије .....	247
Табела 46. Преглед укупног процента имобилизације локомотива по серијама и годинама посматраног периода на железници Србије .....	248
Табела 47. Преглед релевантних показатеља угрожавања безбедности саобраћаја возова релевантних за оцену нивоа квалитета функционисања саобраћаја возова .....	254
Табела 48. Подаци утврђивања корелационе зависности величина извршеног бруто вучног рада (у brtkm) и броја дефеката свих локомотива посматраних серија на Железници Србије у периоду 2008. – 2012. године.....	256



## СПИСАК СКРАЋЕНИЦА И СИМБОЛА

1. ЈП „Железнице Србије“ – Јавно предузеће „Железнице Србије“
2. АД „Железнице Србије“ – Акционарско друштво „Железнице Србије“
3. „Железничка инфраструктура Србије“ АД – предузеће за одржавање инфраструктуре на железници Србије
4. „Србија воз“ АД – Предузеће за путнички саобраћај на железници Србије
5. „Србија карго“ АД – Предузеће за превоз робе на железници Србије
6.  $M_i$  [вуч.воз.] – Инвентарски парк вучних возила
7.  $M_{ai}$  [вуч.воз.] – Активни инвентарски парк вучних возила
8.  $M_r$  [lok dana] – Радни парк вучних возила са контролним прегледом
9.  $M_{ner}$  [вуч.воз.] – Нерадни парк вучних возила
10.  $M_e$  [lok dana] – Експлоатациони парк вучних возила
11.  $M_{op}$  [lok dana] – Вучни парк вучних возила на оправкама
12.  $Q[t/вуч.воз.]$  – Оптерећење вучног возила вученом масом воза
13.  $L[km]$  – Дужина вучне релације вучног возила
14.  $R[brtkm]$  – Бруто вучни рад вучног возила
15.  $S=\sum M_i L_i$  [lok km] – Укупно пређени километри рада вучних возила
16.  $\sum M_i T_i$  [lok час] – Укупно реализовани часови рада вучних возила
17.  $S_d [km/dan]$  – Дневно трчање вучних возила
18.  $\sum N_d$  – Укупан број дефеката вучних возила
19.  $s_d [%]$  – Стопа раста дефеката вучног возила
20.  $L_d [km]$  – Просечна дужина пређених километара између два настала дефекта вучног возила
21.  $G_{dl} [def/km]$  – Густина дефеката вучних возила
22.  $L_e [km]$  – Укупна експлоатациона дужина мреже пруга
23.  $p [%]$  – Процент имобилизације вучних возила
24.  $K_{tl}$  – Коефицијент техничке исправности вучних возила
25.  $F_v [kN]$  – Вучна сила вучног возила
26.  $P_{dm} [kW]$  – Снага уграђеног дизел мотора на вучном возилу
27.  $P_v [kW]$  – Снага вуче дизел вучних возила
28.  $P_g [kW]$  – Снага главног генератора код дизел-електричних вучних возила
29.  $U_g [V]$  – Напон на крајевима главног генератора
30.  $I_g [A]$  – Јачина струје главног генератора
31.  $U_m [V]$  – Напон напајања вучних електромотора
32.  $U_{KM} [V]$  – Напон контактне мреже
33.  $I_m [A]$  – Јачина струје вучних електромотора
34.  $I_v [A]$  – Струја вуче коју узима електромоторно возило из контактне мреже
35.  $\Phi [Wb]$  – Јачина магнетног флукса
36.  $P_{em} [kW]$  – Снага вучног електромотора код дизел-електричних вучних возила
37.  $P_o [kW]$  – Снага на ободу точкова погонских осовина вучних возила
38.  $F_o [kN]$  – Вучна сила на ободу погонских точкова вучних возила
39.  $M_o [kNm]$  – Обртни момент на ободу точкова погонских осовина вучног возила

40.  $W_{ol}$  [kN] – Укупни основни отпори вучног возила
41.  $B_k$  [kN] – Кочна сила воза
42.  $V$  [km/h] – Брзина кретања вучног возила
43.  $n$  [o/min] – Број обртаја вучних електромотора
44.  $\eta_g$  – Степен искоришћења главног генератора
45.  $\eta_{em}$  – Степен искоришћења вучних електромотора
46.  $\eta_z$  – Степен искоришћења зупчаничког преносника
47.  $\eta_{ep}$  – Степен искоришћења електричног преносника снаге
48.  $i_z$  – Преносни однос зупчаничког преносника (осовинског редуктора)
49.  – Ток електричне струјне везе у електричном преноснику снаге
50.  – Електричне везе преко проводника струје у преноснику снаге
51.  – Вучни електромотори
52.  – Пренос обртног момента мотора
53.  $R_{lok}$  – Поузданост локомотиве ( $R_l$ )
54.  $R_{NS}$  – Поузданост носеће структуре вучног возила
55.  $R_{HD}$  – Поузданост трчећег склопа – ходног дела вучног возила
56.  $R_{VP}$  – Поузданост вучног погона вучног возила
57.  $R_K$  – Поузданост кочног система вучног возила
58.  $R_{VOU}$  – Поузданост вучно-одбојничких уређаја вучног возила
59.  $R_{KRU}$  – Поузданост командно- регулационих уређаја вучног возила
60.  $R_{PP}$  – Поузданост помоћних погона вучног возила
61.  $A_l$  – Распоживост рада вучних возила
62.  $K$  – коефицијент потребе вучних возила
63.  $T_i$  [dana] – Време трајања исправног рада вучних возила
64.  $T_o$  [dana] – Време трајања отказа (отклањања квара) вучног возила
65.  $T_{op}$  [dana] – Време које вучнов возила проведе на оправкама
66.  $T_e$  [dana] – Укупни период трајања експлоатације вучног возила
67.  $\theta$  [час] – Пуни обрт вучног возила
68.  $N_{dlkm}$  [defekata/10<sup>5</sup> lok km] – Број дефеката вучних возила на пређених сто хиљада километара
69.  $r$  – коефицијент корелације
70.  $P_d$  – Дневни преглед вучних возила
71.  $P_o$  – Петнаесто дневни (полумесечни) преглед вучних возила
72.  $P_1$  – Једномесечни преглед вучних возила
73.  $P_3$  – Тромесечни преглед вучних возила
74.  $P_6$  – Шестомесечни преглед вучних возила
75.  $P_{12}$  – Дванаестомесечни преглед вучних возила
76.  $P_{24}$  – Двадесетчетворомесечни преглед вучних возила
77.  $SO$  – Вучно возило се налази на средњој оправци
78.  $GO$  – Вучно возило се налази на главној оправци
79.  $X_{SO}$  [km] – Корак циклуса средњих оправки вучних возила у нормираним пређеним километрима вучних возила према Правилнику 241

80.  $X_{GO}$  [km] – Корак циклуса главних оправки вучних возила у нормираним пређеним километрима вучних возила према Правилнику 241
81.  $T_{SO}$  [god] – Прописани временски рок обављања средњих оправки вучних возила
82.  $T_{GO}$  [god] – Прописани временски рок обављања главних оправки вучних возила
83. R – вучно возило ради
84. O – вучно возило не ради (у отказу)
85. ČVO – вучно возило чека ванредну оправку (у отказу)
86. ČGO – вучно возило чека главну оправку (у отказу)
87. ČVOV – вучно возило чека ванредну оправку већег обима (у отказу)
88.  $VO_m$  – ванредна оправка мањег обима (у отказу)
89. ČSO – вучно возило чека средњу оправку (у отказу)
90. ČRO – вучно возило чека редовну оправку(у отказу)
91. RO – вучно возило се налази на редовној оправци

# **1. УВОДНО РАЗМАТРАЊЕ**

## **1.1. Формулација проблема, предмета и циља истраживања**

### **1.1.1. Проблематика истраживања**

Позната је чињеница да за привредни систем сваке земље, посебну улогу и значај има железница, као један од значајнијих фактора успешног функционисања и развоја националне привреде са техничког, технолошког и економског аспекта.

У погледу привредног и друштвеног развоја, железница како у свету, тако и у нашој земљи, још увек представља доминантну грану саобраћаја од чијег функционисања значајно зависи успешност рада, функционисање и развој многих привредних грана и делатности.

На садашњем нивоу савременог развоја привреде и друштва пред железницом, као и осталим гранама саобраћаја, постављају се нове обавезе у погледу модернизације и усавршавања технологије саобраћаја и строги захтеви усмерени ка томе да квалитет саобраћаја возова буде што већи, а трошкови превоза што нижи, да штетни утицаји у погледу загађења и заузећа простора буду што мањи и да им енергетска ефикасност буде што већа.

У том погледу железнички саобраћај, у односу на друге видове саобраћаја, има одређене компаративне предности са становишта еколошке, економске и енергетске ефикасности, нарочито када се примењује систем електричне вуче и масовно коришћење електровучних возила.

Садашње стање железнице Србије карактерише стагнација и заостајање у погледу техничко-технолошког прогреса и развоја, које траје већ дужи временски период као последица неповољног привредно-економског стања наше земље.

Од савременог железничког саобраћаја се захтева да саобраћај возова треба да функционише ефикасно и рационално, а то подразумева да буде брз, поуздан, сигуран, редовит, а уз то и економичан.

За ефикасно функционисање саобраћаја возова на железници од прворазредног значаја је техничко стање пруга са осталим инфраструктурним постројењима и стање железничких возила, у оквиру којих важно место имају вучна возила ради извршавања поуздане, безбедне и уредне вуче возова.

Да би се напред наведени захтеви испунили, потребно је у железничком систему у првом реду, обезбедити што већу поузданост, расположивост и ефикасност рада вучних возила с једне стране, а са друге стране у томе се мора успоставити одговарајући правилан режим њихове експлоатације и одржавања, из чега произилази улога, значај и задаци оперативног менаџмента железничких вучних возила чија је

функција деловања усмерена на рационалну експлоатацију и управљање радом целокупног железничког вучног парка.

Познато је да вучна возила као погонски део возова кроз деловање својом исправношћу и вучним способностима, обављају вучу и вожњу возова на железничкој мрежи чиме се покреће и ставља у функционисање систем железничког саобраћаја. Уколико дође до отказа у раду вучних возила, због појаве квара на неком од њихових делова, онда таква стања изазивају њихову неспособност (отказ) за рад и доводе их у тзв. стање имобилизације, чиме се изазивају поремећаји и застоји у функционисању саобраћаја возова.

Проблеми везани за поузданост и расположивост рада вучних возила намењених за обављање вуче возова на железници, данас се испољавају у најоштријој форми како код нас, тако и код развијених железница у свету.

Код железничких вучних возила поставља се широк спектар захтева у току њиховог експлоатационог века који су усмерени ка томе да се што боље, што ефикасније и што дуже могу користити уз минималне трошкове експлоатације и одржавања, а да у веку њиховог трајања имају што мање дефеката (кварова), јер се од њих тражи поуздан, квалитетан и сигуран рад у току експлоатације. То подразумева да се од вучних возила тражи да њихова имобилизација буде што мања, односно да њихова расположивост за рад буде што већа.

Основни проблем везан за истраживање у овом раду односи се на изучавање стално присутног и актуелног проблема расположивости рада електричних вучних возила серија 412, 441, 444 и 461 и дизел вучних возила серија 661 и 812, која у погледу вучних способности и бројног стања имају примарну улогу у вучном систему, јер она чине основни вучни парк за вучу возова у путничком и теретном саобраћају на железници Србије.

Проблеми расположивости и поузданости у раду вучних возила настају уколико дође до отказа у њиховом раду због кварова на њиховим појединим деловима, онда таква стања неисправности проузрокују њихову имобилизацију, односно неспособност за рад, чиме се изазивају поремећаји и застоји у функционисању саобраћаја возова.

Проблем расположивости свих вучних возила на железници Србије је веома актуелан и изражен, јер се код посматраних серија електролокомотива имобилизација креће у границама од 10% до 65%, код електромоторних возова серије 412 се креће око 48%, код дизел локомотива серије 661 имобилизација се креће око 62%, и код дизел моторних возила серије 812 (шинобуси) имобилизација се креће око 60% па и више, што је вишеструко изнад допуштеног нивоа који се код развијених железница у свету креће око 5% до највише 8% имобилизованих вучних возила.

### 1.1.2. Предмет докторске дисертације

Из претходно изнете проблематике истраживања дефинисан је наслов ове докторске дисертације под називом: „Развој модела оперативног менаџмента железничких вучних возила“.

Предмет истраживања у оквиру докторске дисертације представља развој модела оперативног менаџмента железничких вучних возила, чија је функција деловања усмерена на рационалну експлоатацију и управљање радом железничког вучног парка.

Данас се пред савременом железницом постављају оштри захтеви првенствено у погледу квалитета превоза и ефикасности саобраћаја. То подразумева да саобраћај возова треба да буде брз, безбедан, тачан, поуздан, редовит и економичан.

У испуњавању претходно наведених захтева важну улогу имају железничка вучна возила уз суделовање осталих средстава рада, јер се кроз њихов исправан рад обавља вуча и вожња возова, чиме се покреће и ставља у функционисање систем железничког саобраћаја.

Да би се обезбедило функционисање саобраћаја и пружање квалитетних превозних услуга на железници потребно је ускладити мобилне капацитете (вучна возила, кола – вагони, возови) са стабилним инфраструктурним капацитетима (пруге и пружна постројења) и синхронизовати њихов рад са радом људи – извршилаца у процесу превозења на одређеној железничкој мрежи.

Оперативни менаџмент својим деловањем у железничком систему има кључну улогу у интегралном повезивању свих расположивих капацитета (техничких и кадровских ресурса) у циљу њиховог рационалног коришћења и најефикаснијег функционисања саобраћаја у постојећим условима рада и деловања фактора унутар железничког система и из његовог окружења.

У склопу тога оперативни менаџмент железничких вучних возила има кључну улогу за обезбеђење потребних и одговарајућих вучних возила способних за вучу возова по утврђеном реду вожње на одређеним пругама, уз пуно остваривање њиховог безбедног, уредног и економичног саобраћаја.

У садашњем пословном окружењу наше железнице се налазе у процесу трансформације и реструктурирања, због хармонизације са Европским железничким системом, присутни су новонастали услови пословања који се огледају кроз пуну примену принципа либерализације тржишног пословања.

Даје се могућност приступа железничкој мрежи пруга Србије, под једнаким условима свим домаћим и иностраним оператерима који су способни за извршење превоза и вучу возова.

Од оперативног менаџмента железничким вучним возилима у новонасталим условима захтева се нови начин деловања и координације рада са више оператера превоза и вуче возова на железничког мрежи.

### 1.1.3. Значај и циљ истраживања

Општи циљ истраживања посматраног проблема усмерен је за побољшање постојеће расположивости рада и ефикасније деловање оперативног менаџмента вучних возила, што се може постићи кроз реализацију ближе одређеног циља који се састоји у томе да се утврде слабости у постојећем техничком стању, експлоатацији и одржавању вучних возила на основу чега се могу предузети конкретне мере, од стране оперативног менаџмента усмерене на побољшање расположивости рада вучних возила и квалитета функционисања саобраћаја возова, као и за побољшање позиције железнице Србије на транспортном тржишту.

Реализација вуче и саобраћаја возова у железничком систему остварује се деловањем оперативног менаџмента вучних возила.

Оперативни менаџмент железничких вучних возила представља један подсистем са базичном извршном функцијом у систему оперативног управљања на железници од чијег деловања зависи квалитет превоза и ефикасност функционисања вуче и саобраћаја возова.

У крајњем исходу оперативни менаџмент у железничком систему има основни циљ да обезбеди уредно функционисање саобраћаја у редовном режиму рада железничког система, а у случају појаве одређених поремећаја у његовом раду да предузме мере за што брже отклањање последица насталих девијација и довођење система у режим нормалног рада у што краћем времену.

Научни циљ предложене докторске дисертације јесте развој модела и параметара оперативног менаџмента железничких вучних возила и успостављање научно засноване методологије за утврђивање релевантних фактора, који својим деловањем утичу на расположивост рада вучних возила, квалитет извршења превоза и ефикасност функционисања вуче и саобраћаја возова.

Научни и друштвени циљ у овом раду би био проширење постојећих и утврђивање нових сазнања која су од теоретског и практичног значаја за побољшање система оперативног менаџмента у делатности вуче возова и квалитетније функционисање саобраћаја на железници.

Практични циљ рада је да се на основу добијених резултата истраживања дефинише модел оперативног менаџмента железничких вучних возила, који би допринео бољем управљању радом и коришћењем вучних возила, као и побољшање квалитета превоза у новонасталим условима пословног окружења наше железнице, када се на тржишту превозних услуга појављује више домаћих и страних оператера вуче и превоза.

Развијени модел може се искористити у практичном смислу у предузећима и оператерима вуче који се баве превозом у железничком саобраћају. Примена предложеног модела допринеће побољшању њиховог пословања и повећању конкурентне позиције на тржишту саобраћајних услуга.

#### **1.1.4. Хипотезе докторске дисертације**

У складу са проблемом, предметом и постављеним циљевима насловљена докторска дисертација се заснива на бази следећих хипотеза:

Прва хипотеза полази од тога да квалитет извршења железничког превоза зависи од величине вучног парка способног за вучу возова, од стања његове имобилизације, односно од стања техничке исправности и расположивости рада вучних возила (локомотива) што представља утицајне факторе квалитета и ефикасности функционисања вуче и саобраћаја возова. Реализација вуче и саобраћаја возова остварује се деловањем система оперативног менаџмента вучом возова.

Друга хипотеза јесте да се на основу временске серије података о показатељима експлоатације, одржавања, о квалитету рада и врсти дефеката вучних возила као и о изазваним поремећајима у саобраћају може егзактним критеријумима утврдити оцена о стању њихове техничке исправности које се рефлектује на ниво расположивости рада вучног парка и одражава на стање квалитета превоза, функционисање вуче и саобраћаја возова.

Трећа хипотеза јесте, да се погодним моделом, одабраним параметрима и показатељима о стању техничке исправности и дефектима посматраних вучних возила који су проузроковали поремећаје у вучи и саобраћају возова, може дати оцена о квалитету превоза, нивоу остварене експлоатационе поузданости и расположивости рада и дати одговарајући предлог побољшања расположивости вучних возила, уредним обављањем периодичних оправки, чиме се може утицати на побољшање функционисања извршења саобраћаја и вуче возова, путем деловања система оперативног менаџмента вучним парком.

Четврта хипотеза јесте да ће предложени модел оперативног менаџмента радом вучног парка бити бољих особина од постојећег, са побољшаном контролом и ефикаснијим деловањем на функционисање вуче и саобраћаја возова.

### **1.2. Приказ примењеног метода рада**

Истраживање проблематике дефинисане насловом дисертације везане за деловање оперативног менаџмента вучних возила у организацији саобраћаја и вучи возова, извршено је на територији железнице Србије која у 2012. години обухвата мрежу пруга од 3808,7 km и на узорку који чини 154 електровучних возила и 59 дизел вучних возила активног вучног парка, што представља репрезентативни узорак у погледу његове величине од 213 вучних возила и чини око 60% свих вучних возила активног вучног парка железнице Србије, на основу којег се могу спровести потребна истраживања и добити показатељи из којих се могу извести и одговарајући закључци.



Истраживање у овом раду полази од података из службених евиденција [67]; [68]; [69] о саобраћају возова, извршеном превозу путника и робе и садашњем техничком стању посматраних вучних возила, њиховој експлоатацији и одржавању, за посматрани петогодишњи период од 2008. – 2012. године, при чему су обухваћене све територијалне јединице – секције за вучу возова на подручју железнице Србије, у којима су домицилирана вучна возила посматраних серија и које су задужене за њихову експлоатацију и одржавање, као и одговарајућих статистичких података из области саобраћаја у земљи [66] и иностранству [64]; [65].

### **1.2.1. Методе истраживања**

Током истраживања и израде дисертације користиће се познате методе у научно – истраживачком раду као што су: 1) аналитичка метода, 2) метода синтезе, 3) емпиријска метода, 4) метода компарације, 5) логичка метода, 6) метода системског приступа, 7) метода структурне анализе, 8) метода моделирања, 9) математичко – статистичка метода допуњена теоријом поузданости и вероватноће и др.

### **1.2.2. Организација истраживања**

Целокупна проблематика истраживања у овој дисертацији обрађена је у оквиру девет поглавља о којима ће се укратко навести њихова основна садржина.

- I) У првом поглављу које носи назив „Уводно разматрање“, извршена је формулација проблема, предмета и циља истраживања са приказом примењеног метода.
- II) У другом поглављу које носи назив „Дефинисање структурних елемената железничког система и њихових међузависности у функционисању саобраћаја возова“ обрађена су три основна одељка који према главној проблематици коју обрађују носе називе:
  - ❖ Појам и елементи система железничког саобраћаја,
  - ❖ Декомпозиција железничког система на управљачки и управљани део, и
  - ❖ Подела рада, организација управљања (менаџмент) у систему железничког саобраћаја, у оквиру чега је кроз посебне пододељке обрађена проблематика која носи следеће називе:
    - хијерархијско – управљачки нивои у вертикалној организацији железнице,
    - подела рада и структура делатности у железничком саобраћају,
    - декомпозиција система железничког саобраћаја према основним стратумима описивања, и

➤ синтеза специфичних карактеристика железничког саобраћаја.

Обрађена материја у овом делу рада базирана је на примени принципа теорије система, теорије организације и експлоатације железница.

III) У трећем поглављу које носи назив: Вучно возило као сложени технички систем и функције његовог циља“ обрађена су четири основна одељка, који према главној проблематици коју обрађују носе и називе:

- ❖ Подела вучних возила по облику конструкције, врсти погонске енергије и намени.
- ❖ Дефинисање структуре састава железничких вучних возила у оквиру чега је кроз посебне пододељке обрађена проблематика која носи следеће називе:
  - Елементи носеће и погонске структуре код електричних вучних возила, и
  - елементи носеће и погонске структуре код дизел вучних возила, и
  - основне техничко – експлоатационе карактеристике и функције циља које треба да остваре вучна возила.
- ❖ Дефинисање модела експлоатационе поузданости и расположивости рада вучних возила, у оквиру чега је кроз посебне пододељке обрађена проблематика која носи следеће називе:
  - основне теоријске поставке, дефинисање и разјашњење појмова везаних за поузданост и расположивост рада вучних возила,
  - начин утврђивања поузданости и расположивости рада вучних возила, на основу посебно дефинисаних модела одвојено за електрична и дизел вучна возила.
- ❖ Модел система одржавања вучних возила, у оквиру чега је кроз посебне пододељке обрађена проблематика која носи следеће називе:
  - постојећи систем одржавања вучних возила на железници Србије, и
  - подела одржавања железничких вучних возила

Обрађена материја у овом делу рада базирана је на примени принципа из теорије система, структурне анализе, теорије вуче возова, конструкције и одржавања железничких вучних возила.

IV) У четвртном поглављу које носи назив: „Анализа постојећег стања и функционисања железнице Србије и њеног положаја на транспортном тржишту“ обрађено је у шест основних одељака који према главној проблематици коју обрађују носе и називе:

- ❖ Положај и значај железничке мреже Србије и њени магистрални правци у систему европске железничке мреже,
- ❖ основни чиниоци функционисања саобраћаја возова
- ❖ стање инфраструктуре железнице Србије,
- ❖ стање возних средстава железнице Србије

- ❖ стање функционисања саобраћаја возова на железници Србије и њен положај на транспортном тржишту
- ❖ оцена позиције железнице Србије на тржишту транспортних услуга

У оквиру материје из овог поглавља коришћени су одређени статистички подаци из наведених домаћих и иностраних извора, а обрађени показатељи су презентовани у облику одговарајућих табеларних приказа примењујући методу компарације између железнице и осталих видова саобраћаја у Србији као и између железнице Србије и железница земаља Европске Уније.

V) У петом поглављу које носи назив: „Дефинисање стања и улоге вучног парка на функционисање и транспортну способност железнице“ обрађено је пет основних одељака који према главној проблематици носе и називе:

- ❖ Основне карактеристике железнице и улога вучног парка у раду железнице Србије
- ❖ Статусна стања, врсте вучних паркова и показатељи експлоатације вучних возила
- ❖ Дефинисање репрезентативног узорка вучних возила и њихове распоређености на железници Србије
- ❖ Показатељи експлоатације и одржавања вучних возила на железници Србије
- ❖ Улога вучног парка на транспортну способност железнице
- ❖ утицај вучних возила на превозну моћ на железничким пругама

Обрађена материја из овог поглавља базирана је на примени теорије из области експлоатације железница.

VI) У шестом поглављу које носи назив: „Методологија и показатељи за оцену расположивости рада вучног парка и квалитета функционисања саобраћаја и вуче возова“ обрађено је три основна одељка који према главној проблематици коју обрађују носе и називе:

- ❖ Индикатори за оцену техничког стања вучних возила
- ❖ Дефинисање показатеља за оцену нивоа експлоатационе поузданости и расположивости рада вучних возила у вучном парку железнице Србије, у оквиру чега је посебно извршено креирање модела и параметара временских слика стања исправности вучних возила за дефинисање нивоа њихове расположивости, и
- ❖ Модел оптимизације расположивости и оптималног обављања периодичних оправки вучних возила, у оквиру чега је посебно извршено дефинисање критеријума и параметара оптимизације рада и расположивости вучних возила.

Обрађена материја из овог поглавља базирана је на примени теорије из области теорије поузданости система и одржавања железничких вучних возила.

VII) У седмом поглављу које носи назив: „Дефинисање модела и параметара оперативног менаџмента железничких вучних возила“ обрађено је у пет одељака који према материји коју обрађују носе и називе:

- ❖ Менаџмент у железничком саобраћају
- ❖ Оперативни менаџмент у железничком саобраћају
- ❖ Оперативни менаџмент железничких вучних возила
- ❖ Параметри оперативних менаџмента вучним возилима
- ❖ Информациони систем на железници као логистичка подршка оперативном менаџменту

Обрађена материја из овог поглавља базирана је на примени теорије из области менаџмента, информатике, организације рада и експлоатације железница.

VIII) У осмом поглављу које носи назив: „Анализа добијених резултата истраживања“ извршиће се анализа добијених резултата истраживања и идентификација главних фактора који утичу на расположивост рада вучних возила и функционисање саобраћаја возова на железничкој мрежи железнице Србије.

IX) Девето поглавље носи назив: „Закључно разматрање“ које обухвата одговарајуће закључке о оствареном научном доприносу истраживања са предлогом мера и праваца даљих истраживања за проблематику која представља предмет овог рада.

## 2. ДЕФИНИСАЊЕ СТРУКТУРНИХ ЕЛЕМЕНАТА ЖЕЛЕЗНИЧКОГ СИСТЕМА И ЊИХОВЕ МЕЋУЗАВИСНОСТИ У ФУНКЦИОНИСАЊУ САОБРАЋАЈА ВОЗОВА

### 2.1. Појам и елементи система железничког саобраћаја

Железница као саобраћајна грана представља део односно подсистем саобраћајног система у оквиру привредног система посматране земље.

Теорија система данас се користи као научни метод за изучавања скоро у свим научним дисциплинама, друштвено-привредним делатностима, у саобраћају, па и на железници, те је појам система веома раширен, те из великог броја његове дефиниције [10] издвајамо следеће:

Најкраће можемо рећи да систем представља скуп објеката или субјеката односно елемената повезаних релацијама на тај начин да формирају складну целину ради заједничке сврхе и циља, или да је систем скуп елемената (компонената) који формирају једну целину (материјалну, техничку, физичку, мисаону, организациону, и др.) са њиховим међусобним односима и својствима.

На основу ставова теорије система можемо укратко рећи да систем чини скуп међусобно повезаних објеката једне целине који стоје у међусобним зависностима ради остваривања заједничких циљева.

Појмови из дате дефиниције имају следећа значења:

**Објекти** су делови или елементи система ( $E_i$ ) а **субјекти** су људи у систему и они се налазе у међусобним зависностима, односно повезаности.

Везе између елемената могу бити: физичке, механичке, биолошке, електричне, комуникационе, информационе, и др.

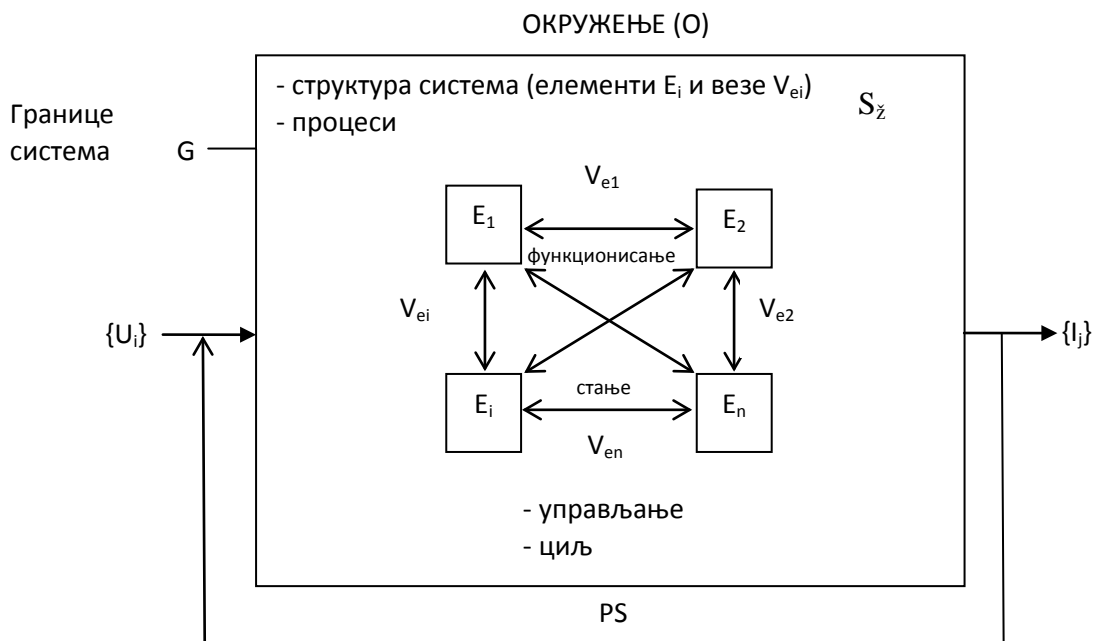
Елементи и њихови односи (везе) чине структуру система.

Када у састав система улази веома велики број компоненти са сложеним међусобним везама они спадају у ред сложених система.

Систем има и своје подсистеме који чине поједине делове система и они представљају заокружене функционалне целине унутар система.

Такође се може рећи да подсистеми представљају системе нижег реда у односу на њихов основни систем који је вишег реда у чијем саставу се налазе.

Начелно, неки систем ( $S_z$ ) можемо представити општом шемом као на слици 1.



Слика 1. Општа шема система и њихова главна обележја

Према томе сваки систем карактеришу следећа кључна обележја а то су: окружење, тзв. околина система (O), граница система (G), структура саставних елемената ( $E_1, E_2, \dots, E_n$ ) и њихових међусобних веза ( $V_{e1}, V_{e2}, V_{ei}, \dots, V_{en}$ ) у систему за  $i=1,2,\dots,n$ ; улазно-излазне величине (U, I) система, процеси, функционисање, стање, управљање, циљ са функцијом циља и повратна информациона веза (PS) у систему.

**Улази** ( $U_i$ ) су величине које долазе у посматрани систем из окружења и делују на његов рад и понашање.

**Изрази** ( $I_j$ ) су величине које излазе из посматраног система у његово окружење (околину) као резултат његовог процеса рада.

**Функционисање** система представља рад система и његових делова у извршавању постављених задатака у простору и времену.

**Процес** је појам везан за рад и деловање појединих елемената и делова унутар система и система као целине према окружењу у складу са одређеним задацима и циљем система.

**Управљање** подразумева све активности које се предузимају у вођењу процеса рада за правилно функционисање рада система, без појава девијација.

**Циљ** система је дефинисан одређеном функцијом циља којом се описује коначни резултат рада система одређеним квантитативним и квалитативним показатељима.

**Компоненте** су саставни елементи неког дела или целине система. Компоненте система могу бити механичке или људске. Према томе системи могу бити састављени или искључиво од механичких или социјалних, односно људских компоненти, или могу бити састављени од обе врсте што и јесте најчешћи случај, а тада их називамо „Хибридни систем“, као што је на пример производни систем неког предузећа.

**Релације или везе** ( $V_{ei}$ ) представљају међусобне везе између елемената, а оне по карактеру могу бити, техничке, технолошке, комуникативне, и другачије врсте веза које повезују систем у целину.

**Односи** чине поредак и релацијске везе између елемената у систему.

Елементи и њихови међусобни односи, односно везе, чине структуру система, као једну њихову својеврсну синтезу унутар система, а не њихов прост збир. Треба напоменути да везе између елемената унутар система могу бити стабилне и функционалне.

Систем има и своје **подсистеме** који чине поједине делове система и представљају заокружене функционалне целине унутар система.

Најчешће су компоненте између себе повезане тако да чине у функционалном смислу одређену целину. Те мање функционалне целине називамо **подсистемима** или системима нижег реда у односу на главни или основни систем.

Један систем се може рашчланити на главне компоненте (делове) и односе који се у њему појављују. Свака главна компонента се састоји из својих делова (подкомпоненти) и са своје стране може представљати систем за себе при чему остатак надређеног система постаје окружење за издвојену компоненту посматрања.

Када у састав система улази веома велики број компоненти са сложеним међусобним везама, онда они спадају у ред сложених система.

Такође се може рећи да **подсистеми** представљају системе нижег реда у односу на њихов основни систем који је вишег реда, у чијем се саставу налазе.

Полазећи од познатих ставова теорије система и науке о железници, железница има сва обележја система за масовни превоз путника и робе за чије је извршење неопходно коришћење железничких пруга, кола (вагона), вучних возила (локомотива), возова и станица, као основних синонима железнице.

Тај систем називамо систем железничког саобраћаја или кратко железнички систем ( $S_z$ ), који се одликује својим карактеристичним елементима, што произилази из природе кретања возова и железничких возила по железничкој мрежи пруга и станица.

У железничком систему може се идентификовати низ подсистема као што су: разни технички, технолошки, организациони, информационо-управљачки, и други подсистеми.

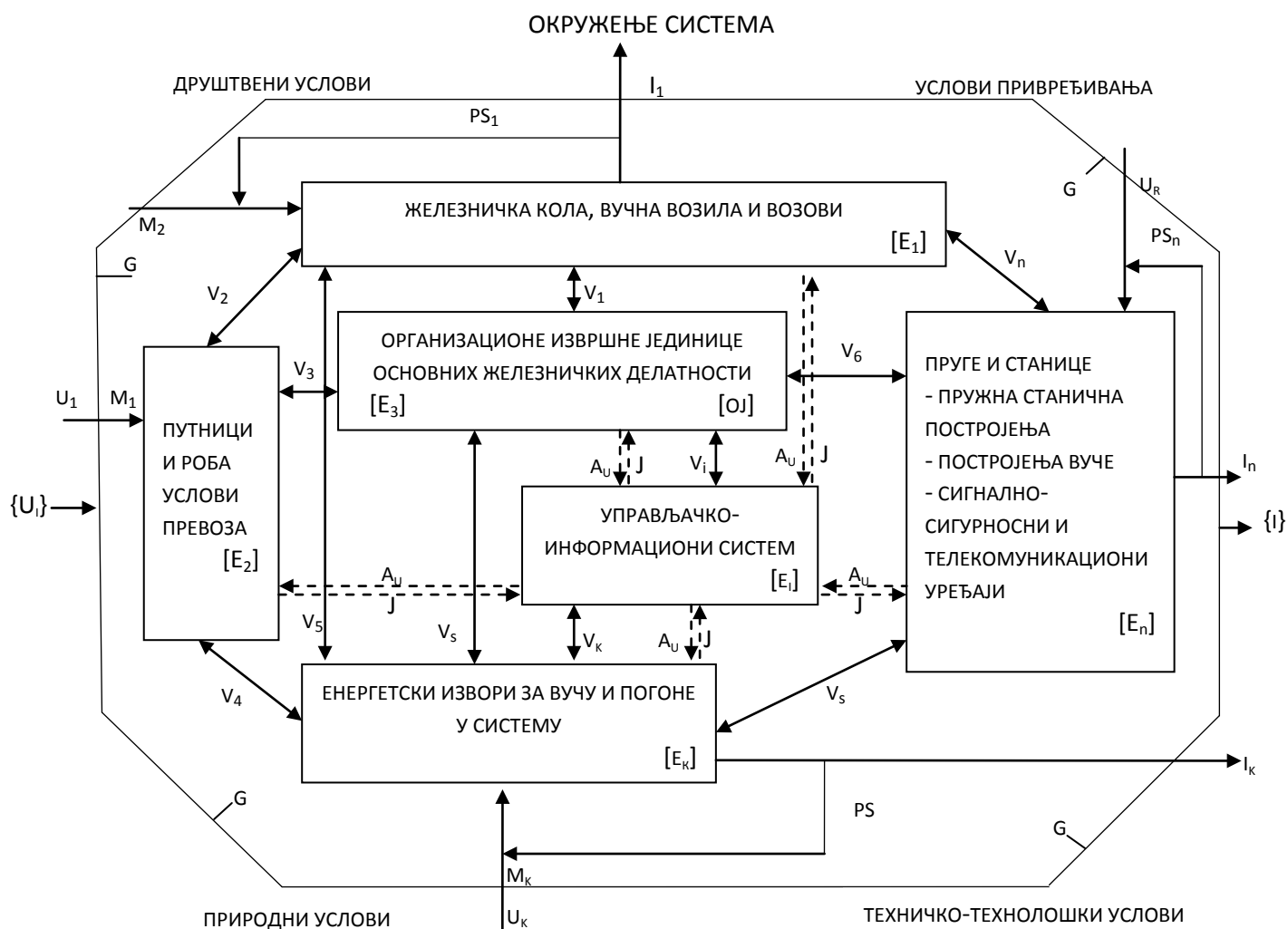
Из литературе [59] се може прихватити начелно гледиште да основу железничког саобраћајног система чине његови следећи главни делови:

- железничке пруге и станице,
- железничка возила (кола, вучна возила и возови),
- енергетски извори (извори енергије) за вучу возова и погоне у систему,
- роба и путници, као објекти и субјекти превозења (предмет рада),
- организационе извршне јединице (ОЈ) – главних железничких делатности територијално распоређене на железничкој мрежи на основном (извршном) нивоу то су станице, покомотивски депои (депои вучних возила), радионице за оправку секција, железничких возила, пружне деонице, деонице

електричне контактне мреже и др., а организацијске формације вишег нивоа основним делатностима и железничким извршним службама то су разне секције (саобраћајне секције, секције за вучу возова, за одржавање возних средстава, за одржавање пруга, SS и ТК уређаја, техничко колске послове, контактну мрежу и др., и

- информационо управљачки подсистем који обезбеђује пренос токова информација између свих напред наведених делова и служи као логистичка подршка менаџменту у процесима управљања.

На слици 2. шематски се приказује структурни састав основних елемената железничког система, оличен неким железничким предузећем за превоз путника и робе, њиховим међусобним везама као и везама са околином.



Слика 2. Основни елементи структуре железничког система и окружења и њихове међусобне спреге

Са слике 2. идентификују се значења наведених елемената која се односе на железнички систем како следи.

- 1) **O – окружење (околина) система**, обухвата све оне елементе изван система а то представљају: друштвени, природни, техничко-технолошки и други



услови, при чему се посматрају само они елементи који утичу на посматрани систем или на које тај систем утиче.

2)  **$G$  – границе система**, одређује разграничење система и окружења, тј. шта спада у састав посматраног система а шта у његово окружење и докле досеже деловање датог система и његова функционалност са аспекта проблема који треба обрадити.

3)  **$U_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) – улази у систем** (путници, роба, енергија, техничка средства рада и скуп разних других утицаја из деловања услова окружења) представљају скуп улазних величина у систему.

4)  **$I_j$  ( $j = 1, \dots, n$ ) – излази из система** (превозне услуге, разне технолошке величине, квалитет услуга, економски ефекти) представљају скуп излазних величина из система. Некад излазне величине из једног дела система могу бити истовремена улазна величина за други део система. Улазне и излазне величине представљају везу система са окружењем.

5) **Структура система** – подразумева реалну организацију система, тј. врсте елемената ( $E_1, \dots, E_n$ ), њихов број, карактеристику веза ( $V_e$ ) између њих и има статички карактер.

6)  **$E_i$  ( $i = 1, \dots, n$ )** – су елементи система и то разни технички, технолошки, организациони, економски, кадровски и други елементи система.

7)  **$V_i$  ( $i = 1, \dots, n$ )** – су разне међусобне везе (физичке, боплошке, технолошке, информационе, електричне, и др.) спрега узајамног деловања између елемената у систему чине њихову међузависност.

8) **Процес рада система** је везан за функционисање система у остваривању задатака (утовар и истовар кола, маневрисање, састављање и растављање возова, вуча возова, регулисање кретања возова, одржавање железничких возила и др.).

9) **Функционисање система** подразумева шта и како ради систем и његови поједини делови у извршавању својих задатака. Функционисање система има динамичке особине и мења се релативно брзо те представља тзв. динамику система, док структура представља тзв. статику система.

10) **Управљање** подразумева предузимање одређених акција управљања ( $A_u$ ) у току функционисања система ради остваривања циљева система и његовог одржавања у стању потпуне организованости и стабилности.

11) **Стање система** се дефинише као скуп одређених карактеристика његовог понашања у простору и времену и исказује се тзв. простором стања система у виду тзв. вектора стања система  $K_i(t)$ . Стање система има динамичке особине и мења се релативно брзо у простору и времену што систем током свог функционисања прелази из једног стања  $K_i(t)$  у друго стање  $K_j(t)$ , током времена.

12)  **$PS$  – повратна спрега** у систему представља садржину онога чиме утичемо, односно што размењујемо са околином (разне комуникативне везе између елемената унутар система), а то су информације ради прилагођавања понашања

система за извршење задатих функција. То је дејство резултата функционисања система на карактер функционисања.

13)  $A_i (i = 1, \dots, n)$  – *управљачке одлуке или акције* управљања у систему.

14)  $J_i (i = 1, \dots, n)$  – *информације* (извештаји) о раду у систему.

15)  $T_i (i = 1, \dots, n)$  – *оператори процеса* трансформације.

16)  $W$  – *оператор превођења стања система*. У вези са функционисањем система и његовом функцијом критеријума постоје три важне релације:

- прво, да се улазне величине система путем оператора трансформације ( $T_i$ ) преводе из једног стања (улазног), у излазне величине система у друго стање (излазно стање) путем следећег општег израза:

$$\{I_j\} = \{T_i^n\} \cdot \{U_i\}$$

где  $T_i^n$  – означава  $n$ -то степено деловање оператора ( $T_i$ ) трансформације,

- друго, да се функција критеријума ради оптимизације рада система ( $S_{op}$ ) у најопштијем облику може изразити следећим односом улазно-излазних величина система:

$$S_{op} = \frac{U_i(t)}{I_j(t)} \rightarrow \text{или} \Rightarrow \frac{MAX(B, R, V \dots)}{MIN(N_{vd}, T_{zak}, T_r \dots)}$$

где су:

$U_i(t)$  – апсолутне вредности скупа улазних величина система,

$I_j(t)$  – апсолутне вредности скупа излазних величина система,

при чему одређеним трансформацијама путем оператора система добијају MAX или MIN вредности одеђених индикатора у функционисању система, тако што на пример максимизирамо  $B$  – безбедност,  $R$  – редовитост,  $V$  – брзину превоза и друго, а минимизирамо  $N_{vd}$  – број ванредних догађаја,  $T_{zak}$  – укупна времена закашњења возова,  $T_r$  – трошкове експлоатације и др.

- треће, да се систем током свог функционисања у простору током времена преводи из једног стања ( $K_i$ ) у друго стање ( $K_j$ ) што се математичким језиком може исказати као:

$$K_i \rightarrow K_j = W[K(t)] = \frac{dK(t)}{dt}$$

и то представља промену вектора стања система по времену, тј. као његов први извод, што има тумачење превођења система из једног у друго стање деловањем тзв. оператора превођења стања система ( $W$ ), и на крају

17) **Циљ система ( $F_c$ )** подразумева остваривање задатака односно функција система ради сврсисходне намене, а у вези са тим дефинише се и одговарајућа функција циља (критеријума)  $F_c$  –при чему може бити један или више постављених циљева или задатака у систему.

Овако дефинисан појам система може се исказати у облику:

$$S = F\left(\sum E_i, \sum V_{ei}\right)_{t_i} \rightarrow F_c$$

што значи да систем представља функцију структуре свих његових саставних елемената ( $\sum E_i$ ) и њихових међусобних релација, односно веза ( $\sum V_{ei}$ ) чије деловање у одређеном простору ( $l$ ) и времену ( $t$ ) теже остваривању постављеног циља.

За извршење својих задатака железница располаже великим, сложеним, разноврсним и многобројним постројењима и средствима и својом специфичном организацијом.

Наука о железници уз примену теорије система железницу третира као велики сложени систем који чини велики вишечлани скуп њених разноврсних подсистема и њихових делова, односно елемената.

Познато је да се основни подсистеми потребни за функционисање железнице могу груписати у тра следеће главна а то су:

- железничка инфраструктура ( $S_i$ ) обухвата сва средства инфраструктуре на железници,
- железничка возна средства ( $V_z$ ) обухватају сва железничка возила (вучна возила, путничка и теретна кола и возове),
- железничке организационе извршне јединице ( $O_{ij}$ ) организационих формација извршног (основног) и вишег нивоа по основним делатностима са особљем у извршним службама територијално распоређеним на железничкој мрежи, у којима се извршавају технолошки процеси рада и које се налазе у непресталном интерактивном деловању са њиховим окружењем ( $O$ ).

Са друге стране сва железничка постројења и средства према њиховом деловању у систему могу се поделити у две основне групе и то на:

- *непокретна (стабилна) железничка средства*, која представљају пасивне компоненте, у систему која обухватају сва средства железничке саобраћајне инфраструктуре ( $S_i$ ), у која спадају: пруге и пружни објекти, станице са станичним постројењима, железничка сигнално-сигурносна и телекомуникациона постројења (SS и ТК уређаји), стабилна постројења електричне вуче (SPEV), и
- *покретна железничка возна средства ( $V_z$ )*, која представљају активне компоненте у систему, у које спадају: вучна возила, путничка и теретна кола, возови, и друга железничка возила.

Специфична организација на железници базира се на постојећој подели рада по основним делатностима (инфраструктура, превоз путника, превоз робе) и њиховим организацијским формацијама у коју спадају основне извршне јединице ( $O_{ij}$ ), као што су станице, локомотивски депои, радионице, пружне деонице и друге јединице са својим кадровима, организацијским формацијама вишег нивоа, радне јединице, секције, сектори и предузећа основних делатности са припадајућим службама и запосленим кадровима у њима.

У оквиру овог разматрања, систем железничког саобраћаја ( $S_{zs}$ ), може се дефинисати [59] као функција уније скупова елемената који се непрекидно налазе у интерактивном деловању са својим окружењем исказан следећом системском једначином:

$$S_{zs} = F\{S_i \cup V_z \cup O_{ij}\}_t \Leftrightarrow O$$

где је:

O – скуп елемената окружења система железничког саобраћаја,

l – димензије простора у раду система,

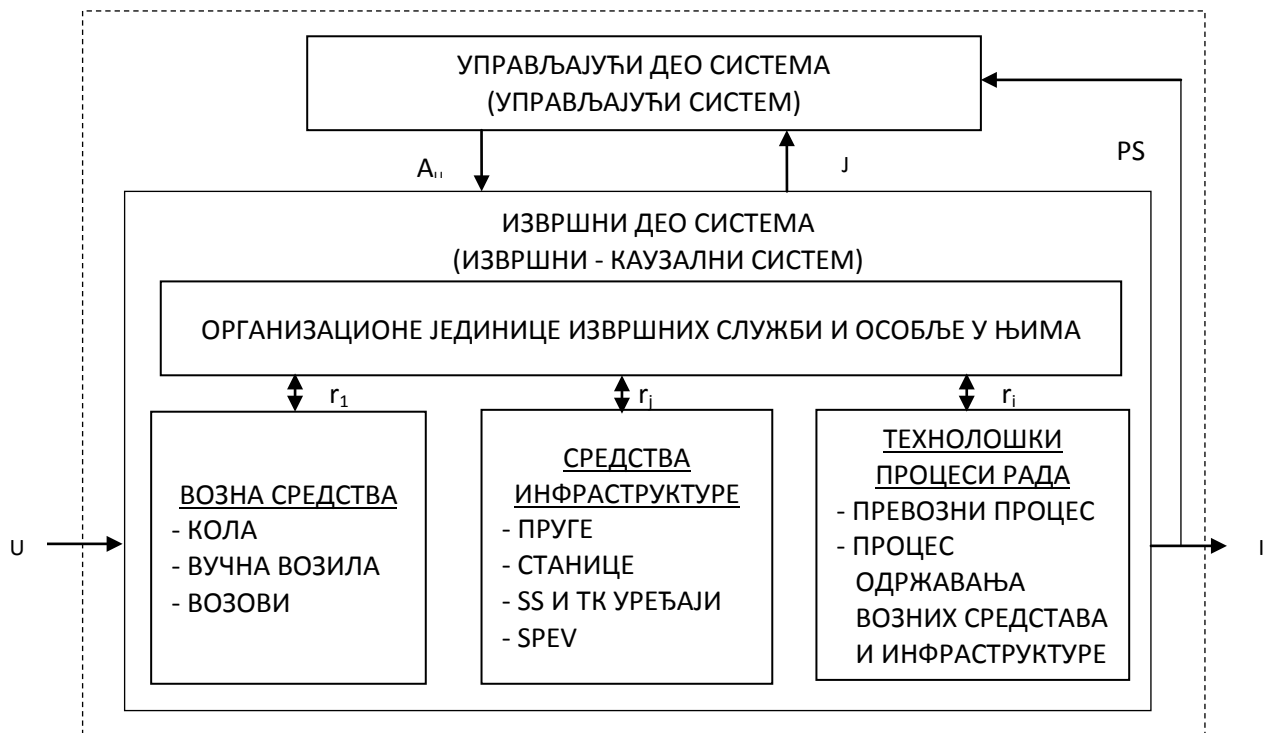
t – димензије времена у раду система.

## 2.2. Декомпозиција железничког система на управљачки и управљани део

За систем железничког саобраћаја се може рећи да представља један **систем управљања** које се може декомпоновати на два његова дела тј. подсистема који се могу прогласити да сами за себе представљају системе нижег реда у односу на главни (основни систем) а то су:

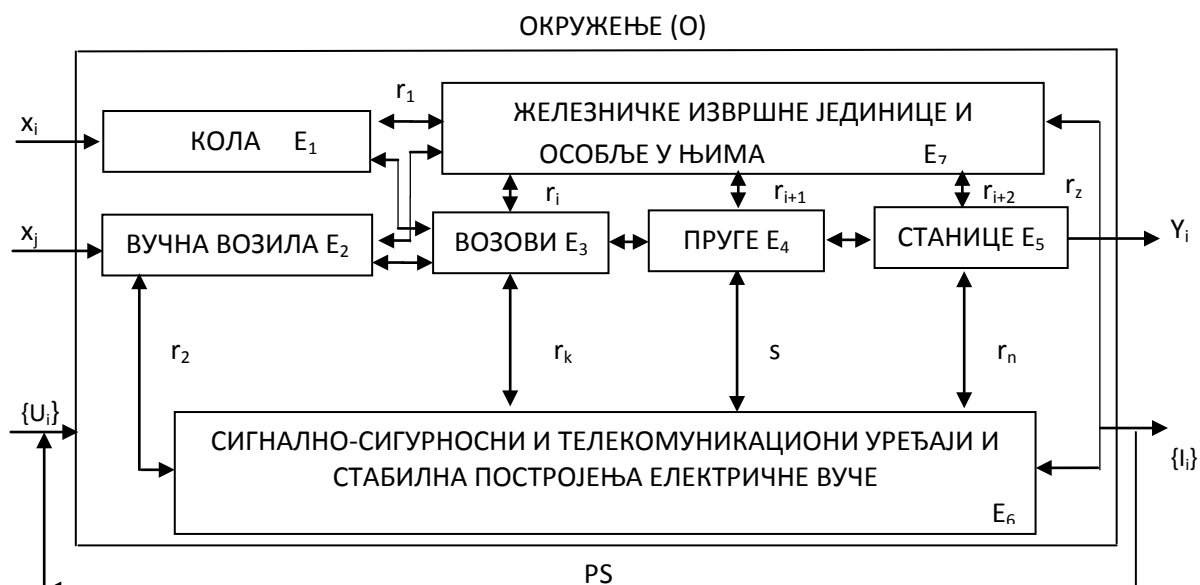
- ❖ **Управљајући део** (управљајући подсистем) који се назива и систем управљања.
- ❖ **Управљани део** (извршни део, тј извршни подсистем) који се назива и извршни систем, такозвани **каузални систем**, који обухвата сва покретна и непокретна средства рада (кола, вучна возила, возове, пруге станице, сигнално-сигурносне и телекомуникационе уређаје, стабилна постројења електричне вуче) и кадрове (извршиоце) којима се извршава превоз путника и робе на железници.

**Управљајући** део железничког система представља тзв. систем **управљања** који управља процесима рада и функционисањем извршног дела железничког система, тзв. каузалним (извршним) подсистемом железничког система, на основу добијених информација (J) и повратне информационе спреге (PS), путем издавања одговарајућих наредби (налога) тзв. акције управљања ( $A_u$ ) у железничком систему као што је приказано општом системском шемом са слике 3. која приказује његову декомпозицију на управљајући и извршни део.



Слика 3. Декомпозиција железничког система на управљајући и управљани (извршни) део система

Узајамна повезаност и функционална међузависност извршног (каузалног) подсистема, које према својим обележјима можемо прогласити системом нижег реда у односу на основни систем железничког саобраћаја, у чијем се саставу налази, приказана је креираном блок шемом са слике 4., који називамо систем саобраћаја возова.



Слика 4. Узајамно функционална повезаност основних елемената у систему саобраћаја возова као извршном (каузалном) делу железничког система

Ознаке на шеми са слике 4. имају следећа значења:

$E_1, E_2, \dots, E_7$  – елементи извршног (каузалног) дела железничког система

$r_1, r_2, \dots, r_M$  – међусобне везе (релације) елемената извршног дела железничког система

$\{U_i\}$  – скуп улаза у систем

$X_i$  – улази (путници, роба)

$X_j$  – улази енергије за вучу

$Y_i$  – излази (превозна услуга)

$\{I_i\}$  – скуп излаза из система (квалитет превоза, безбедност, редовитост, и др.)

Возови представљају основне, самосталне превозне јединице једино способне за извршење превоза у железничком саобраћају.

Реализацију основне функције код возова обезбеђују вучна возила као погонски део у њиховом саставу од чије техничке исправности зависи, у првом реду безбедност и редовитост и укупно функционисање железничког саобраћаја.

Остваривање наведених захтева треба да испуни извршни подсистем (каузални део) железничког система, који називамо систем железничког саобраћаја.

Основни принцип функционисања саобраћаја у железничком систему састоји се у томе да се кретање возова на пругама и станицама извршава уредно и безбедно према унапред утврђеном реду вожње, који представља основни план саобраћаја и алгоритам управљања саобраћајем возова на железници.

Систем саобраћаја возова представља један специфичан и сложен техничко-технолошки систем у чијем раду истовремено учествује више његових подсистема и њихових елемената, а главни су следећи:

- пруге и станице са пратећим постројењима;

- возови као мобилне јединице, прописано састављени од кола и вучних возила (локомотива), у циљу извршења превоза у железничком саобраћају;
- расположиви колски парк путничких и теретних кола из којег се формирају композиције путничких и теретних возова за извршење превоза у железничком систему;
- вучни парк расположивих вучних возила са постројењима вуче, које у систему имају основну погонску функцију, извршавајући вучу возова на пругама, чијим се деловањем систем железничког саобраћаја практично ставља у погон и функционисање;
- сигнално-сигурносни и телекомуникациони уређаји (СС и ТК уређаји), као примењена техничка средства за регулисање безбедног кретања возова на пругама и у станицама;
- стабилна постројења електричне вуче (СПЕВ) која служе за обезбеђење функционисања система електричне вуче доводом електричне енергије на електрифицираним пругама и станицама, и
- извршно особље ангажовано у раду и коришћењу напред наведених средстава.
- Напред наведени елементи су међусобно чврсто спрегнути у току функционисања система саобраћаја возова при чему мора постојати висок степен њихове међусобне зависности и условљености у процесу рада.

Из тих разлога за поуздано, безбедно, сигурно и уредно функционисање саобраћаја возова у железничком систему, потребно је код свих напред наведених подсистема (елемената) имати што већу расположивост и поузданост њиховог рада с једне стране, а са друге стране, у томе се мора успоставити одговарајући режим њихове експлоатације и одржавања.

### **2.3. Подела рада, организација и управљање у систему железничког саобраћаја**

Основ за поделу рада и урганизацију у железничком систему представљају средства рада и предмети рада који учествују у процесу транспортовања (процесу превожења) на железници.

Но пре свега потребно је објасниту појам организације.

Организација је појам свакодневно присутан у различитим областима друштвеног и привредног живота и рада људи, па и на железници.

Постоји више објашњења појма организације, а за наше разумевање прихватљива су следећа објашњења. У литератури [6] се у најкраћем обиму каже да је организација средство за постизање циљева. У ширем објашњењу се каже да организација представља структуру односа, утицаја, циљева, улога, активности, комуникације и других фактора који постоје када људи раде заједно.

Са становишта теорије система [10] може се рећи да организација представља повезан систем компоненти чијим се појединачним функционисањем остварује функционисање система у целини ради постизања заједничког циља.

Узимајући у обзир претходно изнете ставове може се рећи да се под организацијом подразумева успостављени ред у скупу уређених односа између људи, средстава, процеса и токова информација међу њима, ради остваривања заједничког циља при обављању сврсисходних делатности и активности.

Такође се може рећи да свака организација представља одређени систем, који има следећа основна обележја:

- своје елементе и структуру,
- заједнички циљ, процес и управљање, и
- концепцију функционисања у извршавању задатака.

Основне елементе и структуру сваке организације чине људи, средства рада, подела рада и процеси рада који се обављају са одређеним предметима и средствима рада. Оваква структура и општа конфигурација елемената представља *статичку организацију*. *Динамичку организацију* представља њено функционисање.

Свака организација, без обзира на величину, мора имати концепцију свога функционисања, која представља систем идеја и поступака разрађених на основу интерних и законских аката и одређених друштвених норми.

Функционисање организације се остварује у основи кроз функцију извршавања основних задатака која је условљена још и постојањем функција управљања, организовања, руковођења и контролисања.

У функцисању организације присутне су и појаве *девијација* које представљају одступања од концепције функционисања и имају тежњу ка *дезорганизацији*.

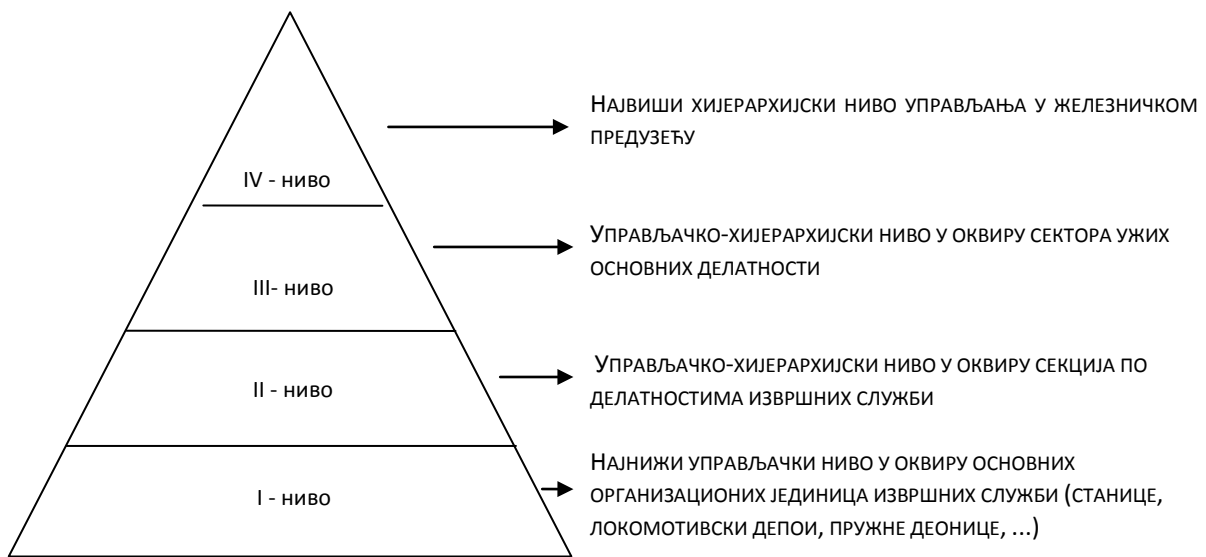
Функционисање организације на железници као вишечланом систему са више хијерархијско-управљачких нивоа засновано је на примени регулације по принципу примене повратне информационе спреге, помоћу које се врши корекција девијација или њихово спречавање. Организација има и свој квалитет који се може оцењивати неким одређеним карактеристикама. Може се рећи да је организација добра онда када извршиоци било које функције не могу да праве грешке чак и онда ако би то хтели. Полазећи од претходних претпоставки и дефиниција може се рећи да организација железничког саобраћаја представља свесну и сврсисходну координирајућу делатност усмерену на усклађивање свих чинилаца у сврху остваривања заједничког циља који се састоји у извршавању безбедног, сигурног и уредног кретања железничких возила и возова при превозу путника и робе. За обављање своје основне делатности (превоз путника и робе) железница располаже са посебним техничким средствима, уређајима, постројењима, људством и има организацију која је прилагођена самим средствима и задацима железнице.



### 2.3.1. Хијерархијско – управљачки нивои у вертикалној организацији железнице

У организационом погледу железница представља један вишечлани и вишестепени сложен организациони систем и хијерархијски систем у облику пирамидалне структуре са више организационо-управљачких нивоа.

Организација железнице представља систем који се састоји од скупа одређених чланова (организационих формација) распоређених у неколико нивоа или тзв. ешалона организационе хијерархије као што је приказано на слици 5., са које се види да постоје четири хијерархијска, организациона и управљачка нивоа.



Слика 5. Хијерархијски организациони и управљачки нивои у железничким предузећима

**I – Први (најнижи) ниво** – вертикалне организованости представља тзв. основни или базни ниво за изградњу хијерархијских управљачких нивоа за координацију и управљање технолошким процесима рада на железници, а сачињавају га основне организационе тзв. извршне јединице основних делатности где спадају:

- станице у делатностима послова саобраћајне службе, путничке и комерцијалне службе и транспортно-комерцијалне службе за превоз робе,
- депои вучних возила у делатности службе вуче возова,
- контролно-прегледна места по контролно-прегледним станицама у делатности техничко-колске службе,
- радионице за одржавање вучних возила, путничких и теретних кола у делатности службе за одржавање возних средстава,
- пружне деонице, у делатности службе за одржавање пруга,
- техничке деонице електротехничке делатности где спадају: деонице контактне мреже – за одржавање стабилних постројења електро вуче; деонице сигнално-сигурносних уређаја и деонице телекомуникационих уређаја и других средстава, све у циљу и за потребе одржавања електротехничких постројења на железници,

Основни најнижи хијерархијски нивои решавају проблеме управљања конкретним средствима рада, људством и процесима рада.

**II – Други ниво** вертикалне организованости је следећи виши организацијско-управљачки ниво, а сачињавају га организацијске формације извршних јединица виших нивоа под називом Радне јединице или Секције по свим основним делатностима железничких извршних служби које су формиране по територијалном принципу, за покривање одређеног дела мреже.

**III – Трећи ниво** вертикалне организованости представљају сектори који се формирају као једна јединствена организационо-управљачка формација и имају задатак да обједињавају и координирају рад свих секција у оквиру делатности припадајућих извршних служби.

**IV – Четврти највиши ниво** вертикалне организованости железнице на примеру Србије представља организацијску формацију у форми железничких предузећа по основним делатностима (за превоз путника; за превоз робе; за инфраструктуру) у оквиру које се остварује функција укупне организације, координације, управљања и руковођења преко припадајућих сектора основних делатности.

**Односи у хијерархији** подразумевају односе **надређености и подређености**, приоритет акције или право интервенције подсистема на вишем нивоу у односу на подсистеме нижег нивоа и зависности подсистема вишег нивоа од понашања нижих нивоа. Јер, остваривање генералног циља система условљено је остваривањем скупа појединачних-парцијалних циљева сваког нивоа и свих његових елемената.

У хијерархијско-управљачким системима, пирамидалне структуре, таквог облика су и токови информација у њима у којима наредбе (налози и акције управљања) теку од виших ка нижим нивоима, а информације (извештаји) са повратном спрегом теку од нижих ка вишим нивоима.

### **2.3.2. Подела рада и структура делатности у железничком саобраћају**

Подела рада и специјализација представљају камен темељац у свакој организацији па и у оквиру железнице, где је диференцирање поделе рада извршено у основи на принципу:

- груписања активности на основу објеката (према предметима и средствима рада), и
- груписања активности на основу просторног разграничења.

Простор се овде испољава посебно са становишта развоја поделе рада по хоризонталној линији на тај начин што је даље извршена подела рада у оквиру основних делатности преко специјализованих организационих јединица (извршне јединице) које су просторно раздвојене али функционално међусобно повезане чврстим спрегама зависности у остваривању циљева. Из карактеристика техничких средстава рада и технолошког процеса превоза у железничком саобраћају који се обавља на

широком простору дејствовања настала је врло развијена подела рада по хоризонталној и вертикалној линији.

Полазећи од првог принципа диференцирања поделе рада – груписања активности по основу објеката тј. предметима рада и средствима рада што учествују у процесу железничке транспортне производње, имамо да предмет рада овде чине предмети транспортовања, а то су путници као субјекти превозења и пошиљке робе као објекти превозења, док средства рада за извршење превоза железницом, чине пруге, станице, и друге извршне јединице, путничка и теретна кола, вучна возила, возови, сигнално-сигурносни и телекомуникациони (SS-TK) уређаји, стабилна постројења електричне вуче (SPEV) и други уређаји и опрема у извршним јединицама на железничкој мрежи.

По том основу на железници су диференциране три следеће основне делатности и то:

- делатност превоза путника,
- делатност превоза робе и
- делатност железничке инфраструктуре.

На железници Србије на бази оваквог диференцирања основних делатности организована су и три самостална железничка предузећа и то:

- ❖ „Србија воз“ а.д., предузеће за превоз путника,
- ❖ „Србија карго“ а.д., предузеће за превоз робе и
- ❖ „Инфраструктура Железнице Србије“ а.д.

У целом сложеном комплексу производње превозних услуга у железничком саобраћају детаљнија основна подела рада по хоризонталној линији извршена је кроз диференцирање одређених ужих основних делатности према извршним службама у процесу рада. На тој бази основна подела рада извршена је по извршним службама [58] у оквиру следећих 8 ужих железничких основних делатности [59] са њиховим одговарајућим организационим јединицама како следи.

1) Делатност послова путничке комерцијалне службе, чија је основна функција да обавља комерцијални рад и организацију око пријема, смештаја, отпреме, и обезбеђења превоза путника од отпремних до упутних станица, возовима одређених врста и категорија у железничком путничком саобраћају.

Реализација задатака ове службе остварује се поделом рада између појединих станица и других службених места отворених за путнички саобраћај, као основних извршних јединица (првог-основног нивоа) у којима отпочиње и завршава се процес превозења путника на железници.

Организационе формације следећег вишег (другог) нивоа у овој делатности су Секције за превоз путника које обједињавају рад више станица за путнички саобраћај на одређеном територијалном подручју мреже железничких пруга.

Организациона формација следећег вишег (трећег) нивоа јесте Сектор за организацију путничког саобраћаја који кординира и обједињује рад свих секција за превоз путника на нивоу железничког предузећа за превоз путника.

2) Делатност послова транспортно-комерцијалне службе, чија је основна функција да обавља комерцијални рад и организацију рада око пријема и смештаја пошиљака робе у отпремним станицама, обезбеђење кола за утовар робе, њихове отпреме и обезбеђења превоза одређеним врстама возова из теретног саобраћаја, до упутних станица у којима ће извршити истовар кола и предаја пошиљака корисницима превоза. Реализација задатака ове службе остварује се поделом рада између појединих станица и других службених места отворених за превоз робе, и теретни саобраћај, као основних извршних јединица (првог-основног) нивоа у којима отпочиње и завршава се процес превозења робе железничким теретним саобраћајем.

Организационе формације следећег вишег (другог) нивоа су овој делатности су Секције за превоз робе које обједињавају рад више станица отворених за превоз робе на одређеном подручју мреже железничких пруга.

Организациона формација следећег вишег (трећег) нивоа јесте Сектор за организацију превоза робе који обједињава рад свих секција за превоз робе на нивоу железничког предузећа за превоз робе.

3) Делатност послова саобраћајне службе, чија је основна функција да организује целокупни рад извршења саобраћаја возова у погледу њиховог безбедног и редовног кретања при раду на прузи и у станицама уз координацију са радом свих осталих железничких извршних служби.

Реализација задатака ове службе остварује се заједничким суделовањем у извршењу саобраћаја свих међусобно ланчано повезаних станица на прузи, које представљају у основи извршне јединице (првог-основног нивоа) у којима отпочиње и завршава се вожња возова.

Организационе формације следећег вишег (другог) нивоа су Саобраћајне секције које обједињавају рад припадајућих станица на свом подручју, везан за озвршење саобраћаја свих возова.

Организациона формација следећег вишег (трећег) нивоа јесте Сектор за саобраћајне послове, који обједињава рад свих саобраћајних секција на нивоу железничког предузећа железничке инфраструктуре.

4) Делатност послова службе вуче возова, представља компоненту машинске делатности, која има задатак да обавља технички преглед и контролу исправности вучних возила, да врши њихову свакодневну негу, одржавање, намиривање (горивом, мазивом, песком, и др.), припрему и обезбеђење потребног броја исправних вучних возила и особа за њихово поседање у циљу обављања безбедне и уредне вуче возова на пругама и маневарског рада у станицама.

Организационе формације, које представљају службена места односно извршне јединице службе вуче су: локомотивски депои (који по својој функцији могу бити матични и обртни депои), локомотивске (деповске) испоставе,

локомотивске станице, станице за снабдевање погонским материјалом, електровучне подстанице, центри за даљинско управљање електро-вучом, и др. Организационе јединице у делатности послова вуче возова вишег (другог) нивоа су Секције за вучу возова које координирају рад више основних извршних јединица вуче на свом подручју и организују вучу возова на одређеним вучним реонима.

Организациона јединица следећег вишег (трећег) нивоа јесте Сектор за вучу возова, који обједињава и координира рад свих секција за вучу возова као територијалних јединица на нивоу железничких предузећа за превоз путника, односно робе.

5) Делатност послова техничко-колске службе (ТКС), је такође компонента машинске делатности, које има задатак да обавља надзор, контролу, технички преглед и преглед исправности путничких и теретних кола за рад у свим фазама процеса превозења и извршења саобраћаја возова у путничком и теретном саобраћају, као и да се стара о припреми и обезбеђењу расположивости кола постојећег путничког и теретног колског парка у исправном и за рад способном стању за потребе безбедног извршења превоза путника и робе.

Послови техничко-колске службе представљају заокружене технолошке целине те су њене основне организационе (извршне) јединице под називом контролно-прегледне станице фармиране у станицама локомотивских депоа, у већим утоварно-истоварним станицама, ранжирним, распоредним, радионичким и свим већим станицама на прузи.

Организационе извршне јединице првог (основног) нивоа у делатности техничко-колске службе су контролно-прегледне станице које имају своје извршне прегледне органе (прегледаче кола, надзорнике прегледача кола, и др.), чији је задатак да контролишу стање исправности кола и пошилака пре утовара, за време утовара и после истовара, као и у саставу одлазећих и долазећих возова односно код возова који пролазе (у транзиту) посматране станице.

Организационе јединице следећег вишег (другог) нивоа у делатности техничко-колске службе су Секције техничко-колске делатности које координирају рад више основних извршних јединица ове службе на одређеном подручју железничке мреже.

Организациона формација следећег вишег (трећег) нивоа јесте Сектор за техничко-колске послове, који обједињава и координира рад свих секција техничко-колске делатности као територијалних јединица на нивоу железничких предузећа за превоз путника односно робе.

б) Делатност послова службе за одржавање возних средстава (ЗОВС), представља компоненту машинске делатности, која има основну функцију да врши уредно одржавање железничких вучних возила и кола, тј. њихове текуће,

редовне (инвестиционе) и ванредне оправке, које им обезбеђују потребну способност за безбедан и редовит саобраћај возова.

Основне организационе извршне јединице првог (основног) нивоа у овој делатности су разне радионице специјализоване намене као што су радионице за оправку путничких и теретних кола, локомотива, моториних возова и других возних средстава, које су лоциране у одређеним тзв. радионичким станицама на железничкој мрежи.

Организационе јединице следећег вишег (другог) нивоа у овој делатности су Секције за одржавање возних средстава које координирају и обједињавају рад радионица за одржавање возних средстава на одређеном подручју железничке мреже.

Организациона формација следећег вишег (трећег) нивоа јесте Сектор за одржавање возних средстава који обједињава и координира рад свих секција за одржавање возних средстава као територијалних јединица на нивоу предузећа за превоз путника односно робе.

7) Делатност послова за одржавање пруга (ЗОП) представља компоненту грађевинске делатности, која има задатак да обавља технички преглед и контролу стања исправности пруге, пружних и станичних постројења и да их непрекидно одржава у исправном и за рад способном стању како би се саобраћај возова могао обављати безбедно и уредно. Пруге и станице и постројења у њима припадају средствима железничке инфраструктуре.

У ту сврху служба за одржавање пруга (ЗОП) организује радове на опходњи пруга, надзору, текућем и инвестиционом одржавању (тзв. капитални ремонти) постојећих пруга и пружних постројења разним машинама средстава ручне механизације и машинама за регулисање колосека и одржавање пруга.

Основне извршне јединице првог (основног) нивоа су пружне деонице, у оквиру којих је подела рада на одржавању пруга извршена на мање оперативне целине које се називају десетарске деонице (дужине 10-15 km пруга) са задатком извршавања потребних радова на текућем одржавању и оправци пруге за безбедан и уредан саобраћај возова.

Организационе јединице следећег вишег (другог) нивоа су Секције за одржавање пруга које координирају и обједињују рад свих пружних деоница са подручја припадајућих пруга и станица одређене секције ЗОП.

Организациона формација следећег вишег (трећег) нивоа јесте Сектор за грађевинске послове који врши координацију и обједињавање рада свих секција за одржавање пруга на читавој мрежи пруга у оквиру предузећа за железничку инфраструктуру.

8) Делатност послова службе електротехничке делатности (ЕТД) има задатак да одржава у исправном стању у циљу безбедног, редовног и економичног саобраћаја возова сва уграђена електротехничка постројења, са којима су опремљене пруге и станице, у које спадају:

- сигнално сигурносни уређаји (SSU),
- телекомуникациони уређаји (TKU) и
- стабилна постројења електричне вуче (SPEV) са контактном мрежом (KM) и осталим постројењима слабе и јаке струје.

Сви предходно наведени SS и TK уређаји постројења електричне вуче припадају средствима железничке инфраструктуре.

Основне организационе извршне јединице првог (основног) нивоа у области службе електротехничке делатности су мање оперативне целине (деонице пруга) разврстане према ужој подели рада у овој делатности као што су: деонице (SS уређаје, деонице TK уређаја, деонице KM и деоница слабе и јаке струје) на подручју припадајућих пруга и станица одређене секције електротехничке делатности. Организационе јединице следећег (другог) нивоа су Секције за електротехничке послове, које обједињавају и координирају рад свих деоница SS уређаја, деоница TK уређаја, деоница KM и деоница јаке и слабе струје на подручју припадајућих пруга и станица одређене секције електротехничке делатности.

Организациона формација следећег вишег (трећег) нивоа јесте Сектор за електротехничке послове, који врши координацију и обједињавање рада свих секција за електротехничке послове на читавој мрежи пруга и станица предузећа за железничку инфраструктуру.

### **2.3.3. Декомпозиција система железничког саобраћаја према основним стратумима описивања**

Из досадашњих излагања видели смо да комплекс железничког саобраћаја представља јединствену организациону целину са свим атрибутима система. На основу изнетих разматрања и познатих ставова теорије система можемо да кажемо да је железница велики и сложени систем због тога што га карактерише скуп великог броја разноврсних објеката и процеса са њиховим сложеним међусобним везама, што све заједно представља велики број координата у скуповима улаза, стања, управљања и излаза система у њиховој интеракцији са окружењем.

На бази изложених карактеристика железнице као система може се закључити да она представља велики и сложен систем железничког саобраћаја код кога се при његовом функционисању симултано одвијају многи процеси различите природе као што су: технички, технолошки, економски, информационо-управљачки, организациони и други процеси, у коме постоји одређени хијерархијски нивои структуре и односа између различитих аспеката посматрања природе тог система.

Приступ изучавању сложених система са више нивоа има за базу концепт разматрања хијерархијских структура којим се обухватају односи између различитих аспеката природе система. По том основу се може применити метод стратификације и декомпозиције у описивању и представљању система по коме се систем железничког

саобраћаја може декомпоновати [44] према познатим методама теорије система на његова 4 основна стратума (први, други, трећи и четврти стратум) – као делова односно подсистема стратификованог система железничког саобраћаја како је то приказано шематски на слици 6.

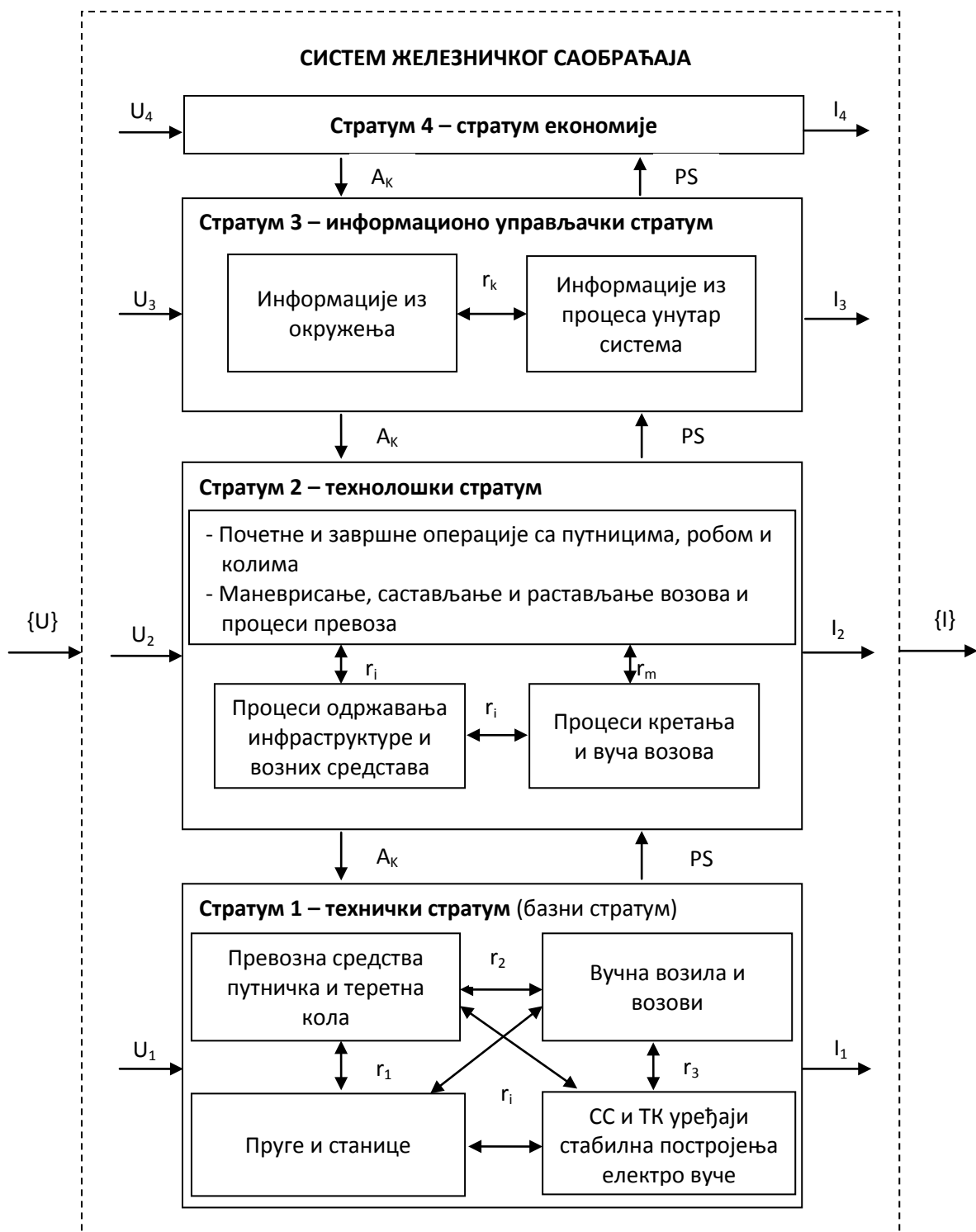
**Први стратум**, представља **технички стратум** чији су елементи мрежа пруга и станица, вучна возила и возови, превозна средства (кола), станице, SS и ТК уређаји, стабилна постројења електро вуче, и друга техничка постројења. Овај стратум представља базу за остваривање процеса рада и функционисање читавог система железничког саобраћаја, те се још назива и базни стратум. Преко њега железница се може посматрати као сложен технички систем.

**Други стратум**, представља **технолошки стратум** који обухвата укупан транспортни процес чији су елементи: пријем, отправљање и превоз путника, затим утовар и истовар робе у колима као почетне односно завршне операције процеса превоза, маневрисање са колима и возовима, ради утовара, истовара, формирања или расформирања возова, процес кретања и вуче возова као самосталних превозних јединица вишег реда, процеси одржавања инфраструктурних и возних средстава и други елементи. Преко овог стратума се железница може посматрати као сложен технолошки систем.

**Трећи стратум**, представља **стратум информација и управљања** чији су основни елементи информације из окружења и из транспортног процеса и управљања њиме, са одговарајућим повратним спрегама и акцијама управљања на различитим хијерархијским нивоима управљања. Преко овог стратума се железница може посматрати као сложен информационо-управљачки систем.

**Четврти стратум**, представља **стратум економије** који обухвата скуп разноврсних економских односа који владају у систему у погледу стицања, расподеле транспортних прихода, минимизирања трошкова и максимизирања добити, у пословној политици о погледу одржавања, модернизације и развоја железничког система и другим областима железничке саобраћајне економије. Целокупни рад у железничком систему заснива се на важећим принципима економије. Преко овог стратума се железница може посматрати као сложен економски систем.





Слика 6. Декомпоновање система железничког саобраћаја на основне стратуме његовог описивања

Назначене ознаке на слици 6. имају следећа значења:

$U_1, U_2, U_3, U_4$  – Скупови улаза одговарајућих стратума, а то могу бити енергија, путници и роба, информације у току превоза, трошкови и друго.

$I_1, I_2, I_3, I_4$  – Скупови излаза из одговарајућег стратума, а то могу бити карактеристике поузданости и сигурности средстава, безбедност саобраћаја, превозне услуге, квалитет превоза, цене превоза и друго.

$r_i, r_j, r_k$  – релације (међузависне везе) између елемената унутар стратума,

$U$  – Скуп улаза из окружења у систем железничког саобраћаја а то су захтеви и потребе за превозом, законски услови привређивања и друго.

$I$  – Скуп излаза из система железничког саобраћаја у окружењу а то је задовољење захтева за превозом (извршење превозних услуга) по обиму (количини) и квалитету превоза.

$PS$  – повратна спрега.

$A_u$  – акција управљања (интервенције-наредбе).

Везе између стратума су такве да је систем на посматраном стратуму подсистем на првом вишем стратуму, а овај представља подсистем на следећи стратум и тако редом. На бази ставова теорије система железницу можемо сматрати великим сложеним системом  $n$ -тог реда, који је компонован од бројних природних, техничких и организационих подсистема а ови од одређених елемената који су такође карактеристични по својој сложености, бројности њихових саставних компоненти и међусобних веза, те се и они као такви могу прогласити системима нижег реда ( $n-k$ ) у односу на основни систем железничког саобраћаја. Њени природни подсистеми су радници односно кадрови железнице, који се испољавају као биолошки системи. Технички подсистем се испољава кроз техничке карактеристике техничких средстава рада железнице.

#### **2.3.4. Синтеза специфичних карактеристика система железничког саобраћаја**

Из досадашњег излагања видели смо да комплекс железничког саобраћаја представља јединствену целину са свим обележјима система. На основу изнетих разматрања и познатих ставова теорије система можемо да кажемо да је железница велики и сложени систем због тога што га карактерише скуп великог броја разноврсних објеката и процеса са њиховим сложеним међусобним везама, што све заједно представља велики број координата у скуповима улаза, стања, управљања и излаза система у њиховој интеракцији са окружењем.

Осим тога може се закључити да систем железничког саобраћаја поседује и посебна обележја која се огледају у следећем:

- 1) Систем железничког саобраћаја је вишечлани сложен систем разгранате хоризонталне и вертикалне структуре.
- 2) Систем железничког саобраћаја је вишестепени сложен систем, изграђен на основама интегралне повезаности превозног процеса у оквиру свих својих основних делатности из којих се формира његова вишестепена пирамидална хијерархијска структура.

- 3) Систем железничког саобраћаја је вишедимензионални сложен систем који се испољава кроз просторно деловање свих његових организационих делова распоређених на географски великом подручју саобраћајне мреже, чије функционисање захтева просторно и временско синхорнизовање процеса рада.
- 4) Систем железничког саобраћаја је динамички систем обзиром да се његово стање и деловање мења у функцији простора и времена, а истовремено је подрвргнут низу спољних и унутрашњих утицаја те се сматра и стохастичким сложеним системом.
- 5) Систем железничког саобраћаја је вишефункционалан сложен систем јер се његова делатност разлаже на више функција као што су:
  - у организацији и обављању путничког саобраћаја,
  - у организацији и обављању робног (теретног) саобраћаја,
  - у организовању одржавања разноврсних инфраструктурних и возних средстава и
  - у организацији регулисања кретања возова и активном вршењу контроле безбедности железничког саобраћаја као и других пословних активности.

На бази постојећих карактеристика железнице као система може се закључити да она представља велики и сложен систем железничког саобраћаја код кога се при његовом функционисању симултано одвијају процеси различите природе као што су технички, технолошки, економски, информационо-управљачки, организациони и други процеси, у коме постоји одређени хијерархијски нивои структуре и односа између различитих аспеката посматрања природе система.

### 3. ВУЧНО ВОЗИЛО КАО СЛОЖЕНИ ТЕХНИЧКИ СИСТЕМ И ФУНКЦИЈЕ ЊЕГОВОГ ЦИЉА

Целокупна организација на железници са својим постројењима, средствима, организацијом и људством, било непосредно или посредно, усмерена је на то да возови саобраћају. То омогућава вуча возова употребом вучних возила.

Зато вучна возила у железничком систему представљају покретачку снагу која остварује саобраћај возова и тиме финални производ железничких превозних целина исказан оствареним нетонским километрима у саобраћају теретних возова, односно у оствареним путничким километрима у саобраћају путничких возова.

Један од главних фактора који утичу на остварене резултате у превозу путника и роба на железници јесте рационално коришћење вучних возила у путничком и теретном саобраћају.

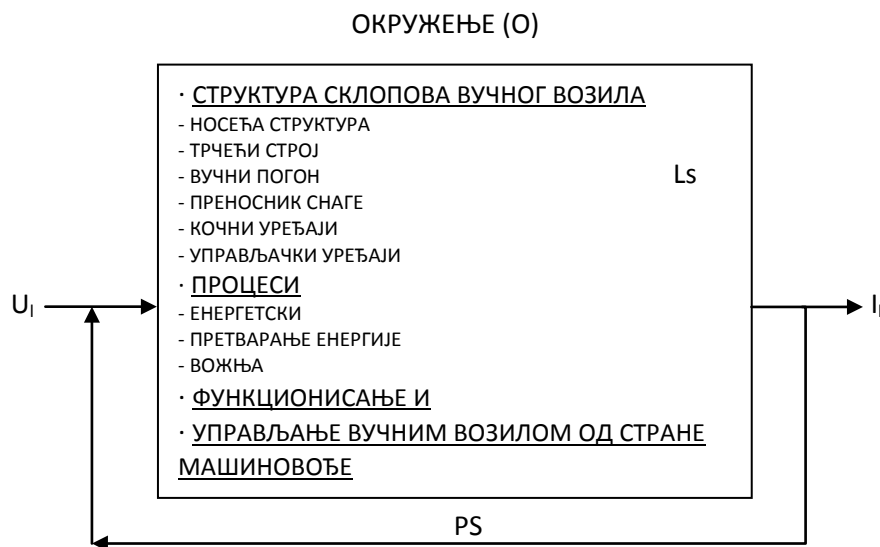
Добром организацијом коришћења вучних возила омогућава се извршење задате величине путничког и теретног саобраћаја са најмањим могућим бројем вучних возила и уз најмање трошкове.

Генерални циљ железничког система састоји се у томе да се саобраћај возова на мрежи пруга и станица обавља непрекидно, уредно, безбедно и економично, по унапред утврђеном реду вожње.

У остваривању тог циља једну од кључних улога имају вучна возила.

*Под појмом вучна возила* у железничком саобраћају подразумевају се погонска шинска возила која су снабдевена специјалним погонским моторима са задатком да стварају вучну силу помоћу које се сама покрећу а могу вући и друга шинска возила по колосеку на прузи. То се постиже претварањем топлотне и електричне енергије у вучним возилима у механички рад кретања које са манифестује котрљањем точкова шинских возила по шинама колосека пруге.

*Вучна возила* представљају систем [56] у ужем смислу тј. систем склопова са одређеним функционалним задатком. Упрошћени модел вучног возила посматрајући га као систем са одређеним задатком, можемо представити шемом на слици 7.



Слика 7. Упрошћени модел вучног возила као система

где је:

$L_s$  – систем склопова вучног возила (као објектом) са машиновођом као субјектом његовог управљања и њихових међусобних релацијских односа.

$U_1$  – скуп улазних величина у вучно возило (довод енергије, подешавање снаге, регулисање кретања) које се трансформишу на излазне величине.

$I_1$  – скуп излазних величина из система вучног возила које настају као резултат његовог функционисања (брзина, снага, вучна сила, покретање, убрзање, успорење, кочење и заустављање).

$PS$  – повратна информациона спрега као резултат управљања системом вучног возила и регулисања његовог рада и понашања у зависности од услова кретања на прузи.

Систем вучног возила ( $L_s$ ) састоји се од следећих основних склопова: носећег и трчећег строја вучног возила (обртна и друга постоља), носеће и заштитне конструкције (коју чини сандук вучног возила), претварач енергије (електричне и термичке у механички рад) при преносу снаге, кочиони уређаји, заштитно-сигурносна опрема и командно-регулациони и управљачки уређаји.

Под вучним возилима која се користе у железничком саобраћају подразумевају се локомотиве свих врста, затим моторна кола, моторни возови и друга вучна возила.

У садашњим условима развоја железничких возних средстава у свету и код нас најмасовније се употребљавају електрична и дизел вучна возила.

Вучна возила, свако за себе, представљају сложен технички систем састављен од великог броја различитих компонената, које се поред значајних разлика у зависности од врсте и типа вучног возила могу разврстати у следеће подсистеме: механички, термички, пнеуматски, електрични (односно хидраулични код дизел хидрауличних вучних возила) и кочни уређаји.

Функционисање вучног возила као техничког система условљено је правилним и исправним функционисањем свих његових саставних подсистема.

Вучно возило као технички систем је у ствари радни систем, који има задатак да претвара улазне у излазне величине у складу са потребама обављања одговарајућег рада.

Улазне величине за систем вучног возила у општем случају су: енергија и информације о условима вуче, а излазне величине су: снага, вучна сила, брзина, покретање, убрзање, успорење, кочење, заустављање и др.

За електрична вучна возила, улазне величине су:

- електрична енергија одређеног напона и довољне снаге,
- регулација напона и снаге за кретање и убрзање,
- регулација притиска ваздуха на кочионе папуче за кочење, односно успоравање и заустављање вучног возила.

За дизел вучна возила улазне величине су:

- енергија дизел горива одређеног квалитета,
- информације о програму и условима вожње,
- регулација снаге и броја обртања дизел мотора,
- регулација рада преносника снаге за одређене брзине и убрзање,
- регулација притиска ваздуха на кочионе папуче за кочење, односно успоравање и заустављање вучног возила.

Излазне величине за обе врсте (електрична и дизел електрична) вучна возила су:

- вучна сила вучног возила за савлађивање отпора кретања,
- брзина вучног возила за испуњење програма вуче,
- убрзање према програму вуче,
- покретање,
- заустављање,
- задовољавајући степен искоришћења система вуче и
- задовољавајући фактор снаге код електричних вучних возила.

Основни захтеви и циљеви који се постављају за вучна возила, почев од њихове производње, експлоатације и одржавања, усмерено је ка томе да се вучна возила што боље, што ефикасније и што дуже могу користити уз минималне трошкове експлоатације и одржавања, а да у њиховом веку трајања њихова дефектност, исказана бројем отказа, буде што мања.

### **3.1. Подела вучних возила по облику конструкције, врсти погонске енергије и намени**

Према конструкцији, облику и сврси употребе вучна возила која се користе у железничком саобраћају деле се на:

- локомотиве свих врста погона,
- моторна кола,

- моторне возове и
- шинобусе.

**Локомотиве** су вучна возила које искључиво врше вучу (превлачење) кола са путницима и робом у саставу путничких и теретних возова, имају само погонске уређаје без могућности смештаја путника пртљага и робе у свом простору. У погледу намене разликујемо локомотиве за путничке и брзе возове; локомотиве за теретни саобраћај; универзалне локомотиве (за путнички и теретни саобраћај) и маневарске локомотиве.

**Моторна кола** су вучна возила намењена искључиво за путнички саобраћај, која поред уређаја за погон имају још и простор за смештај путника и њиховог пртљага.

**Моторни возови** су посебна вучна возила, намењена искључиво за путнички саобраћај, која се састоје од једног или више моторних кола (М) између којих се налазе једна или више кола тзв. приколица (Р) за превоз путника са различитом конфигурацијом састава, као на пример што су троделни моторни возови састава М+Р+М или четвороделни састава М+Р+Р+М и другачијих састава (дводелна: М+М или М+Р) или вишеделна гарнитура моторних возова.

Моторни возови према врсти погона могу бити дизел-моторни или електромоторни возови.

**Шинобуси** су исто што и моторни возови са дизел мотором али су разврстани у посебну групу вучних возила због њихове лаке конструкције и намене за локални и приградски путнички саобраћај.

**Према врсти погонске енергије** са којом раде вучна возила се деле на:

- парна вучна возила (парне локомотиве),
- дизел вучна возила,
- турбо вучна возила и
- електрична вучна возила.

Рад сваке врсте вучног возила остварује се претварањем енергије у самом возилу у механички рад кретања (обртања) точкова погонских осовина.

Рад сваке врсте вучног возила остварује се на основу термотехничке енергије горива осим код електричних вучних возила која погонску енергију добијају из електричних централа.

**Парне локомотиве** се крећу под дејством притиска водене паре посредством клипне парне машине (или парне турбине), која добија потребну пару за свој рад из парног котла, који се налази у самој локомотиви.

Код парне локомотиве претварањем топлотне енергије у спољни рад вучне силе врши се у четири степена: гориво (угаљ) → сагоревање горива → водена пара → механички рад → спољни рад вучне силе.

**Дизел вучна возила** су возила која хемијску енергију дизел горива претварају помоћу дизел мотора у механички рад, а посредством одређеног преносника снаге преносе тај рад на обод точкова погонских осовина где се манифестује као вучна сила.

Дизел вучна возила користе течно гориво и крећу се под дејством гаса који се добија експлозијом запаљиве смеше течног горива (нафте) и ваздуха у самом цилиндру мотора са унутрашњим сагоревањем. Тако добијен механички рад у мотору преноси се даље, путем одговарајућих преносника снаге (који могу бити механички, електрични, хидраулички или хидромеханички) и тај се рад преноси на обод точкова погонских осовина где се манифестује као вучна сила.

Код дизел вучних возила процес претварања топлотне енергије у спољашњи рад вучне силе врши се у четири степена и то: дизел гориво→сагоревање горива и механичка енергија→преносник снаге→механичка енергија→спољни рад вучне силе.

Дизел вучна возила носе извор енергије (дизел гориво) у резервоарима на самом вучном возилу.

**Турбо-вучно возила** код којих је непосредни претварач погонске енергије у механички рад и непосредни покретач (мотор) гасна турбина. Гасна турбина представља у ствари топлотни мотор у коме се топлотна енергија, добијена процесом сагоревања горива, претвара у механички рад.

У турбинским моторима потенцијална енергија паре или гаса у почетку претвара се у кинетичку енергију истичуће струје (паре или гаса) а затим се та кинетичка енергија на лопатицама турбине претвара у користан рад.

Гасна турбина представља у ствари погонски мотор у којем се топлотна енергија добијена процесом сагоревања претвара у механички рад. За разлику од клипне машине гасна турбина представља мотор са лопатицама.

Вратило гасне турбине повезано је еластичном спојницом са турбокомпресором а он преко редуктора са електричним генератором. Створена снага у гасној турбини предаје се турбокомпресору и електричном генератору. Створена електрична енергија одводи се на вучне електромоторе за погон вучног возила. Код ове врсте вучних возила претварање топлотне енергије у спољни рад вучне силе врши се шестостепено: течно гориво → сагоревање → гас → механичка енергија → електрична енергија → механичка енергија → спољни рад вучне силе.

**Електрична вучна возила** – крећу се под дејством електричне енергије. Ова енергија може да буде произведена у електричној термо или хидроцентрали. Електроенергија се доводи у вучно возило преко далековода, електро-вучних подстанци и контактних електричних водова изнад железничке пруге. Поред електричних возила која добијају електричну енергију изван постоје и електрична возила са аутономним извором енергије – путем електричних акумулатора који су инсталирани на самом вучном возилу.



Електрична вучна возила користе готову висококвалитетну енергију из термо или хидроелектричних централа.

Основне карактеристике електричних вучних возила су:

- што процес претварања изворне енергије у механички рад, који се обавља на два раздвојена места и то: први пут у електричној централли и други пут на самом вучном возилу.

*Из електричних хидроцентрала* енергија се у рад вучне силе претвара у четири степена: енергија воде→механичка енергија→електрична енергија→механичка енергија→спољни рад вучне силе.

*Из термоелектричних централа* енергија се у рад вучне силе претвара сложенијим путем, у шест степени: гориво (угаљ, мазут)→сагоревање→водена пара→механичка енергија→електрична енергија→механичка енергија→спољни рад вучне силе.

### **3.2. Дефинисање структуре састава железничких вучних возила**

Познато је да се за потребе вуче возова на железници користе различите врсте железничких вучних возила, где спадају локомотиве свих врста, моторна кола и моторни возови и сва имају исти задатак – да производе потребну вучну силу за вучу возова.

У основи свако вучно возило, без обзира на врсту, представља сложен технички систем који се састоји из више конструкционих склопова састављених из одређених делова и компоненти, међусобно спојених на одговарајући начин, као посебних конструкционих и функционалних целина за одређену намену, а то су: механички склоп вучног возила и склоп вучног погона вучног возила.

Како се свако вучно возило састоји из већег броја саставних делова, а сви се они начелно могу груписати у два основна склопа који идентификују њихове основне функционалне целине, а то су: *механички склоп* који чини носећу структуру вучног возила и *склоп вучног погона*, који чини погонску структуру вучног возила.

- 1) *Механички склоп вучног возила* - обухвата све оне његове механичке елементе и делове који га обликују и карактеришу као и свако друго железничко шинско возило способно за кретање колосеком пруге, и
- 2) *Склоп вучног погона вучног возила* – обухвата све оне његове елементе и делове који га карактеришу као железничко шинско вучно возило способно да произведе вучну силу којом ће вући воз по прузи.

Оба ова склопа вучног возила заједно чине једну јединствену конструкциону и функционалну целину са обележјима сложеног техничког система који омогућава генерисање одређених функција које се захтевају од вучног возила.

Тако дефинисано вучно возило као сложен технички систем окарактерисано је следећим главним обележјима:

- структуром својих саставних елемената и њиховим међусобним везама,
- својим улазним и излазним величинама,
- процесима свог рада и функционисања,
- управљањем и
- циљевима које треба да оствари вучно возило као систем.

Позната је чињеница да основни принцип кретања код вучних возила класичних система железничке вуче (на принципу адхезије), јесте принцип обртања, које обухвата окретање њихових осовина смештених у осовинским лежајевима уз истовремено окретање њихових точкова, које се претвара у котрљање точкова по шинама колосека под утицајем снаге погонских мотора, који су повезани са осовинским склоповима преко одговарајућег преносника снаге.

Основне конструкционе и функционалне целине са главним деловима механичког склопа и склопа вучног погона на пример код електричних и дизел електричних локомотива, приказане су на сликама 8. и 9. на којима је дата декомпозиција главних структурних делова са њиховом функционалном повезаношћу у склопу вучног погона.

*Основу носеће структуре* код свих врста вучних возила чини њихов механички склоп, који их карактерише као свако шинско возило, где спадају следећи главни делови:

- 1) сандук вучног возила са управљачницама као горњи склоп вучног возила;
- 2) постоље (главни носећи рам) вучног возила на коме је постављен (причвршћен) сандук вучног возила;
- 3) котрљајући склоп (трчећи строј) вучног возила који се састоји од осовинских склопова, погонских вратила, гибњева и других везних елемената који су код савремених конструкција уграђени у обртним постољима. Котрљајући склоп (тзв. трчећи строј), заједно са носећим рамом, чини функционалну и конструкциону целину под називом – возно постоље, које представља тзв. доњи склоп вучног возила на коме је постављен и причвршћен сандук вучног возила;
- 4) елементи огибљења и везни елементи за међусобно повезивање и огибљавање делова трчећег склопа, постоља и сандука вучног возила;
- 5) елементи кочних уређаја и
- 6) вучни и одбојнички уређаји вучног возила.

Функционалне и конструкционе целине носеће и погонске структуре електричних и дизел електричних локомотива, биће описано у наредном поглављу

### **3.2.1. Елементи носеће и погонске структуре код електричних вучних возила**

За разумевање функционисања вучног погона електр вучних возила, неопходно је познавање њихових електричних и механичких делова.

Свако електрично вучно возило представља конструкциону и функционалну целину коју чине делови њиховог механичког и електричног дела, повезаних међусобно у механичким и електричним спрегама.

Електрични делови и одговарајуће електричне инсталације служе за одузимање електричне енергије са контактне вода, за регулисање електричних величина (напона, струје, снаге) и њихових функционално зависних електромеханичких величина (брзине, вучне силе, момента), као и за развођење електричне енергије до вучних мотора и осталих потрошача (помоћних погона и струјних кола за команду, сигнализацију и мерење).

**У главне електричне делове електричних вучних возила спадају [17]:**

- пантограф,
- кровни високонапонски развод,
- главни прекидач,
- пренапонски одводник,
- трансформатори,
- исправљачи струје,
- вучни електромотори,
- уређаји за регулацију брзине,
- уређаји за промену смера вожње,
- опрема електричног кочења,
- помоћне електричне машине и уређаји,
- електрична опрема за управљање, регулацију, заштиту, контролу и сигнализацију и
- електрична инсталација главних и помоћних струјних кругова.

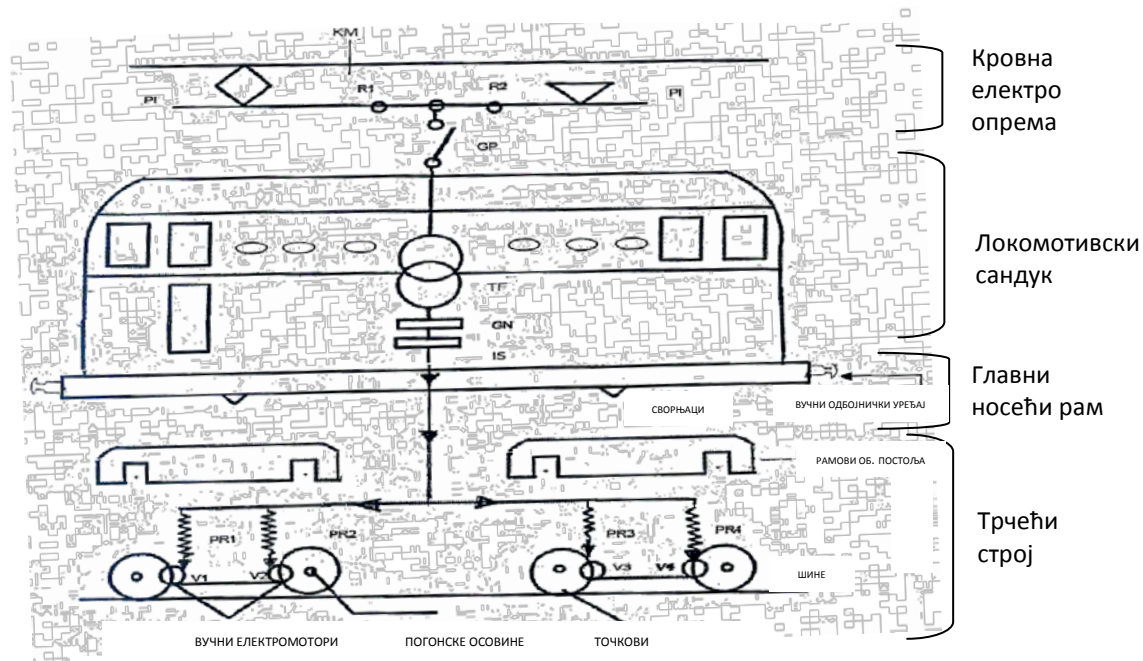
**У главне механичке склопове (носећу структуру електровучних возила) спадају:**

- осовински склопови,
- обртна постоља са елементима преноса снаге (систем зупчаника, еластичних веза и др.) и елементи првог и другог степена огибљења,
- сандук вучног возила са главним носећим рамом и управљачницима као и одељење за смештај опреме (машински простор),
- помоћне машине (пумпе, компресори, вентилатори),
- кочнице и
- вучна и одбојна опрема.

У електровучна возила на железници Србије спадају електромоторни возови и електричне локомотиве и припадају монофазном систему вуче 25 kV, 50 Hz. Електромоторни возови су четвороделни конфигурације: М+Р+Р+М; - што подразумева да се на челу и крају једне гарнитуре налазе по једна моторна кола (М), а у средини се налазе две приколице (Р+Р). Сва возила у саставу гарнитуре су четвороосовинска са два обртна постоља у којима су уграђене по две осовине у раму

обртног постоља. Електромоторни возови којима располажу железнице Србије носе серијску ознаку: 412.

На слици 8. приказани су главни елементи носеће и погонске структуре и њихов распоред код електровучних возила на примеру за четвороосовинску монофазну локомотиву.



Слика 8. Декомпозиција основног структурног састава механичког и електричног склопа код четвороосовинских монофазних електро локомотива

Ознаке на слици 8. имају следећа значења:  $K_M$  – контактна мрежа;  $P_1$  – пантограф;  $R_1$  и  $R_2$  – растављачи;  $GP$  – главни прекидач;  $TF$  – главни вучни трансформатор;  $GN$  – градуатор напона;  $IS$  – исправљач струје;  $P_R$  – пригушнице;  $V_{1,2,3,4}$  – вучни електромотори у спрези са погонским осовинама и реакцијом њихових погонских точкова.

Код електро вучних возила преносник снаге обухвата све претвараче енергије за вучу који се налазе између напојног вода контактне мреже и осовинских склопова. То значи да преноснику снаге поред вучних електромотора, припадају још у вучни претварачи (вучни трансформатор, исправљач струје, пригушница) и осовински преносници, као што се види на слици 8.

Вучни мотори ( $V_1, V_2, V_3, V_4$ ) добијају електричну енергију из диодних исправљача (силицијумске диоде или тиристори) [17].

Промена напона напајања вучних мотора остварује се преко степенастог бирача (градуатора) напона ( $GN$ ) који се налази на склопу главног трансформатора ( $TF$ ).

Код монофазних вучних возила, преносник снаге сачињавају следећи елементи:

- главни електровучни трансформатор са степенастим прекидачем (градуатором напона  $GN$ ),

- исправљачи струје,
- пригушнице,
- вучни електромотори за усмерену валовиту струју и
- осовински преносници

Код наших монофазних електричних вучних возила у примени је преносник снаге са диодним или тиристорским исправљачима и вучним моторима за усмерену валовиту струју.

Пренос електричне снаге код монофазних електричних вучних возила је тзв. наизменично-једносмерног типа који се обавља тако што се из напојног вода контактне мреже под једнофазним напоном 25 kV; 50 Hz, електрична енергија преко пантографа доводи на вучно возило преко главног прекидача (GP) и уводи у главни вучни трансформатор (TF) на његов примарни намотај.

Главни трансформатор примарни напон снижава на разне секундарне напоне за различите намене на вучном возилу (за вучни погон, помоћне уређаје, грејање воза, и др).

Монофазне електричне локомотиве, којима располажу железнице Србије су разврстане у оквиру три серије, а то су серије 441, 444 и 461.

Локомотиве серије 441 и 444 су четвороосовинске локомотиве са два обртна постоља, имају по четири погонска редна електровучна мотора за усмерену валовиту струју, код којих свака осовина има свој погонски електровучни мотор.

Локомотиве серије 461 су шестоосовинске локомотиве са по три погонске осовине распоређене у сваком обртном постољу код којих свака погонска осовина има свој погонски електровучни мотор за усмерену валовиту струју, дакле, укупно 6 електровучних мотора.

Исправљање наизменичне струје у усмерену валовиту струју код локомотива 441 и 461 врши се диодама, а код локомотива 444 помоћу тиристора па се зато те локомотиве називају тиристорске локомотиве.

Анализирајући структуру склопова монофазних електричних локомотива, можемо расчланити на **једанаест** следећих функционалних целина (основних склопова) са њиховим главним припадајућим деловима и одговарајућим поузданостима као на примеру локомотиве серије 441, а то су:

1) КЕО – склоп електричне високонапонске кровне опреме електролокомотиве, који се састоји из следећих саставних делова:

$P_1$  – пантографа локомотиве,

$G_r$  - главних растављача,

$G_p$  - главног прекидача, и

$O_p$  – одводника пренапона

2) ЕКО – склоп вучне опреме, који се састоји из следећих његових делова:

TF – главног вучног трансформатора,

GN – степенастог прекидача (градуатора напона),

IS – исправљача струје (диоде, тиристори), и

$P_{gp}$  – главних пригушница.

3)  $VP_{tps}$  – склоп елемената вучног погона који обухвата следеће саставне делове:

$P_r$  – пригушнице,

M – електровучне моторе, и

$O_r$  – осовинске преноснике (редукторе).

4) UPP – склоп уређаја помоћног погона електролокомотиве, који се састоји из следећих саставних делова:

VE – вентилатора за хлађење вучних мотора, исправљача, отпорничке кочнице и друге опреме,

KZ – кондензатора,

UP – уљних пумпи, и

AKB – акумулаторских батерија.

5) EPA – склоп групе електричних и електропнеуматских апарата електролокомотиве састоји се из следећих основних делова

UKO – управљачких контролера,

PKO – пнеуматских контактора,

MKO – електромагнетских контактора,

MSV – мењача смера вожње, и

SPP – блок отпорника за слабљење поља побуде.

6) SUL – склоп групе мерних и сигурносних уређаја електролокомотиве састоји се из следећих главних елемената:

VM – волтметри,

AM – амперметри,

ASU – ауто стоп уређај,

BRZ – брзиномерни уређај,

SZU – сигнално-звучни уређаји, и

BU – уређај будника.

7) VKL – склоп уређаја пнеуматских инсталација и ваздушне кочнице електро - локомотиве и ваздушне кочнице састоји се из следећих главних елемената:

GKOM – главног компресора и резервоара,

PKOM – помоћног компресора,

VRZ – ваздушних резервоара и водова,

KČC – кочних цилиндара ваздушне кочнице,

DKOČ – кочника директне кочнице,

IDKOČ – кочника индиректне кочнице,

RAS – распоредника, и

MVK – мењача врсте кочења.

8) KRU – склоп командно-регулационих и управљачких уређаја електролокомотиве који се састоји из следећих главних елемената

MAN – уређаја манипулатора за командовање режимом вуче и кочења,

KSV – контролера смера вожње,

KTK – контактора вуче и кочења,

KOČL – кочника локомотиве, и

IKT – инструмената контролне табле.

9) NS - склоп носеће структуре електролокомотиве који се састоји из следећих главних елемената њене конструкције коју чине:

LS – локомотивски сандук, и

F – главни носећи рам локомотиве.

10) HD - трчећи склоп - ходни део електролокомотиве састоји се из следећих његових главних саставних делова:

LOS – локомотивских осовина,

LTOČ – локомотивских точкава,

ROP – рамова обртних постоља, и

OGV – огибљења и везних елемената за повезивање механичких склопова локомотиве.

11) VOU – склоп вучно-одбојних уређаја електролокомотиве састоји се из следећих главних делова:

VK – вучне куке,

KV – квачила, и

ODB – одбојника.

### 3.2.2. Елементи носеће и погонске структуре код дизел вучних возила

Дизел вучна возила представљају јединствену конструкциону и функционалну целину коју чине делови њихове носеће (механичке) структуре и њихове погонске структуре (вучног погона), чијим се функционисањем ствара потребна вучна сила.

У главне елементе носеће структуре дизел вучних возила спадају:

- сандук дизел вучног возила,
- главни носећи рам (постоље) на коме је постављен и причвршћен сандук вучног возила,
- обртна постоља са уграђеним рамовима и осовинским склоповима, која представљају кретни (ходни) део вучног возила по колосеку, на коме је постављен главни носећи рам са сандуком вучног возила,
- осовински склопови (осовине са точковима) као извршни делови кретног дела (тзв. трчећег строја) вучног возила за непосредну везу и његово кретање по колосеку, са којима је повезан сандук вучног возила посредно преко уграђених обртних постоља или директно код дизел вучних возила без обртних постоља,
- елементи огибљења и веза сандука са обртним постољима и осовинским склоповима,
- елементи кочних уређаја и
- елементи вучних и одбојничких уређаја (вучна кука, квачила и одбојници).

За погон и кретање дизел вучних возила мора се уградити између дизел мотора и погонских осовина одговарајући преносник снаге.

Главне елементе вучног погона код дизел вучних возила представљају следећи основни делови:

- 1) Дизел мотор (D) као главни погонски мотор, са својим помоћним системима.
- 2) Главна спојница, одређеног типа (фрикциона, хидраулична, еластична,) која спаја (повезује) дизел мотор са одређеним преносником снаге.
- 3) Преносник снаге одређеног типа, са елементима који улазе у његов састав, који повезује дизел мотор преко осовинског преносника, са погонским осовинама и врши пренос обртног момента, а тиме и снаге дизел мотора на точкове погонских осовина чиме се остварује њихово обртање, односно кретање по шинама колосека, посредстваом процеса адхезије, и
- 4) Погонске осовине (вратила) са точковима на дизел вучним возилима.

У примени, на дизел вучним возилима су најчашће следеће врсте преносника снаге и то: 1) механички, 2) хидраулични, 3) електрични и 4) комбиновани преносници снаге који представљају комбинацију претходно три наведена.



I. Механички преносници снаге примењују се код дизел вучних возила мање снаге до 250 kW и таква вучна возила – називају се дизел механичка дизел вучна возила (као што су на пример шинобуси).

Механички преносници снаге на дизел вучним возилима састоје се од следећих основних делова: 1) главна спојница (тзв. квачило), 2) механички мењач обртног момента, 3) мењач смера кретања, 4) карданска вратила, 5) осовински преносни (спрегнути зупчасти пар) и 6) погонске осовине са точковима вучних возила које су спрегнуте са осовинским преносником.

II. Хидраулички преносници снаге (могу бити хидростатички и хидродинамички), примењују се код дизел вучних возила средње снаге до 1000 kW и таква вучна возила се називају дизел хидраулична вучна возила. Хидраулични преносник снаге на дизел вучним возилима састоје се из следећих основних делова: 1) карданских вратила, 2) хидраулични мењач обртног момента, 3) мењач смера вожње, 4) осовинских преносника и 5) погонских осовина са точковима вучног возила.

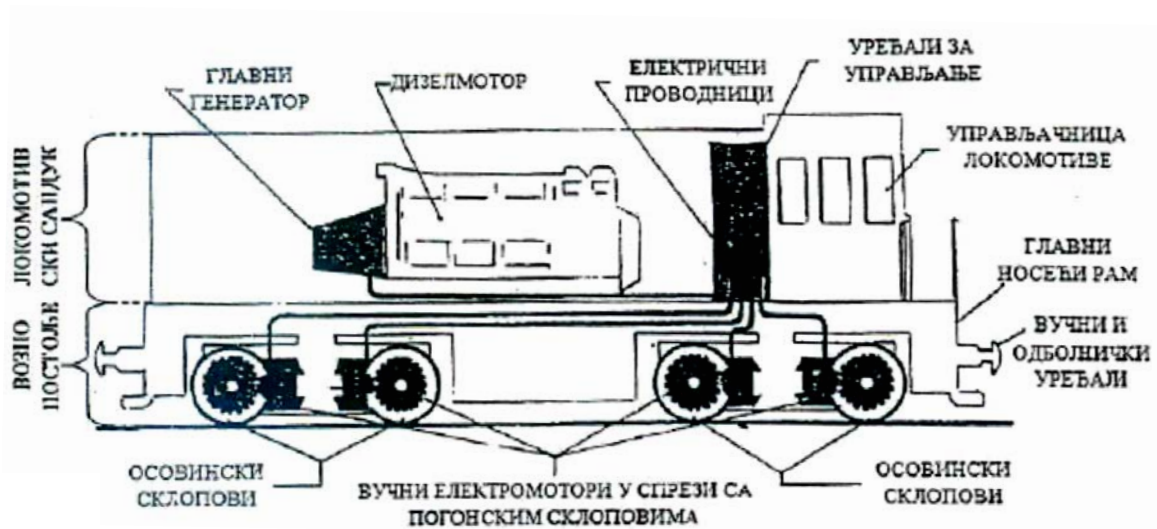
III. Електрични преносник снаге примењује се код дизел вучних возила великих снага (од 1500 kW па и више) и таква вучна возила се називају дизел-електрична вучна возила. Постоје три основна типа електричних преносника снаге на дизел вучним возилима:

- а) једносмерно-једносмерни преносник,
- б) наизменично-једносмерни преносник и
- в) наизменично-наизменични преносник.

Електрични преносници снаге на дизел вучним возилима састоје се из следећих основних делова: 1) главне еластичне спојнице, 2) главног електричног генератора одређеног типа, 3) електровучних мотора одређеног типа, 4) електричних проводника за провод електричне енергије, 5) регулатора рада дизел мотора, 6) регулатора рада главног генератора и 7) регулационог уређаја рада преносника снаге.

Вучни парк дизел вучних возила на железници Србије обухвата скуп свих дизел локомотива којих има 11 различитих серија од којих 9 серија припада групи дизел електричних локомотива (има их око 95%) међу којима су најбројније дизел електричне локомотиве серије 661 (има их око 1/3 укупног броја свих дизел локомотива) и малог броја дизел хидрауличних локомотива (око 3% од укупног броја свих дизел локомотива) распоређених у две различите серије као и скуп свих дизел-хидрауличних моторних возова са три различите серије, и на крају дизел моторни возови са механичким преносником снаге, тзв. шинобуси који су најбројнији (има их око 42% у укупном броју дизел моторних возова).

На слици 9. приказани су главни елементи склопова носеће и погонске структуре једне четороосовинске дизел електричне локомотиве [14].



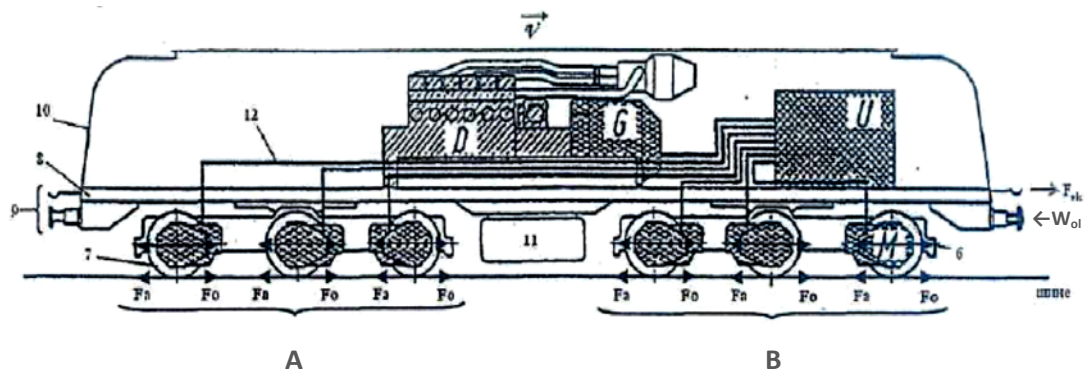
Извор: [14]

Слика 9. Декомпозиција структурних елемената склопова носеће (механичке) и погонске структуре (вучног погона) код дизел електричне локомотиве

Код дизел електричних вучних возила, преносник снаге обухвата све уграђене елементе који учествују у преносу и претварању енергије, између главног дизел мотора као примарног погонског мотора, преко главног електричног генератора електровучних мотора и осовинских преносника до тачкова погонских осовина на дизел вучним возилима, као што се види са слике 10.

Дизел вучна возила термо-хемијску енергију претварају у механички рад помоћу дизел мотора, а посредством преносника снаге тај рад преносе на обод погонских тачкова, где се манифестује посредством процеса адхезије као вучна сила ( $F_0$ ) – на ободу погонских тачкова, која се у крајњем резултату преноси на вучну куку и дејствује као сила на вучној куки вучног возила ( $F_{vk}$ ) - која вуче воз.

Детаљнији преглед распореда и положаја главних делова носеће и погонске структуре код дизел-електричних локомотива серије 661, као најбројније у вучном парку дизел локомотива и уопште дизел вучних возила на железници Србије приказан осмишљеном шемом [47] је на следећој слици 10.



Слика 10. Распоред главних делова носеће структуре и структуре вучног погона код шестоосовинских дизелелектричних локомотива серије 661 и њихових основних вучних параметара

Ознаке на слици 10. имају следећа значења:

- 1) D – дизел мотор, као примарни погонски мотор локомотиве
- 2) G – главни електрични генератор
- 3) M – вучни електромотори
- 4) U – управљачки уређај (командно-регулациони уређаји) локомотиве
- 5) A и B – обртна постоља локомотиве, свако са по три погонска осовинска склопа
- 6) рам обртног постоља
- 7) точкови на погонским осовинама
- 8) постоље – главни носећи рам локомотиве
- 9) вучни и одбојнички уређаји локомотиве
- 10) локомотивски сандук
- 11) резервоар за дизел гориво
- 12) каблови за провод електричне енергије
- 13)  $F_a$  – адхезиона вучна сила на месту додира „точак-шина“
- 14)  $F_o$  – вучна сила на ободу точкова погонских осовина (мора бити испуњен основни услов вуче да је  $F_o < F_a$ )
- 15)  $F_{vk} = \sum F_o - W_{ol}$  – сумарна вучна сила (на вучној куки локомотиве) која вуче воз
- 16)  $W_{ol}$  – укупни основни отпор локомотиве

Локомотиве серије 661 су локомотиве са 6 (шест) уграђених осовина и све су погонске, које су распоређене у два обртна постоља са по три погонске осовине у обртном постољу, код којих свака погонска осовина има свој погонски електровучни мотор за једносмерну струју, дакле укупно шест електровучних мотора. За пренос снаге од дизел мотора у вучном погону уграђен је електрични тзв. једносмерно-једносмерни преносник снаге у оквиру, којег је уграђен и један главни електрични

генератор (G) једносмерне струје из којег се електровучни мотори напајају једносмерном струјом.

За дефинисање и одређивање експлоатационе поузданости и расположивости рада дизел-електричне локомотиве серије 661 коју посматрамо као посебан технички систем, потребно је извршити њено расчлањивање на неколико основних функционалних склопова, подсклопова и њихових главних делова чија се функционална повезаност налази у редној вези као што је приказано на сликама 9 и 10.

У том погледу, локомотива 661, као и остале дизел-електричне локомотиве може се расчланити на **седам** основних склопова са њиховим припадајућим деловима, и то:

1. *Склоп носеће структуре (NS)* који обухвата следеће делове од виталног значаја:
  - S - локомотивски сандук
  - F- главни носећи рам (фрем) локомотивског сандука
2. *Трчећи склоп - ходни део локомотиве (HD)* који обухвата следеће делове од виталног значаја:
  - Los - локомотивске осовине
  - Ltoč - локомотивске точкове
  - Lrop - рамови обртног постоља
  - Logv - огибљење и везни елементи за повезивање механичких склопова локомотиве
3. *Склоп вучног погона (VP)* локомотиве који обухвата следеће делове од виталног значаја:
  - D - дизел мотор са својим помоћним уређајима (системима)
  - G - главни електрични генератор једносмерне струје
  - Ek - електрична опрема и каблови за пренос електричне енергије на локомотиви
  - Me - вучни електрични мотори једносмерне струје
  - Og - осовински преносници
4. *Склоп кочног система (K)* који обухвата следеће виталне делове:
  - Kom – главни компресор за производњу збијеног ваздуха
  - Uvk - уређај ваздушне кочнице
  - KmeH - уређај кочионог механизма
5. *Вучно-одбојни уређаји (VOU)* који обухватају следеће виталне делове:
  - VK - вучну куку
  - KV - квачила
  - ODB - одбојнике

6. *Командно-регулационе и управљачке уређаје (KRU)* који обухватају следеће виталне уређаје:

- $K_{o\dot{e}l}$  - кочник локомотиве
- $R_{dm}$  - регулатор рада дизел мотора
- $R_{eg}$  - регулатор рада главног електричног генератора и вучних мотора једносмерне струје

7. *Уређаје помоћних погона код локомотива (PP)* који обухватају следеће виталне уређаје:

- PG - помоћни генератор електричне струје
- VE - вентилаторе

### **3.2.3. Основне техничко-експлоатационе карактеристике и функције циља које треба да остваре вучна возила**

Основне техничко-експлоатационе карактеристике вучних возила преко којих се врши сагледавање њихових вучних способности су следеће:

- 1) укупна маса вучног возила  $L(t)$ ,
- 2) укупан број осовина вучног возила ( $n_{or}$ ),
- 3) број погонских осовина вучног возила ( $n_{po}$ ),
- 4) укупна дужина вучног возила  $l_{vv}(m)$ ,
- 5) осовинско оптерећење масе вучног возила  $p_o(t/o)$ ,
- 6) оптерећење масе по дужном метру вучног возила  $p_m(t/m)$ ,
- 7)  $V[km/h]$  – способност вучног возила за највећу брзину кретања коју дозвољава његова конструкција,
- 8) укупна инсталирана снага вучног возила  $P[kW]$ ,
- 9) број и врсте уграђених погонских мотора вучног возила,
- 10) номинална снага код погонских мотора вучних возила  $P_m[kW]$ ,
- 11) врста и тип уграђеног преносника снаге код вучног возила,
- 12) укупни и парцијални преносни односи у преноснику снаге вучног возила,
- 13) адхезиона маса вучног возила  $L_a(t)$ ,
- 14) укупни основни отпор вучног возила  $W_{oi}(daN) = L \cdot w_{oi}(daN)$ ,
- 15) основни секундарни отпор вучног возила  $w_{oi}(daN)$
- 16) адхезиона сила вучног возила  $F_a(daN) = L_a \cdot g (daN)$ ,
- 17) номималма вуча силе вучног возила  $F_v(daN)$ ,
- 18) кочна сила вучног возила  $B_k(daN)$ ,
- 19) вучни пасош тј. вучна карактеристика вучног возила у реалним условима експлоатације.

Свако вучно возило као погонски део код возова представља технички систем који има за циљ да реализује следеће главне задатке [36], односно функције:

- 1) да генерише потребну вучну силу –  $F_v[N]$  на својој вучној куки (квачилу) како би била способна да вуче масу композиције одређеног воза на одређеној пружи;
- 2) да произведе потребну кочну силу –  $B_k[N]$  довољни за кочење воза и довољну за заустављање самог вучног возила и воза на било ком месту на пружи;
- 3) да оствари команду за регулисање кочења воза променом ваздушног притиска у главном ваздушном воду воза;
- 4) да оствари потребну брзину кретања, односно убрзања и успорења воза на пружи.

Поред напред наведених функција постоје и додатне функције које треба да оствари вучно возило код воза, као што су:

- 1) грејање воза,
- 2) одавање прописаних звучних (чујних) сигнала,
- 3) одавање одређених видних (светлосних) сигнала.

Вучно возило као технички систем делује у додиру са следећим системима и то:

- са шинама колосека као физичкој основи по којој се креће и
- са путничким колима и приколицама и теретним колима у саставу композиција путничких и теретних возова.

Границе вучног возила према овим системима су веома очигледне.

*Границу вучног возила према колосеку чине његови осовински склопови (точкови са осовинама).*

*Границу вучног возила према возној композицији чине његови вучно-одбојнички уређаји као и полуспојке за међусобно повезивање кола и њихових ваздушних водова у возовима.*

Да би брзина вучног возила остварила задате захтеве у погледу вучних способности морају имати висок ниво поузданости и расположивости рада о чему ће се више рећи у наредном излагању овог рада.

### **3.3. Дефинисање модела експлоатационе поузданости и расположивости рада вучних возила са аспекта њихове експлоатације и одржавања**

#### **3.3.1. Основне теоријске поставке, дефинисање и разјашњење појмова везаних за поузданост и расположивост рада вучних возила**

У раду и функционисању железничког саобраћаја потребно је да се остварује висок ниво поузданости и расположивост рада вучног парка чије елементе представљају вучна возила у његовом саставу, што представља основни предуслов

уредног и безбедног функционисања саобраћаја возова на одређеној железничкој саобраћајној мрежи.

Када се третира питање поузданости и расположивости рада вучних возила, најпогодније је вучни парк третирати као техничко-технолошки систем, чије елементе чини свако припадајуће вучно возило као његов подсистем или засебан систем нижег реда који има своју структуру и функционисање, сопствене улазе, излазе и функцију циља у простору и времену.

Вучна возила за вршење функције свог циља у одређеном времену и простору морају имати потпуну радну способност која се исказује кроз њихову готовост, поузданост и функционалну подобност.

За појам расположивости рада везани су још и појмови кварова, односно отказа, поузданости, вероватноће и други појмови који се сусрећу у теорији логистичког инжињерства.

Филозофија основних поставки поузданости и расположивости рада у железничком систему везана је за учесталост отказа односно кварова у раду система. То подразумева да систем који претендује да поседује карактеристике високог нивоа поузданости и расположивости рада мора да функционише са радом у потпуно исправном стању свих његових елемената.

У проучавању поузданости и расположивости рада вучних возила, **квар** је врло важна појава чије узроке настанка треба свестрано изучити како би се елиминисало њихово наступање.

Но, најпре је потребно дати дефиниције о појмовима квара, функцији поузданости, стању поузданог и непоузданог рада система, расположивости рада и другим обележјима система.

У теорији и поузданости рада система најчешће се сусрећу следећи појмови.

1. *Квар* је престанак способности неког техничког средства, односно система, као што је на пример, вучно возило, да обавља своју захтевану функцију.

Тренутак појаве квара или време рада између кварова код техничких средстава су догађаји случајног карактера. Случајни карактер догађаја појаве квара указује на могућност коришћења апарата рачуна вероватноће и математичке статистике у решавању проблема поузданости и расположивости рада техничких средстава.

Одређено техничко средство у току свог радног века може се окарактерисати већим бројем стања, зависно од тога колико оно, односно његови саставни делови постижу своје радне карактеристике. Међу тим стањима могу се разликовати два гранична стања, а то су:

- стање квара (неисправности) и
- стање исправности (исправног рада).

Када су у питању вучна возила, у железничкој теорији и пракси, према прописима важећих правилника разликују се појмови квар вучног возила и дефект вучног возила.

*Квар вучног возила* је престанак способности неког дела на вучном возилу да извршава своју функцију у одређеном тренутку времена. Уколико се квар на вучном возилу не отклони у времену до 30 минута, онда се проглашава дефектом вучног возила.

2. *Дефект вучног возила* је појам везан за престанак функционисања вучног возила код воза.

Под дефектом вучног возила сматрају се [53] случајеви онеспособљавања вучног возила које вуче воз или се налази на возу (или на маневри), па се због тога мора заменити другим вучним возилом без обзира на закашњење. Дефектом се подразумева и сваки квар вучног возила које вуче воз, услед којег се проузрокује закашњење возова из путничког саобраћаја више од 30 минута, односно код возова из теретног саобраћаја и маневре више од 60 минута, без обзира на то да ли је вучно возило замењено или не. Из ових разлога број кварова и дефеката локомотива није подударан.

Применом рачуна вероватноће и математичке статистике код праћења стања техничког средства рада у току времена, промена од исправног стања до стања квара може се описати функцијом поузданости  $R(t)$ .

3. *Функција поузданости*  $R(t)$  - представља вероватноћу ( $P$ ) да се одређени системи или одређено функционално техничко средство рада налази у исправном стању ако је од његовог пуштања у рад протекло време до појаве квара ( $t_k$ ) које је веће од програмираног времена рада без квара ( $t$ ) односно, да се то средство налази у исправном стању ако је у тренутку посматрања, од његовог пуштања у рад протекло време ( $t$ ) што се исказује следећом релацијом:

$$R(t) = P(t_k > t) \text{ односно}$$

$$R(t) = P(\text{време до појаве квара} > t)$$

4. *Функција непоузданости*  $F(t)$  неког техничког средства или система је комплементарна функција поузданости, а дефинише се следећом једнакошћу:

$$F(t) = 1 - R(t)$$

Функција непоузданости  $F(t)$  - представља вероватноћу да одређени систем или функционално техничко средство рада или један од њихових елемената откаже, тј. да се налази у неисправном стању, тј. отказу односно квару у интервалу времена између (0 и  $t$ ), што се исказује следећом релацијом вероватноће отказа:

$$F(t) = P(t_k < t)$$

Код функционисања неког техничког система у начелу се могу дефинисати његова два основна гранична стања и то су стање непоузданог рада и стање поузданог рада.



5. *Стање непоузданог рада* система, наступа онда када неки од његових елемената (делова) откаже и доведе систем у стање отказа, а обухвата скуп свих дефинисаних стања (неисправности), односно кварова због којих се поједини елементи система не могу користити услед недопустивих толеранција (одступања) њихових одређених карактеристика у односу на прописане карактеристике које су означе као доње границе њихове прихатљивости.

6. *Стање поузданог рада* система, јесте стање исправног рада свих његових елемената без отказа, у коме су појединачно сви елементи при функционисању система способни да постижу одређене радне карактеристике назначене као задовољавајуће у прописаним границама.

7. *Поузданост* неког система (или неког његовог елемента или компоненте) у математичком смислу, представља вероватноћу да ће систем исправно, тј. задовољавајуће радити (без отказа) у одређеном временском периоду уз дефинисане радне услове.

Поузданост система представља вероватноћу да ће систем успешно вршити функцију критеријума (циља) у границама дозвољених одступања у пројектованом времену и датим условима околине [42]. Перформансе поузданости система, показују способност техничког система да извршава захтевану функцију, под датим условима и у датом интервалу времена [56].

Поред наведених појмова овде ћемо поменути и дефинисати још три појма које треба имати у виду приликом дефинисања напред наведених појмова, а то су:

8. *Радно способно* стање (радна способност) система, представља стање техничког система при коме је систем способан да врши задате функције, сагласно одређеним перформансама (снага, брзина и др.) који су дефинисани нормативно-техничком документацијом.

9. *Исправност система*, представља техничко стање система при коме систем одговара свим захтевима исправности прописаним нормативно-техничком документацијом.

10. *Расположивост система* представља вероватноћу да ће систем успешно ступити у дејство и ући у подручје дозвољених одступања постављене функције критеријума (циља) у датом минималном времену и у датим условима режима рада и околине [56].

Перформансе расположивости система показују способност техничког система да буде у стању у коме може да извршава захтевану функцију под датим условима и у датом тренутку времена, односно у току датог интервала времена, а под претпоставком да је обезбеђено његово потребно снабдевање (спољни ресурси).

Расположивост система представља вероватноћу система да ће систем у било ком тренутку времена исправно да ради, тј. да се укључи у рад (уколико непосредно пре њега није већ био у раду).

### 3.3.2. Начин утврђивања поузданости и расположивости рада вучних возила

За вучна возила толерантна зона функције критеријума, тј. циља је равна нули ( $T=0$ ), што значи да вучно возило као систем мора да функционише беспрекорно у простору и времену, јер отказ било ког дела код вучног возила значи истовремено и отказ самог вучног возила. При томе се под делом подразумева основни склоп вучног возила који се налази у структурној шеми састава и процеса рада вучног возила.

Због тога вучна возила за извршење функције критеријума, тј. својих циљева и задатака у датом времену и датим условима окружења морају да имају три кључне компоненте своје способности, а то су:

- 1) Способност ступања у дејство, тј. *расположивост* (тзв. *готовост*) за рад вучног возила ( $A_1$ );
- 2) Способност вршења рада у границама дозвољених одступања у времену, тј. поузданост рада вучног возила ( $R_1$ ) и
- 3) Способност прилагођавања условима окружења и поремећајима у процесу рада и току времена рада, тј. функционалну способност вучног возила ( $F_{p1}$ ).

*Расположивост вучног возила*  $A_1(t)$ , назива се још и готовост вучног возила, представља вероватноћу да ће вучно возило успешно ступити у дејство и да ће да оствари очекиване излазне величине у неопходном минималном времену трајања и датим условима (режим рада и околина).

То подразумева да ће вучно возило у било ком тренутку датог интервала времена ( $t$ ) бити расположиво, односно да ће бити у стању да ради или да се укључи у рад под условом да је било оперативно у времену  $t=0$ .

За расположивост рада везан је и појам оперативне готовости вучног возила.

*Оперативност*, је способност вучног возила да буде успешно и лако коришћено у датом тренутку.

Компоненте оперативне готовости указују на потребу остваривања услова у раду вучних возила који обезбеђују:

- максимално време у раду и
- минимално време у отказу, што се постиже путем квалитетног система
- превентивног одржавања.

Поузданост вучног возила  $R_1(t)$ , представља вероватноћу да ће вучно возило успешно да извршава функцију критеријума (свога циља) у границама дозвољених одступања у програмираном времену трајања ( $t$ ) и датим условима околине.

*Функционална подобност вучног возила*  $F_{p1}$ , представља способност вучног возила да се успешно прилагођава условима околине и програмираног времена трајања рада и подлога је за оцену његове флексибилности у раду. Функционална подобност је израз квалитета пројектовања и она је непроменљива величина у времену.

Расположивост и поузданост су функције променљиве у времену у границама од 0 до 1. Уколико располажемо скупом статистичких података о понашању вучног возила или његових саставних елемената (делова) у одређеном временском периоду током његове експлоатације, онда се може израчунати статистичка вредност показатеља поузданости, непоузданости и расположивости рада вучног возила.

### **3.3.2.1. Одређивање поузданости рада вучних возила**

Поузданост рада вучног возила  $R_1$  у одређеном вучном парку представља вероватноћу (P) да она неће доживети неисправност у датом тренутку посматрања (t), претпостављајући да се она користе под одређеним и познатим радним условима.

Поузданост вучних возила  $R_1$  је везана за њихове случајне кварове па има карактер величине статистичке математике и вероватноће.

Статистичка функција поузданости вучних возила  $\bar{R}_1(t)$  се израчунава на бази расположивих статистичких података, преко вероватноће  $P_1(t)$  исправног рада вучних возила у облику:

$$\bar{R}_1(t) = P_1(t) = \frac{N_i(t)}{N_u} = \frac{N_u - N_0(t)}{N_u} \leq 1$$

где је:

$\bar{R}_1(t)$  - статистичка функција поузданости вучних возила у посматраном вучном парку

$P_1(t)$  - функција вероватноће исправног рада вучног возила

t - време као променљива величина чије вредности узима случајна променљива величине времена  $t_0$

$N_u$  - укупан број посматраних вучних возила одређеног вучног парка у тренутку посматрања  $t = 0$

$N_0(t)$  - број вучних возила која су била неисправна (у отказу) у посматраном временском интервалу (0, t)

$t_0$  - време које протекне до појаве отказа (квара) вучног возила, има карактер случајне променљиве

$N_i(t)$  - број вучних возила која су исправно функционисала у временском интервалу (0, t) при чему је  $N_i(t) = N_r - N_0(t)$ .

Поузданост рада вучних возила зависи од стања њихове исправности, степена њихове истрошености и одржавања.

Поузданост вучних возила је потребан услов расположивости њиховог рада.

За појам стататичке функције поузданости непосредно је везан појам статистичке функције непоузданости вучног возила  $\bar{F}_1(t)$ , тј. фикција вероватноће неисправног рада вучних возила која се изражава као:

$$\bar{F}_1(t) = \frac{N_0(t)}{N_u} = \frac{N_u - N_i(t)}{N_u} = 1 - \frac{N_i(t)}{N_u} = 1 - \bar{R}_1(t)$$

Збир вероватноћа вучних возила у раду (исправних) и вероватноћа неисправности вучних возила (у отказу) је увек једнак јединици, односно:

$$F_1(t) + R_1(t) = 1$$

одакле је:

$$R_1(t) = 1 - F_1(t)$$

Према теорији поузданости потребно је да се изучава законитост појаве неисправности система, односно техничких средстава и то у целом веку њихове експлоатације. Да би се успоставиле те законитости, појаве неисправности треба пратити статистички, у одређеном временском периоду.

Ако узмемо у обзир жељу за повећањем сигурности у железничком саобраћају, пажња се мора посветити поузданости, расположивости и техничкој ефикасности система и свих његових припадајућих подсистема и елемената.

У теорији, поузданост  $R$  претпоставља вероватноћу да неки технички систем или неки елемент сложеног система неће доживети неисправност у датом тренутку посматрања, под претпоставком експлоатације у одређеним условима. Ово тврђење можемо написати као:

$$R(t) = P(t) = \frac{N_i(t)}{N_u}$$

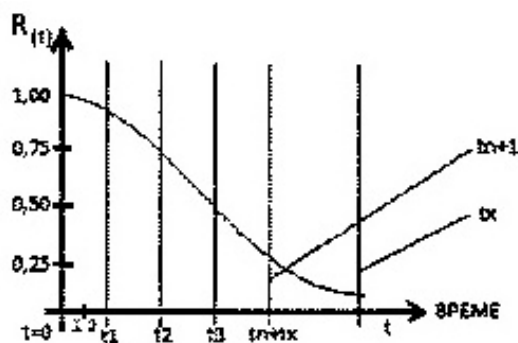
где је:

$N_i(t)$  - број исправних елемената или система у времену  $t$

$N_u$  - укупан број посматраних елемената или система на почетку посматрања у времену  $t=0$ .

На почетку експлоатације у времену  $t = 0$ , тада је и  $N_i(t) = N_u$ , јер је неисправних елемената  $N_0=0$  па је  $R(0)=1$ , тј. поузданост је  $R=1$  (једнака јединици) што значи да је вероватноћа исправног функционисања система једнака јединици, наравно само ако су системи или елементи пре почетка експлоатације били у потпуности исправни. При порасту времена експлоатације  $t$  долази до појаве неисправности на железничким возилима, па током времена ниво њихове поузданости опада [50] као што показује дијаграм са слике 11.

Из овога видимо да се поузданост вучних возила и осталих железничких возила креће у границама:  $0 \leq R \leq 1$ , што се може видети са слике 11.



Слика 11. Дијаграм поузданости

Поузданост неког система (елемената или компоненте) у математичком смислу је вероватноћа да ће исправно, тј. задовољавајуће радити (без отказа) у одређеном временском периоду уз дефинисане радне услове. Према овој поставци, карактеристике поузданости система заснивају се на времену које протекне да отказа ( $t_0$ ) у овом времену. Време до отказа је случајна величина коју ћемо означити симболом времена ( $t_0$ ). Способност вучног возила као система могуће је изразити одређеним квантитативним карактеристикама познатим у литератури [41], при чему истичемо следеће карактеристике поузданости система:

1. Функцију непоузданости вучног возила као система  $F_1(t)$ , можемо дефинисати помоћу следеће једнакости:  $F_1(t) = P(t_0 \leq t)$  - са следећим значењем:

$F_1(t)$  - је функција непоузданости система, која представља вероватноћу да систем вучног возила или један од његових елемената откаже, односно да се тај систем налази у неисправном стању (отказу - квару) у интервалу времена између 0 и  $t$ . Функција  $F_1(t)$  назива се још функцијом кумулативне расподеле кварова (отказа) у систему. Ако располажемо скупом статистичких података о понашању система или његових елемената у одређеном временском периоду, онда можемо израчунати оцену за тзв. *статистичку функцију непоузданости  $\bar{F}_1(t)$  система по следећем обрасцу:*

$$\bar{F}_1(t) = \frac{N_u - N_i(t)}{N_u} = 1 - \frac{N_i(t)}{N_u} \quad \text{или} \quad \bar{F}(t) = \frac{N_0(t)}{N_u} \leq 1$$

Вредности функције непоузданости система  $F(t)$  су у интервалу између 0 и 1, тј:  $0 \leq F(t) \leq 1$ ,

где су:

$N_u$  - укупан број посматраних елемената или стања система у посматраном временском интервалу

$N_i(t)$  - број исправних елемената (или стања система) у систему који су задовољавајуће - исправно функционисали у временском интервалу (0,  $t$ )

$N_0$  - број елемената или стања система који су били неисправни (отказали) у

посматраном временском интервалу тј.  $N_o = N_u - N_i$

2. Функција поузданости вучног возила као система  $R_1(t)$  је комплементарна функцији непоузданости, а дефинисана је следећом једнакошћу:

$$R_1(t) = 1 - F_1(t)$$

$R_1(t)$  - је функција поузданости вучног возила као система, која представља вероватноћу да се систем налази у исправном стању, тј. функционише без отказа при чему је време до појаве отказа - квара ( $t_o$ ) веће од одређеног (задатог) периода времена ( $t$ ) што се дефинише помоћу следеће једнакости:

$$R_1(t) = P(t_o > t),$$

где је:

$t_o$  - време које протекне до појаве отказа у систему, има карактер случајне променљиве

$t$  - време као променљива величина чије вредности узима случајна променљива.

Статистичка функција поузданости вучног возила  $\bar{R}_1(t)$  на бази расположивих статистичких података може се израчунати по следећем обрасцу:

$$\bar{R}_1(t) = \frac{N_i(t)}{N_u} \text{ или } \bar{R}_1(t) = 1 - \bar{F}_1(t) = 1 - \frac{N_o(t)}{N_u}$$

где је:

$\bar{F}_1(t)$  - статистичка функција непоузданости

Респектујући важеће законе теорије вероватноће и поузданости можемо исказати релацијску везу између функција поузданости  $R_1(t)$  и функције непоузданости  $F_1(t)$  на следећи начин:

$$R_1(t) + F_1(t) = 1 \text{ или } R_1(t) = 1 - F_1(t),$$

где је:

$R_1(t)$  – представља вероватноћу успеха или поузданости вучног возила као система (енглески *reliability*)

$F_1(t)$  - представља вероватноћу отказа (грешка или квар) или непоузданост вучног возила као система (енглески квар - *failure*)

Вредност функције поузданости система  $R_1(t)$  налази се у интервалу између 0 и 1, тј.  $0 \leq R_1(t) \leq 1$ .

### **3.3.2.2. Одређивање расположивости рада вучних возила**

Расположивост рада (или тзв. готовост) вучних возила  $A_1(t)$  као поправљивих система по својој суштини представља вероватноћу да ће вучно возило у било ком произвољном тренутку календарског времена ( $t$ ) да буде у исправном стању и да може

да ради или је у стању да се укључи у рад (под условом да је било оперативно у времену,  $t=0$ ) и да је у стању да извршава захтевану функцију под датим условима и у датом тренутку времена  $t_j$ . у току датог интервала времена, а под претпоставком да је обезбеђено његово потребно снабдевање потребном енергијом и осталим погонским материјалима (спољни ресурси).

Вучна возила су поправљиви системи те је за њихову расположивост потребно да поседују исправност, радно способно стање и оперативност.

*Исправност вучног возила*, представља његово такво техничко стање при коме оно одговара свим захтевима исправности и условима прописаним техничком документацијом.

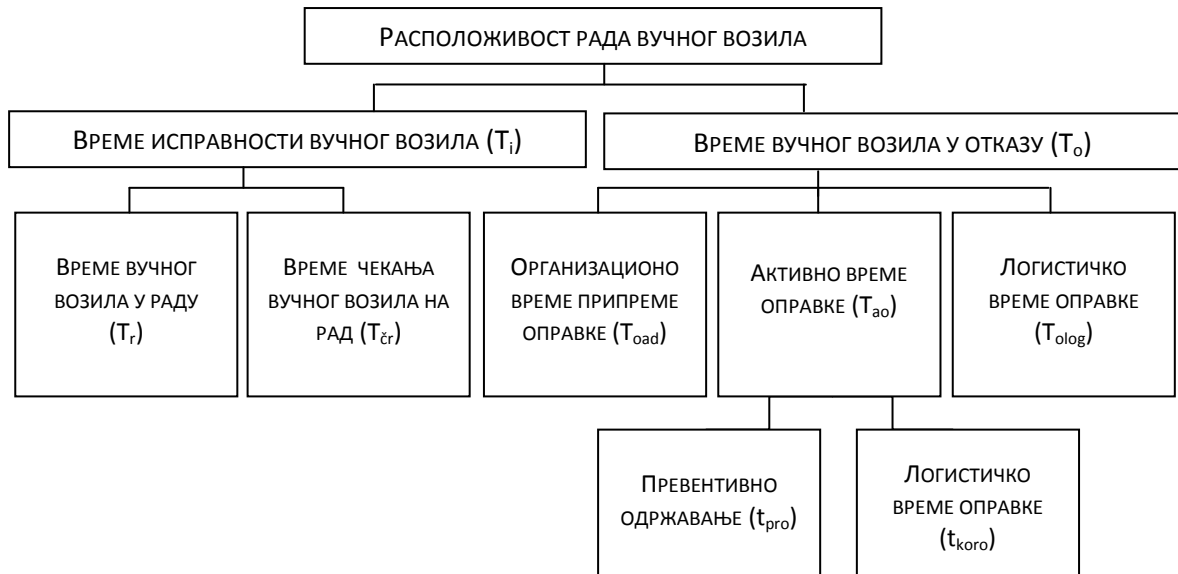
*Радно-способно стање вучног возила*, представља такво стање вучног возила при коме је оно способно да изврши задату функцију, сагласно одређеним параметрима (снага, вучна сила, кочна сила, брзина и др.) који су прописани нормативно-техничком документацијом.

*Оперативност вучног возила*,  $A_1(t)$  представља подобност вучног возила да буде успешно и лако коришћено.

*Расположивост вучног возила*  $A_1(t)$  као поправљивог система представља вероватноћу да је вучно возило у прихватљивом стању, односно да ће у било ком тренутку интервала времена  $(0, t)$  бити расположиво, тј. да ће бити у стању да ради или да се укључи у рад под условом да је било оперативно у времену  $t = 0$ .

*Расположивост вучних возила*, као показатељ по својој суштини, представља вероватноћу да вучно возило (или неки његов део) у било ком произвољном тренутку интервала времена  $(0, t)$  буде у исправном стању.

Расположивост вучних возила  $A_1(t)$  се израчунава преко одговарајућих односа времена стања вучног возила у отказу (неисправности, тј. квару) и времена исправног стања као што то показује осмишљена шема расположивости рада вучног возила дата на слици 12 [47].



Слика 12. Шема компонентних времена расположивости рада вучних возила

Из шеме са слике 12. имамо да је:

$T_{ao} = t_{pro} + t_{koro}$  – време активне оправке вучног возила које обухвата времена:

$t_{pro}$  - време активног превентивног одржавања и

$t_{koro}$  - време активног корективног одржавања

Компоненте времена расположивости рада вучног возила указују на потребу остваривања услова у раду и одржавању вучних возила, који обезбеђују:

- $\max T_i$  - максимално време исправности вучних возила и
- $\min T_o$  - минимално време отказа вучних возила

Применом одговарајућих мера за обезбеђење претходно наведених услова, постиже се повећање расположивости рада вучних возила.

Расположивост вучних возила ( $A_1$ ) се изражава преко одговарајућих односа времена исправног стања вучних возила и времена стања вучних возила у отказу, према следећем обрасцу:

$$A_1 = \frac{T_i}{T_e} = \frac{T_i}{T_i + T_o} = \frac{T_e - T_o}{T_e} = \frac{1}{1 + \frac{T_o}{T_i}} \leq 1$$

где је:

$T_o$  - средње време трајања отказа (отклањање квара) код вучног возила или неког његовог дела

$T_i$  - средње време трајања исправног рада (без отказа) вучног возила или неког његовог дела



$T_e = T_i + T_o$  - укупни посматрани временски период експлоатације (животни век), односно укупно време посматрања вучног возила или неког његовог дела, одакле је:  $T_i = T_e - T_o$ .

Укупно време исправног стања ( $T_i$ ) као време стања вучног возила или његових делова у отказу ( $T_o$ ), представља одговарајући збир појединачних времена исправног стања и времена у отказу вучног возила, те имамо да је:

$$T_i = T_r + T_{\check{c}r} \text{ односно } T_o = T_{oad} + T_{olog} + T_{ao} \text{ или } T_o = T_{\check{c}o} + T_{ao}$$

где је:

$T_r$  - време активног рада вучног возила

$T_{\check{c}r}$  - време које проведе спремно вучно возило у очекивању рада

$T_{oad}$  - административно време организације оправке вучног возила

$T_{olog}$  - време логистичке припреме оправке вучног возила

$T_{\check{c}o} = T_{oad} + T_{olog}$  - време чекања вучног возила на оправку због административних и логистичких разлога

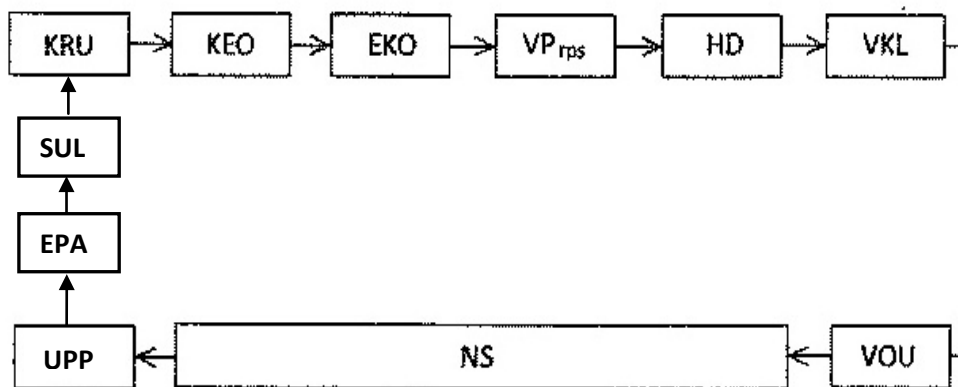
*Нерасположивост рада вучног возила ( $\bar{A}_1$ )* је оно стање када вучна возила нису у стању оперативне готовости, тј. способности за рад и дефинише се по следећем обрасцу:

$$\bar{A}_1 = 1 - A_1 \leq 1$$

### **3.3.2.3. Општи модел за утврђивање поузданости монофазних електричних вучних возила**

У одељку 3.2.1. овог рада анализиран је структурни састав електричних вучних возила монофазног система која су у примени на Железници Србије.

На слици 13. приказана је у овом раду истражена и креирана општа шема структуре и међусобне функционалне повезаности **једанаест** главних склопова (функционалних целина) код монофазних електричних вучних возила који стоје у међусобној серијској вези у остваривању поузданости њиховог рада, при чему вучно возило исправно ради ако истовремено исправно раде сви његови саставни делови.



Слика 13. Упростићена шема серијске везе главних структурних делова монофазних електричних вучних возила

У том погледу, према шеми са слике 13. монофазна вучна возила можемо расчланити на следеће функционалне целине са припадајућим склоповима и њиховим основним деловима од којих зависи укупна поузданост електровучних возила (на примеру локомотиве серије 441), а то су следеће главне компоненте поузданости:

1. Поузданост високонапонске кровне електричне опреме електровучних возила  $R(KEO)$  произилази из поузданости следећих њених главних делова:

$R(P_1)$  - поузданости пантографа електро вучног возила

$R(G_r)$  - поузданости главних растављача

$R(G_p)$  - поузданост главног прекидача

$R(I_z)$  - поузданост изолатора

$R(O_p)$  - поузданост одводника пренапона

Сви елементи кровне електричне опреме функционално се налазе у редној повезаности, те је поузданост високонапонске електричне кровне опреме електро вучног возила једнака:

$$R_{KEO}(t) = R(P_1) \cdot R(G_r) \cdot R(G_p) \cdot R(I_z) \cdot R(O_p) \leq 1$$

2. Поузданост вучне опреме главног електричног струјног кола електровучног возила  $R(EKO)$  произилази из поузданости следећих његових главних делова:

$R(TF)$  - поузданост главног вучног трансформатора

$R(G_n)$  - поузданост степенастог прекидача (градуатора напона)

$R(I_s)$  - поузданост исправљача струје (диоде, тиристори)

$R(P_{gp})$  - поузданост главних пригугшница

Сви елементи у главном струјном колу функционално се налазе у једној повезаности те је поузданост елемената опреме главног струјног кола електровучног једнака:

$$R_{\text{EKO}}(t) = R(\text{TF}) \cdot R(G_n) \cdot R(\text{Is}) \cdot R(P_{\text{gp}}) \leq 1$$

3. *Поузданост вучног погона монофазних електровучних возила*  $R(\text{VP}_{rps})$  произилази из треће функционалне целине која обухвата следеће главне делове:

$P_r$  - пригушнице

$M$  - електровучне моторе и

$O_r$  - осовинске преноснике (редукторе)

Трећу функционалну целину чине елементи система вучног погона ( $\text{VP}_{rps}$ ) који код монофазних локомотива серије 441 има четири електровучна мотора распоређена у четири паралелне моторне гране које су међусобно независне, код којих свака грана има по три редно везана елемента и то: по једну пригушницу, по један електровучни мотор и по један осовински преносник (редуктор), при чему се узима да све паралелне моторне гране имају једнаке поузданости, те је онда поузданост вучног погона у таквој конфигурацији једнака:

$$R_{\text{VP}_{rps}}(t) = 1 - \prod_{i=1}^4 [1 - R_1(t) \cdot R_2(t) \cdot R_3(t) \cdot R_4(t)]$$

где је:

$R_1(t); R_2(t); R_3(t); R_4(t)$  - поузданост прве, друге, треће и четврте моторне гране.

Исти модел поузданости може се применити и код тиристорске електричне локомотиве серије 444 која за исправљач струје има тиристоре и има исту конфигурацију распореда електровучних мотора као локомотива серије 441.

За електричну локомотиву серије 461 која има 6 (шест) погонских електровучних мотора распоређених у оквиру шест паралелних моторних грана од којих свака моторна грана има по три редно везана елемента (по једну пригушницу, по један електровучни мотор и па један осовински редуктор, при чему се узима да све моторне гране имају једнаке поузданости, те је онда поузданост таквог вучног погона једнака:

$$R_{\text{VP}_{rps}}(t) = 1 - \prod_{i=1}^6 [1 - R_1(t) \cdot R_2(t) \cdot R_3(t) \cdot R_4(t) \cdot R_5(t) \cdot R_6(t)]$$

где су:

$R_1(t); R_2(t); R_3(t); R_4(t); R_5(t); R_6(t)$  - поузданости, прве, друге, треће, четврте, пете и шесте моторне гране.

4. *Поузданост уређаја помоћног погона електровучног возила*  $R(\text{UPP})$  произилази из поузданости следећих његових основних делова:

$R(\text{VE})$  - поузданост вентилатора за хлађење вучних мотора, исправљача, отпорничке кочнице и друге опреме

$R(\text{KZ})$  - поузданост кондензатора

$R(\text{UP})$  - поузданост уљних пумпи

R(AKB) - поузданост акумулаторских батерија

*Сви елементи уређаја помоћног погана функционално се налазе у редној повезаности, те је поузданост уређаја помоћног погона електровучних возила једнака:*

$$R(UPP) = R(VE) \cdot R(KZ) \cdot R(UP) \cdot R(AKB) \leq 1$$

5. *Поузданост групе електричних и електро пнеуматских апарата електровучног возила R(EPA) произилази из поузданости њихових следећих основних делова:*

R(UKO) - поузданост управљачког контролера

R(PKO) - поузданост пнеуматских контактора

R(MKO) - поузданост електромагнетских контактора

R(MSV) - поузданост мењача смера вожње

R(SPP) - поузданост блок отпорника за слабљење поља побуде

*Сви елементи електричних и електро пнеуматских апарата функционално се налазе у редној повезаности, те је поузданост електричних и електро пнеуматских апарата електровучних возила једнака:*

$$R(EPA) = R(UKO) \cdot R(PKO) \cdot R(MKO) \cdot R(MSV) \cdot R(SPP) \leq 1$$

6. *Поузданост мерних и сигурносних уређаја електровучног возила R(SUL) произилази из поузданости следећих главних елемената:*

R(VM) – поузданост волтмера

R(AM) - поузданост амперметра

R(ASU) - поузданост ауто стоп уређаја

R(BRZ) - поузданост брзиномерних уређаја

R(SZU) - поузданост сигнално-звучних уређаја

R(BU) - поузданост уређаја будника

Сви елементи мерних и сигурносних уређаја вучног возила налазе се функционално у редној повезаности, те је поузданост мерних и сигурносних уређаја електровучних једнака:

$$R(SUL) = R(VM) \cdot R(AM) \cdot R(ASU) \cdot R(BRZ) \cdot R(SZU) \cdot R(BU) \leq 1$$

7. *Поузданост пнеуматских инсталација и ваздушне кочнице електровучног возила R(VKL) произилази из поузданости следећих главних елемената:*

R(GKOM) - поузданост главног компресора и резервоара

R(PKOM) - поузданост помоћног компресора

R(VRZ) - поузданост ваздушник резервоара и водова

R(KЃC) - поузданост кочних цилиндара ваздушне кочнице

R(DKOČ) - поузданост кочника директне кочнице

R(IDKOČ) - поузданост кочника индиректне кочнице

R(RAS) - поузданост распоредника

R(MVK) - поузданост мењача врсте кочења

Сви елементи пнеуматских инсталација и ваздушне кочнице електровучног возила функционално се налазе у редној повезаности те је *поузданост пнеуматских инсталација и ваздушне кочнице* једнака:

$$R(VKL) = R(GKOM) \cdot R(PKOM) \cdot R(VRZ) \cdot R(KČC) \cdot R(DKOČ) \cdot R(IDKOČ) \cdot R(RAS) \cdot R(MVK) \leq 1$$

8. *Поузданост командно-регулационих уређаја електровучног возила R(KRU)* произилази из поузданости следећих главних елемената:

R(MAN) - поузданост уређаја манипулатора за командовање режимом вуче и кочења

R(KSV) - поузданост контролера смера вожње

R(KTK) - поузданост контактора вуче и кочења

R(KOČL) - поузданост рада кочника вучног возила

R(IKT) - поузданост инструмената командне табле

Сви елементи командно-регулационих уређаја вучног возила налазе се у функционалној редној повезаности те је *поузданост командно-регулационих уређаја* једнака:

$$R(KRU) = R(MAN) \cdot R(KSV) \cdot R(KTK) \cdot R(KOČL) \cdot R(IKT) \leq 1$$

9. *Поузданост склопа носеће структуре електровучног возила R(NS)* произилази из поузданости главних елемената њене конструкције коју чине:

R(LS) - поузданост сандука вучног возила

R(F) - поузданост главног носећег рама вучног возила

Ови конструкциони елементи стоје функционално у редној зависности те је *поузданост носеће структуре електровучног возила* једнака:

$$R(NS) = R(LS) \cdot R(F) \leq 1$$

10. *Поузданост трчећег склопа - ходног дела електровучног возила R(HD)* произилази из поузданости следећих његових главних саставних делова:

R(LOS) - поузданост осовина вучног возила

R(LTOČ) - поузданост точкава вучног возила

R(ROP) - поузданост рамова обртних постоља

R(OGV) - поузданост огибљења и везних елемената за повезивање механичких склопова вучних возила

Сви наведени елементи стоје функционално у редној зависности те је поузданост трчећег строја електро вучног возила једнака:

$$R(HD) = R(LOS) \cdot R(LTO\check{C}) \cdot R(ROP) \cdot R(OGV) \leq 1$$

11. *Поузданост вучно-одбојних уређаја електровучних возила*  $R(vou)$  произилази из поузданости њихових следећих главних делова:

$R(vk)$  - поузданост вучне куке

$R(kv)$  - поузданост квачила

$R(odb)$  - поузданост одбојника

Сви наведени елементи стоје функционално у редној зависности те је поузданост склопа вучно-одбојних уређаја једнака:

$$R(vou) = R(vk) \cdot R(kv) \cdot R(odb) \leq 1$$

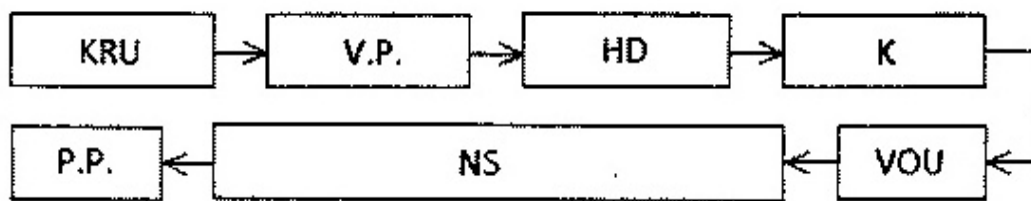
Сада се може исказати укупна поузданост електровучног возила на пример за монофазне четвороосовинске електролокомотиве *Relok* у развијеном облику по обрасцу:

$$Relok = R(KEO) \cdot R(EKO) \cdot R(VPrps) \cdot R(UPP) \cdot R(EPA) \cdot R(SUL) \cdot R(VKL) \cdot R(KRU) \cdot R(NS) \cdot R(HD) \cdot R(vou) = [R(P_1) \cdot R(G_r) \cdot R(G_p) \cdot R(L_z) \cdot R(O_p)] \cdot [R(T) \cdot R(G_n) \cdot R(I_s) \cdot R(G_p)] \cdot \left\{ 1 - \prod_{i=1}^4 [1 - R_1(t) \cdot R_2(t) \cdot R_3(t) \cdot R_4(t)] \right\} \cdot [R(VE) \cdot R(VP) \cdot R(AKB)] \cdot [R(UKO) \cdot R(pk_u)] \cdot [R(MKO) \cdot R(MS_v) \cdot R(spp)] \cdot [R(VM) \cdot R(AM) \cdot R(ASU) \cdot R(BRZ) \cdot R(szu) \cdot R(BU)] \cdot [R(GKOM) \cdot R(PKOM) \cdot R(Vrz) \cdot R(k\check{c}c) \cdot R(Dko\check{c}) \cdot R(IDko\check{c}) \cdot R(ras) \cdot R(MVK)] \cdot [R(MAN) \cdot R(ksv) \cdot R(KTK) \cdot R(ko\check{c}l) \cdot R(IKT)] \cdot [R(LS) \cdot R(F)] \cdot [R(Los) \cdot R(Lto\check{c}) \cdot R(rop)] \cdot [R(ogv)] \cdot [R(vk) \cdot R(kv) \cdot R(ODB)] \leq 1$$

Уколико дође до отказа било којег склопа или његовог дела код посматране електролокомотиве, тада наступа отказ читаве локомотиве као система.

#### **3.3.2.4. Општи модел за утврђивање поузданости дизел електричних вучних возила**

У одељку 3.2.2. овог рада анализиран је структурни састав код дизел електричних возила са посебним освртом на дизел-електричне локомотиве које су у најмасовнији примени на железници Србије, а међу њима је најбројнија локомотива серије 661. На слици 14. је приказана упрошћена шема структуре **седам** главних функционалних склопова код дизел електричних локомотива серије 661, који су повезани међусобно серијском везом у остваривању функције поузданости рада, при чему се поузданост рада посматраних локомотива реализује ако исправно раде свих њених седам саставних делова [47].



Слика 14. Упроићена шема серијске везе главних структурних делова дизел електричних локомотива

Појединачна поузданост сваког наведеног основног склопа на примеру локомотиве серије 661, према слици 14. може се исказати на следећи начин:

- 1) *Поузданост носеће структуре дизел електричне локомотиве једнака је:*

$$R_{(NS)} = R_{(S)} R_{(F)} \leq 1$$

где је:

$R_{(S)}$  - поузданост локомотивског сандука

$R_{(F)}$  - поузданост главног носећег рама локомотиве

- 2) *Поузданост трчећег склопа - ходног дела дизел електричне локомотиве једнака је:*

$$R_{(HD)} = R_{(Los)} \cdot R_{(Lto\check{c})} \cdot R_{(Lrop)} \cdot R_{(Logv)} \leq 1$$

где је:

$R_{(Los)}$  - поузданост локомотивских осовина

$R_{(Lto\check{c})}$  - поузданост локомотивских точкова

$R_{(Lrop)}$  - поузданост рамова обртних постоља локомотиве

$R_{(Logv)}$  - поузданост огибљења и везних елемената за повезивање механичких склопова локомотиве

- 3) *Поузданост склопова вучног погона дизел електричне локомотиве:*

$$R_{(VP)} = R_D \cdot R_G \cdot R_{EK} \cdot R_{Me} \cdot R_{Or} \leq 1$$

Поузданост склопа вучног погона локомотиве серије 661 произилази из поузданости његових саставних елемената приказаних осмишљеном шемом у овом раду на слици 15. у које спадају:

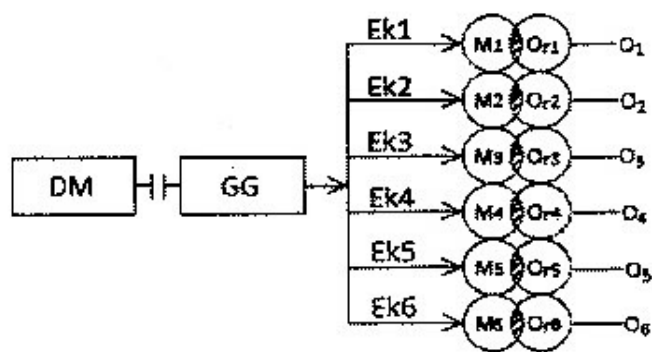
$R_D$  - поузданост дизел мотора и његових помоћних уређаја (D)

$R_G$  - поузданост главног електричног генератора (GG)

$R_{EK}$  - поузданост електричне опреме и каблова за пренос електричне енергије (једносмерне струје) до електровучних мотора ( $E_{k1}, E_{k2}, \dots, E_{k6}$ )

$R_{Me}$  - поузданост електровучних мотора једносмерне струје ( $M_1, M_2, \dots, M_6$ )

$R_{Or}$  - поузданост осовинских преносника (редуктора –  $O_{r1}, O_{r2}, \dots, O_{r6}$ ) – постављеним на припадајућим осовинама ( $O_1, O_2, \dots, O_6$ )



Слика 15. Функционална повезаност елемената вучног погона локомотиве 661

Код дизел електричне локомотиве серије 661, повезаност елемената вучног погона је мешовите структуре (редно паралелна повезаност) као што је показано на слици 15. Локомотива 661 има шест електровучних мотора који су електричним кабловима повезани са главним електричним генератором (GG), а овај је директно серијски повезан еластичном спојницом са дизел мотором (DM).

Вучни електромотори ( $M_1, M_2, \dots M_6$ ) налазе се распоређени у шест паралелних моторних грана од којих свака моторна грана има по три редно везана елемента и то по један електрични кабл, један електровучни мотор и један осовински преносник (редуктор). Поузданост једне моторне гране једнак је производу поузданости редно везаних елемената у грани:

$$R_i(t) = R_{ek} \cdot R_{Me} \cdot R_{or} \leq 1,$$

при чему се узима да све моторне гране имају једнаке поузданости, тј.

$R_1(t) = R_2(t) = R_3(t) = R_4(t) = R_5(t) = R_6(t)$ , те је онда укупна поузданост вучног погона локомотиве 661 једнака:

$$R(VP_{prs}) = 1 - \prod_{i=1}^6 [1 - R_1(t) \cdot R_2(t) \cdot R_3(t) \cdot R_4(t) \cdot R_5(t) \cdot R_6(t)] \leq 1$$

Уколико било који елемент у саставу вучног погона откаже, онда цео вучни погон прелази у неисправно стање, тј. у стање дефекта.

4) Поузданост кочног система дизел локомотиве једнака је:

$$R(k) = R_{ком} \cdot R_{увк} \cdot R_{кмех} \leq 1$$

где је:

$R_{ком}$  - поузданост главног компресора на локомотиви за производњу збијеног ваздуха

$R_{увк}$  - поузданост уређаја ваздушне кочице

$R_{кмех}$  - поузданост уређаја кочионог механизма



5) *Поузданост вучно-одбојних уређаја дизел електричне локомотиве једнака је:*

$$R_{\text{vou}} = R_{\text{VK}} \cdot R_{\text{KV}} \cdot R_{\text{ODB}} \leq 1$$

где је:

$R_{\text{VK}}$  - поузданост вучне куке

$R_{\text{KV}}$  - поузданост квачила

$R_{\text{ODB}}$  - поузданост одбојника

б) *Поузданост командно регулационих и управљачких уређаја дизел електричне локомотиве једнака је:*

$$R_{\text{KRU}} = R_{\text{Koc}} \cdot R_{\text{RDM}} \cdot R_{\text{Reg}} \leq 1$$

где је:

$R_{\text{Koc}}$  - поузданост кочника локомотиве

$R_{\text{RDM}}$  - поузданост регулатора рада дизел мотора

$R_{\text{Reg}}$  - поузданост регулатора рада главног генератора

7) *Поузданост уређаја помоћног погона код дизел електричне локомотиве једнака је:*

$$R_{\text{pp}} = R_{\text{pg}} \cdot R_{\text{ve}} \leq 1$$

где је:

$R_{\text{pg}}$  - поузданост главног генератора за једносмерну електричну струју

$R_{\text{ve}}$  - поузданост вентилатора

Уколико дође до отказа неког од претходна наведених склопова и њихових делова код посматране локомотиве доћи ће до отказа локомотиве као система.

Сада се може исказати укупна поузданост дизел електричне локомотиве ( $R_{\text{лок}}$ )

серије 661 у развијеном облику по обрасцу:

$$R_{\text{лок}} = (R_S \cdot R_F) (R_{L\text{os}} \cdot R_{\text{toč}} \cdot R_{\text{rop}} \cdot R_{\text{ogv}}) (R_D \cdot R_G \cdot R_{\text{EK}} \cdot R_{\text{Me}} \cdot R_{\text{or}}) (R_{\text{KOM}} \cdot R_{\text{uvk}} \cdot R_{\text{kneh}}) \cdot (R_{\text{vk}} \cdot R_{\text{kv}} \cdot R_{\text{ODB}}) \cdot (R_{\text{cočl}} \cdot R_{\text{DM}} \cdot R_{\text{reg}}) (R_{\text{pg}} \cdot R_{\text{VE}}) = R_{\text{NS}} \cdot R_{\text{HD}} \cdot R_{\text{VP}} \cdot R_{\text{k}} \cdot R_{\text{vou}} \cdot R_{\text{KRU}} \cdot R_{\text{pp}} \leq 1$$

односно:

$$R_{\text{лок}} = (R_S \cdot R_F) (R_{L\text{os}} \cdot R_{\text{toč}} \cdot R_{\text{rop}} \cdot R_{\text{ogv}}) \cdot \left\{ 1 - \prod_{i=1}^6 [1 - R_1(t) \cdot R_2(t) \cdot R_3(t) \cdot R_4(t) \cdot R_5(t) \cdot R_6(t)] \right\} \cdot (R_{\text{kom}} \cdot R_{\text{uvk}} \cdot R_{\text{kneh}}) \cdot (R_{\text{vk}} \cdot R_{\text{kv}} \cdot R_{\text{ODB}}) \cdot (R_{\text{cočl}} \cdot R_{\text{dm}} \cdot R_{\text{reg}}) \cdot (R_{\text{pg}} \cdot R_{\text{VE}}) \leq 1$$

Уколико дође до отказа било којег склопа или његовог дела код посматране локомотиве, тада наступа отказ читаве локомотиве као система.

### 3.3.2.5. Модел расположивости рада монофазних електричних и дизел електричних вучних возила

Познато је да расположивост (готовост) рада неког система или њиховог дела зависи од појаве кварова у њима, те зато расположивост рада система представља функцију која зависи од њихове поузданости

Расположивост рада вучног возила ( $A_1$ ) као техничког система зависи од расположивости рада његових саставних склопова и његових делова.

#### 1.3.2.5.1. Распоживост рада монофазних електричних вучних возила

Расположивост рада монофазних електровучних возила ( $A_i^E$ ) као техничких система, зависи од расположивости рада свих њихових саставних склопова и делова.

Пошто се сви саставни елементи монофазних електровучних возила налазе у серијској функционалној повезаности, то значи да њихова расположивост рада зависи од истовремене расположивости рада свих њихових саставних склопова и делова, према шеми са слике 13., што се може исказати у следећем облику:

$$A_i^E = A_{KEO} \cdot A_{EKO} \cdot A_{VPps} \cdot A_{UPP} \cdot A_{EPA} \cdot A_{SUL} \cdot A_{VKL} \cdot A_{KRU} \cdot A_{NS} \cdot A_{HD} \cdot A_{VOU} = \prod_{i=1}^{11} A_{li} \leq 1$$

где је:

$A_{li}$  - расположивост рада појединих саставних склопова и њихових делова код монофазних електровучних возила ( $i = 1, 2, \dots, 11$ ),

$A_1 = A_{KEO}$  - расположивост рада склопа и елемената висаконпонске кровне опреме електровучног возила,

$A_2 = A_{EKO}$  - расположивост рада склопа и елемената електричног струјног кола кровне опреме електровучног возила,

$A_3 = A_{VPps}$  - расположивост рада склопа и елемената вучног погона електровучног возила,

$A_4 = A_{UPP}$  - расположивост рада склопа и елемената уређаја помоћног погона електровучног возила,

$A_5 = A_{EPA}$  - расположивост рада склопа и елемената електропнеуматских апарата електровучног возила,

$A_6 = A_{SUL}$  - расположивост рада склопа и елемената мерних и сигурносних уређаја електровучног возила,

$A_7 = A_{VKL}$  - расположивост рада пнеуматских инсталација и ваздушне кочнице електровучног возила,

$A_8 = A_{KRU}$  - расположивост рада склопа командно-регулационих уређаја електровучног возила,

$A_9 = A_{NS}$  - расположивост рада склопа носеће структуре електровучног возила,

$A_{10} = A_{HD}$  - расположивост рада склопа ходног дела вучног возила,

$A_{11} = A_{VOU}$  - расположивост рада склопа вучно-одбојних уређаја вучног возила.

*Нерасположивост рада монофазних електровучних возила  $\bar{A}_i^E$  - као читавог система, може се израчунати на следећи начин:*

$$\bar{A}_i^E = 1 - A_i^E \leq 1, \text{ односно } \bar{A}_i^E = 1 - \prod_{i=1}^{11} A_i^E$$

### 1.3.2.5.2. Модел расположивости рада дизел електричне локомотиве серије 661

*Расположивост рада локомотиве ( $A_1$ ) као техничког система зависи од расположивости рада његових саставних склопова и њихових делова.*

Расположивост рада дизел електричне локомотиве серије 661, ( $A_1$ ) са елементима функционално повезаним у редној (серијској) структури, зависи од расположивости рада свих њених саставних склопова и њихових делова, према шеми са слике 14. што се може исказати у следећем облику:

$$A_1^D = A_{NS} \cdot A_{HD} \cdot A_{VP} \cdot A_K \cdot A_{VOU} \cdot A_{KRU} \cdot A_{PP} = \prod_{i=1}^7 A_{li}^D \leq 1$$

где је:

$A_{li}$  – расположивост појединих саставних склопова и њихових делова код локомотиве ( $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$ )

$A_1 = A_{NS}$  – расположивост склопова носеће структуре локомотиве

$A_2 = A_{HD}$  – расположивост трчећег склопа локомотиве

$A_3 = A_{VP}$  – расположивост склопа вучног погона локомотиве

$A_4 = A_K$  – расположивост кочног система локомотиве

$A_5 = A_{VOU}$  – расположивост вучно-одбојних уређаја локомотиве

$A_6 = A_{KRU}$  – расположивост командно-регулационих уређаја локомотиве

$A_7 = A_{PP}$  – расположивост уређаја помоћног погона локомотиве

*Нерасположивост рада дизел електричне локомотиве, серије 661 ( $A_1^D$ ) се може такође израчунати на следећи начин:*

$$\bar{A}_i^D = 1 - A_i^D, \text{ односно}$$

$$\bar{A}_i^D = 1 - \prod_{i=1}^7 A_{li}^D$$

Расположивост рада локомотива се израчунава на основу временске слике њиховог стања, тј. времена исправног стања локомотиве и времена у отказу, односно времена у раду, времена очекивања рада и времена у отказу, како за читаву локомотиву као систем или за њене саставне склопове и њихове делове.

Расположивост рада локомотива може се тачно израчунавати на основу временске слике стања локомотива тј. преко одговарајућег односа времена исправног стања локомотиве и стања локомотиве и отказу, што ће се приказати у посебно креираном моделу који ће се изложити у оквиру наредног поглавља у коме ће се обрадити методологија и показатељи за оцену стања расположивости вучних возила.

### **3.4. Модел система одржавања вучних возила**

Од вучних возила као и свих осталих железничких возила у току њихове експлоатације тражи се висок ниво поузданости, сигурности и расположивости у раду, што подразумева да не долази до појаве отказа у њиховом раду.

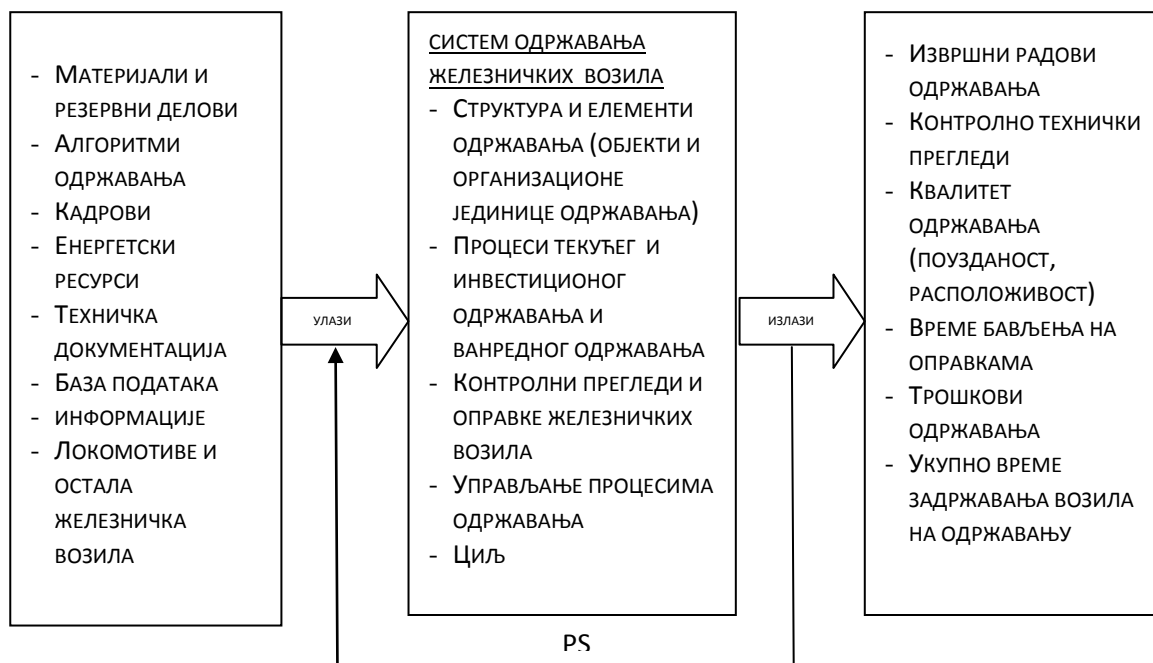
Откази вучних возила у раду изазивају закашњења и поремећаје у функционисању саобраћаја возова, материјалне штете, повреде, па евентуално и угрожавање људских живота. Из тих разлога вучна возила се морају уредно и квалитетно одржавати. Основна функција система одржавања железничких возила јесте да се обезбеди висок ниво њихове поузданости и расположивости рада.

Задатак одржавања је да вучна возила и сва друга железничка возила обезбеди у техничком исправном стању за безбедан, уредан и економичан рад у експлоатацији, што представља задатак од најважнијег ранга значајности у железничком систему.

Делатност одржавања железничких возила представља један подсистем у важном и сложеном железничком систему, али се може прогласити засебним системом нижег реда у његовом саставу под називом систем одржавања железничких возила, који има садржину своје структуре, процесе, управљање, своје улазе, излазе и циљ.

Обим и садржина радова на одржавању вучних возила се унапред предвиђају и планирају у оквиру периодичних контролних прегледа и оправки.

Шемом на слици 16. дата је у овом раду креирана основна принципска шема система одржавања за вучна и остала железничка возила као техничких система са основним атрибутивним обележјима система која су у ранијем излагању објашњена.



Слика 16. Шематски приказ система одржавања вучних возила и осталих железничких возила

Процеси су појмови везани за функционисање система одржавања. Под функционисањем система одржавања железничких возила подразумевамо шта и како ради систем у процесима њиховог текућег и инвестиционог одржавања.

Главни излазни параметри из система одржавања вучних и осталих железничких возила јесу параметри квалитета одржавања у погледу остварене поузданости и расположивости рада као и што краћег времена бављења у процесу одржавања.

Повратна спрега (PS) је повратна информациона веза о резултатима функционисања система одржавања возила на карактер функционисања и поправку, односно побољшање квалитета одржавања железничких возила.

Генерални циљ система одржавања железничких возила састоји се у постизању високог нивоа квалитета одржавања железничких возила кроз висок ниво њихове поузданости и расположивости рада у току експлоатације уз што ниже трошкове одржавања.

Уредност одржавања железничких возила се постиже кроз планско обављање њиховог прописаног редовног и инвестиционог одржавања према прописаним временским роковима и циклусима као облицима редовног одржавања, које има превентивни карактер.

*Текуће одржавање* железничких возила има за циљ да обезбеди њихов исправан рад до следећег њиховог текућег одржавања. Под текућим одржавањем подразумевају се мање оправке између два инвестициона одржавања.

*Инвестиционо одржавање железничких возила је планско и обимније, при коме се замењују поједини склопови, уређаји и агрегати и отклањају евентуална оштећења на њима до следеће инвестиционе оправке.*

Иако је основни циљ редовног и превентивног одржавања да се њиме обезбеди несметано и поуздано функционисање железничких возила у току експлоатације, дешава се да она ипак откажу у раду. У том случају, приступа се њиховом *ванредном одржавању*.

Ванредно одржавање је онај вид одржавања који се врши у случају појаве изненадних отказа појединих елемената на железничким возилима ради њиховог довођења у исправно стање.

### **3.4.1. Постојећи систем одржавања вучних возила на Железници Србије**

Железница има законску обавезу да се вучна возила и сва остала железничка возила морају редовно одржавати у стању потпуне исправности и способности која осигурава безбедан и несметан саобраћај.

У том циљу се вучна и остала железничка возила у току експлоатације морају перманентно контролисати, повремено прегледати и оправљати и редовно одржавати у стању потпуне техничке исправности и погонске способности по јединственим правилима.

Процес експлоатације железничких возила, током времена, директно је праћен променом и деградацијом њиховог техничко-експлоатационог стања, због замора, старења, трошења и напрезања њихових саставних делова, који произилазе као последица узајамног дејства између железничког возила, пруге, околине и процеса њиховог рада.

Услед дејства промене стања на слабљење карактеристика код вучних возила долази до појаве смањења поузданости у раду, повећане потрошње енергије, смањења квалитета вучне силе и кварова који доводе до њихове имобилизације.

Да би се предупредиле нежељене појаве отказа у раду и отклонили техничко-експлоатациони недостаци, код вучних возила се обављају прописани облици и поступци њиховог системског, планског, редовног, а по потреби и ванредног одржавања, у циљу обезбеђења стања њихове потпуне исправности и радне способности, исто тако добро као да су нова.

На Железници Србије у моделу одржавања вучних и осталих железничких возила примењени су концепти превентивног и корективног одржавања.

*Превентивно одржавање* је планско одржавање и спроводи се пре појаве отказа. Превентивно одржавање обухвата све интервенције чији је циљ да одрже железничка возила у исправном стању.

*Корективно одржавање* је непланско одржавање, а спроводи се по настајању отказа и обухвата све интервенције чији је циљ да се неисправно возило доведе у исправно стање.

Циљ превентивног одржавања јесте да до отказа не дође.

Циљ корективног одржавања јесте отклањање грешке или недостатака због којих је отказ настао.

Систем одржавања железничких возила, као основни циљ има да осигура и обезбеди њихово потпуно технички исправно стање за сигуран, уредан, безбедан и економичан рад у току њихове експлоатације. Да би се остварио жељени циљ, одржавање железничких возила се према свом карактеру спроводи плански, превентивно, корективно и комбиновано. *Комбиновано одржавање* обухвата примену претходно наведених концепата одржавања.

Основни задатак одржавања вучних возила састоји се у томе да вучна возила увек буду у исправном стању и поуздана у раду, а да трошкови одржавања по јединици бруто вучног рада (брототонски километри) буду што мањи.

### **3.4.2. Подела одржавања железничких вучних возила**

Општи модел одржавања железничких возила на Железници Србије, прописан је Правилником 241 (Правилник о одржавању железничких возила) према коме су дефинисана два основна вида одржавања вучних возила, а то су: 1. редовно одржавање и 2. ванредно одржавање, и у оквиру њих предвиђене облике садржаја ових видова одржавања који су према хијерархијским нивоима значајности приказани шематски као на слици 17., што представља допуну досадашњим ставовима [36].

По основу елемената планирања, одржавање вучних возила се дели у две основне групе: *редовно* и *ванредно* одржавање.

- 1) *Редовно одржавање вучних возила*, је планско одржавање које се унапред планира и по одређеним циклусима периодично понавља, а по свом садржају и врсти радова обухвата:
  - ✓ стални надзор,
  - ✓ чишћење и прање,
  - ✓ контролне прегледе,
  - ✓ редовне оправке локомотива, и
  - ✓ пробне вожње након извршене редовне оправке локомотиве.
- 2) *Ванредно одржавање вучних возила*, представља њихово ванпланско непланирано одржавање (приликом кога се врши поправка насталих непредвиђених) кварова на вучним возилима. Ванредно одржавање вучних возила представља допуну њиховом редовном одржавању тако што служи за оправке случајних - непредвидивих кварова, недостатака или истрошених делова и оштећења насталих у експлоатацији, када се за то укаже потреба, а

обухвата: ванредне исправке мањег обима и ванредне исправке већег обима. У оквиру ванредног одржавања вучних возила спадају још и извршене модификације и реконструкције на вучним возилима, као и пробне вожње после њих. Према својој основној функционалној и техничког подели и обиму радова, објектима у којима се одржавање вучних возила извршава у финансијској структури трошкова, разликујемо два нивоа одржавања, и то: *текуће* и *инвестиционо* одржавање.

*Текуће одржавање* представља први (основни) ниво одржавања вучних возила, које се обавља у краћим временским интервалима, код кога се отклањају уочени недостаци и највише троше потрошни материјали и ситнији инвентар. Текућим одржавањем се обезбеђује исправан рад вучних возила до следећег текућег одржавања. Трошкове текућег одржавања је могуће тачно утврдити и планирати.

*Инвестиционо одржавање* представља други виши ниво одржавања вучних возила са радовима већег обима и дужег времена трајања, које обухвата извршење одређених инвестиционих оправки (редовних оправки одређених категорија и оправки већег обима), код којих се раставља цело вучно возило или поједини његови делови, уређаји, склопови, агрегати, врши њихова оправка или замена, отклањају извесна оштећења на вучном возилу чиме се постиже његов исправан рад до следећег инвестиционог одржавања. Инвестиционо одржавање вучних возила захтева знатно већа финансијска улагања која се предвиђају годишњим плановима.



Слика 17. Основни хијерархијски нивои значајности по облику и обиму одржавања вучних возила



Овде креирана општа системска шема текућег и инвестиционог одржавања вучних возила са припадајућим сегментима њиховог редовног и ванредног одржавања, приказана је на слици 18 [47]. Садржина појединих нивоа одржавања са дате слике 18. имају одређена значења која ће се објаснити у наредном излагању.

Један од важнијих елемената система одржавања вучних возила јесте *годишњи план одржавања вучних возила*, који обухвата планове и трошкове текућег и инвестиционог одржавања вучних возила на нивоу читавог железничког предузећа, на основу којих локомотивски депои, радионице за оправку вучних возила и спољни ремонтери ван железнице праве своје планове рада и извршавају одговарајуће врсте одржавања вучних возила.



Слика 18. Системска шема одржавања вучних возила

### 3.4.2.1. Редовно одржавање вучних возила, циклус и рокови његовог извођења

У редовно одржавање вучних возила, спадају све оне интервенције на возилима које су саставни део планираног и по детаљима утврђеног процеса које обухвата претходно наведене функционалне целине:

- стални надзор – који се врши перманентно,
- прање и чишћење – које се врши уредно,
- контролне прегледе – који се обављају у предвиђеним временским роковима,
- редовне оправке вучних возила – које се врше по прописаним циклусима и роковима, и

- пробне вожње вучних возила после сваке извршене редовне оправке вучног возила, и после ванредних оправки већег обима, као и после извршених реконструкција и модификација вучних возила.

*Редослед обављања текућег и инвестиционог одржавања* вучних возила утврђује се прописаним периодима, тзв. *циклусима одржавања*, са утврђеним кораком његовог извођења.

*Корак циклуса* одржавања одређен је по времену рада (дан, месец, година) или по извршеном раду у пређеним километрима вучног возила.

*Под циклусом редовног одржавања* подразумева се редослед вршења контролних прегледа, односно редовних оправки вучних возила.

*Под роком редовног одржавања* подразумева се календарски период, пређени километри вучних возила или други прикладни критеријум између два прегледа, односно две оправке.

Рок између две оправке код сваког вучног возила одређује се тако да већина вучних возила дате серије могу издржати у експлоатацији до следеће оправке, без већих ванредних радова на вучном возилу.

*Период циклуса* одржавања означава време које протекне (односно извршени рад у пређеним километрима) између две узастопне најобимније оправке - највећег степена (главне оправке).

Циклуси и рокови редовног одржавања дају се посебно за сваку врсту и серију вучних возила, при чему се води рачуна о њиховим специфичностима.

Критеријуми рокова за обављање контролних прегледа вучних возила је календарског време (дан, месец, година), док је критеријум рокова за обављање редовних оправка извршени рад, изражен у пређеним километрима, или време, зависно од врсте вучног возила.

#### *3.4.2.1.1. Стални надзор над вучним возилима*

Стални надзор се врши перманентно над вучним возилима од стране особља које их поседа. Према месту где се врши, стални надзор може бити:

- при пријему и припреми вучног возила за рад,
- током рада вучног возила и
- по завршетку рада вучног возила и његовог прегледа у извршној јединици делатности вуче возова.

Сам назив показује да вучна возила морају бити у току експлоатације под сталним надзором како би се железнички саобраћај могао одвијати што уредније и безбедније. Тежња је да се сви кварови вучних возила уоче на време и тиме избегну већи застоји у саобраћају или хаварије вучних возила.

Код вучних возила при њиховој припреми за рад, преглед врши особље сервиса и особље вучног возила у извршној јединици вуче при његовом преузимању за рад. Током рада особље вучног возила врши сталну контролу исправности рада склопова, уређаја и агрегата вучних возила, а у станицама где се вучно возило дуже задржава, врши се спољни преглед његовог трчећег строја. Све уочене недостатке у току рада, особље вучног возила је дужно да по повратку у локомотивски депо унесе писмено у одговарајућу књигу, да би се исти могли правовремено отклонити од стране радника сервиса или депоа. По завршетку рада вучно возило се подвргава прегледу од стране сервиса, узимајући у обзир нарочито примедбе достављене од стране особља, посаде уочене за време рада вучног возила и намирајује залихама потрошног материјала (у зависности од врсте вучног возила: гориво, мазиво, вода и песак).

#### *3.4.2.1.2. Чишћење и прање вучних возила*

Унутрашње и спољашње прање и чишћење вучних возила подразумева отклањање нечистоће из унутрашњег простора и са делова вучног возила или са њихове спољашње стране.

Прање и чишћење вучних возила и њихових саставних склопова и уређаја врши се приликом контролних прегледа, а особље вучног возила је дужно да одржава чистоћу у управљачници.

#### *3.4.2.1.3. Контролни прегледи вучних возила*

Контролни прегледи возила представљају саставни део њиховог текућег, односно редовног одржавања и они се циклично обављају [36].

Под контролним прегледима вучних возила подразумевају се прегледи који се врше периодично у циљу обављања провере стања исправности рада и одговарајућих подешавања одређених делова, склопова и уређаја, као и замене појединих неисправних делова, потрошних елемената и материјала, уз контролу функционисања делова и склопова важних за безбедност и сигурност кретања, а све према детаљно описаном поступку за сваку врсту и серију вучних возила.

Осим тога, при контролним прегледима се врше и одговарајућа чишћења и прања делова, склопова и уређаја вучних возила.

Ређи прегледи су обично и обимнији и по правилу обухватају и све радове претходних - чешћих прегледа.

Контролни прегледи за електрична и дизел вучна возила се категоришу на:

- $P_d$  - дневне које се обављају свакодневно приликом предаје вучних возила у службу,
- $P_o$  - 15-тодневне, (полумесечне  $P_{1/2m}$ ),

- P<sub>1m</sub> - једномесечне,
- P<sub>3m</sub> - тромесечне,
- P<sub>6m</sub> - шестомесечне,
- P<sub>12m</sub> - дванаестомесечне (годишње), а код неких вучних возила имамо и
- P<sub>24m</sub> - двадесетчетворомесечне (двогодишње) прегледе.

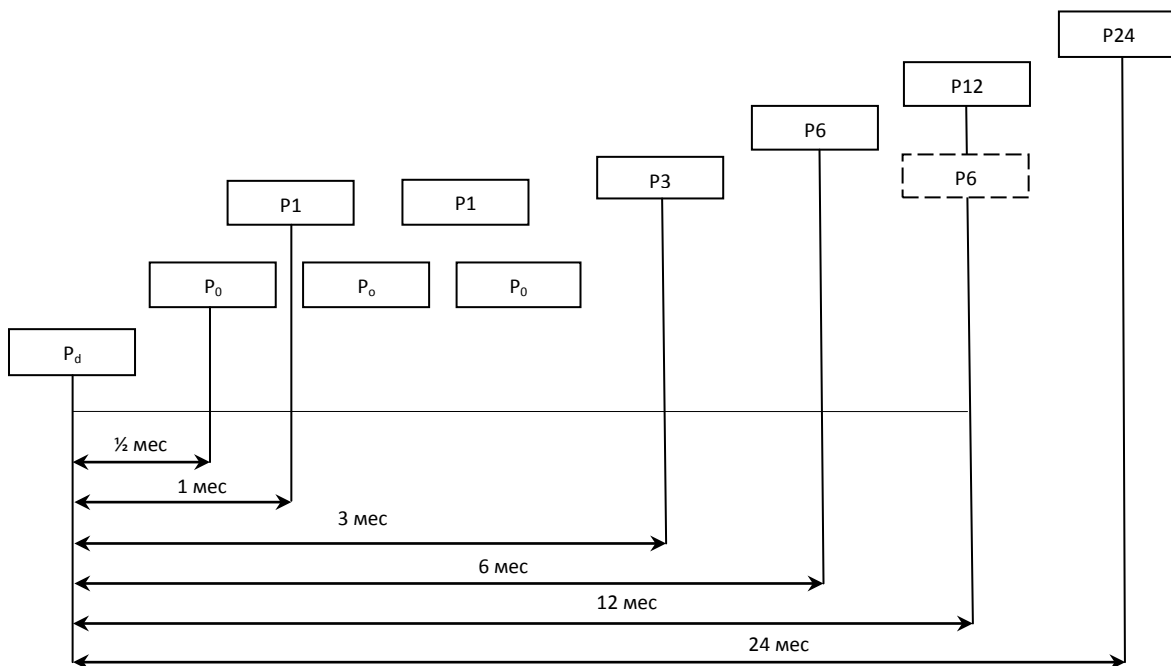
У табели 1., приказане су врсте контролних прегледа за поједине врсте и серије дизел и електровучних возила, а на слици 19. су шематски приказани циклуси извођења контролних прегледа код дизел и електровучних возила на Железници Србије у оквиру којих се налазе вучна возила посматраних серија [51].

Табела 1. Врсте контролних прегледа код дизел и електровучних возила

Тип вучног возила	Врста вучног возила	Врста службе	Серија вучног возила	Врсте контролних прегледа						Допунски критеријум
				P <sub>0</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>6</sub>	P <sub>12</sub>	P <sub>24</sub>	
ЕЛЕКТРО	Локомотиве	Возна	441 444	-	+	+	+	+	-	
			461	-	+	+	+	+	-	
	Моторни возови	Путничка	412/416	-	+	+	+	+	-	
ДИЗЕЛ	Локомотиве	Возна	642, 643	+	+	+	+	+	-	
			661	-	+	+	+	-	-	
			645, 664, 666	-	+	+	+	-	-	
		Маневарска	641-100-200	+	+	+	+	+	+	За P <sub>24</sub> 150.000±15%
			641-100-200 (ремонтована возила)	+	+	+	+	+	+	За P <sub>24</sub> 175.000±15%
			734	+	+	+	+	+	-	
	Моторни возови	Путничка	712/714	+	+	+	+	+	-	
812/818			+	+	+	+	-	-		

Извор: [51] (+) означава да се одређена врста контролних прегледа обавља

(-) означава да се та врста контролних прегледа не обавља код појединих серија вучних возила



Слика 19. Шематски приказ циклуса контролних прегледа код дизел и електричних вучних возила

Са графикона на слици 19., види се редослед, циклус, врсте и временски критеријуми обављања контролних прегледа код локомотива (вучних возила) и то:

- ❖ 1 дан, за дневни преглед који се обавља свакодневно ( $P_d$ ),
- ❖ 15 дана (1/2 месеца) за петнаестодневне (полумесечне) прегледе ( $P_0$ ),
- ❖ 1 месец за месечне прегледе ( $P_1$ ),
- ❖ 3 месеца за тромесечне прегледе ( $P_3$ ),
- ❖ 6 месеци за полугодишње прегледе ( $P_6$ ),
- ❖ 12 месеци за годишње прегледе ( $P_{12}$ ), и
- ❖ 24 месеца за двогодишње прегледе ( $P_{24}$ ).

#### 3.4.2.2. Редовне оправке вучних возила

Под редовним оправкама вучних возила подразумевају се прегледи, контроле и оправке свих или ограниченог броја њихових делова, склопова, уређаја и агрегата, у циљу довођења вучних возила у прописано техничко стање за дотичну врсту редовне оправке, а према дефинисаном обиму рада за сваку врсту редовне оправке.

Код вучних возила прописане су две врсте редовних оправки, и то:

- средње оправке (SO) и
- главне оправке (GO).

Ове оправке како је већ познато спадају у инвестиционо одржавање.

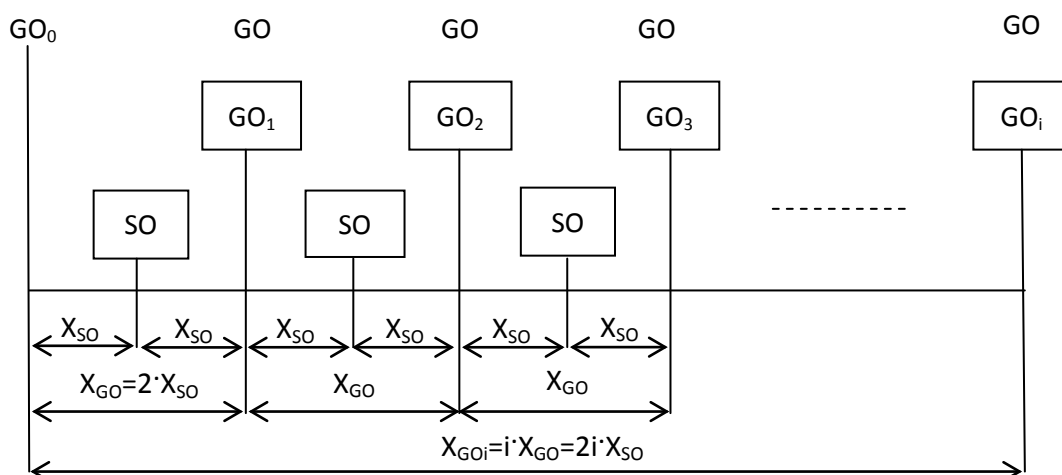
*Средње оправке (SO)* вучних возила обухватају расклапање, преглед, дотеривање и оправку појединих склопова, делова и опреме на вучном возилу (прописаних за ову оправку), којима се обезбеђује њихов исправан рад до наредне редовне оправке, а затим склапање и проверу функционисања вучног возила.

Код средњих оправки се врши и делимично бојење оштећених места на сандуку вучног возила преко постојеће основне боје.

*Главне оправке (GO)* вучних возила су најобимније оправке. Обухватају комплетно расклапање, поправку или замену свих делова и подсклопова, склапање, проверу функционисања са подешавањем и пробну вожњу, ради довођења вучних возила у исправно техничко стање.

Код главних оправки се врши потпуно бојење сандука и постоља вучног возила, замена електричних и других инсталација и опреме на вучном возилу према потреби.

*Циклус редовних оправки* вучних возила састоји се у наизменичном смењивању оправка SO и GO, као што приказује шема са слике 20. У табели 2., дати су критеријуми за вучна возила Железнице Србије о броју пређених километара између појединих редовних оправки, а шематски циклус обављања редовних оправки код дизел и електро вучних возила приказан је на наредној слици 20., у оквиру којих се налазе и вучна возила посматраних серија.



Слика 20. Шематски приказ циклуса обављања редовних оправки у експлоатационом веку вучних возила

Поред критеријума рада вучног возила у пређеним километрима користи се још и временски критеријум, по ком две редовне оправке морају да се изврше у року од пет година, без обзира колико мало су вучна возила радила. Другим речима, критеријум су пређени километри, а уколико за пет година вучно возило пређе мање километара, мора ићи на редовну оправку. Овде је временски критеријум знатно строжији. Прописано је да по критеријуму пређених километара вучно возило може ићи на редовну оправку уз одступање од  $\pm 15\%$ , а по временском не може [51].

Табела 2. Критеријуми броја нормираних километара вожње за вучна возила у циклусу обављања оправки

Врста вуче	Врста возила	Врста службе	Рокови редовних оправки средња/главна [ $\cdot 10^3$ km]										
			200	250	300	350	400	450	600	700	800	1000	
			400	500	600	700	800	900	1200	1400	1600	2000	
Електро	Локомотиве	Возна								441-100 до -600 461		441-000 од -600 <sup>1</sup> 441-700 461 <sup>1</sup>	444
	Моторни возови	Путничка							412/ 416	412/ 416 <sup>2</sup>			
Дизел	Локомотиве	Возна			642 643			661	645 664 666				
		Маневарска			641 100 и 200								
	Моторни возови	Путничка		812/ 818									

Извор: [51] Ознаке 412/416<sup>2</sup> и 461<sup>2</sup> – односе се на реконструисана вучна возила новијег датума

### 3.4.2.3. Ванредно одржавање вучних возила

Ванредно одржавање вучних возила представља допуну редовном одржавању, тако што служи за отклањање случајних непредвидивих кварова, недостатка или истрошених делова и оштећења насталих при хаваријама у експлоатацији у циљу оспособљавања вучних возила за безбедан саобраћај [57].

Ванредно одржавање вучних возила се извршава кроз обављање две врсте оправки које класификујемо на:

- ванредне оправке мањег обима и
- ванредне оправке већег обима.

У ванредно одржавање вучних возила спадају још и:

- модификација и реконструкција и
- дезинфекција, дезинсекција и дератизација.

Ванредне оправке могу се вршити са повлачењем или без повлачења вучних возила из саобраћаја.

Ванредне оправке без повлачења вучних возила из саобраћаја су оправке мањег обима, а оправке са повлачењем из саобраћаја могу бити мањег или већег обима.

*Ванредне оправке мањег обима* обављају се ради отклањања мањих техничких неисправности на вучним возилима, које су утврђене при сталном надзору у току њихове експлоатације.

*Ванредне оправке већег обима* обављају се ради отклањања тежих кварова, као и ради отклањања оштећења насталих при неком удесу, односно ванредном догађају.

Ванредне оправке мањег обима по правилу спадају у текуће одржавање. Ванредне оправке већег обима по правилу спадају у инвестиционо одржавање, јер им је обим радова једнак или већи од неке редовне оправке или се пак могу спојити са неком редовном оправком чији је рок близу. У ванредне оправке већег обима спадају модификације и реконструкције вучних возила.

*Модификација* вучних возила подразумева такве техничке захвате којима се побољшавају техничке карактеристике појединих конструкционих елемената на њима, при чему њихове карактеристике остају непромењене.

*Реконструкција* вучних возила подразумева такав технички захват којим се мења њихова основна карактеристика. Зато је након реконструкције потребно обавити њихово атестирање и вагање, како би се утврдила њихова маса, распоред оптерећења и техничко-експлоатационе карактеристике реконструисаног вучног возила, а по Упутству 201 на железници.

После обављања ванредне оправке већег обима, извршене реконструкције и модификације, као и после редовних главних оправки, врши се пробна вожња са вучним возилом.

*Под пробном вожњом вучног возила* подразумева се испитивање функционалности уређаја вучних возила у току вожње, под оптерећењем, на отвореној прузи, под тачно одређеним условима, а у циљу утврђивања њене способности за обављање безбедног и уредног саобраћаја. Пробна вожња се обавља након завршене инвестиционе оправке вучног возила. За време пробне вожње, као и после пробне вожње, врши се завршна контрола функционалности појединих делова и уређаја вучног возила, као и понашање вучног возила као целине у вожњи.



#### 3.4.2.4. *Модел и циклуси обављања одржавања вучних возила на Железници Србије*

Модел одржавања електричних и дизел вучних возила на Железници Србије приказује врсту, обим, садржину, учесталост и циклус његовог спровођења.

Основни облик одржавања вучних возила јесте њихово редовно одржавање.

Одржавање вучних возила на железници Србије обавља се кроз одређене облике њиховог текућег и инвестиционог одржавања који су Правилником 241 прописани тако што се оно циклично понавља као и кроз облике ванредног одржавања када се за то укаже потреба.

Текућим одржавањем се обезбеђује исправан рад вучних возила до њиховог следећег текућег одржавања.

- *Текуће одржавање* вучних возила остварује се кроз следеће облике:
- кроз стални надзор, приликом примопредаје вучних возила и током процеса њеног рада од стране машиновође и његовог помоћника као и након завршетка рада од стране задуженог особља вуче;
- кроз прање и чишћење вучних возила;
- кроз прописане контролне прегледе вучних возила и
- кроз ванредне оправке мањег обима, код настанка непредвидивих кварова вучног возила.

Код посматраних електричних и дизел вучних возила у оквиру редовног текућег одржавања прописано је неколико нивоа sukcesивног обављања прописаних контролних прегледа: дневних, петнаестодневних, месечних, тромесечних, полугодишњих (шестомесечних), годишњих (12 месечних) и двогодишњих (24 месечна) прегледа.

Шематски приказ циклуса прописаних контролних прегледа код вучних возила, је приказан на предходној слици 19.

Циклична редовна одржавања вучних возила, у оквиру којих се врше прегледи, провере исправности рада и подешавања одређених делова, склопова, уређаја и апарата, као и замена неисправних делова, потребних елемената и материјала, називају се контролни прегледи. За сваку врсту и серију вучних возила се тачно посебним упутством прописује врста и обим радова које треба обавити у оквиру сваког контролног прегледа.

Из табеле 1. се уочава да код појединих врсте вучних возила нису предвиђене исте врсте контролних прегледа.

Критеријум код свих рокова контролних прегледа је искључиво временски, исказан је у календарским данима.

*Редовно инвестиционо одржавање* посматраних вучних возила састоји се из редовног периодичног обављања и смењивања прописаних редовних (средњих – SO и

главних - GO) оправки, као што показује шема са слике 20., где  $i$  - представља број протеклих корака циклуса одржавања.

Критеријуми рокова за обављање редовних оправки код вучних возила је извршени рад изражен прописаним кораком циклуса ( $X_{SO}$ , односно  $X_{GO}$ ) у пређеним километрима вожње и протекли прописани временски период ( $T_{SO}$  и  $T_{GO}$ ) по коме се води рачуна о временском ограничењу када вучно возило мора ући у одговарајућу прописану оправку без обзира на пређене километре.

Критеријуми временског ограничења периода између обављања две узастопне оправке износи  $T_{SO} = T_{GO} = 5$  година по садашњем новом Правилнику 241, што значи да су једнаки за обе врсте оправки и не могу се продужавати. По претходно важећем Правилнику рок је износио 6 година.

Код критеријума по основу пређених километара дозвољена су одступања од прописаних корака циклуса ( $X_{SO}$  и  $X_{GO}$ ) између редовних оправки  $\pm 20\%$  како је предвиђено Правилником 241 [51].

*Средња оправка (SO)* код вучних возила састоји се из свих радова прописаних контролним прегледом највишег ранга (нпр. код локомотива 661, шестомесечног прегледа ( $P_6$ ), затим делимичне или потпуне оправке појединих склопова и апарата прописаних за ову оправку на вучним возилима и делимично бојење локомотивског сандука само на оштећеним местима преко постојеће основне боје.

*Главна оправка (GO)* код вучних возила подразумева поправку или замену свих делова, склопова и апарата вучног возила у циљу њеног довођења у исправно техничко стање, а састоји се из оправки свих механичких, термичких, пнеуматских и електричних делова, потпуног бојења сандука и постоља вучног возила, замена свих електричних каблова према потреби и прописаном обиму рада, чиме се вучно возило оспособљава за исправан рад до следеће главне оправке.

*Као нулта ( $GO_0$ )* - полазна главна оправка узима се од дана пуштања вучног возила у експлоатацију.

Услов за улазак вучних возила у редовну оправку је претекло време експлоатације и пређени пут у километрима.

Код посматраних вучних возила на Железници Србије, две редовне оправке (SO и GO) морају да се изврше у року од пет година, без обзира колико су мало вучна возила радила. То значи да су пређени километри полазни критеријум, али уколико вучно возило за пет година пређе мање километара од предвиђених по кораку циклуса ( $X_{SO}$  и  $X_{GO}$ ) мора ићи на редовну оправку.

## **4. АНАЛИЗА ПОСТОЈЕЋЕГ СТАЊА И ФУНКЦИОНИСАЊА ЖЕЛЕЗНИЦЕ СРБИЈЕ И ЊЕНОГ ПОЛОЖАЈА НА ТРАНСПОРТНОМ ТРЖИШТУ**

### **4.1. Положај и значај железничке мреже Србије и њени магистрални правци у систему европске железничке мреже**

Србија је централни саставни део Балкана, а овај је саставни део Европе, па је отуда и мрежа железничких пруга Србије саставни део европског железничког система.

Положај мреже пруга Железнице Србије у склопу Европске железничке мреже пруга приказан је на карти са слике 21.

У европском железничком систему српска и балканска железничка мрежа има посебно значајно место као транзитна, која обезбеђује везе Запада и Истока, Севера и Југа Европе, и обзиром на свој природно-географски положај преко ње пролазе важни делови магистралних железничких пруга Европе, те као таква има велики утицај како на формирање Европске железничке мреже, тако и на кретање целокупних европских саобраћајних токова исказаних преко међународних робних, путничких и туристичких токова.

Преко Српске железничке мреже транзитирају следећи европски правци:

Западна и Северна Европа – Земље Блиског и Средњег Истока, Грчка, луке Јадранског, Средоземног и Црног мора.

Европска економска комисија је својевремено у сагласности са Међународном железничком унијом (UIC) према тзв. директивном плану UIC, утврдила план европске железничке мреже магистралних праваца међународног значаја која обухвата око 41000km пруга по коме су њене постојеће пруге требале да се до 2000. године оспособе за брзине саобраћаја најмање 160-200km/h и више а новоизграђене пруге за брзину од 250-300km/h па и више, које ће представљати тзв. Европску мрежу „брзих пруга оспособљених за саобраћај возова великих брзина“.

То је мрежа тзв. „Е“ пруга од којих главне пруге имају двоцифрене ознаке и представљају пруге класе „А“, а помоћне пруге имају троцифрене ознаке и представљају пруге класе „В“.

Главне везе железничке мреже Србије са Европском железничком мрежом остварују се следећим главним правцима:

- 1) Преко тзв. балканске осовине (BALKAN AX-a) коју представља главни лонгитудинални правац E70 на потезу: Париз – Милано – Трст – Љубљана – Загреб – Београд – Ниш – Димитровград – Софија – Истамбул – Анкара. На овај правац прикључују се пруге из Централне Европе преко пруге E-65 на потезу: Беч – Вилах – Јесеница- Љубљана, као и пруга E-67 на потезу Беч – Грац – Марибор – Зидани Мост.



Извор: Часопис „Железнице“ 3/1992. год., ЈЗ Београд

Слика 21. Положај железничке мреже Србије у склопу Европске железничке мреже

- 2) Правац Е-85 на потезу: Будимпешта – Суботица – Београд – Ниш – Солун – Атина на које се прикључују пруге из Северне Европе са земљама Југоисточне Европе и Блиског и Средњег Истока и чине окосницу Сувоземног саобраћајног система на балканском полуострву.
- 3) Преко тзв. Јадранске осовине (ADRIA AX) која обухвата све пруге ка јадранским лукама међу којима је у нашем случају као значајан правац пруга Београд – Бар (Е-89) која се надовезује на правац Е-85 (Будимпешта – Суботица – Београд) преко које се могу остварити железничке везе даље са Прагом, Братиславом, Варшавом и осталим центрима Европе.
- 4) И на крају на трасу Е-70 односно Е-85, прикључује се и пруга Е-66: Београд – Вршац – Стамора Моравица – Темишвар и надаље остварује се веза са Букурештом и Одесом односно Јадранским морем преко луке Бар, пругом Е-79. Главни магистрални правци Балканске железничке мреже у склопу Европске железничке мреже приказани су на шеми са слике 21.

Напред наведеним правцима су земље Европе директно повезане железницом са Грчком и земљама Блиског и Средњег Истока, а комбинацијом железнице и поморског саобраћаја то је најкраћа саобраћајна веза балканских земаља са земљама Африке и Јужне Америке.

Посебан значај саобраћајног коридора који се пружа од Севера према Југу кога покрива железничка магистрална пруга Будимпешта – Београд (Е-85) па даље истом трасом пруге Е-70 до Ниша, а потом преко Скопља за Солун и Атину. Ову магистралу треба посматрати као јединствени саобраћајни коридор од Балтичког мора преко Варшаве, Катовица, Братиславе (правац Е-61) и наставак магистралом која се пружа из Средње Европе из Немачке, преко Беча (правац Е-50) да би се спојили у Будимпешти која у мрежи Европских магистралних пруга представља изузетно значајан железнички саобраћајни чвор.

Зато магистралу Е-85 са становишта укључивања Српске железничке мреже у Европску, треба посматрати као целину и као најкраћу и најпогоднију железничку везу (која представља равничарску пругу са погодним условима експлоатације) преко Будимпеште са Бечом, Минхеном, Прагом, Берлином, Варшавом, Гдањском (луком) на Балтику, а магистралом Е-50 и са Москвом.

С друге стране, у Београду се са овом трасом остварују везе са пругом Е-66 за Букурешт, односно Е-79 за Јадранско море преко луке Бар што најбоље омогућава врло кратку трајектну везу Бар-Бари. Међутим, досадашње коришћење овог магистралног железничког правца (Е-85) у међународном саобраћају није било адекватно његовом географском положају и могућностима.

Познато је да су Железнице Србије сада на нижем техничко-технолошком нивоу у односу на савремене Европске железнице. Основне карактеристике садашњег стања основних правца наше железничке мреже огледа се у нехармонизованости и неуједначености њихових техничко-технолошких карактеристика што се испољава због:

- неуједначених способности у погледу највећих допуштених брзина односно носивости на различитим деоницама исте пруге јер постоји велики број тзв. места „ломљених“ брзина, већег броја „смањених“ брзина и „лаганих возњи“ и др,
- неуједначених параметара „геометријских елемената (кривина) пруга и колосека“,
- неуједначеног нивоа техничке опремљености појединих деоница пруга на главним магистралним правцима,
- слабе капацитивности појединих деоница магистралних пруга,
- слабог стања возних средстава (колског и вучног парка),
- слабог стања капацитета за ремонт и одржавање пруга и возног парка и другог.

Са таквим постојећим стањем Српска железничка мрежа се појављује као база слабе техничко-експлоатационе структуре мреже основних железничких магистралних праваца Европе.

У циљу интегралног укључивања у Европски железнички систем Српске железнице се морају прилагодити савременим захтевима, својим нивоима техничке опремљености, возним парком, транспортном способношћу, ефикасном технологијом и организацијом рада, поузданошћу рада, безбедношћу и квалитетом извршења превоза на нивоу европских захтева.

Основни правци развоја и модернизације наше железнице састоје се у техничкој и технолошкој модернизацији железничког саобраћаја и транспорта.

Техничка модернизација железнице обухвата изградњу модерних техничких средстава рада свих врста, а у првом реду пруга и железничких возила способних за велике брзине и носивост уз остваривање високог нивоа у погледу комфора, удобности, поузданости рада, безбедности, сигурности и удобности возње.

У вези са тим, основне компоненте развоја и модернизације железничког саобраћаја обухватају: повећање брзине возова, повећање пропусне и превозне моћи пруга.

Увођење у саобраћај кола способних за велике брзине и носивости и прилагођених за механизован утовар и истовар робе, увођење кибернетике и оптимизације процеса рада и савремених техничких система (SS и ТК уређаја) и других интегралних техничких система који служе за безбедност, регулисање и управљање саобраћајем возова као и аутоматизацију рада на пругама и станицама.

За развој и модернизацију наше железнице неопходна су велика улагања – како би се ефикасно укључиле у европски железнички систем.

## **4.2. Основни чиниоци функционисања саобраћаја возова**

Функционисање железничког саобраћаја манифестује се кроз обављање његове основне делатности, садржане процесом превозења путника и робе, чија се реализација

остварује безбедним и уредним саобраћајем путничких и теретних возова на железничкој мрежи.

Кратко речено, саобраћај возова треба да буде у првом реду безбедан, брз, редовит и уз све то економичан, једном речју ефикасан.

Функционисање саобраћаја возова испољава се кроз извршени обим превоза путника и робе, остварену комерцијалну брзину саобраћаја возова, преко укупног бројног стања возних средстава (локомотива, путничких и теретних кола) у технички исправном стању и њихове способности за дозвољене брзине саобраћаја, стања способности пруга и осталих инфраструктурних капацитета за дозвољене брзине саобраћаја и на крају кроз остварени ниво безбедности и редовитости саобраћаја возова.

Брзина саобраћаја возова условљена је техничким брзинама, као мером саобраћајне способности пруга и железничких возила (локомотива и вагона) за највеће допуштене брзине саобраћаја, која се у крајњем ефекту испољава као комерцијална брзина у одређеним условима организације и експлоатације саобраћаја возова.

Појам безбедног саобраћаја возова подразумева да се не догађају ванредни догађаји (удеси и разне незгоде) који имају за последицу угрожавање живота људи и материјалне штете.

Појам редовитости саобраћаја подразумева уредност и тачност у извршењу саобраћаја возова по утврђеном ресу вожње без њиховог закашњења или отказивања.

Главни чиниоци преко којих се испољава стање функционисања саобраћаја возова на Железници Србије су:

- стање и техничко-експлоатациона способност железничке инфраструктуре, првенствено пруга и пружних постројења као стабилних (непокретних) капацитета,
- стање и техничко-експлоатациона способност железничких возних средстава првенствено вучних возила и кола, као покретних капацитета за извршавање превоза, и
- остварени обим превозног рада у путничком и теретном саобраћају.

Од ових, поред других чинилаца, у првом реду зависи позиција железнице на транспортном тржишту.

У складу са стањем и кретањима у железничком саобраћају у европским земљама, неопходно је извршити позиционирање железнице Србије на транспортном тржишту и истражити неопходне промене у функционисању железнице које ће довести до побољшања услова њеног пословања заснованих на тржишним принципима.

### **4.3. Стање инфраструктуре Железнице Србије**

Стање железничке инфраструктуре, представља објективни предуслов за производњу превозних услуга и одређује могућност испољавања расположивих

конкурентских предности железничких саобраћаја у односу на остале транспортере, појединих видова саобраћаја.

У целокупној железничкој инфраструктури најважније место заузима мрежа железничких пруга.

Да би се дефинисала позиција железничког саобраћаја на транспортном тржишту, потребно је утврдити стање инфраструктуре у погледу изграђености мреже пруга, степена њене електрифицираности, способности за дозвољене брзине саобраћаја и носивости пруга, као и категорија значакности пруга на железничкој мрежи.

Према својој улози у погледу географског, економског и друштвеног значаја у оквиру, унутрашње и међународне железничке мреже, пруге се категоришу на:

- магистралне пруге (оне се деле на главне и помоћне), које чине саставни део важних међународних железничких праваца (коридора), и
- остале пруге, које се у погледу саобраћајне значајности по основу превозног рада на њима деле на пруге првог реда и пруге другог реда.

Преглед стања кретања укупне дужине мреже железничких пруга Србије и осталих 25 земаља Европске Уније у периоду 2008-2012 године, ради међусобне компарације, дат је у табели 3.

Табела 3. Железничка мрежа пруга у земљама ЕУ и Србији у периоду 2008.-2012. године

Земља Европске Уније	Укупна дужина пруга [km]					Индекс 2012/2008
	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.	
Аустрија	5755	5784	5066	5066	4985	0,86
Белгија	3513	3578	3578	3678	3578	1,01
Бугарска	4159	4150	4098	4098	4070	0,98
Чешка Република	9487	9539	9469	9569	9470	0,98
Данска	2133	2131	2131	2131	2131	0,99
Естонија	816	929	787	787	1016	1,24
Финска	5919	5919	5919	5919	5944	1,00
Француска	29901	33778	33608	33884	30013	1,00
Немачка	33862	33706	33708	33708	33509	0,98
Грчка	2552	1885	1897	1897	1860	0,82
Мађарска	7942	7793	7893	7893	7877	0,99
Ирска	1919	1919	1919	1919	2237	1,16
Италија	16862	16959	18011	18011	18011	1,07
Летонија	2263	1885	1897	1897	1860	0,82
Литванија	1765	1767	1767	1767	1767	1,00
Луксембург	275	275	275	275	275	1,00
Холандија	2896	2886	3016	3016	3016	1,04
Пољска	19627	19764	19702	19702	19617	0,99
Португалија	2842	2842	2843	2843	2541	1,00
Румунија	10784	10776	10777	10777	10777	0,99
Шпанија	15046	15043	15317	15317	15665	1,00
Словачка	3592	3623	3587	3587	3593	0,99
Словенија	1228	1228	1228	1228	1209	0,98
Шведска	9830	9946	9957	9957	9944	1,01
Велика Британија	16321	16173	31471	31471	16423	1,00
<b>Укупно земље ЕУ</b>	<b>211289</b>	<b>214945</b>	<b>230576</b>	<b>227952</b>	<b>212082</b>	<b>1,00</b>
<b>Република Србија</b>	<b>3750</b>	<b>3797</b>	<b>3801</b>	<b>3804</b>	<b>3809</b>	<b>1,02</b>

Извор: [64]



Положај железничке мреже пруга Србије у склопу Европског железничког коридора Х, који је од посебног значаја на Европској мрежи приказан је на шеми са слике 22.

Из табеле 3. се види да је дужина укупне железничке мреже пруга у Републици Србији у целом посматраном периоду (2008.-2012. године) увећана за 50 km, и да она учествује са око 1,8% у укупној мрежи пруга земаља Европске уније.

У наредној табели 4. дат је преглед структурне мреже пруга Србије у погледу врста категорија и саобраћајне значајности на дан 31.12.2012. године.

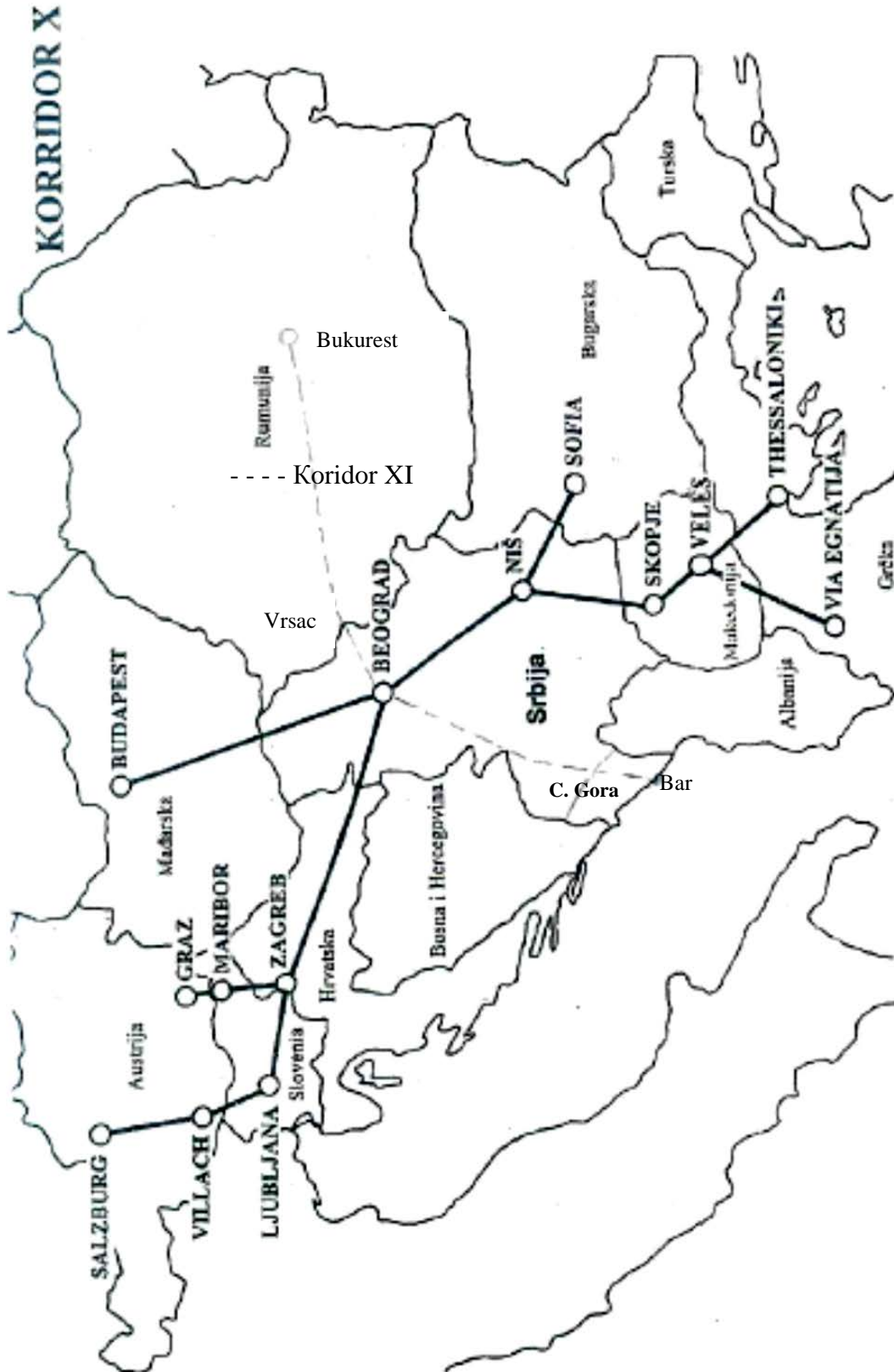
Према рангу значајности на железничкој мрежи Србије пруге су категорисане на:

- ❖ магистралне пруге које обухватају 1768 km, што износи око 46,4% укупне дужине мреже у оквиру којих је главних магистралних пруга 1675 km (око 44% свих пруга), а помоћних магистралних пруга је 93 km (око 2,4% свих пруга).
- ❖ остале пруге, које обухватају 2041 km, што износи 53,6% укупне мреже у оквиру којих су
  - а) пруге I реда у дужини од 1236 km (око 32,5% у укупној мрежи пруга) и
  - б) пруге II реда у дужини 805 km (око 21,1% у укупној мрежи пруга).

Табела 4. Преглед врста пруга на железници Србије у погледу саобраћајне значајности

<b>ВРСТА ПРУГА</b>	<b>Грађевинска дужина у km</b>
<b>1. Магистралне пруге</b>	1768
1.1. Магистралне главне	1675
1.2. Магистралне помоћне	93
<b>2. Остале пруге</b>	2401
2.1. Остале пруге првог реда	1236
2.2. Остале пруге другог реда	805
<b>УКУПНО</b>	3809

Извор: [67]



Извор: Часопис „Железнице“ 11-12/1997. год, ЈЖ Београд

Слика 22. Положај мрежа пруга Србије у склопу коридора X на Европској железничкој мрежи

Укупна дужина мреже пруга у Републици Србији износи 3809 km, од чега је 283km пруга двоколосечно, док је 3526 km једноколосечно. На мрежи пруга постоји 697 службених места (станица и стајалишта), 3803 пропуста, 311 тунела, 865 мостова. Учешће двоколосечних пруга у укупној мрежи пруга веома ниско, износи око 7,4% и за око пет пута је мање од процента код железница Европске уније.

Положај мреже пруга Железница Србије у склопу Коридора X Европске мреже пруга (приказан је на карти са слике 22.) има посебну улогу и значај што омогућава остваривање везе Западне, Северне и Централне Европе са земљама Јужне Европе и земљама Блиског Истока у Азији.

Железничка мрежа у Србији се заснива на ширини тзв. нормалног колосека од 1435 mm, а сви остали системи колосечних ширина су напуштени још од 1964. године. Око 45% пруга у Републици Србији има дозвољено осовинско оптерећење од 22,5 t док је на 30% пруга то оптерећење испод 16 t. Око 25% магистралних пруга железничке мреже у Србији налази се на Коридору X и његовим крацима 10а, 10б и 10ц. У плану развоја наше железничке инфраструктуре тежиште представља Коридор X. После 2000. године урађени су пројекти реконструкције и модернизације пруга на овом коридору.

У структури железничке мреже пруга Србије магистралне пруге у укупној дужини учествују са 46,41% и њихова дужина износи 1768 km. Дужина осталих пруга износи 2041 km.

Главне железничке пруге пролазе кроз главне градове и укрштају се у зонама Београда, Ниша и Новог Сада.

Први по важности на железничкој мрежи кроз Србију је међународни Коридор X (пруге број E70 и E85), који је дуг 767 km и само 32% дужине овог коридора кроз нашу земљу је двоколосечно, електротехничка опрема је технолошки застарела а пруга Ниш-Димитровград није електрифицирана. Садашња комерцијална брзина саобраћаја возова је око 50 km/h.

Магистралне пруге Коридора X (E70 и E85) кроз Србију су:

- ❖ Београд-Рума-Шид-Граница Хрватске (преко коридора Ха);
- ❖ Београд-Нови Сад-Врбас-Суботица-Граница Мађарске (грана Коридора Хб ознака E-85);
- ❖ Београд-Јагодина-Ниш (E-70 и E-85 – грана Коридора Ха);
- ❖ Ниш-Лесковац-Врање-Прешево-Граница Македоније (E-85– грана Коридора Ха) и
- ❖ Ниш-Пирот-Димитровград-Граница Бугарске (грана коридора Хц ознака E-70).

Главни железнички чворови на Коридору X кроз Србију су:

- ❖ Железнички чвор Суботица,
- ❖ Железнички чвор Нови Сад,
- ❖ Железнички чвор Београд,

- ❖ Железнички чвор Лапово, и
- ❖ Железнички чвор Ниш.

Дирекција за велике брзине при међународној железничкој унији (UIC) формирала је Географску Групу Југоисток Европе (обухвата 13 држава) са задатком да на том простору афирмише пруге за велике брзине. Група „Југоисток“ донела је закључак да модернизацију железничке инфраструктуре треба усмерити на пет приоритетних праваца од којих се три налазе у Мрежи пруга за велике брзине Европе (утврђена 2001. год.). *Железничка мрежа „високих перформанси“* обухвата железничке пруге у региону југоисточне Европе, које ће бити оспособљене да омогуће стварање железничких веза високог капацитета, а постигнут је споразум о успостављању железничке мреже високих перформанси у Југоисточној Европи (SEECP). Овај Споразум је ратификовала Скупштина Републике Србије 2006. године. Циљ овог споразума је да се до 2020. године постигне уз одговарајућа улагања комерцијална брзина саобраћања возова најмање 130 km/h, а минимална пројектована од 160-200+/-20 km/h.

Друга по важности железничких мрежа кроз Србију је међународни железнички „Коридор XI“ који укључује два железничка правца. Први крак међународног Коридора XI је магистрална пруга Београд-Граница Црне Горе, ознаке Е-79, која је једноколосечна електрифицирана пруга укупне дужине 287,4 km. Најдужи тунел на овом правцу у Србији је „Златибор“ од 6169 метара. Други крак међународног Коридора XI је магистрална пруга Београд-Панчево-Вршац-Граница Румуније, ознаке Е-66, укупне дужине 104 километара. Деоница Београд Центар-Панчево Главна, је једноколосечна електрифицирана пруга дужине 15 километара, а деоница Панчево Главна-Вршац је једноколосечна неелектрифицирана пруга дужине 80 километара. Ова пруга је доброг стања јер је ремонтвана 1986. године. Обе магистралне пруге „Коридора XI“ кроз Србију су:

- ❖ Београд-Панчево-Вршац-Граница Румуније и
- ❖ Београд-Ваљево-Ужице-Граница Црне Горе.

**Регионалне пруге** кроз Србију су углавном умрежене са међународним Коридором X и XI. Главни регионални железнички чворови кроз Србију су:

- ❖ Железнички чвор Сомбор,
- ❖ Железнички чвор Суботица,
- ❖ Железнички чвор Зајечар,
- ❖ Железнички чвор Зрењанин и
- ❖ Железнички чвор Краљево.

Посебно је незадовољавајуће стање мреже пруга Србије у погледу дозвољених брзина кретања возова јер је према подацима из табеле 7. око 64,1% дужине пруге било способно само за брзине до 60 km/h у 2012. години. Недостатак финансијских средстава је онемогућио потребна улагања у ремонте пруга са циљем побољшања техничких карактеристика пруга, односно повећање брзина. *Електрификација пруга* железничке мреже представља важан параметар развијености железничке мреже.

Електрификација пруга представља основ за развој система електричне вуче возова на железници. У табели 5. дат је преглед дужина и степен електрифицираности мреже пруга у земљама Европске уније.

Табела 5. Степен електрифицираности железничке мреже пруга у земљама ЕУ

Земља ЕУ	Дужина ел. пруга (km)					Степен електрифицираности у %				
	2008	2009	2010	2011	2012	2008	2009	2010	2011	2012
Аустрија	3539	3539	3405	3273	3468	61,5	61,1	67,21	64,61	69,57
Белгија	2955	3005	3005	3005	3005	84,1	83,9	83,99	83,99	83,99
Бугарска	2827	2833	2785	2862	2862	68,9	68,2	67,96	69,84	70,32
Чешка Република	3078	3153	3210	3207	3208	32,4	33,0	33,90	33,51	33,8
Данска	623	620	620	620	620	29,2	29,0	29,09	29,09	29,09
Естонија	131	132	132	132	132	16,08	14,21	16,77	16,77	12,99
Финска	3067	3067	3067	3172	3172	51,8	51,82	51,82	53,59	53,56
Француска	15402	16700	16763	16321	15768	51,5	49,44	49,88	52,85	52,54
Немачка	19645	19701	19820	20497	19830	58,0	58,45	58,80	60,81	59,18
Грчка	264	264	368	368	438	10,3	10,34	14,42	14,42	17,15
Мађарска	2793	2788	2948	2948	3014	35,1	35,78	37,35	37,35	38,26
Ирска	52	52	52	52	52	2,7	2,71	2,71	2,71	2,32
Италија	11928	12073	13090	31090	13090	70,7	71,19	72,68	72,68	72,68
Летонија	257	258	257	257	250	11,3	13,69	13,55	13,55	13,44
Литванија	122	122	122	122	122	6,90	6,90	6,90	6,90	6,90
Луксембург	262	262	262	262	262	95,2	95,27	95,27	95,27	95,27
Холандија	2195	2195	2107	2107	2107	75,8	76,06	69,86	69,86	69,86
Пољска	11856	11891	11854	11869	11860	60,41	60,16	60,17	60,20	60,46
Португалија	1460	1460	1488	1488	1630	51,4	51,37	52,34	52,34	64,13
Румунија	3974	4002	4032	4032	4032	36,8	37,14	37,41	37,41	37,41
Шпанија	8775	8772	9046	9046	9489	58,3	58,31	59,06	59,06	60,57
Словачка	1597	1577	1572	1572	1578	44,5	43,53	43,82	43,82	43,92
Словенија	503	503	503	503	500	41,0	40,96	40,96	40,96	41,36
Шведска	7765	7862	7864	7864	8093	79,0	79,05	78,98	78,98	81,39
Велика Британија	5417	5308	12624	12624	5597	33,2	32,82	40,11	40,11	43,08
<b>Укупно земље ЕУ</b>	<b>110487</b>	<b>112139</b>	<b>120996</b>	<b>121284</b>	<b>114179</b>	<b>52,3</b>	<b>52,17</b>	<b>52,48</b>	<b>53,21</b>	<b>53,84</b>

Извор: [64]

У табели 6. дат је преглед дужина и степен електрифицираности железничке мреже у Републици Србији на основу које се може са подацима из табеле 5. може вршити међусобно упоређење са земљама Европске уније.

Табела 6. Укупна дужина пруга и проценат електрифицираности на Железници Србије

	Година	Укупна дужина пруга (km)	Укупна дужина електрифицираних пруга (km)	% Електрифицираности мреже жел. пруга
1	2	3	4	5
1	2008	3750	1254	33,44
2	2009	3797	1254	33,03
3	2010	3797	1278	33,66
4	2011	3804	1278	33,60
5	2012	3809	1279	33,58

Извор: [67]

Електрифицираних пруга Железнице Србије на дан 31.12.2012. године било је укупно 1279 km (око 33,58% укупне мреже), од којих је 1000 km једноколосечних и 297 km, двоколосечних пруга.

Све су пруге на Железници Србије електрифициране системом монофазне наизменичне струје напона 25kV и фреквенције 50 Hz.

Електрифицираност садашње железничке мреже Републике Србије је на нивоу електрифицираности из 1997. године, када је процентуално износила 34% укупне железничке мреже. Овај проценат се задржао до данас, што је у односу на земље Европске Уније знатно испод њиховог просека.

У периоду од 2008. до 2012. године, електрифицираност железничке мреже је углавном на истом нивоу и износи нешто више од 33,5%, а у читавном том периоду електрифицирана мрежа пруга Србије је увећана за само 25 km.

Према подацима из табеле 5. највећи проценат електрифицираних пруга у односу на укупну дужину мреже пруга према следећем редоследу имају земље Европске уније:

- ❖ Луксембург (95,27%),
- ❖ Белгија (83,99%)
- ❖ Шведска (81,39%)
- ❖ Италија (72,68%)
- ❖ Бугарска (70,32%)
- ❖ Холандија (69,86%)
- ❖ Шпанија (60,57%) и
- ❖ Немачка (59,18%)

Најнижи степен електрифицираности железничке мреже је у Грчкој и износи 17,15%. У посматраном периоду у Грчкој је највећи део железничке мреже електрифициран у току 2012. године те у односу на 2008. годину повећање износи око 70%. У железничку инфраструктуру спадају средства сигнално-сигурносних и телекомуникационих уређаја (SS и ТК уређаји) којима су опремљене пруге и станице. На Железници Србије савременим SS и ТК уређајима (станични и пружни електрорелејни уређаји, уређаји аутоматског пружног блока (АПБ), уређаји телекоманде за даљинско управљањем саобраћајем возова, радио-диспечерско-локомотивске везе) опремељене су само деонице пруга на Коридору X (Шид-Београд-Ниш) и Београд-Пожега-Бродарево према Бару са Коридора XI. Остале пруге су опремљене најнужнијим уређајима.

У табели 7. дат је преглед кретања стања постојеће мреже железничких пруга Србије у погледу способности за дозвољене брзине саобраћаја у посматраном петогодишњем периоду од 2008. до 2012. године, са упоређењем у односу на стање из 1997. године.

Табела 7. Дозвољене грађевинске брзине за саобраћај возова на пругама а.д. „Железнице Србије“

	Година	Процент учешћа у укупној дужини пруга (%)			
		до 60 km/h	61-80 km/h	81-100 km/h	101-120 km/h
1	2008	55,3	19,5	22,6	2,6
2	2009	56	19,1	21,3	3
3	2010	57	19,6	20,2	3,1
4	2011	62	16,9	18,6	2,5
5	2012	64,1	15,6	17,7	2,5
6	<b>1997*</b>	<b>36%</b>	<b>28%</b>	<b>30%</b>	<b>3%</b>

Извор: [67]

Према подацима из табеле 7. у 2008. години на 55,3% укупне мреже пруга железнице Србије дозвољена је брзина од 60 km/h. У периоду од 2008. године до 2012. године овај проценат пруга на којима је дозвољена брзина од 60 km/h стално се повећавао па је у 2012. години износио 64,1% што нам говори о још вишем учешћу пруга са најмањом брзином, због њиховог ослабљеног техничког стања.

Учешће пруга са дозвољеном грађевинском брзином од 61 до 80km/h у посматраном периоду је смањен за око 4% али не у корист пруга са већом дозвољеном брзином, због њиховог ослабљеног техничког стања.

Учешће пруга са дозвољеном грађевинском брзином од 81 до 100km/h у посматраном периоду је такође смањен за око 5% али не у корист пруга са већом дозвољеном брзином.

Преглед дозвољених грађевинских брзина пруга из табеле 7. у периоду од 2008. до 2012. године показује да се учешће пруга са најмањом дозвољеном брзином повећавао из године у годину, док се учешће пруга са већом дозвољеном грађевинском брзином смањивало.

Железнице Србије према дозвољеним брзинама на пругама, значајно заостају за земљама из окружења и земљама Европске уније.

Подаци из табеле 7. јасно указују веома ниске брзине до 60 km/h на највећем делу пруга у Републици Србији (на 64,1% у 2012. години), док је само на 2,5% железничке мреже Србије дозвољена брзина од преко 100 km/h.

У поређењу са подацима о дозвољеним брзинама на мрежи пруга Србије из 1997. године уочава се да су у то време дозвољене брзине биле веће на већем делу пруга а дозвољена брзина до 60 km/h била је на само 36% пруга Србије, док се у 2012. години тај проценат повећао и износи 64,1%. Ови подаци указују да је дошло до знатног погоршања стања пруга у претходних 15 година, тако да проценат учешћа смањених брзина до 60 km/h расте те је стање од пре 15 година (из 1997. год.) у том погледу било знатно повољније него 2012. године.

Стање мреже пруга у погледу њихове способности за дозвољена осовинска оптерећења [t/o] у тонама по осовини са пресеком за 2012. годину било је следеће структуре [67]:

- ❖ са осовинским оптерећењем испод 16 [t/o] било је 115 km, што чини 29,4% укупне мреже пруга,
- ❖ са осовинским оптерећењем од 18 [t/o] било је укупно 340 km, што чини 8,9% укупне мреже пруга,
- ❖ са осовинским оптерећењем од 20 [t/o] било је 665km, што чини 17,40% укупне мреже пруга, и
- ❖ са осовинским оптерећењем од 22 [t/o] било је укупно 1688,8 km, што чини 44,30% укупне мреже пруга.

Из изнетих података према табели 7. се уочава да је постојеће стање мреже пруге Србије, како у погледу носивости, а посебно у погледу брзине, хетерогено и незадовољавајуће. Изнети подаци јасно указују на веома ниске дозвољене брзине саобраћаја на пругама Србије, јер су брзине испод 60 km/h распрострањене на око 64% укупне дужине, док је само око 2,5% дужина пруга способно за допуштене брзине од 100 до 120km/h.

Општа је констатација да железнице Србије према дозвољеним брзинама на пругама значајно заостају у односу на железнице у земљама Европске уније.

Стање на пругама у погледу њихове способности за дозвољена осовинска оптерећења и највеће брзине саобраћаја директно се одражава на незадовољавајуће услове експлоатације и недовољну ефикасност коришћења вучних возила и осталих возних средстава.

Незадовољавајуће стање пруга на Железници Србије ограничава оптималност коришћења расположивих вучних возила и кола (вагона) у погледу њихових техничко-експлоатационих могућности, што у крајњем исходу проузрокују низак ниво квалитета превозних услуга испољено у ниским комерцијалним брзинама и закашњењима у саобраћају возова, а што представља препреку да наша железничка мрежа постане равноправни део европске магистралне мреже пруга.

#### **4.4. Стање возних средстава Железнице Србије**

Железничка возна средства (возне капацитете) чини скуп разноврсних вучних возила, путничких и теретних кола, која представљају мобилне железничке саобраћајно-транспортне капацитете, од чијег стања у погледу њихове бројне величине и техничко-експлоатационих карактеристика зависи функционисање саобраћаја возова, обим и квалитет извршеног превоза на железници.

Предност возних капацитета над инфраструктурним капацитетима представља могућност њихове ограничене мобилности (дислокације) на оне делове (подручја) транспортног тржишта где је транспортна потражња за превозом исказана, у већем обиму.



Већу или мању мобилност возних капацитета на железничкој мрежи одређују њихове техничко-експлоатационе карактеристике и усклађеност са техничко-експлоатационим карактеристикама пруга у погледу носивости за дозвољена осовинска оптерећења и оптерећења по дужном метру.

У циљу позиционирања Железнице Србије и њеног поређења са железницама Европске Уније у табели 8. даје се преглед кретања укупног инвентарског броја вучних возила и вучених возила (кола) свих врста по земљама Европске уније и у Републици Србији у посматраном периоду 2008.-2012. године.

Вучна возила у железничком саобраћају чине електричне локомотиве, дизел локомотиве, електромоторни возови и дизел моторни возови. Вучена возила у железничком саобраћају представљају различите врсте путничких и теретних кола тзв. вагони.

Табела 8. Преглед укупног броја свих вучних и вучених возила (кола) у земљама Европске Уније и Србије у периоду 2008.-2012. год.

Земља Европске Уније	Укупна сва вучна возила					Укупна сва вучена возила (кола)				
	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.
Аустрија	4412	1609	1721	1923	1699	18871	30440	28543	19057	28461
Белгија	1374	1316	1341	1266	1266	9573	12001	11612	11612	11612
Бугарска	193	715	625	731	356	12675	12835	11588	11588	10647
Чешка Република	2785	2746	2902	2634	2653	31656	29194	27416	27314	27066
Данска	448	538	682	731	356	-	-	-	-	-
Естонија	156	87	75	75	75	2905	2899	2958	2981	2981
Финска	662	641	644	643	652	10934	19524	10464	10364	9817
Француска	7051	6792	6809	6294	5896	30196	29028	25314	37093	17830
Немачка	14562	13909	15612	15507	15173	107932	113657	108840	12916	101306
Грчка	301	301	301	301	301	3568	-	-	3876	3158
Мађарска	499	247	1448	1291	1429	11718	-	-	3334	-
Ирска	549	572	-	374	374	234	116	-	-	450
Италија	5212	4597	4519	4163	4307	41395	30398	30410	37913	25774
Летонија	330	196	196	196	202	5228	5226	6038	6038	6320
Литванија	352	317	322	313	299	9648	9561	9238	9480	9112
Луксембург	161	150	149	147	147	3814	3895	3895	4105	3895
Холандија	2181	2117	2417	2432	2547	-	-	-	2859	-
Пољска	4607	4589	4392	3568	3516	74408	72727	66947	71123	62253
Португалија	428	436	441	470	427	2953	3046	3173	3138	3170
Румунија	2275	1947	2233	2356	2237	46613	46871	45418	75883	71249
Шпанија	1983	2014	2078	2058	1981	14973	15003	14347	19291	14074
Словачка	1195	1153	1142	1028	1158	14510	17107	17700	17605	17145
Словенија	267	269	267	261	261	3921	3905	3211	3497	3120
Шведска	653	211	632	624	640	7000	-	6027	6834	6027
Велика Британија	10690	10576	-	11036	11082	21767	21767	-	12144	-
<b>Укупно земље ЕУ</b>	<b>63699</b>	<b>58045</b>	<b>50908</b>	<b>60313</b>	<b>59291</b>	<b>486492</b>	<b>470296</b>	<b>433235</b>	<b>523114</b>	<b>435652</b>
<b>Република Србија</b>	<b>412,5</b>	<b>411,5</b>	<b>411,5</b>	<b>417,5</b>	<b>442,5</b>	<b>9555</b>	<b>10475</b>	<b>9522</b>	<b>9390</b>	<b>9377</b>

Извор: [65]; [67]

(-) значи да недостају подаци у статистичком извору

Из података у табели 8. са уочава да кретање бројног стања вучних и вучених возила има општи тренд опадања како на железницама земаља Европске Уније, тако и на Железници Србије, код вучених возила (кола) док је број вучних возила у извесном мањем повећању..

У укупном броју вучних возила земаља Европске Уније Србија учествује са око 0,06%, док са својим укупним бројем вучених возила (кола) учествује са око 2% у укупном броју вучених возила (кола) земаља Европске Уније на нивоу посматраног петогодишњег временског периода.

Потенцијале понуде на транспортном тржишту превозних услуга представља величина бројног стања железничких вучних возила и кола.

Једна од важних карактеристика развоја железничког саобраћаја у Европи огледа се у општем неравномерном развоју железничких возних капацитета у појединим земљама.

Привредно развијене земље имају знатно развијенија железничка возна средства у односу на неразвијеније земље и земље у развоју.

Подаци из табеле 8. показују да две земље у Европској Унији – Немачка и Велика Британија, имају највећи број вучних возила и показују тенденцију да се број вучних возила у овим земљама стално повећавао.

Земље које показују пораст броја железничких вучних возила 2012 године у односу на 2008 годину су: Француска, Италија, Пољска и Чешка Република, као и Република Србија.

Највећи број вучених возила (кола) у земљама ЕУ имају: Немачка, Румунија и Пољска. Међутим укупан број железничких кола (вучених возила) у земљама Европске Уније у 2012. години био је мањи за 5840 кола у односу на 2008. годину што износи за око 11%, а у Србији је било мање за око 2%.

У табели 9. дат је преглед бројног стања вучних возила свих основних врста по годинама у посматраном периоду 2008. – 2012. године на Железници Србије.

Табела 9. Преглед стања свих вучних возила на Железници Србије у периоду 2008. – 2012. године

Година	Електролокомотиве	Електромоторни возови свих серија	Дизел локомотиве свих типова	Дизелмоторни возови свих типова	Парне локомотиве
2008.	144	38,5	187	40	3
2009.	143	38,5	187	40	3
2010.	143	38,5	187	40	3
2011.	143	38,5	193	40	3
2012.	143	38,5	193	65	3

Извор: [67]

Електричне локомотиве су монофазног система вуче 25kV, 50Hz и постоје три основне серије: 441, 444 и 461, са више њихових подсерија на Железници Србије, тако да у оквиру серије 441 постоји шест подсерија, локомотиве 444 су једне серије и код локомотива 461 постоје три подсерије.

Све електричне локомотиве користе се у систему електричне вуче путничких и теретних возова на електрифицираним пругама.

Све постојеће дизел локомотиве су по свом основном типу преносника снаге, дизел-електричне и дизел-хидрауличне локомотиве расподељене у оквиру 10 постојећих серија и користе се за вучу возова и маневрски рад по станицама.

У оквиру дизел локомотива најбројније су дизел-електричне локомотиве серије 661 (има их око 1/3 у укупном броју свих дизел локомотива) и користе се за вучу путничких и теретних возова, редовно на највећем делу неелектрифицираних пруга Железнице Србије.

Парних локомотива има три, оне су музејске локомотиве и служе за повремену вучу туристичких возова „Романтика“ у промотивне туристичке сврхе.

Електромоторни возови серије 412 су коришћени за путнички локални саобраћај, на електрифицираним пругама, док су дизел моторни возови, има их 4 серије, коришћени за локални путнички саобраћај на неелектрифицираним пругама.

Истражена структура вучних возила по серијама, намени и максималној могућој брзини у 2012. години дата је у табели 10, на бази постојећих извора [60]; [67]; [68]; [69].

Према својим техничко-експлоатационим параметрима вучна возила железнице Србије не заостају битно иза просека европских земаља. Основни недостатак код наших вучних возила јесте у чињеници да је код дизел локомотива, електролокомотива и дизел моторних возова присутно је велико шаренило различитих типова и серија, што отежава организовање рационалног и ефикасног текућег и инвестиционог одржавања ових возних средстава.

Табела 10. Преглед стања вучних возила по серијама, намени и максималној брзини кретања

Врста, тип и серија вучних возила	Намена вучних возила	Трајна снага [kW]	Способност за максималне брзине
<b>I. Електричне локомотиве</b>			
1) сер. 441, монофазног система	За вучу путничких и теретних возова	3860	120 (140) km/h
2) сер. 444, монофазног система	За вучу путничких и теретних возова	4080	120 (140) km/h
3) сер. 461, монофазног система	За вучу путничких и теретних возова	5100	120 km/h
<b>II. Дизел локомотиве</b>			
1) сер. 621 – дизел електрична	За маневру	392	80 km/h
2) сер. 641 – дизел електрична	За маневру и вучу лакших теретних возова	386	80 km/h
3) сер. 642 – дизел електрична	За маневру и вучу лакших теретних и путничких возова	606	80 km/h
4) сер. 643 – дизел електрична	За вучу лакших теретних и путничких возова	680	80 km/h
5) сер. 644 – дизел електрична	За вучу путничких возова	1119	80 km/h
6) сер. 645 – дизел електрична	За вучу путничких возова	1845	124 km/h
7) сер. 661 – дизел електрична	За вучу путничких и теретних возова	1454	124 km/h
8) сер. 664 – дизел електрична	За вучу теретних возова	1640	124 km/h
9) сер. 666 – дизел електрична	За вучу путничких и теретних возова	1845	122 km/h
10) сер. 734 – дизел хидраулична	За маневру	478	60 km/h
<b>III. Електро-моторни возови</b>			
1. серија: 412/416; монофазног система; састав: М+Р+Р+М Капацитет: 302 седишта +296 места за стајање	За путничке возове из градског, приградског и локалног саобраћаја	1360	130 km/h
<b>IV. Дизел-моторна кола</b>			
1. Серија 710 – дизел-хидраулични; састав: М; капацитет: 68 седишта + 30 места за стајање	За путничке возове из локалног саобраћаја	412	130 km/h
<b>V. Дизел-моторни возови</b>			
1. Серија 711 – дизел-хидраулични; састав: М+М; капацитет: 136 седишта + 60 места за стајање	За путничке возове из локалног саобраћаја	368	130 km/h
2. Серија 712 – дизел-хидраулични; састав: М+Р; капацитет: 144 седишта + 68 места за стајање	За путничке возове из локалног саобраћаја	368	130 km/h
3. Серија 812 – дизел-механички; састав: М+Р; капацитет: 123 седишта + 76 места за стајање	За путничке возове у приградском локалном саобраћају	110	90 km/h

Извор: [60]; [67]; [68]; [69]

У табели 11. дат је преглед укупног бројног стања железничких вучених возила (путничких и теретних кола) по годинама посматраног периода.

Табела 11. Преглед укупног броја вучних возила (путничких и теретних кола) на Железници Србије у периоду 2008.-2012. год.

	Година	Путничка кола	Теретна кола	Укупно вучена возила
1	2008	587	8.968	9555
2	2009	587	9.888	10475
3	2010	539	8.983	9522
4	2011	546	8.844	9390
5	2012	530	8.847	9377

Извор: [67]

Број путнички и теретних кола у периоду до 2008. до 2012. године према подацима из табеле 11. смањиван је углавном из године у годину, тако да је 2012. године број путничких кола био мањи за око 10 %, а теретних кола за око 1,5% у односу на 2008. годину.

*Стање путничких кола* у погледу способности за брзине саобраћаја је хетерогено и креће се у распону способности кола од брзине кола за 80 km/h (мали део око 5% кола) па до кола способних за брзине саобраћаја од 160 km/h са ознаком RIC – која су способна за међународни саобраћај, којих има око 1/3 у укупном броју путничких кола, што значи да испуњавају критеријуме који се захтевају за коришћење у међународном саобраћају. Стање теретних кола у погледу способности за брзине је исто тако хетерогено и креће се од кола способних за брзине од 120 km/h са ознаком RIV којих има око 90% у укупном броју.

Стање теретног колског парка од 8847 теретних кола релативно је задовољавајуће, пошто 90% ових кола су са ознаком RIV што значи да испуњавају критеријуме који се захтевају за коришћење у међународном саобраћају, а да 10% теретних кола није способно за међународни саобраћај.

Просечна носивост кола од око 45 тона је релативно велика што није усклађено са могућностима наше железничке мреже за дозвољена осовинска оптерећења, а што у значајној мери није у складу ни са захтевима корисника превоза.

#### **4.5. Стање функционисања саобраћаја возова на Железници Србије и њен положај на транспортном тржишту**

Основни показатељ функционисања саобраћаја возова на одређеној железничкој мрежи се огледа кроз остварени обим превоза путника и робе у посматраном периоду који карактеришу и одређени показатељи квалитета превоза као што су: комерцијална брзина, редовитост и безбедност саобраћаја возова.

У наредној табели 12. дат је преглед основних показатеља обима превозног рада на Железници Србије у периоду 2008. – 2012. године, а то су:

- ❖ *Показатељи код превоза путника:*
  - број превезених путника исказаних у хиљадама (000), и
  - количина (број) реализованих путничких километара (рkm) исказаних у милионима ( $10^6$  рkm).
- ❖ *Показатељи код превоза робе:*
  - количина превезене робе у тонама робе исказана у милионама тона ( $10^6$ t), и
  - количина реализованих нетонских километара (ntkm) исказана у милионима ( $10^6$ ntkm).
- ❖ Укупни обим превоза исказује се у милионима остварених РТКМ – редукованих тонских километара ( $10^6$  rtkm) који представљају збир остварених путничких и нетонских километара

Табела 12. Показатељи оствареног обима превозног рада у робном и путничком саобраћају

ПОКАЗАТЕЉИ		Јединица мере	Година				
			2008	2009	2010	2011	2012
I.	<b>УКУПНИ ОБИМ ПРЕВОЗА</b>	милиони РТКМ	4,987	3,55	4,085	4,02	3,47
1.1.	Превоз путника						
1.2.	Превезени путници	милиони путника	8,85	8,37	7,26	9,38	16,63
2.	Путнички километри	милиони ПКМ	648	582	562	590	700
2.1.	Превоз робе						
2.2.	Превезена роба	милиони тона	14,13	10,4	12,58	12,62	9,45
II.	<b>Нетонски километри</b>	милиони НТКМ	4,339	2,96	3,523	3,61	2,77

Извор: [67]

Из прегледа показатеља превозног рада у табели 12. може се закључити следеће:

- ❖ Према броју превезених путника, обим превоза путника у 2012. години је скоро удвостручен, односно показује повећање величине броја превезених путника у односу на 2008. годину, за око 87%.
- ❖ Превоз робе у посматраном периоду показује супротно кретање од кретања превоза путника. Наиме превоз робе је смањен у 2012. години у односу на 2008. годину за око 34% што посматрајући количину превезене робе значи да је за 4,85 милиона тона робе мање превезено у 2012. години у односу на 2008. годину, што износи мање за око 33%.
- ❖ На неостваривање још већег обима укупног превозног рада у путничком саобраћају (број превезених путника и путничких километара) значајно је утицало:

- отказивање путничких возова проузроковано недостатком вучних возила и путничких кола за извршење реда вожње,
- закашњења путничких возова, проузроковано лаганим вожњама,
- неадекватан квалитет расположивих капацитета за превоз путника,
- саобраћај возова мимо прописаног састава по Сообраћајно транспортном упутству уз ред вожње (које прописује састав возова) због недостајања планираних кола, и
- мале комерцијалне брзине возова из путничког саобраћаја и друго.

Негативна кретања у привреди односно смањење обима производње у привреди Србије као и присутност негативних ефеката економске кризе у окружењу, утицали су на смањење обима превоза у робном саобраћају, а самим тим и на смањење транспортног прихода, што се неповољно одразило на пословање Железнице Србије.

Велике шпедицијске организације као што су *Prodos*, *Expres*, *Schenker* и други, значајно су смањиле број транзитних возова кроз Србију, што је довело до пада транзитног саобраћаја за чак 20%, док је одлазак компаније *US Steel* из Смедерева утицао на смањење обима превоза првенствено у увозу и извозу роба.

Квалитативни показатељи рада теретног саобраћаја који директно утичу на обим и квалитет услуга превоза у робном саобраћају веома су неповољни и одржавају се на истом нивоу у периоду од 2008. до 2012. године, и представљају значајне факторе у смањеном обиму превоза и смањењу осварених прихода од превоза.

У табели 13. дат је приказ истражених основних квалитативних показатеља превозног рада у путничком и теретном саобраћају, којима се приказује остварени ниво уредности односно *редовитости и тачности функционисања саобраћаја возова*.

Табела 13. Преглед квалитативних показатеља рада у саобраћају путничких и теретних возова

Показатељи	Године				
	2008	2009	2010	2011	2012
<b>I. У путничком саобраћају</b>					
1. Закашњење путничких возова на 100 voz. km (min/100 voz. km)	6,43	5,15	4,71	4,48	3,63
2. Комерцијална брзина возова из путничког саобраћаја (km/h)	43,42	43,36	43,86	43,02	41,93
3. Просечан број отказаних возова дневно	104,0	117,0	43,2	43,22	41,93
<b>II. У теретном саобраћају</b>					
1. Просечна бруто маса једног теретног воза (t)	998	926	998	984	998
2. Коефицијент празног трчања теретних кола	0,55	0,57	0,55	0,57	0,56
3. Закашњење теретних возова на 100 voz. km (min/100 voz. km)	50,31	37,07	50,31	48,20	50,1
4. Комерцијална брзина возова из теретног саобраћаја (km/h)	23,92	25,19	23,92	24,51	23,80
5. Просечан број отказаних возова дневно	54,0	46,0	20,8	20,8	6,8

Извор: [67]; [68]

Према подацима из табеле 13. уочава се да су сви квалитативни показатељи рада који директно утичу на обим и квалитет превоза и у путничком и у теретном саобраћају веома неповољни и углавном су свих посматраних година на незадовољавајућем нивоу.

Посебно се неповољно одражавају на квалитет превозних услуга мале комерцијалне брзине саобраћаја возова као и закашњења возова јер одбојно делују на кориснике железничких превозних услуга.

Веома важни фактори који делују на функционисање саобраћаја возова јесу појаве дефеката вучних возила и ванредних догађаја (разни облици удеса и незгода), чији је укупан број у посматраном периоду на Железнице Србије приказан је у табели 14., на бази истраживања и службених евиденција [67]; [68]; [69].

Табела 14. Преглед укупног броја дефеката и ванредних догађаја на Железници Србије

Године	2008	2009	2010	2011	2012
Укупан број дефеката код свих вучних возила	2401	2446	2491	2174	2361
Укупан број свих врста и облика ванредних догађаја	541	528	574	595	503

Извор: [67]; [68]; [69]

Појава дефеката вучних возила и ванредних догађаја (удеси и незгоде) на Железници Србије неповољно утичу на квалитативне показатеље рада и функционисање саобраћаја возова и имају тренд промењљивог кретања с тим да су по броју у задњој 2012. години посматраног периода мањи у односу на претходне године. Једино је у 2011. години био већи број ванредних догађаја и мањи број дефеката вучних возила него у 2012. години.



Истражено је позиционирање Железнице Србије на транспортном тржишту – превоза робе у поређењу са железницама земаља Европске Уније ближе се приказује подацима датим у табели 15, на бази расположивих статистичких извора [64]; [65]; [67].

Табела 15. Преглед ствареног обима превоза у железничком робном саобраћају у земљама ЕУ и Републици Србији у периоду од 2008. до 2012. године

Земља Европске Уније	Укупно превезено робе (у милионима тона)					Укупно остварено тонских километара (у милионима)					Индекс 2012/2008	
	2008	2009	2010	2011	2012	2008	2009	2010	2011	2012	роба	ткм
Аустрија	96	106	118	85	107	18710	20202	23104	16899	21683	1,11	1,15
Белгија	55	38	37	37	37	7882	5472	5439	5439	5439	0,67	0,69
Бугарска	20	14	13	14	12	4673	3159	3061	3291	2850	0,60	0,60
Чешка Република	86	60	77	79	62	15961	11249	13592	13872	11423	0,72	0,71
Данска	НЕ	НЕ	НЕ	НЕ	НЕ	НЕ	НЕ	НЕ	НЕ	НЕ	-	-
Естонија	26	25	30	31	26	5683	5780	6261	6034	4823	1,00	0,84
Финска	42	33	36	35	35	10777	8872	9750	9395	9175	0,83	0,85
Француска	96	69	69	63	63	41530	26482	22840	23242	31616	0,65	0,76
Немачка	261	341	415	415	399	91178	93948	105794	112518	105894	1,52	1,16
Грчка	4	3	3	3	3	786	538	538	538	538	0,75	0,68
Мађарска	42	4	5	4	9	7786	447	1000	733	1179	0,21	0,15
Ирска	1	1	1	0,6	1	103	79	92	105	91	1,00	0,88
Италија	66	44	42	42	40	19918	13569	12037	11545	11249	0,60	0,56
Летонија	56	54	49	49	61	17704	18693	17164	17164	16930	1,08	0,95
Литванија	55	43	48	52	49	14748	11888	13431	15088	14172	0,89	0,96
Луксембург	9	6	6	6	6	291	189	189	189	189	0,66	0,64
Холандија	НЕ	НЕ	НЕ	НЕ	НЕ	НЕ	НЕ	НЕ	НЕ	НЕ	НЕ	НЕ
Пољска	142	110	128	141	127	39200	29940	34266	37189	32904	0,89	0,83
Португалија	10	4	9	9	9	2550	872	1932	2064	2064	0,9	0,8
Румунија	60	44	46	57	49	21861	8902	10286	13539	11200	0,81	0,87
Шпанија	26	21	19	21	21	10224	7348	7844	8019	7507	0,80	0,73
Словачка	46	34	39	37	35	9004	6485	7669	7290	6854	0,76	0,76
Словенија	17	13	16	16	15	3520	2668	3283	3584	3227	0,88	0,91
Шведска	НЕ	НЕ	НЕ	НЕ	НЕ	11500	НЕ	НЕ	НЕ	НЕ	НЕ	НЕ
Велика Британија	68	НЕ	НЕ	90	НЕ	12512	НЕ	НЕ	19230	НЕ	НЕ	НЕ
<b>Укупно ЕУ</b>	<b>1284</b>	<b>1067</b>	<b>1201</b>	<b>1286,6</b>	<b>1166</b>	<b>359101</b>	<b>276782</b>	<b>299572</b>	<b>326967</b>	<b>301007</b>	<b>0,90</b>	<b>0,83</b>
<b>Република Србија</b>	<b>14,1</b>	<b>10,4</b>	<b>12,6</b>	<b>12,6</b>	<b>9,4</b>	<b>4,3</b>	<b>3,0</b>	<b>3,5</b>	<b>3,6</b>	<b>2,8</b>	<b>0,67</b>	<b>0,65</b>

Извор: [64]; [65]; [67];

НЕ – нема приказаних података у статистичким изворима

Подаци из табеле 15. показују да Железнице Србије са својим укупним обимом превезене робе у односу на укупни превоз робе на железницама земаља Европске Уније, исказано у милионима тона превезене робе, учествује у размери реда величине од око 0,8% до 1,1% по појединим годинама посматраног периода.

#### 4.6. Оцена позиције Железнице Србије на тржишту транспортних услуга

Потпуније оцене позиције Железнице Србије на транспортном тржишту утврдиће се на основу компарације постојећег стања структуре превозних капацитета за превоз путника и робе и структуре њиховог учешћа по појединим видовима саобраћаја у посматраном периоду од 2007-2011 године на подручју Србије што је приказано у табели 16.

У табели 16. дат је упоредни преглед учешћа превозних капацитета за путнички превоз по појединим видовима саобраћаја на подручју Србије у посматраном временском периоду.

Табела 16. Преглед превозних капацитета појединих видова саобраћаја на транспортном тржишту Србије исказани бројем путничких места у хиљадама

Год.	укупно путн. места	копнени		железнички		друмски		градски		ваздушни		унутраш. пловни	
		путн. места	учешће у % (3:2)	путн. места	учешће у % (5:2)	путн. места	учешће у % (7:2)	путн. места	учешће у % (9:2)	путн. места	учешће у % (11:2)	путн. места	учешће у % (13:2)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2007	578	576	99,65	49	8,48	133	23,0	394	68,2	1,7	0,29	0,2	0,03
2008	615	613	99,67	49	7,97	119	19,35	445	72,4	1,8	0,29	0,2	0,03
2009	610	608	99,67	49	8,03	121	19,84	438	71,8	1,7	0,28	0,1	0,02
2010	609	607	99,67	49	8,05	140	22,99	418	68,6	1,7	0,28	0,1	0,02
2011	585	583	99,66	49	8,38	122	20,85	412	70,4	1,7	0,29	0,1	0,02

Извор: [66]

Подаци из табеле 16. приказују процентуално учешће расположивих укупних превозних капацитета у периоду 2007.-2011. године исказаних у укупном броју путничких места на транспортном тржишту у Србији, који се кретао од 578000 до 615000 путничких места која припадају одређеним видовима копненог, ваздушног и пловног саобраћаја.

Анализирајући податке из табеле 16. у укупном броју путничких места по годинама посматраног периода, градски саобраћај учествује са око 70% (на првом месту), друмски саобраћај од око 19-23% (на другом месту), железнички саобраћај са око 8-8,5% (на трећем месту), ваздушни саобраћај учествује са око 1,7-1,8% (четврто место) и унутрашњи пловни (водни) саобраћај учествује симболично са око 0,025% налази се на задњем месту.

У табели 17. дат је истраживањем утврђени упоредни преглед учешћа превозних капацитета за робни превоз по појединим видовима саобраћаја на подручју Србије у посматраном временском периоду исказаних у хиљадама тона носивости а код цевоводног транспорта у километрима дужине цевовода.

Табела 17. Преглед укупних превозних капацитета на транспортном тржишту превоза робе у Србији у укупној носивости по појединим видовима транспорта

год.	ук. тона носивости	копнени		железнички		друмски		градски		унутрашњи пловни		цево-водни (y km)
		тона нос.	учешће у % (3:2)	тона нос.	учешће у % (5:2)	тона нос.	учешће у % (7:2)	тона нос.	учешће у % (9:2)	тона нос.	учешће у % (11:2)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2007	779	443	56,86	413	53,02	30	3,85	336	43,13	0,2	0,03	1674
2008	781	443	56,72	406	51,98	37	4,73	338	43,27	0,2	0,03	1674
2009	817	495	60,59	456	55,81	39	4,77	322	39,41	0,2	0,02	1674
2010	796	482	60,55	432	54,27	50	6,28	314	39,44	0,2	0,02	1674
2011	797	483	60,60	430	53,95	53	6,65	314	39,39	0,2	0,02	1674

Извор: [66]

Анализирајући податке из табеле 17., која показује податке учешћа појединих видова транспорта у погледу носивостни возног парка у укупној носивости исказаној у хиљадама тона носивости којима располаже укупно транспортно тржиште у Србији, уочавамо да водеће, прво место, заузима железнички саобраћај са учешћем од 53-55,8%, затим бродски саобраћај са учешћем од око 39,4-43,27% (има друго место), друмски саобраћај као највећи конкурент железничком саобраћају учествује са свега од 3,85% до око 6,65% (на трећем месту) у погледу носивости возног парка.

Позиција појединих видова саобраћаја на транспортном тржишту посматра се поред расположивих капацитета превоза што је значајно, још и према извршеном обиму превоза путника и робе што је још значајније.

У табели 18. приказује се истраживањем утврђено учешће појединих видова саобраћаја на тржишту транспортних услуга Србије у периоду 2007.-2011. године у извршењу превоза путника исказано у милионима реализованих путничких километара, а у табели 19. у извршењу превоза робе исказано у милионима нетонских километара.

Табела 18. Учешће у извршењу оствареног превоза путника изражен у оствареним путничким километрима према врстама саобраћаја у Србији (у милионима)

год.	ук. путн. км.	копнени		железнички		друмски		градски		ваздушни	
		пут. км	Учешће у % (3:2)	пут. км	учешће у % (5:2)	пут. км	учешће у % (7:2)	пут. км	Учешће у % (9:2)	пут. км	учешће у % (11:2)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2007	11986	10591	88,36	687	5,73	4456	37,18	5448	45,45	1395	11,64
2008	12072	10627	88,03	583	4,83	4719	39,09	5325	44,11	1445	11,97
2009	11131	10008	89,91	522	4,69	4582	41,16	4920	44,20	1123	10,09
2010	11496	10351	90,04	522	4,54	4653	40,47	5176	45,02	1142	9,93
2011	11852	10440	88,09	541	4,56	4652	39,25	5247	44,27	1399	11,80

Извор: [66]

Из анализе података из табеле 18. имамо да:

- ❖ У укупно оствареним путничким километрима на транспортном тржишту:
  - Учешће копненог саобраћаја износи између 88,03 и 90% и показује пораст у посматраном периоду.
  - Учешће ваздушног саобраћаја износи између 9,93 и 11,8%
- ❖ У укупно оствареним путничким километрима на транспортном тржишту:
  - Градски саобраћај учествује са укупно оствареним путничким километара у копненом саобраћају са око 44% и 45% и углавном је на истом нивоу у целом посматраном периоду и заузима прво место
  - Друмски саобраћај учествује са око 37,18% у 2007. години са израженим благим повећањем учешћа за око 2% по годинама посматраног периода у односу на 2007. годину и заузима друго место.
  - Железнички саобраћај учествује са свега око 5% у 2007. години са тенденцијом смањење по годинама у посматраног периода за око 1% и налази се на трећем месту.

У табели 19. дат је приказ извршеног превоза робе исказан у оствареним тонским километрима у појединим видовима транспорта.

Табела 19. Учешће појединих видова саобраћаја у оствареним тонским км (у милионима)

Год.	Ук. тон. км	копнени		железнички		друмски		цевоводни		унутрашњи пловни		ваздушни	
		тон. км	учешће у % (3:2)	тон. км	учешће у % (5:2)	тон. км	учешће у % (7:2)	тон. км	учешће у % (9:2)	тон. км	учешће у % (11:2)	тон. км	учешће у % (13:2)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2007	8383	6794	81,04	4551	54,29	1161	13,85	1082	12,90	1584	18,90	4,6	0,05
2008	7881	6509	82,59	4339	55,06	1112	14,11	1056	13,40	1370	17,38	4	0,05
2009	5954	5079	85,30	2967	49,83	1185	19,90	927	15,57	872	14,65	2,7	0,05
2010	7092	6214	87,62	3522	49,66	1689	23,82	1003	14,14	875	12,34	2,7	0,04
2011	7252	6523	89,95	3611	49,79	1907	26,29	1005	13,86	726	10,01	2,7	0,04

Извор: [66]

Из анализе података табеле 19. имамо да у укупно оствареним тонским километрима на транспортном тржишту:

- ❖ Учешће копненог саобраћаја се креће се између 81,04 и 89,95% и показује пораст у посматраном периоду.

- ❖ Учешће железничког саобраћаја износи 54,29% у 2007. години и има тенденцију смањења те у 2011. години учешће износи око 49,79% и заузима прво место.
- ❖ Учешће друмског саобраћаја износи 13,85% у 2007. години и за разлику од железничког саобраћаја изражава тенденцију пораста тако да учешће у 2011. години износи 26% и заузима друго место.
- ❖ Учешће унутрашњег пловног саобраћаја креће се између 18,9% у 2007. години до 10% у 2011. години и показује опадање у посматраном периоду и заузима треће место.
- ❖ Учешће цевоводног транспорта у укупно оствареним тонским километрима износи око 14% и углавном је на истом нивоу у целом посматраном периоду и заузима четврто место.
- ❖ Учешће ваздушног саобраћаја је минимално и износи око 0,04 до 0,05% у посматраном периоду и заузима последње (пето) место.

На основу анализе података из табела 16., 17., 18. и 19. установљено је да Железнице Србије у погледу понуде превозних капацитета на транспортном тржишту Србије, у области путничког саобраћаја, заузимају четврто место, што је неповољно. Са понудом превозних капацитета у робном саобраћају извршеном у укупним тонама носивости заузимају прво место, што представља позитивне потенцијале у погледу могућег повећања обима превозног рада. Међутим, у погледу обима извршеног превозног рада у путничком саобраћају исказаног у реализованим путничким километрима Железнице Србије заузимају пето место, док у обиму превозног рада робног саобраћаја исказаног у реализованим тонским километрима заузимају прво место, што је позитивно и такав тренд треба задржати у будућности.

## 5. ДЕФИНИСАЊЕ СТАЊА И УЛОГЕ ВУЧНОГ ПАРКА НА ФУНКЦИОНИСАЊЕ И ТРАНСПОРТНУ СПОСОБНОСТ ЖЕЛЕЗНИЦЕ

### 5.1. Основне карактеристике железнице и улога вучног парка

Железница као део саобраћајног система има посебну улогу и значај у привредном развоју одређене земље што се испољава у два облика и то:

- кроз деловање железнице на развој привредне структуре својом репродуктивној функцијом, и
- кроз техничко-технолошке карактеристике железнице и њену транспортну функцију у развоју привреде.
- ❖ На развој привредне структуре земље, железница утиче својом репродуктивном функцијом кроз сопствено одржавање и развој тиме што представља масовног потрошача великих количина основних средстава за рад (вучна возила, кола, средства инфраструктуре) и њихових резервних делова, електричне енергије, погонских материјала (нафте и нафтних деривата) и др. зашта је потребно ангажовање великог броја разноврсних привредних грана и њихових субјеката.
- ❖ Главне техничко-технолошке карактеристике железнице кроз које се испољава њена улога и значај за развој и функционисање привреде су следеће:
  - велика разноврсност техничких средстава рада и њихова технолошка повезаност,
  - масовност превоза,
  - брзина превоза,
  - редовитост саобраћаја,
  - безбедност саобраћаја,
  - еколошке, енергетске и економске предности и др.
- ❖ Велика разноврсност техничких средстава рада која се користе за извршење процеса превозења у железничком саобраћају испољава се у томе што се у употреби налази велика количина разноврсних средстава рада почев од најпростијих па до најсавршенијих машинских и електричних уређаја, електронских и рачунарских машина. У свему томе постоји јака међусобна технолошка повезаност средстава рада (пруга, вучних возила, кола, возова, SS и ТК уређаја) у технолошким процесима рада на железници.
- ❖ Масовност превоза испољава се у томе што железница са својим транспортним капацитетима може да превози велике количине робе и путника на велика одстојања и то у релативно кратком времену.

- ❖ Брзина превоза на железници је условљена техничким брзинама, као мером саобраћајне способности њених саобраћајно-транспортних капацитета (пруга, вучних возила, кола и др.) за највеће дозвољене брзине саобраћаја које се у крајњем исходу испољава као комерцијална брзина у одређеним условима организације саобраћаја возова. Овде треба напоменути да је будућност железнице у брзини саобраћаја возова која на данашњем дивоу технолошког развоја развијених железница у Европи и свету достиже вредност од 200-300 km/h па и више у редовним условима експлоатације.
- ❖ Редовитост саобраћаја подразумева уредност и тачност саобраћаја возова у извршењу превоза без њиховог закашњења тј. по утврђеном реду вожње. Железницу као саобраћајно-транспортну организацију карактерише способност да обезбеди редовитост саобраћаја возова у свим годишњим добима и у свим временским условима (снег, магла, поледица и др.) што није случај код осталих видова саобраћаја.
- ❖ Безбедност саобраћаја возова подразумева да се код саобраћаја возова не догађају ванредни догађаји (разни удеси и незгоде) који би имали за последицу угрожавање живота људи и материјалних добара у различитим појавним облицима као што су усмрћења и разне лакше и теже повреде људи или уништење и оштећење средстава рада, постројења и робе која се превози. Безбедност саобраћаја возова произилази из техничких карактеристика пруга и пружних постројења, железничких вучних возила и кола, као и саме организације саобраћаја која се огледа кроз строго регулсање кретања возова према важећим прописима. Савремена железница као саобраћајна грана се карактерише са високим степеном безбедности саобраћаја.
- ❖ Еколошке, енергетске и економске предности железнице испољавају се кроз тзв. принцип 3Е – који представља синоним три претходно наведене речи. *Прва је еколошка предност* железнице која се у односу на друмски саобраћај и његове саобраћајнице испољава у вишеструко мањем заузећу животног простора као и у погледу мањег загађења ваздуха издувним гасовима. *Друга предност* железничког у односу на друмски и ваздушни саобраћај испољава се у *енергетској ефикасности* која се може сагледати кроз показатељ просечног утрошка енергије за превоз једне тоне терета [2] по појединим видовима саобраћаја, што просечна специфична потрошња енергије износи:
  - 0,12 kW/t – у речном саобраћају,
  - 0,16 kW/t – у поморском саобраћају,
  - 1,70 kW/t – у железничком саобраћају,
  - 4,50 kW/t – у друмском саобраћају и
  - 320 kW/t – у ваздушном саобраћају.

*Трећа предност* железнице у односу на друмски и ваздушни саобраћај испољава се у погледу нижих трошкова превоза по јединици превоза. То произилази из чињенице да мањи отпор трења између подлоге пута и возила изискује мању потрошњу енергије за њихово савлађивање те су тиме и трошкови превоза мањи. Отуда је превоз водним транспортом најјефтинији превоз, па затим имамо да је превоз железницом знатно јефтинији у односу на друмски и ваздушни саобраћај.

❖ Ако посматрамо вучна возила она имају посебну улогу и значај у железничком саобраћају што се испољава такође кроз два основна аспекта а то је:

- њихова технолошка улога у функционисању саобраћаја возова и
- улога у погледу њихове финансијске вредности, јер су то врло скупа средства рада.

У технолошком погледу вучни парк расположивих вучних возила са постројењима вуче у железничком систему има основну погонску функцију, извршавајући вучу возова из путничког и теретног саобраћаја на мрежи железничких пруга, чијим се деловањем систем железничког саобраћаја практично ставља у погон и функционисање.

У погледу финансијске вредности вучна возила, имајући у виду њихово значајно бројно стање и релативно велику појединачну вредност која се за наша вучна возила оријентационо креће од 3 до 6 милиона евра по једном вучном возилу у зависности од њихове категорије, те самим тим учествују са великом вредношћу у укупној вредности свих основних средстава којима располажу наше железнице.

Железнице Србије су у току 2012. године располагале са целокупним инвентарским вучним парком од 436,5 – вучних возила са укупно инсталисаном вучном снагом од 1079194 kW, и извршиле су укупни бруто вучни рад од  $6845996,3 \cdot 10^3 \text{ brtkm}$ .

Основну техничку структуру вучних возила Железнице Србије чине локомотиве и моторни возови различитих врста.

а) *Капацитете локомотивске вуче чине* 334 локомотиве свих врста (електро, дизел и парне) које у укупном вучном парку свих вучних возила по броју учествују са око 77%, по инсталисаној снази од 1007406 kW са око 93,3% и по извршеном бруто вучном раду исказаном у брутогонским километрима (brtkm) од  $6081660,2 \cdot 10^3 \text{ brtkm}$  учествује са око 88,8%.

У састав укупног броја локомотива улазе и три парне локомотиве, које имају занемарљиво учешће у укупној снази и извршеном бруто раду али са улогом за подстицање развоја туризма.

б) *Капацитете вучних возила моторне вуче чине* 102,5 гарнитуре моторних возова свих врста (електромоторни и дизел моторни возови) који у укупном вучном парку свих вучних возила по броју учествују са око 23%, по укупној инсталисаној



снази од 71788 kW учествују са око 6,7% и по брутотонским километирима од укупно  $764336,7 \cdot 10^3$  brtkm учествују са око 11,2%.

У оквиру капацитета локомотивске вуче са укупним бројем од 334 локомотива свих врста техничка структура је следећа:

- електролокомотиве, по броју од 143 локомотиве (три серије), учествују са око 42,8%, по укупно инсталисаној снази са 816393 kW са око 81%,
- дизел локомотиве свих серија бројно има 188 локомотива свих серија па према бројном стању укупног локомотивског парка учествују са око 56,3%, по укупно инсталисаној снази од 190013 kW учествују са око 18,9%,
- парних локомотива бројно има свега 3 локомотиве па према бројном стању учествују са свега 0,9% а по укупно инсталисаној снази од 1000 kW учествују симболично са око 0,01%.

в) У погледу врсте вучних возила по основу погонске енергије структура је следећа:

- ❖ У оквиру вучног парка са системом електро вуче има укупно 181,5 електро вучних возила (електролокомотива и електромоторних возова) који по броју учествују са око 41,6%, у укупној снази од 868753 kW учествују са око 80,5% и у извршеном бруто вучном раду од  $5503240,8 \cdot 10^3$  brtkm учествују са око 80,4%. Међутим, у саставу вучног парка електровучних возила налази се:
  - 143 електролокомотиве; у оквиру три серије: 441, 444 и 461, које чине око 78,8% у укупном броју електровучних возила, са укупном инсталисаном снагом од 816393 kW учествују са око 94%, и у извршеном бруто вучном раду електро вуче од  $4862872,2 \cdot 10^3$  brtkm учествују са око 88,4% у систему електро вуче.
  - 38,5 електромоторних возова (сви су једне серије 412/416) који чине око 21,2% у укупном броју електровучних возила, са укупном инсталисаном снагом од 52360 kW учествују са око 6% и у извршеном бруто вучном раду од 640368,6 brtkm, учествују са око 11,6% у систему електро вуче.
- ❖ У оквиру вучног парка са системом дизел вуче има укупно 252 дизел вучна возила (дизел локомотива и дизел моторних возова) који по бројном стању учествују са око 57,7% у укупној снази са 209441 kW учествују са око 19,4% и у извршеном бруто вучном раду свих дизел вучних возила од  $1342530,4 \cdot 10^3$  brtkm учествују са око 19,55%. Међутим, у саставу вучног парка дизел вучних возила налази се:
  - 188 дизел локомотива (у оквиру 11 постојећих различитих серија) које чине око 74,2% укупног броја свих дизел вучних возила са укупно инсталисаном снагом од 190013 kW учествују са око 90,7% у извршеном бруто вучном раду дизел вуче од  $1218562,3 \cdot 10^3$  brtkm учествују са око 90,8% у систему дизел вуче

- 64 дизел моторних возова (у оквиру постојеће 4 серије) које чине око 25,8% у укупном броју дизел вучних возила, са укупном инсталисаном снагом 19428 kW учествују са око 9,3% у извршеном бруто вучном раду од  $123968,1 \cdot 10^3$  brtkm учествују са око 9,2%.

Овде је важно напоменути да у оквиру свих дизел моторних возова шинобуси (серије 812) којих има 25 гарнитура учествују са око 38,5%, са укупном инсталисаном снагом у њима од 2490 kW учествују са око 12,8%, а у извршеном бруто вучном раду од  $30517,9 \cdot 10^3$  brtkm учествују са око 25% у оквиру бруто вучног рада свих дизел моторних возова. Ово нам указује на чињеницу да су шинобуси продуктивна вучна возила за вучу у путничком саобраћају на споредним неелектрифицираним пругама.

- ❖ И на крају, у укупном вучном парку налазе се три парне локомотиве, које у бројном стању свих вучних возила учествују са око 0,06%, у укупној инсталисаној снази свих вучних возила и укупном извршеном бруто вучном раду учествују симболично око 0,01%.

## **5.2. Статусна стања, врсте вучних паркова и показатељи експлоатације вучних возила**

Позната је чињеница да вучни парк на железници има улогу једног од главних чинилаца функционисања организације и експлоатације саобраћаја возова на железничкој мрежи.

Вучни парк на железници представља вучне капацитете и обухвата сва вучна возила намењена за вучу возова и обављање маневарског рада на железничкој мрежи.

Пре разматрања показатеља експлоатације вучних возила, потребно је познавати статусна стања вучних возила и врсте вучних паркова.

У погледу статусних стања, вучна возила се могу налазити у следећим статусним стањима:

- ❖ да се налазе у исправном стању или у неисправном стању (квару).
- ❖ *Када су у исправном стању, вучна возила могу бити:*
  - на возовима где врше службу код воза;
  - на контролно-техничким прегледима, намиривању и сервисирању у матичним или обртним локомотивским депоима;
  - на очекивању рада (спремна) у матичним и обртним јединицама вуче;
  - стављена у резерву (исправна вучна возила);
  - узета у закуп од других организација;
  - издата у закуп другим организацијама, и
  - на редовном одржавању (текуће и инвестиционо одржавање).

- ❖ *Када се вучна возила налазе у неисправном стању, могу бити:*
  - на оправкама: редовним (средњим или главним) оправкама или на ванредним оправкама (мањег или већег обима), и
  - на касацији (сечењу) и отписивању (ликвидацији) из основних средстава због непоправљивог техничког стања.

### 5.3. Дефинисање врста вучних паркова и репрезентативног узорка вучних возила и њихове распоређености по подручјима вуче на железници Србије

Са аспекта експлоатације и праћења рада вучних возила, у зависности од њихових статусних стања, разликујемо *неколико врста вучних паркова* [37], и то:

- инвентарски парк вучних возила ( $M_i$ ),
- активни инвентарски парк вучних возила ( $M_{ai}$ ),
- радни парк вучних возила са контролним прегледом ( $M_{rkr}$ ),
- радни парк вучних возила без контролног прегледа ( $M_{rbkr}$ ),
- експлоатациони парк вучних возила ( $M_e$ ) и
- нерадни парк вучних возила ( $M_{ner}$ ).

Као јединице за праћење биланса рада вучних возила по времену служе нам: локомотивски час и локомотивски дан, који обухвата 24 локомотивска часа који су устаљени појмови у железничкој терминологији а подразумевају часове рада вучних возила.

Напред наведени појмови имају следећа значења:

1)  $M_i$  [vuč.voz.] - **инвентарски парк вучних возила** представља укупан број свих вучних возила која железничко предузеће или поједине његове извршне јединице за вучу возова имају и воде их у својим основним средствима, без обзира на њихово техничко стање.

2)  $M_{isk}$  [vuč.voz.] - **број вучних возила искључених** из употребе због своје застарелости и слабог техничког стања.

3)  $M_{ai}$  [vuč.voz.] - **активни инвентарски парк вучних возила**, представља смањен инвентарски парк вучних возила за онај број вучних возила која су предвиђена за касирање ( $M_{kas}$ ) због застарелости или непоправљивих оштећења, као и за број искључених вучних возила из употребе ( $M_{isk}$ ), те имамо да је:

$M_{ai} = M_i - (M_{kas} + M_{isk})$  (вуч.воз.) и то представља вучни парк у употреби.

Овако добијен вучни парк у употреби, дели се даље на:

$M_{zak}$  [vuč.voz.] – вучни парк издат у закуп

$M_{op}$  [vuč.voz.] - вучни парк који се налази на периодним оправкама (средње и главне оправке)

$M_{rez}$  [vuč.voz.] - вучни парк стављен у резерву (гарирани) и на

$M_r$  [vuč.voz.] - радни вучни парк који обухвата вучна возила у раду на вучи возова, на маневри и др.

Сада имамо да је активни вучни парк једнак:

$$M_{ai} = M_r + M_{rez} + M_{op} + M_{zak} + M_{isp} \text{ [vuč.voz.]}$$

Из ове релације имамо да је радни парк вучних возила једнак:

$$M_r = M_{ai} - (M_{rez} + M_{op} + M_{zak} + M_{isp}) \text{ [vuč.voz.]}, \text{ где је:}$$

$M_{isp}$  [vuč.voz.] - број вучних возила дат на испомагање другим организационим јединицама

4)  **$M_{rkr}$  [vuč.voz.] - радни парк са контролним прегледом вучних возила**, представља укупан број вучних возила која су потребна за извршење предвиђеног вучног рада на подручју железничког предузећа или појединих његових извршних јединица вуче, тј. он обухвата сва вучна возила способна за рад, која су у збиру распоређена према статусним стањима, по следећој формули:

$$M_r = M_e + M_{ocr} + M_{kr} \text{ [vuč.voz.]}, \text{ одакле је: } M_e = M_r - (M_{ocr} + M_{kr}) \text{ [vuč.voz.]}$$

при чему се радни парк вучних возила исказује у локомотивским данима (данима вучних возила), односно локомотивским часовима за краћи временски период (један локом. дан обухвата 24 локом. часа бављења вучних возила у одређеним статусним стањима) где је:

- $M_e$  (vuč.voz.) - експлоатациони парк вучних возила који обухвата број свих оних вучних возила која се налазе у раду на прузи, изван матичног локомотивског депоа, на вучи возова и маневри;
- $M_{ocr}$  (vuč.voz.) или (лок час - претворени у лок дане) - обухвата број свих оних вучних возила у локомотивским депоима и матичним јединицама вуче које су радно способне и очекују рад;
- $M_{kr}$  (vuč.voz.) или (лок час - претворени у лок дане) део радног парка вучних возила на контролним прегледима - обухвата број свих оних вучних возила која се налазе на контролним прегледима и сервисирању, када су вучна возила стављена у стационарно стање ради провере и контроле стања њихове исправности.

5)  **$M_{rkr}$  [vuč.voz.] - радни парк вучних возила без контролног прегледа**, представља укупан број вучних возила која су потребна за извршење одређеног вучног рада на подручју железничког предузећа или појединих његових извршних јединица вуче, не рачунајући број вучних возила која се налазе на контролним прегледима у оквиру њиховог редовног одржавања, а може се добити из следеће релације:

$$M_{\text{rбкp}} = M_{\text{r}} - M_{\text{кp}} = M_{\text{е}} + M_{\text{оџr}} [\text{vuč.voz.}]$$

6)  $M_r^{uk}$  [вуч.воз.] - укупни радни парк вучних возила, обухвата збир укупног броја вучних возила потребних за вучу возова ( $M_v$ ) и потребног броја вучних возила која се упућују на редовне оправке ( $M_{op}$ ) и сервисирање са текућим оправкама и једнак је [37]:

$$M_r^{uk} = M_v + M_{op} [\text{vuč.voz.}]$$

у оквиру којег је потребан број вучних возила за вучу возова једнак:

$$M_v = N_{pv} \cdot K = N_{pv} \cdot \frac{\theta}{24} [\text{vuč.voz.}] - \text{што представља радни парк вучних возила}$$

без периодних прегледа, тј.  $M_v = M_{\text{rбкp}} [\text{vuč.voz.}]$  где је:

$N_{pv}$  - број пари возова који је планиран редом вожње

$$K - \text{коэффицијент потребе вучних возила: } K = \frac{\theta}{24} \begin{matrix} \leq \\ > \end{matrix} 1$$

$\theta$  [čas] - просечан обрт вучних возила

7)  $M_{op}$  [вуч.воз.] - део вучног парка који се налази на текућим оправкама и контролним прегледима једнак је:

$$M_{op} = M_v \cdot \frac{p}{100 - p} [\text{vuč.voz.}] \text{ где је:}$$

$p$  [%] - планирани укупни проценат имобилизације вучних возила на текућем и инвестиционом одржавању.

Коначно имамо да је потребни укупни радни парк вучних возила једнак:

$$M_r^{uk} = M_v \cdot \left( 1 + \frac{p}{100 - p} \right) [\text{vuč.voz.}]$$

Укупни радни парк вучних возила се расподељује, односно посебно обрачунава по истој методологији, одовјено за електро вучна возила  $M_r^E$  и за дизел вучна возила  $M_r^D$  те је укупан радни парк вучних возила једнак:

$$M_r^{uk} = M_r^E + M_r^D [\text{vuč.voz.}]$$

На крају разликујемо још и

8)  $M_{\text{нер}}$  [вуч.воз.] - **нерадни вучни парк**, који обухвата сва она вучна возила која се налазе на оправкама ( $M_{op}$ ), затим сва она вучна возила која се налазе искључена из рада због стављања у резерву, тј. исправно смештена и гарирана вучна ввзила или су дата у закуп или на испомагање другим корисницима ( $M_{\text{рез}}$ ), као и вучна возила која се налазе на контролним прегледима и сервисирању, и једнак је

$$M_{ner} = M_{op} + M_{rez} + M_{kps} [\text{vuč.voz.}]$$

где је:

$M_{rez}$  [vuč.voz.] - број вучних возила стављен у резерву

$M_{kps}$  [vuč.voz.] - број вучних возила која се налазе на контролно-техничком прегледу са сервисирањем.

У циљу истраживања третиране проблематике о железничким вучним возилима у овој дисертацији имајући у виду њихов велики број и разноврсност типова потребно је дефинисати репрезентативни узорак вучних возила који обухвата најбројније врсте вучних возила са којима се обавља највећи превозни односно бруто вучни рад на Железници Србије.

Репрезентативни узорак је обухватио следећи састав и број вучних возила:

- Локомотиве водећих серија у које спадају свих 70 постојећих електролокомотива (серије 441, 444 и 461) и 15 дизел електричних локомотива серије 661, које су најбројније у оквиру вучног парка дизел локомотива. Дакле укупно је било 85 локомотива радног парка које чине око 26% свих локомотива у вучном парку.
- Свих 38,5 гарнитура електромоторних возова (серије 412/416), и
- Свих 25 гарнитура шинобуса (серије 812/816) којих има око 39% у оквиру свих гарнитура дизел моторних возова. Дакле укупно је обухваћено 63,5 гарнитура електромоторних и дизел моторних возова у узорку који чини 64,5% свих моторних возова у њиховом инвентарском вучном парку.

Целокупни узорак обухвата укупно 148,5 вучних возила што чини око 34% укупног броја свих вучних возила, те се може прихватити да представља репрезентативни узорак постојећег вучног парка на Железници Србије.

Постојећи радни вучни парк локомотива серије 441, 444, 461 и 661, и гарнитура моторних возова серије 412/416 и 812/818, територијално је у току 2012. године био распоређен на мрежи Железница Србије у оквиру 10 секција за вучу возова у којима су лоцирани следећи делови радног вучног парка и то:

- 1) У Секцији за вучу возова Београд, налазило се 28 локомотива, од чега 27 електролокомотива и једна локомотива серије 661 и 28,5 гарнитура електромоторног воза 412;
- 2) У Секцији за вучу возова Ниш, налазило се 13 електролокомотива, од чега осам електролокомотива и пет локомотива серије 661, затим две гарнитура шинобуса;
- 3) У Секцији за вучу возова Лапово, налазило се само три електролокомотиве;
- 4) У Секцији за вучу возова Краљево, налазило се четири локомотиве, од чега једна електролокомотива и три локомотиве серије 661;

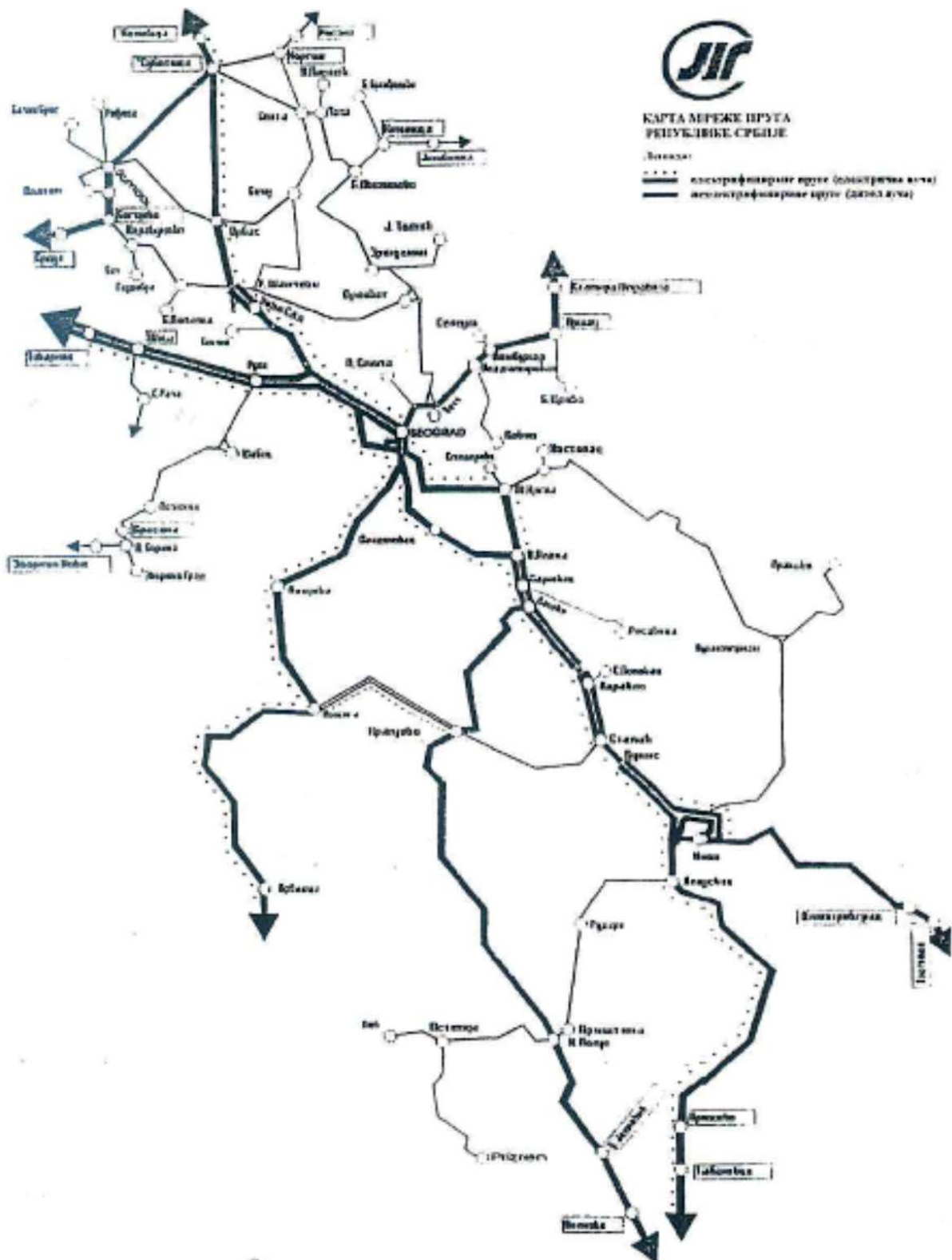
- 5) У Секцији за вучу возова Ужице, налазиле се само две електролокомотиве и две гарнитуре електромоторног воза серије 412;
- 6) У Секцији за вучу возова Зрењанин, налазило се три локомотиве серије 661 и 10 гарнитура шинобуса;
- 7) У Секцији за вучу возова Рума, налазило се 13 електролокомотива и три моторне гарнитуре шинобуса;
- 8) У Секцији за вучу возова Нови Сад, налазило се 11 електролокомотива и осам гарнитура електромоторних возова серије 412;
- 9) У Секцији за вучу возова Суботица, налазило се пет електролокомотива и 10 гарнитура шинобуса;
- 10) У Секцији за вучу возова Зајечар, налазило се само три локомотиве серије 661.

У 2012. години у оквиру усвојеног узорка укупно је било распоређено 85 локомотива радног парка, од чега 70 електролокомотива и 15 дизел електричних локомотива серије 661, као и укупно 63,5 гарнитура електромоторних и дизел моторних возова распоређених по горе наведеним јединицама вуче.

На постојећој мрежи Железнице Србије електрифициране су следеће пруге:

- ❖ Београд-Шид (према Загребу),
- ❖ Београд-Нови Сад-Суботица (према Будимпешти),
- ❖ Београд-Пожега-Бродарево (према Бијелом пољу и Бару),
- ❖ Пожега-Краљево,
- ❖ Београд-Панчево и спојне пруге унутар београдског чвора,
- ❖ Београд-Младеновац-Лапово-Ниш-Ристовац (према Скопљу),
- ❖ Велика Плана-Мала Крсна-Београд, и
- ❖ Смедерево-Мала Крсна-Пожаревац.

Електро моторне гарнитуре серије 412/416 служиле су за вучу путничких возова из локалног саобраћаја на деоницама пруга: Београд – Лапово – Ниш, на пругама „Беовоза“ (подручје Београда), Ужице – Бродарево и Ужице – Пожега (Чачак), Београд – Рума, и Рума – Шид. Остале пруге су неелектрифициране и вуча возова се обавља системом дизел вуче са дизел локомотивама и дизел моторним возовима. Карта мреже пруга Железнице Србије са седиштима секција за вучу возова, дата је на слици 23. са приказом електрифицираних пруга у систему електричне вуче и неелектрифицираних пруга са системом дизел вуче.



Извор: [67]; [68]; [72]

Слика 23. Карта мреже пруга Републике Србије



## 5.4. Показатељи експлоатације и одржавања вучних возила на Железници Србије

### 5.4.1. Основни показатељи експлоатационог рада вучних возила

У експлоатацији вучних возила постоје одређени показатељи који служе да би се планирао рад и вршила анализа обављеног рада и коришћења вучних возила као и да би се сачинили планови њиховог одржавања, тј. упућивања на прописане контролне прегледе и редовне оправке.

У том погледу разликујемо две врсте показатеља, и то:

- квантитативне и
- квалитативне показатеље рада.

#### 5.4.1.1. Основни квантитативни показатељи рада вучних возила

Квантитативни показатељи експлоатационог рада су показатељи који показују обим, односно количину извршеног рада вучних возила одређеног вучног парка, који се води у посебном временском периоду (дневно, месечно, тромесечно, полугодишње, годишње) за подручје јединица вуче и читаве територије железничког предузећа.

У главне репрезентативне квантитативне показатеље рада вучних возила, који су релевантни за изучавање проблематике у овом раду, спадају:

- извршени бруто вучни рад вучних возила:  $R_b$  [brtkm]
- пређени километри рада вучних возила:  $S_l$  [lokkm]
- величина радног вучног парка:  $M_r$  [vuč.voz.]

##### 5.4.1.1.1. Извршени бруто вучни рад вучних возила

Извршени бруто вучни рад вучних возила представља продуктивни транспортни рад вучних возила у вучи возова, а представља производ превучене бруто масе возова  $Q_i$  (t) и дужине вучне релације  $L_i$  (km), тј. километарског растојања на којем је бруто маса одређеног воза превучена и исказује се по следећој формули [59]:

$$R = Q_1 \cdot L_1 + Q_2 \cdot L_2 + \dots + Q_i \cdot L_i = \sum_{i=1}^n Q_i \cdot L_i (\text{brtkm})$$

где је:

$Q_i$  [t/voz] - просечна маса једног воза, односно просечно оптерећење вучних возила,

$L_i$  [km] - просечна дужина вучних релација вучних возила.

Јединица бруто вучног рада је брутотонски километар [brtkm]

Транспортни рад који вучно возило изврши представља један од индикатора напрезања којима је оно било изложено, па тако индиректно указује и на стање у коме се вучно возило у нормалним околностима може понашати.

На основу истраживања службених извора [67] и евиденција [69], у табели 20. приказан је преглед извршеног бруто вучног рада израженог у [brtkm] на Железници Србије по серијама посматраних вучних возила за период 2008. - 2012. године.

Табела 20. Преглед извршеног бруто вучног рада у (brtkm) по водећим серијама вучних возила електро и дизел вуче на Железници Србије у периоду 2008. - 2012. године

Остварени бруто вучни рад је у хиљадама (000) брутотонских километара					
Серија вучних возила	Г о д и н а				
	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.
441	1227552,3	1060907,5	972457,0	1313284,7	1347395,4
444	3114924,7	2130679,3	2283757,4	1847654,7	1699683,3
461	2720982,9	2704766,0	3112835,1	3032804,7	1815684,5
661	1185905,3	1084755,3	1407651,6	1369601,3	1143943,1
Укупно за све серије локомотива	8249365,2	6981108,1	7776701,1	7563345,4	6006706,3
412	729737,5	604254,1	486622,0	537088,7	640245,8
812	38414,4	40330,8	27009,5	32256,4	30513,1

Извор: [69]

Према изнетим подацима из табеле 20., уочава се да се локомотивама електро вуче извршава око 83,5% укупног бруто вучног рада и свега 16,5% локомотивама дизел вуче, обзиром на чињеницу да се дизел вуча обавља на споредним пругама са изразито малим токовима превоза на њима. Укупан бруто вучни рад дизел и електро вуче износи око 90% а свега око 10% обавља се електромоторним вучним возилима и шинобусима

Такође се из табеле 20. уочава да електромоторни возови обављају за око 15-22 пута већи бруто вучни рад у односу на шинобусе, у оквиру моторне вуче, по појединим годинама посматраног периода.

Логично је претпоставити да уколико је неко вучно возило извршавало већи обим транспортног рада, онда је имало и већа напрезања, а самим тим и већи степен раубавања, односно трошења његових делова.

Транспортни рад извршен у брутотонским километрима не представља у потпуности верну слику напрезања којима су вучна возила била изложена. Уствари, механички рад који вучно возило изврши адекватније, указује на напрезања којима је оно било изложено, али се ипак као задовољавајући индикатор стања вучног возила узима његов извршени рад у (brtkm). Пошто нема евиденције и података о извршеном механичком раду, онда нам са задовољавајућом тачношћу могу послужити још и *пређени километри вучних возила* о чему се воде одређене евиденције.

#### 5.4.1.1.2. Пређени километри рада вучних возила

Поред извршеног транспортног рада у брутотонским километрима, као репрезентативни показатељ може послужити пређени пут вучних возила који се још назива трчање вучних возила.

Пређени километри рада вучних возила, представљају укупни пређени пут вучних возила у посматраном временском периоду и исказују се на следећи начин:

$$S = S_{vv} + S_{zapr} + S_{pot} + S_{re\check{z}} + S_{man} \text{ [lok km]}$$

где су:

- 1)  $S_{vv}$  [lok km] укупни пређени километри рада вучних возила на вучи возова, тј. на превлачењу возова на одређеним вучним релацијама, а израчунавају се по формули [59]:

$$S_{vv} = M_{v1} \cdot L_1 + M_{v2} \cdot L_2 + \dots + M_{vi} \cdot L_i = \sum_{i=1}^n M_{vi} \cdot L_i \quad \text{[lok km]}$$

$M_{v1}, M_{v2}, \dots, M_{vi}$  - број ангажованих вучних возила на вучи возова по одређеним вучним релацијама

$L_1, L_2, \dots, L_i$  [km] - дужине вучних релација на којима дата вучна возила обављају вучу возова

- 2)  $S_{zapr}$  (lok km) - укупни пређени километри рада вучних возила када су ангажована као запрежна вучна возила у тзв. двојној вучи тешких возова на одређеним деоницама пруга са тешким условима вуче (велики успони и отпори пруге), а израчунавају се по формули:

$$S_{zapr} = M_{z1} \cdot L_{z1} + M_{z2} \cdot L_{z2} + \dots + M_{zi} \cdot L_{zi} = \sum_{i=1}^n M_{zi} \cdot L_{zi} \quad \text{[lok km]}$$

$M_{z1}, M_{z2}, \dots, M_{zi}$  - број ангажованих запрежних вучних возила на одређеним релацијама где се вуча возова обавља са додатним вучним возилима у запреги испред вучног возила на челу воза.

$L_{z1}, L_{z2}, \dots, L_{zi}$  (km) - дужине деоница пруге на којима се обавља вуча возова са запрегом

- 3)  $S_{pot}$  [lok km] - укупни пређени километри рада вучних возила на потискивању тешких возова на одређеној деоници пруге са тешким условима вуче, а израчунавају се по формули:

$$S_{pot} = M_{p1} \cdot L_{p1} + M_{p2} \cdot L_{p2} + \dots + M_{pi} \cdot L_{pi} = \sum_{i=1}^m M_{pi} \cdot L_{pi} \quad \text{[lok km]}$$

$M_{p1}, M_{p2}, \dots, M_{pi}$  - број ангажованих вучних возила код потискивања возова на одређеним релацијама вуче возова са додатним потискујућим вучним возилима (потискивалицама) на крају воза, где су  $L_{p1}, L_{p2}, \dots, L_{pi}$  (km) - дужине деоница пруга на

којима се обавља вуча возова са вучним возилима  
потискивалицама

- 4)  $Srež$  [lok km] - укупни пређени километри вучних возила у тзв. режи (празној) вожњи, када вучна возила прелазе одређене деонице не вукући воз, а израчунавају се по формули:

$$Srež = M_{r1} \cdot L_{r1} + M_{r2} \cdot L_{r2} + \dots + M_{ri} \cdot L_{ri} = \sum_{i=1}^n M_{ri} \cdot L_{ri} \text{ [lok km]}$$

$M_{r1}, M_{r2}, \dots, M_{ri}$  - број ангажованих вучних возила у режи (празним) вожњама ради преузимања вуче код неког воза или при повратку у своју домицилну - матичну јединицу вуче, односно матични локомотивски депо

$L_{r1}, L_{r2}, \dots, L_{ri}$  [km] - дужине деоница пруге у режи вожњама вучног возила

- 5)  $Sman$  [lok km] - укупни пређени километри рада вучних возила при обављању пружне и станичне маневре по одређеним станицама и депоима дуж пруге, а израчунавају се по следећој формули:

$$Sman = \sum_{i=1}^n M_{mi} \cdot L_{mi} = \frac{\sum_{i=1}^n M \cdot T_{mi}}{C_m} \text{ [lok km]}$$

$$\sum_{i=1}^n M_{mi} \cdot L_{mi} = M_{m1} \cdot L_{m1} + M_{m2} \cdot L_{m2} + \dots + M_{mn} \cdot L_{mn} \text{ [lok km]}$$

што представља укупне реализоване локомотивске километре при обављању маневарског рада добијају се на бази прерачунавања

укупних часова маневарског рада  $\sum_{i=1}^n M_{mi} \cdot T_{mi}$  у локомотивске

километре, при чему:

$$\sum_{i=1}^n M_{mi} \cdot T_{mi} = M_{m1} \cdot T_{m1} + M_{m2} \cdot T_{m2} + \dots + M_{mn} \cdot T_{mn} \text{ [lok čas]}$$

представља укупне реализоване часове маневарског рада

$M_{m1}, M_{m2}, \dots, M_{mn}$  - број ангажованих вучних возила на обављању маневарског рада по станицама на прузи

$T_{m1}, T_{m2}, \dots, T_{mi}$  [час] – часови трајања маневарског рада вуч. воз.

$L_{m1}, L_{m2}, \dots, L_{mi}$  [km] - рачунски пређени километри рада

вучних возила код обављања маневарског рада који се добијају прерачунавањем тако што се часови рада вучних возила на маневри претварају у локомотивске километре на маневри преко

кофицијента претварања  $C_m = 10$  (lok km/lok čas) на следећи начин, по формули:

$$S_{man} = \sum_{i=1}^n M_{mi} \cdot L_{mi} = \frac{\sum_{i=1}^n M_{mi} \cdot T_{mi}}{C_m} \text{ [lok km]}$$

при чему коефицијент претварања  $C_m=10$  има значење да је један час маневре адекватан раду пређених 10 локомотивских километара вожње вучног возила на вучи возова (1 lok čas маневре = 10 lok km - вожње).

На основу података из службених евиденција [69] истражен је и утврђен преглед просечно пређене километраже у посматраном периоду 2008. - 2012. године за посматране серије вучних возила што се даје у табели 21.

Табела 21. Просечне годишње пређене километраже посматраних вучних возила у периоду 2008. – 2012. године на Железници Србије

Серија лок.	Г о д и н а				
	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.
441	3693179	3667462	3766108	4549754	4692822
444	4338437	3554126	4027834	396952	339036
461	5686038	4847269	5099916	4074702	2519669
661	2202811	2211368	2411192	2092049	1809270
412	2855250	2361154	1905327	2099886	2502217
812	1141623	1284377	838858	968445	918896

Извор: [69]

Из табеле 21. се уочава да је највећа годишња пређена километража у посматраном периоду на Железници Србије извршена са локомотивама 461, затим следе локомотиве 441, па локомотиве 444, а најмање са локомотивама серије 661. Од моторних возова највећу годишњу километражу остварили су моторни возови 412, и то више него локомотиве серије 661 и најмању годишњу километражу остварили су шинобуси (серије 812).

#### 5.4.1.2. Квалитативни показатељи рада вучних возила

Квалитативни показатељи рада вучних возила представљају показатеље квалитета коришћења вучних возила са аспекта њихове исправности затим, њиховог коришћења по времену и коришћења њихове вучне силе [37].

На основу квантитативних показатеља рада израчунавају се квалитативни показатељи рада вучних возила, од којих су поред осталих за сврху истраживања у проблематици овог рада релевантни следећи показатељи:

- проценат имобилизације вучних возила,
- просечно оптерећење вучних возила и
- дневно трчање вучних возила.

1) *Процент имобилизације вучних возила:*  $p$  [%] представља проценат неисправних вучних возила и разматра се као показатељ са аспекта њихове исправности, и оптимизације расположивости при чему од укупног броја вучних возила ( $M_{ai}$ ), број вучних возила на оправкама ( $M_{op}$ ) треба да буде минималан, а да број вучних возила способних за рад ( $M_r$ ) буде максимално могући. Процент имобилизације вучних возила је показатељ који указује на технички неисправно стање вучних возила.

Познато је да активни вучни парк ( $M_{ia}$ ) представља онај број вучних возила са којим је могуће реализовати рад. Међутим, у овом активном вучном парку постоји одређен број вучних возила који се реално не могу користити у одређеном времену, а то су она вучна возила која се налазе на одржавању и оправкама. Према томе, тренутно неспособна (имобилисана за рад) су и она вучна возила која се налазе на контролним прегледима, редовним и ванредним оправкама мањег и већег обима.

У вези предњег разликујемо:

- проценат имобилизације на текућем одржавању вучних возила,
- проценат имобилизације на инвестиционом одржавању вучних возила и
- укупан проценат имобилизације вучних возила.

*Процент имобилизације вучних возила на текућем одржавању* ( $p_{to}$ ) представља однос бројног стања вучних возила која се налазе на контролним прегледима ( $M_{kp}$ ) и ванредним оправкама мањег обима, тј. чекају текућу оправку ( $M_{to}$ ) према бројном стању вучних возила инвентарског вучног парка ( $M_{ia}$ ) и рачуна се по обрасцу:

$$p_{to} = \frac{M_{to}}{M_{ai}} = \frac{M_{kp} + M_{to}}{M_{ai}} \cdot 100 \text{ [%]}$$

Пошто се текуће одржавање вучних возила врши у депоима вучних возила и јединицама вуче, овај се проценат назива још проценат имобилизације јединице вуче.

*Радионички проценат имобилизације вучних возила* ( $p_r$ ), представља однос бројног стања вучних возила на редовним оправкама ( $M_{ro}$ ), тзв. инвестиционим оправкама и броја вучних возила у ванредним оправкама ( $M_{vo}$ ) већег обима и вучних возила која чекају ове оправке (која у збиру дају:  $M_{ro} + M_{vo} = M_{rvo}$  – укупан број вучних возила на редовним и ванредним оправкама) према бројном стању активног инвентарског вучног парка и рачуна се по обрасцу:

$$p_r = \frac{M_{rvo}}{M_{ai}} \cdot 100 = \frac{M_{ro} + M_{vo}}{M_{ai}} \cdot 100 \text{ [%]}$$

Укупни проценат имобилизације исправних вучних возила ( $p_{uk}$ ) представља однос бројног стања свих вучних возила у оправци и која чекају оправку ( $M_o$ ) без обзира на врсту оправке према бројном стању активног вучног парка и рачуна се по обрасцу:

$$p_{uk} = \frac{M_o}{M_{ai}} \cdot 100 = \frac{M_{rvo} + M_{io}}{M_{ai}} \cdot 100 [\%] = \frac{M_{rvo}}{M_{ai}} \cdot 100 + \frac{M_{io}}{M_{ai}} \cdot 100 = p_r + p_{io} [\%]$$

Одавде произилази да је укупни проценат имобилизације вучних возила једнак збиру процената имобилизације вучних возила по основу инвестиционог и текућег одржавања.

2) *Просечно оптерећење вучних возила:  $Q$  [t/vuč.voz.]* - представља просечну бруто масу оптерећења вучних возила при вучи возова, односно бруто масу (тежину) воза коју је једно вучно возило вукло у возовима, а добија се по следећој формули:

$$Q = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i \cdot L_i}{\sum_{i=1}^n M_i L_{iv}} [t / \text{vuč.voz.}] \text{ где је:}$$

$\sum_{i=1}^n Q_i \cdot L_i$  [brtkm] – укупни бруто вучни рад који су извршила расположива вучна возила у посматраном периоду времена.

$\sum_{i=1}^n M_i L_{iv}$  [lok km] – укупно извршен рад вучних возила исказан у пређеним километрима при вучи возова.

Овај показатељ представља индикатор искоришћења вучне силе вучног возила при чему треба тежити да оптерећење вучног возила бруто масом воза којег вуче, буде тако одређена да вучна сила вучног возила буде максимално искоришћена.

3) *Дневно трчање вучних возила  $S_d$  (km/дан)* - представља показатељ дневне километраже вучних возила, односно просечно дневно пређеног пута вучног возила који се добија по следећој формули:

$$S_d = \frac{\sum_{i=1}^n M_i L_i}{M} \left[ \frac{\text{km}}{\text{дан}} \right]$$

$\sum_{i=1}^n M_i L_i$  [lok km] – остварен пређени пут (трчање) вучних возила у току дана на свим вучним релацијама.

$M$  [лок дан] - број локомотивских дана радног вучног парка којима су остварени локомотивски километри

У табели 22., дат је приказ квалитативних показатеља рада и коришћења посматраних серија локомотива у вучном парку Железнице Србије за посматрани временски период од 2008.-2012. године [68]; [69].

Табела 22. Преглед остварених квалитативних показатеља рада вучних возила радног вучног парка у периоду 2008.-2012. године на Железници Србије

Ред. бр.	Показатељи квалитета рада	Серија вуч. воз.	Г о д и н а					Год.просек у посм. периоду
			2008	2009	2010	2011	2012	
1.	Просечно оптерећење локомотиве Q [t/lok]	441	332	289	258	229	287	279
		444	718	599	567	465	501	570
		461	478	558	610	744	720	622
		661	538	491	584	655	632	580
2.	Просечно дневно трчање вучних возила Sd [km/dan]	441	220	218	224	271	278	242
		444	396	325	368	361	309	352
		461	294	251	264	210	129	229
		661	147	148	161	142	120	144
		412	203	170	135	149	177	169
		812	189	172	154	147	135	159
3.	Укупни проценат имобилизације вучних возила на нивоу године $p_{uk}$ [%]	441	54	52	57	44	36	48,6
		444	10	23	53	26	32	24,8
		461	36	43	47	48	65	47,8
		661	62	58	51	59	60	58,0
		412	65	71	59	65	59	63,8
		812	59	60	61	60	62	60,4

Извор: [68]; [69] \* Оптерећење моторних гарнитура је дефинисано као стални параметар који произилази и конфигурација њиховог састава предвиђеним редом вожње

На основу података из табеле 22., уочава се да највеће просечно оптерећење имају локомотиве серије 461, а најмање локомотиве серије 441. Највеће просечно дневно трчање остварују локомотиве серије 444, а најмање локомотиве серије 661. Највећи проценат имобилизације на годишњем нивоу од 63,8% имају електромоторни возови серије 412, затим шинобуси од 60,4%, а од локомотива локомотиве серије 661 имају имобилизацију просечно 58% на годишњем нивоу у посматраном петогодишњем периоду. Најмањи проценат имобилизације имају тиристорске локомотиве серије 444 од 24,8% иако и то није задовољавајуће.

## 5.5. Улога вучног парка на транспортну способност железнице

Основна улога железничког вучног парка испољава се у томе што вучна возила омогућавају функционисање саобраћаја возова и што од њих зависи *превозна* односно *транспортна* способност железнице.

Железница своје транспортне задатке у вези превозења путника и робе обавља возовима.



Позната је чињеница да је за саобраћај сваког воза на железничкој прузи потребно обезбедити његову вучу одговарајућим вучним возилом.

Возови су железничка превозна средства који се састоје из низа кола, прописно састављених и међусобно повезаних и заквачених за вучно возило ради отправљања и пуштања у саобраћај из станице.

Тежина (маса) возила (кола) у возу које вучно возило вуче не може бити произвољна већ се за сваки воз мора прорачунавањем тачно одредити како би се осигурала безбедност његовог кретања.

Да би се то могло остварити потребно је за сваки воз, пре него што се пусти у саобраћај, одредити меродавну масу (тежину) коју сме имати.

Масу (тежину) воза сачињава маса (тежина) свих возила (кола) која су уврштена у састав воза, заједно са масом робе односно путницима у њима. Сопстева маса возила назива се тара, а маса робе и путника нето маса. Збир таре и нето масе чини бруто масу (тежину) возила на основу које се утврђује бруто маса (тежина) воза која се изражава у тонама.

Према томе укупну бруто масу воза сачињава збир бруто маса свих оних возила (кола) која вучно возило вуче.

За потребе експлоатације железничког саобраћаја потребно је утврдити и нормирати тзв. меродавну масу по основу више ограничавајућих услова и то:

- по основу највећег допуштеног броја кола (односно осовина) која могу бити у саставу воза чиме одређују дужину воза  $L_v(m)$  – обзиром на корисну дужину колосека –  $L_k(m)$  у станицама исказану у метрима при чему мора бити  $L_v \leq L_k$ .
- по основу сигурности кочења на највећем (меродавном) паду (нагибу) пруге, при чему мора бити задовољен услов да тзв. стварна кочена маса (SKM) воза с обзиром да кочну силу воза мора бити већа или најмање једнака потребној коченој маси (PKM) воза при чему мора бити задовољен услов да је  $PKM \leq SKM$ .
- по основу сигурности да не дође до кидања (раскинућа)воза с обзиром на силе напрезања које могу издржаву вучни (теглећи) уређаји вучних и вучених возила (кола) на меродавним (максималним) отпорима на прузи, при чему силе укупних напрезања теглећих (вучних) уређаја код воза на меродавним отпорима ( $F_{vko}$ ) мора бити мања или највише једнака сили јачине вучних (теглећих) уређаја на кидање ( $F_{vkd}$ ) при чему мора бити задовољен услов:  $F_{vko} \leq F_{vkd}$ , и на крају поред наведених услова још је важан услов
- по основу вучних способности датог вучног возила исказан вучном силом при тзв. критичној (минимално трајној) брзини вучног возила по основу које се може одредити могућа вучена маса вучног возила по формули [59]:

$$Q = \frac{F_o - W_l - i_{mp} \cdot L}{i_{mp} \cdot + w_{ok}} [t]$$

где је:

$F_o(N)$  – вучна сила вучног возила при критичној брзини

$W_l(N)$  – укупни основни отпор вучног возила за критичну (минималну трајну) брзину, при чему је:

$$W_l = w_{ol} \cdot L[N]$$

$w_{ol}(N/t)$  – основни специфични отпор вучног возила за критичну брзину

$L(t)$  – маса вучног возила

$i_{mp}(N) = i_p \cdot g(N)$  – меродавни специфични отпор пруге на вучној релације воза

$i_p(\%)$  – меродавни отпор на меродавном нагибу дате пруге исказан у промилима

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$  – гравитациона константа (убрзање земљине теже)

$w_{ok}(N/t)$  – основни специфични отпор кола (вучених возила) у возу за критичну брзину

### 5.5.1. Утврђивање потребног броја вучних возила за одређени обим превозног рада

Уколико је на одређеној прузи познат обим саобраћаја исказан у броју парова возова може се израчунати потребан број вучних возила за вучу тих возова по следећем обрасцу:

$$M_v = k \cdot N \left[ \text{вицићн возила} \right]$$

где је

$M_v$  – број вучних возила за вучу возова који представља *радни парк* вучних возила без контролних прегледа

$N$  – број пари возова (један пар возова садржи два воза)

$k$  – *коэффициент потребе вучних возила* који се израчунава по следећем обрасцу:

$$K = \frac{\Theta}{24} \begin{matrix} < \\ > \end{matrix} 1$$

у коме  $\theta$  (čas) – представља тзв. *пуни обрт* вучног возила без контролних прегледа који се израчунава по обрасцу:

$$\Theta = \frac{2L}{V_k} + t_{mat} + t_{ob} \text{ (čas)}$$

у коме је:

$L(\text{km})$  – дужина вучне деонице (релације) на којој воз саобраћа

$V(\text{km/h})$  – комерцијална брзина воза

$t_{\text{mat}}$  (čas) – задржавање вучног возила у матичном депоу и станици матичног депоа

$t_{\text{ob}}$ (čas) – задржавање вучног возила у обртном депоу и станици обртног депоа

$N$  – број пари возова, који је једнак броју издатих вучних возила јер се из обрасца за обрт вучног возила види да једно вучно возило обухвата вучу два воза односно један пар возова. То подразумева вучу једог воза у одласку из матичне јединице вуче и другог воза при повратку из обртне у матичну јединицу вуче.

На основу величине бруто превозног рада исказаног у брутотонама ( $Q_{\text{brt}}$ ) број возова се израчунава по обрасцу:

$$N_v = \frac{Q_{\text{brt}}}{Q \cdot \varepsilon} \text{ (vozova)}$$

где је

$Q_{\text{brt}}(t)$  – количина укупне бруто масе коју треба превести у одређеном периоду времена

$Q(t)$  – меродавна маса воза

$\varepsilon$  – коефицијент искоришћења масе возова

$$\varepsilon = \frac{Q_{\text{ostv}}}{Q_{\text{rv}}} \leq 1$$

где је

$Q_{\text{ostv}}(t)$  – оствареба маса возова у извршењу саобраћаја

$Q_{\text{rv}}(t)$  – маса возова предвиђена по реду вожње

$N_v$  – представља уствари број возова које треба превући на одређеној релацији у одређеном периоду времена. Ако је то на дневном нивоу онда је то дневни број возова за које треба издати потребни број вучних возила.

С обзиром да у току рада извршен број вучних возила се мора наћи на контролним прегледима и текућум оправкама то се укупан број вучних возила *радног парка* ( $M$ ) за вучу  $N$  пари возова (који је једнак  $N=N_v/2$ ) израчунава по следећем обрасцу [43]:

$$M = M_v + M_{\text{op}} \text{ (vuč.voz.)}$$

где је:

$M$  – потребан број вучних возила радног парка

$M_v$  – потребан број вучних возила за вучу возова

$M_{op}$  – број вучних возила на оправкама и прегледима који се израчунава по обрасцу:

$$M_{op} = \frac{M_v \cdot p}{100 - p} \quad (\text{виш. воз.})$$

где је:

$p$ (%) – укупни проценат имобилизације тј. неисправних вучних возила која се налазе у радионицама и депоима на разним оправкама

Сада се може укупан број вучних возила радног парка израчунати по следећем обрасцу:

$$M = M_v + \frac{M_v \cdot p}{100 - p} = M_v \left( 1 + \frac{p}{100 - p} \right) \quad (\text{виш. воз.})$$

На овај начин је исказан утицај квалитета одржавања вучних возила који се огледа кроз проценат њихове имобилизације који представља елементарни показатељ њихове експлоатационе поузданости и расположивости рада. Уколико је проценат имобилизације вучних возила мањи то је за одређени обим рада потребан мањи број вучних возила у радном парку.

Из претходних формула потребан број вучних возила за вучу возова једнак је:

$$M_v = \frac{M}{1 + \frac{p}{100 - p}} \quad (\text{виш. воз.})$$

одакле се види да са мањим процентом имобилизације имаћемо већи број вучних возила за вучу возова из постојећег радног парка вучних возила.

### 5.5.2. Утицај вучних возила на превозну моћ железнице

Вучна возила представљају један од главних фактора превозне моћи железнице који се испољава кроз њихов број у радном вучном парку

Превозна моћ неке пруге се израчунава у количини бруто-тона или нето-тона које се могу превести у јединици времена (уобичајено је на дан).

Превозна моћ ( $P$ ) изражена у бруто тонама на дан израчунава се по обрасцу:

$$P = n \cdot Q \quad (\text{brt} / \text{dan})$$

или

$$P = n \cdot \varepsilon \cdot Q \quad (\text{nt} / \text{dan})$$

у нето тонама на дан где је  $\varepsilon = \frac{Q_n}{Q} \leq 1$  - што представља коефицијент односа нето масе воза  $Q_n(t)$  и бруто масе воза –  $Q(t)$ .

На нивоу једне године теоретска превозна моћ на одређеној прузи износи:

$$P = 365 \cdot n \cdot Q \text{ (brt / dan)}$$

односно

$$P = 365 \cdot n \cdot \varepsilon \cdot Q \text{ (nt / dan)}$$

$n$  – представља број возова који се могу пропустити у току једног дана (за 24 часа) на одређеној прузи.

Стварна или корисна превозна моћ ( $P_{stv}$ ) пруга добије се по обрасцу:

$$P = 365 \cdot n \cdot \varphi \cdot Q \text{ (brt / dan)}$$

односно

$$P = 365 \cdot n \cdot \varepsilon \cdot \varphi \cdot Q \text{ (nt / dan)}$$

$\varphi$  – коефицијент искоришћења пропусне моћи пруге.

Величина превозне моћи одређене пруге у зависности од величине расположивог радног вучног парка ( $P_l$ ) одређује се по обрасцу [37]:

$$P_l = \frac{M \cdot S \cdot m \cdot p_d}{L(1 - \alpha)} \text{ (nt / dan)}$$

где је:

$M$  – број вучних возила радног вучног парка која раде на прузи

$S$  (km/dan) – дневно трчање вучних возила

$m$  (кола/voz) – просечан број кола у возовима

$P_d(t/kol)$  – просечно динамичко оптерећење кола при вожњи у превозу

$\alpha$  – коефицијент празних вожњи кола.

$L$ (km) – дужина посматране пруге.

Из предходних релација произилази да је коефицијент потребе вучних возила једнак односу броја вучних возила за вучу возова и броја пари возова у саобраћају што се исказује обрасцем:

$$K = \frac{M_v}{N}$$

Такође из претходних релација имамо да се коефицијент потребе вучних возила може исказати у развијеном облику:

$$K = \frac{\theta}{24} = \frac{2L}{24V_k} + \frac{T_{mot} + T_{ob}}{24} = \frac{L}{12V_k} + \frac{T_{mat} + T_{ob}}{24}$$

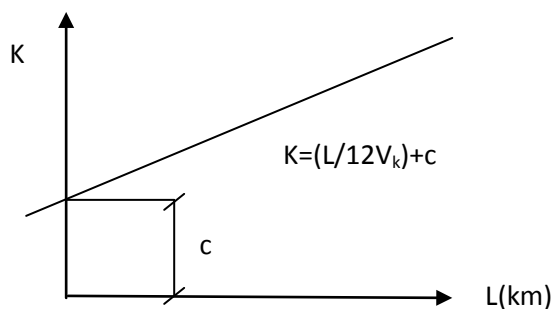
Ако други члан предходне формуле обележимо да представља константу:

$$C = \frac{T_{mat} + T_{ob}}{24}$$

онда се коефицијент потребе вучних возила може исказати као линеарна функција у облику

$$K = \frac{L}{12V_k} + C$$

која је графички представљена на слици 24.



Слика 24. Коефицијент потребе вучних возила у зависности од дужине вучне релације

Са становишта рационализације и оптимизације коришћења вучних возила под условом да су вучне релације ( $L$ ) унапред утврђене коефицијент потребе вучних возила директно пропорционално зависи од комерцијалних брзина саобраћаја возова  $V_k$ (km/h), као и од величине  $C=(T_{mat}+T_{ob})/24$  - која представља укупно време задржавања вучних возила у матичним и обртним депоима извршних јединица вуче, па ће величина коефицијента потребе вучних возила за унапред утврђене дужине вучних релација зависити у првом реду од вредности комерцијалне брзине саобраћаја возова  $V_k$ (km/h) а затим од константе  $C=(T_{mat}+T_{ob})/24$ .

Из претходних релација произилази да се минимизација коефицијента потребе вучних возила може остварити ако се постиже максимална могућа вредност комерцијалне брзине саобраћаја возила  $V_k$ (km/h) и што краћа времена бављења вучних возила у матичним и обртним јединицама вуче -  $T_{mat}+T_{ob}$  (час) што се може исказати у облику:

$$K \rightarrow \min, \text{ за } \left| \begin{array}{l} V_k \rightarrow \max; \\ (T_{mat} + T_{ob}) \rightarrow \min \end{array} \right|$$

Са становишта рационализације и оптимизације коришћења вучних возила произилази да са истим бројем расположивих вучних возила за вучу возова ( $M_v$ ) можемо извршити вучу већег броја пари возова  $N_{max}$  што се добија из релације:

$$N_{\max} = \frac{M_v}{K_{\min}} \text{ (pari vozova)}$$

то значи при минимизирању коефицијента потребе вучних возила, а тиме ће се извршити и већи обим превозног рада на железничкој мрежи.

Овим је показана улога и значај вучног парка на остваривање могуће величине обима превозног рада на железници.

## **6. МЕТОДОЛОГИЈА И ПОКАЗАТЕЉИ ЗА ОЦЕНУ РАСПОЛОЖИВОСТИ РАДА ВУЧНОГ ПАРКА И КВАЛИТЕТА ФУНКЦИОНИСАЊА САОБРАЋАЈА И ВУЧЕ ВОЗОВА**

### **6.1. Индикатори за оцену техничког стања вучних возила**

Техничко стање вучних возила један је од веома значајних фактора њихове поузданости и расположивости рада. За индикаторе постојећег техничког стања вучних возила служе нам одређене карактеристике стања вучних возила.

*Као основни индикатори за оцену техничко-експлоатационог стања вучних возила, могу нам послужити следеће техничко-експлоатационе карактеристике:*

- бројно стање и техничка структура вучних возила,
- старосна структура вучних возила,
- интензитет коришћења вучних возила,
- имобилизација вучних возила,
- способност вучних возила за дозвољене брзине саобраћаја,
- опремљеност вучног возила сигурносним и заштитним уређајима и
- карактеристике одржавања вучних возила.

#### **6.1.1. Бројно стање и техничка структура вучних возила**

У току 2012. године Железнице Србије су располагале са укупно 433,5 вучних возила свих врста која се воде у инвентарском парку, од чега је било 181,5 или 41,87% електровучних возила и 252 или 58,13% дизел вучних возила различитих серија, са укупном инсталисаном снагом од 888181 kW [56].

У инвентарском вучном парку, електровучних возила било је: 38,5 електромоторних возова (једне серије) и 143 електролокомотиве (три серије). У инвентарском вучном парку од укупног броја дизел вучних возила, било је: 63 дизел моторних возова са четири различите серије и 189 дизел локомотива са једанаест различитих серија [67].

У овом делу рада анализираће се бројно стање и техничка структура вучних возила из њиховог посматраног узорка на Железници Србије.

У оквиру укупног броја електролокомотива у *активном инвентарском парку* има 129 локомотива, од којих је:

- 46 локомотива серије 441 са укупном инсталисаном снагом од 177560 kW,
- 30 локомотива серије 444 са укупном инсталисаном снагом од 115800 kW,
- 53 локомотиве серије 461 са укупном инсталисаном снагом од 270300 kW.

Све се ове локомотиве употребљавају за вучу у путничком и у теретном саобраћају на свим електрифицираним пругама.



У оквиру укупног броја електромоторних возова у активном инвентарском парку било је:

25 гарнитура серије 412 са укупном инсталисаном снагом од 34000 kW, које су се користиле за вучу локалних возова из путничког саобраћаја и возова у систему „Беовоза“ за приградски и градски путнички саобраћај на подручју Београда.

У оквиру вучног парка дизел локомотива, инвентарски парк дизел електричних локомотива серије 661 износио је укупно 65 локомотива, од којих је било 31 локомотива подсерије 100 и 34 локомотиве подсерије 200 [68]. У активном инвентарском парку било је укупно 37 локомотива серије 661, а локомотиве серије 661 представљају водећу серију у вучном парку дизел локомотива јер су према својој укупно инсталисаној снази од 94510 kW и вучним способностима, намењене за вучу путничких и теретних возова на свим неелектрифицираним пругама које у погледу своје носивости допуштају њихово коришћење. Укупна инсталисана снага у вучном парку локомотива серије 661 износила је 53.798 kW.

Наиме, све локомотиве, поред техничко-експлоатационих карактеристика које изискује њихова основна намена, морају у погледу својих осовинских оптерећења да одговарају и особинама пруга (у погледу оптерећења по осовини и оптерећења по дужном метру) на којима врше вучу у условима вожње и саобраћаја на прузи.

Од укупног броја инвентарског парка од 25 гарнитура дизел моторних возова серије 812 у активном инвентарском парку било је:

22 гарнитуре [68] шинобуса са укупно инсталисаном снагом од 2490 kW.

Дизел моторни возови серије 812 користе се за организацију саобраћаја и вучу локалних путничких возова на неелектрифицираним пругама на подручју секција за вучу возова Зрењанин, Суботица и Ниш.

### **6.1.2. Старост вучних возила**

Старост вучних возила утиче на њихово укупно стање као и на стање кључних компоненти које у току одржавања нису замењиване на вучним возовима.

Радни век вучних возила је ограничен, било њиховом моралном истрошеношћу због техничко-технолошког прогреса, било физичком истрошеношћу њихових делова услед великог интензитета коришћења, као и услед неадекватног система њиховог одржавања.

Радни век вучних возила одређује се на основу законом прописане стопе амортизације, која за електрична и дизел електрична вучна возила износи 6% па по том основу према нашим прописима радни век посматраних вучних возила би износио 16,6 година.

Међутим, кроз систем обнављања делова и беспрекорног одржавања вучних возила, њихов економични радни век, или тзв. експлоатациони век вучних возила,

према препорукама UIC-а је знатно дужи тако да за електричне локомотиве износи 35 година, а за дизел електричне локомотиве серије 661 износи 40 година.

Препоручени век према UIC – за електромоторне возове износи 25 година, а за шинобусе 20 година.

На крају 2012. године истражена је на бази расположивих извора просечна старост [67]; [68] вучних возила посматраних серија, приказана је у табели 23.

Табела 23. Просечна старост вучних возила на Железници Србије у 2012. години

Врста вучних возила	Серија вучних возила	Просечна старост вучних возила у годинама
Електролокомотиве	441	38,3
	444	6,5 <sup>*)</sup>
	461	36,6
Дизел електричне локомотиве	661	48,8
Електро моторни возови	412	27,5
Дизел моторни возови - шинобуси	812	50,8

Извор: [67]; [68] \*) - старост је рачуната након извршене модификације и реконструкције локомотива серије 441 које су до тада биле старе 42,3 године.

Из података датих у табели 23., види се да старосна структура код посматраних вучних возила свих серија није задовољавајућа због њихове велике старости.

Из приказаних статистичких података у табели 23., види се да је старосно стање свих вучних возила веома неповољно јер им је према UIC-у, истекао препоручени економични радни век код дизел моторних возова (шинобуса) и дизел електричне локомотиве 661, док је и код одређеног броја електричних локомотива и електричних моторних возова препоручени радни век истекао или је на граници истицања.

Овако неповољна старост посматраних вучних возила утиче на укупно стање њихове радне способности и расположивости као и на стање кључних делова који су битни за њихову функционалност.

### 6.1.3. Имобилизација вучних возила

Имобилизација вучних возила представља стопу њихове неисправности услед настанка разних кварова на њиховим деловима.

Имобилисано вучно возило није у стању радне способности, те у том погледу проценат имобилизације представља елементарни индикатор њихове поузданости, односно степен њихове техничке исправности, као и на одраз њиховог укупног техничког стања, расположивости и поузданости у раду.

У раније датој табели 22. приказан је петогодишњи период од 2008. до 2012. године, збирни преглед расположивог стања посматраних локомотива са укупним процентом њихове имобилизације [68].

Из прегледа датог у табели 22., уочавамо да је укупни проценат имобилизације вучних возила код свих посматраних серија врло висок, што за собом повлачи њихово искључење из саобраћаја.

Највећи проценат имобилизације имају шинобуси, електромоторни возови, електролокомотиве серије 461 и дизел електричне локомотиве серије 661 са трендом повећања. Са најмањим, иако незадовољавајућим процентом имобилизације су биле тиристорске електролокомотиве серије 444.

#### **6.1.4. Интензитет коришћења вучних возила**

Бруто вучни рад који неко вучно возило извршава при превозу, представља један од индикатора напрезања којима је била изложено, те тако индиректно указује и на стање у коме се вучно возило може налазити при нормалним околностима после таквих напрезања.

Отуда на стање вучних возила свакако утиче и интензитет њиховог коришћења, јер у процесу рада са вучним возилима истовремено се врши и процес њиховог физичког трошења и замарања материјала.

Као резултат истраживања расположивих извора [68]; [69], у табели 24., приказани су главни показатељи интензитета коришћења радног парка посматраних серија локомотива на Железници Србије за петогодишњи период од 2008. до 2012. године.

Табела 24. Показатељи интензитета коришћења локомотива посматраних серија у периоду 2008. - 2012. године на Железници Србије

Године	Серија	Показатељи					
		1. Укупно остварени брутогонски километри (000 brtkm)	2. Укупно претрчани километри свих локомотива дате серије [km]	3. Просечно дневно трчање локомотива [km/dan]	4. Просечно претрчани километри месечно по локомотиви	5. Просечни километри годишње по локомотиви	6. Просечно оптерећење локомотиве Q[t/lok]
2008.	441	1227552,3	3693179	220	8940	107280	332
	444	3114924,7	4338437	396	11730	140760	718
	461	2720982,9	5686038	294	11160	133920	478
	661	1185905,3	2202811	147	4410	52920	538
2009.	441	1060907,5	3667462	218	6540	78480	289
	444	2130679,3	3554126	325	9750	117000	599
	461	2704766,0	4847269	251	7530	90360	558
	661	1084755,3	2211368	148	4440	53280	491
2010.	441	972457,0	3766108	224	6720	80640	258
	444	2283757,4	4027834	368	1140	132480	567
	461	3112835,1	5099916	264	7920	95040	610
	661	1407651,6	2411192	161	4830	57960	584
2011.	441	1313284,7	4549754	271	8130	97560	229
	444	1847654,7	3969520	361	10830	129960	465
	461	3032804,7	4074702	210	6300	75600	744
	661	1369601,3	2092049	142	4260	51120	655
2012.	441	1347395,4	4692822	278	8340	100080	287
	444	1699683,3	3390360	309	9270	111240	501
	461	1815684,5	2519669	129	3870	46440	720
	661	1143943,1	1809270	120	3600	43200	620

Извор: [68]; [69]

Из података из табеле 24., уочава се да су највећи бруто вучни рад обављале локомотиве серије 461, а најмањи локомотиве серије 661.

По истој табели највеће просечно дневно трчање имале су локомотиве серије 444, а најмање локомотиве серије 661.

На основу истраживања расположивих извора [68]; [69], у табели 25. приказани су главни показатељи интензитета коришћења моторних возова посматраних серије на Железници Србије у петогодишњем посматраном периоду 2008.-2012. године.

Табела 25. Главни показатељи интензитета коришћења моторних возова за период 2008. - 2012. године

Године	Серија	Показатељи				
		1. Укупно остварени брутогонски километри (000 brtkm)	2. Укупно пређени километри [km]	3. Просечно дневно трчање [km/dan]	4. Просечно претрчани километри месечно по моторном возу [km/voz]	5. Просечни километри годишње по вучном возилу годишње [km/god]
2008.	412	729797,5	2855250	355	10050	120600
	812	38414,4	1141623	142	4260	51120
2009.	412	604254,1	2361154	259	7770	93240
	812	40330,8	1284277	160	4800	57600
2010.	412	486622,0	1905327	209	6270	75240
	812	27009,5	818858	102	3060	36720
2011.	412	537088,7	2099866	230	6900	82800
	812	32256,4	968445	121	3630	43560
2012.	412	640245,8	2502217	274	8220	98640
	812	30513,1	918896	114	3420	41040

Извор: [68]; [69] \*Просечно оптерећење моторних возова је стандардизовано кроз сталну конфигурацију њиховог састава.

### 6.1.5. Опремљеност вучних возила сигурносним и заштитним уређајима

Према одредбама Закона о основама безбедности железничког саобраћаја, локомотиве морају имати следећа три основна сигурносна уређаја:

- 1) уређај контроле будности машиновође (будник);
- 2) уређај за регистровање брзине (брзиномере) којима су обезбеђена сва вучна возила;
- 3) уређаји аутоматске ваздушне и ручне кочнице, које су у деловању међусобно независни.

Све локомотиве посматраних серија: 441, 444, 461 и 661 су опремљене свим наведеним сигурносним уређајима. Са ауто-стоп (AS) уређајима - за аутоматско заустављање воза, односно локомотиве пред сигналом који показује да је даља вожња забрањена, све посматране локомотиве су обезбеђене, али за функционисање ових уређаја морају и пруге бити опремљене пружним делом ауто-стоп уређаја, а наше неелектрифициране пруге немају такве уређаје, те такви уређаји код ових локомотива серије 661 нису у стању функционалне употребе.

Осим наведених уређаја, све посматране локомотиве су опремљене и уређајима за противпожарну заштиту, а дизел локомотиве и уређајима за заштиту од прегревања дизел мотора и прекомерног броја обртаја дизел мотора.

Осим наведених уређаја, одређени број електролокомотива серија 441, 444 и 461 опремљен је радиодиспечерским уређајима, а остале се налазе у фази припреме за уградњу ових уређаја. Моторне гарнитуре серије 412 и 812 опремљене су уређајима брзиномера и уређајима аутоматске ваздушне кочнице који су у деловању међусобно независни.

#### **6.1.6. Способност вучних возила за највеће дозвољене брзине саобраћаја**

Стање вучних возила у погледу њихове способности за највеће допуштене брзине саобраћаја је важан показатељ њиховог укупног техничко-експлоатационог стања, функционалне и транспортне способности. Електричне локомотиве серије 441 и 461 способне су за брзине саобраћаја до 120 km/h, док су локомотиве серије 444 способне за брзине до 140 km/h.

Све локомотиве серије 661 су технички способне за највеће дозвољене брзине саобраћаја на прузи до 124 km/h, што задовољава потребе данашњег саобраћаја на Железници Србије, имајући у виду стање наших пруга за највеће дозвољене брзине саобраћаја. Електромоторни возови серије 412 су способни за брзине саобраћаја до 130 km/h, а дизел моторни возови серије 812 (шинобуси) способни су за брзине саобраћаја до 90 km/h. Према статистичким подацима Железнице Србије за 2012. годину, за највеће брзине саобраћаја од 101 до 120 km/h, је било способно свега 95,5 km пруга, што износи око 2,5%, а за брзине од 81 до 100 km/h, свега је било способно 674,5 km пруге, што износи 17,7% укупне дужине пруга и то на пругама главних магистралних праваца (Коридор X) у нашој земљи, уз напомену да су те пруге на Коридору X електрифициране те зато електролокомотиве и електромоторни возови задовољавају садашње потребе у брзинама саобраћаја.

За брзине од 61 до 80 km/h било је способно 599 km, што износи 15,7% од укупне дужине пруга. И на крају за брзине до 60 km/h било је способно 2439,7 km пруге, што износи 64,1% од укупне дужине пруга Железнице Србије, где у тој категорији припадају све неелектрифициране пруге Железнице Србије на којима је заступљен систем дизел вуче.

Са оваквим стањем мреже пруга, посебно неелектрифицираних пруга на Железници Србије које су способне углавном за брзине до 60 km/h, а местимично и за 80 km/h, на којима је заступљен систем дизел вуче, може се констатовати да дизел локомотиве серије 661 и шинобуси са својом способношћу у погледу највећих допуштених брзина кретања сасвим задовољавају садашње потребе саобраћаја.

## 6.2. Дефинисање показатеља за оцену нивоа експлоатационе поузданости и расположивости рада вучних возила у вучном парку Железнице Србије

### 6.2.1. Показатељи експлоатационе поузданости

За оцену нивоа експлоатационе поузданости вучних возила, предлаже се скуп следећих седам показатеља:

- ❖  $\sum N_d$  [defekata] - укупан број дефеката вучних возила посматраног вучног парка,
- ❖  $s_d$  [%] - стопа раста дефеката вучних возила,
- ❖  $L_d$  [ $\frac{km}{def}$ ] - просечна дужина пређених километара између два дефекта вучног возила,
- ❖  $N_{dbr}$  - број дефеката вучних возила на извршену количину бруто рада у вучи возова од милион брутогонских километара [ $10^6$  brtkm] или [ $10^5$  brtkm],
- ❖  $K_{tl}$  - број дефеката вучних возила на извршеном пређеном путу од милион пређених километара [ $10^6$  lok km] или [ $10^5$  lok km],
- ❖  $p_i$  [%] - проценат имобилизације вучних возила посматраног вучног парка,
- ❖  $G_{dl}$  - густина дефеката вучних возила на мрежи железничких пруга.

1)  $\sum N_d$  [defekata] - је укупан број насталих дефеката вучних возила код воза који се догодио у посматраном временском периоду, представља елементарни показатељ поузданости рада вучних возила припадајућег вучног парка.

2) Стопа раста дефеката вучних возила једнака је:  $s_d [\%] = \frac{N_{d2}}{N_{d1}} \cdot 100 [\%]$ ,

представља однос пораста или опадања укупног броја дефеката вучних возила у посматраном временском периоду једне године ( $N_{d2}$ ) упоређен са укупним бројем дефеката вучних возила у истом временском периоду претходне године ( $N_{d1}$ ), помножено са 100.

3) Просечна дужина пређеног пута између два настала дефекта вучних возила једнака је:

$L_d = \frac{\sum ML}{\sum N_d} [\frac{km}{def}]$  показује на колико просечно пређених, односно пропутованих

километара вучног возила наступе дефекти код вучних возила је:

$\sum ML$  [lok km]- укупно пређени километри вучних возила у посматраном периоду.

4) Број дефеката вучних возила на извршену количину бруто вучног рада у вучи возова од један милион брутотонских километара [N<sub>dbr</sub>], добија се по формули:

$$N_{dbr} = \frac{N_d \cdot 10^6}{\sum QL} \left[ \frac{def}{10^6 brtkm} \right]$$

где је:

$\sum QL$  [brtkm] - укупно остварени бруто вучни рад одређених вучних возила у (brtkm) у посматраном временском периоду на одређеном подручју.

5) Број дефеката вучних возила на извршеном пређеном путу од један милион пређених километара N<sub>dlkm</sub>, добија се по формули из следећих односа:

$$N_{dlkm} = \frac{\sum N_d \cdot 10^6}{\sum ML} \left[ \frac{def}{10^6 lok km} \right]$$

где је:

$\sum ML$  (lok km)- укупно извршени пређени километри одређених вучних возила у посматраном временском периоду на одређеном подручју.

Према истраживањима УИС-а за толерантни број дефеката узима се 10 дефеката на [10<sup>6</sup> lok km], тј. на један милион пређених километара вучних возила.

6) Густина дефеката вучних возила G<sub>dl</sub>, представља показатељ који исказује број дефеката вучних возила одређеног вучног парка по километру пруге одређене железничке мреже који су се догодили у посматраном временском периоду, а добија се по формули:

$$G_{dl} = \frac{\sum N_d}{\sum L_e} [def / km]$$

где је:

$\sum L_e$  [km] - укупна дужина експлоатационе мреже пруга у километрима, одређеног система вуче на којој обављају вучу вучна возила посматраног система вуче.

7) Укупни проценат имобилизације вучних возила (p<sub>uk</sub>) - представља показатељ који изражава однос броја вучних возила радног парка која су у стању ван употребе, тј. не раде (M<sub>нер</sub>) и укупног броја вучних возила активног инвентарског парка (M<sub>а</sub>) и изражава се по формули [36]:

$$p_{uk} = \frac{M_{нер}}{M_{а}} \cdot 100 [\%]$$

У стању ван употребе налази се одређен број вучних возила по следећем основу:

а) по основу контролно-техничких прегледа и текућих оправки:

M<sub>кпто</sub> (vuč.voz.) - број вучних возила које се налазе на прописаним контролно-техничким прегледима и текућим оправкама те у том погледу имамо тзв. проценат имобилизације вучних возила по основу текућег одржавања (p<sub>то</sub>) који се добија по следећој формули:

$$p_{то} = \frac{M_{кпто}}{M_{а}} \cdot 100 [\%]$$



б) по основу инвестиционог одржавања:

$M_{RiVo}$  - број вучних возила која се налазе на прописаним, редовним и ванредним оправкама већег обима (то представља инвестиционо одржавање) те имамо тзв. проценат имобилизације вучних возила по основу инвестиционог одржавања ( $p_{io}$ ) који се добија по формули:

$$p_{io} = \frac{M_{rivo}}{M_{ia}} \cdot 100 [\%]$$

Из претходних релација имамо да укупни проценат имобилизације вучних возила износи:

$$p_{uk} = \frac{M_{ner}}{M_{ia}} \cdot 100 = \frac{M_{kpto} + M_{rvo}}{M_{ia}} \cdot 100 = \frac{M_{kpto}}{M_{ia}} \cdot 100 + \frac{M_{rivo}}{M_{ia}} \cdot 100 = p_{to} + p_{io} [\%]$$

и једнак је збиру процената имобилизације вучних возила по основу текућег и по основу инвестиционог одржавања.

### 6.2.2. Показатељи расположивости вучних возила у експлоатацији

За оцену нивоа расположивости вучних возила, предлаже се скуп следећих осам показатеља:

- ❖  $k_{tl}$  – коефицијент техничке исправности вучних возила
- ❖  $p_{rl}$  – коефицијент расположивости вучних возила
- ❖  $T_{def}$  [дана] – просечно време између настанка два дефекта вучних возила
- ❖  $T_i$  [дана] – просечно време исправности вучних возила
- ❖  $T_{op}$  [дана] – просечно време задржавања вучних возила на оправкама
- ❖  $T_{od}$  [дана] – просечно време које вучна возила проведу на текућем одржавању и оправкама свих врста
- ❖  $T_{ek}$  [дана] – просечно време које вучно возило проведе у експлоатацији и
- ❖  $A_l$  – коефицијент оперативне расположивости рада вучних возила.

1) Као показатељ квалитета вучних возила у експлоатацији може се искористити и *коефицијент техничке исправности вучних возила* ( $k_{tl}$ ) који може да се изрази следећим односом [36]:

$$k_{tl} = \frac{T_{ek}}{T_i + T_{od}} \leq 1$$

где је:

$T_{ek}$  [dan] – време (број дана) које вучно возило проведе у експлоатацији (у стању исправном за рад) за посматрани временски период

$T_{od}$  [dan] – време (број дана) које вучно возило проведе на текућем одржавању и оправкама у посматраном временском периоду

2) Процент расположивости вучних возила исказује се следећим односом:

$$P_{rl} = \frac{M_{ia} - M_{op}}{M_{ia}} \cdot 100 = \frac{M_{ia} - (M_{ro} - M_{vo})}{M_{ia}} \cdot 100 = \left[1 - \frac{M_{ro} - M_{vo}}{M_{ia}}\right] \cdot 100 [\%]$$

где је:

$M_{ro}$  – број вучних возила на редовним оправкама

$M_{vo}$  – број вучних возила на ванредним оправкама

3) Број дана у експлоатацији вучних возила може да се израчуна на бази расположивих података из следећег односа:

$$T_{ek} = \frac{\sum S_l}{S_{dl}} [dana]$$

где је:

$S_l$  [km] - укупно пређени километри вучних возила у посматраном временском периоду (годишње)

$S_{dl}$  [km/dan] - просечно дневно трчање вучних возила

4) Као временски показатељи рада вучних возила могу нам послужити следећи квантитативни показатељи рада по времену:

$T_r$  [dana] - временски период који вучна возила проведу у раду у посматраном временском периоду

$T_{or}$  [dana] - време проведено у очекивању рада вучног возила

$T_i$  [dana] - временски период у исправном, технички способном стању вучног возила,  $T_i = T_r + T_{or}$

$T_o$  [dana] - време које вучна возила проведу у оправкама

$T_{od}$  [dana] - време које вучна возила проведу у одржавању

$T_{ek}$  [dana] - време које вучна возила проведу у експлоатацији и

$T_{uk}$  [dana] - укупно време посматраног периода коришћења вучних возила

$T_{uk} = T_i + T_o$  [dana]

По основу претходних показатеља можемо дефинисати следеће квалитативне показатеље коришћења вучног парка, и то:

1) Процент искоришћења вучног парка по времену, добија се из следећег односа:

$$P_{il} = \frac{T_r}{T_{uk}} \cdot 100 [\%]$$

који представља количину времена рада вучних возила у данима и укупног посматраног временског периода у данима.

2) Процент искоришћења технички способног вучног парка по времену може се исказати следећим односом:

$$P_{iil} = \frac{T_r}{T_i} \cdot 100 [\%]$$

који представља однос количине времена укупног рада вучних возила ( $T_r$ ) у данима и укупног временског периода у технички исправном и способном стању ( $T_i$ ) исказаног у данима посматраног временског периода.

3) Просечно време између настанка два дефекта вучног возила добија се односа:

$$T_{def} = \frac{\sum T_{uk}}{N_d} \left[ \frac{dana}{def} \right]$$

који представља количник укупног посматраног периода посматраних дана коришћења вучног радног парка и броја дефеката који су се догодили код вучних возила ( $N_d$ ) на возовима у току посматраног периода.

4) Оперативна расположивост вучних возила ( $A_l$ ) може се исказати преко коефицијента оперативне расположивости ( $A_l$ ) по обрасцу [36]:

$$A_l = \frac{T_i}{T_{uk}} = \frac{T_i}{T_i + T_o}$$

који представља однос количине дужине временског периода вучних возила у раду и укупног посматраног временског периода коришћења вучних возила у данима, где је:

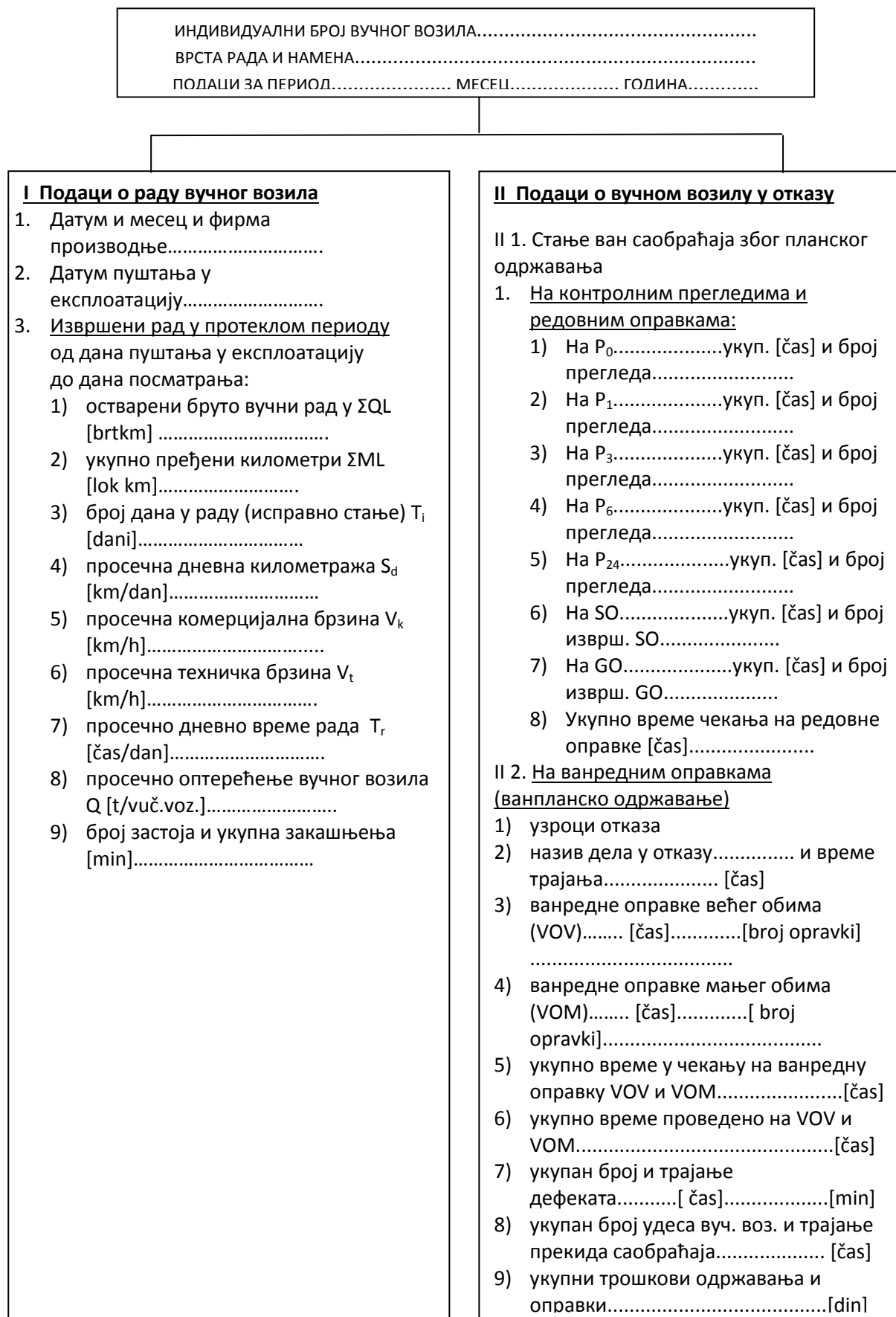
$T_i = T_{ur}$  [dana] - дужина временског периода вучних возила у раду (једнако је укупном времену исправности вучног возила  $T_i$ )

$T_o$  [dana] - дужина временског периода у току којег се вучно возило налази на одржавању, при чему је  $T_{uk} = T_i + T_o$  [dana]

### **6.2.3. Креирање модела и параметара временске слике стања исправности вучних возила и дефинисање нивоа њихове расположивости**

У циљу праћења и утврђивања стања поузданости, квалитета и расположивости рада сваког вучног возила посебно, потребно је да се обезбеде информације које омогућавају утврђивање ових својстава у току читавог века њихове експлоатације. За ту сврху потребно је појединачно за свако вучно возило по индивидуалном броју устројити *индивидуалну базу података (индивидуални картон) и графикон праћења стања исправности вучног возила.*

На слици 25. дат је у овом раду креирани шематски приказ потребних изворних података за изучавање и утврђивање поузданости, квалитета и расположивости рада вучних возила у оквиру експлоатационих истраживања.



Слика 25. Шема праћења параметара расположивости локомотива према статусима на раду и у отказима

Из индивидуалног картона вучних возила приказано је на слици 25. посматрају се подаци у оквиру следећих двеју грана.

Грана I. - подаци о раду вучног возила су: прва група података (грана I са слике 25.) обухвата делатност експлоатације и долази из служби експлоатације (службе вуче и саобраћаја), а

Грана II. - подаци о вучном возилу у отказу су друга група података (грана II са слике 25.) обухвата процесе рада у делатности одржавања, односно враћања вучног возила из стања у отказу у стање у раду а подаци долазе из локомотивских депоа и радионица за одржавање односно од ремонтера за одржавање вучних возила и то врши служба за одржавање возних средстава (служба ЗОВС). Прикупљање и пренос наведених података врши се посебним информационом системима за одржавање односно експлоатацију вучних возила.

На основу података и елемената о раду и отказима вучних возила за свако вучно возило је потребно устројити, у овом раду креирани *индивидуални графикон праћења расположивости рада вучних возила* са временима, приказаним на слици 26. за сваки месец, календарску годину или дужи период и свако појединачно вучно возило.

На слици 26. приказан је модел графичког праћења времена стања исправности вучних возила (када су у раду или очекују рад) у позитивном I квадранту и времена стања када су у отказу, када не раде због бављења на контролним прегледима; редовним и ванредним оправкама (у негативном квадранту).

Овакав облик праћења је потребно устројити као индивидуални картон и графикон за свако појединачно вучно возило.

- ❖ Времена вучног возила у исправном стању (у раду и очекивању рада) -  $T_i$  једнако је:

$$T_i = T_r + T_{or} \text{ [čas] или [dan];}$$

где је:

$$T_r = \sum_{i=1}^n t_{ri} \text{ [čas] или [dan];} \quad T_{or} = \sum_{i=1}^n t_{ori} \text{ [čas] или [dan];}$$

- ❖ Времена бављења вучних возила на контролним прегледима ( $T_{kp}$ ) и редовним оправкама ( $T_{ROP}$ ) представља време редовног одржавања ( $T_{RO}$ ) које је једнако:

$T_{RO} = T_{kp} + T_{ROP}$  [čas] или [dan] - укупно време бављења вучних возила на прописаном редовном одржавању (контролни прегледи и редовне оправке).

- ❖ Време бављења вучног возила на свим контролним прегледима једнако је:

$T_{kp} = \sum T_{Po} + \sum T_{P1} + \sum T_{P3} + \sum T_{P6} + \sum T_{P12} + \sum T_{P24}$  [čas] или [dan] – укупно време бављења вучних возила на контролним прегледима у процесу редовног одржавања.

- ❖ Време бављења вучних возила на редовним оправкама једнако је:

$T_{ROP} = T_{SO} + T_{GO}$  [čas] или [dan] – укупно време бављења вучних возила на редовним оправкама (средњим и главним), у процесу редовног одржавања, где је:

$T_{SO}$  (čas) или (dan) – време бављења вучних возила на средњим оправкама

$T_{GO}$  (čas) или (dan) – време бављења вучних возила на главним оправкама

- ❖ Време бављења вучних возила на ванредним оправкама (мањег -  $T_{vom}$  и већег обима -  $T_{vov}$ ) једнако је:  $T_{vo} = T_{vom} + T_{vov}$  [čas] или [dan] – укупно време бављења вучних возила на разним врстама ванредних оправки

$T_{vom} = \sum_{j=1}^n t_{vomj}$  [čas] или [dan] – укупно време бављења вучних возила на

ванредним оправкама мањег обима

$T_{vov} = \sum_{i=1}^n t_{voi}$  [čas] или [dan] - укупно време бављења вучног возила на

ванредним оправкама већег обима

Значења ознака на слици 26. су следећа:

$T_r$  – време које вучно возило проведе у раду једнако је:

$$T_r = \sum_{i=1}^m t_{ri} \text{ [čas] или [dana] } (i = 1, 2, \dots, m)$$

$T_{or}$  – време које вучно возило проведе у очекивању рада једнако је:

$$T_{or} = \sum_{i=1}^k t_{ori} \text{ [čas] или [dana] } (i = 1, 2, \dots, k)$$

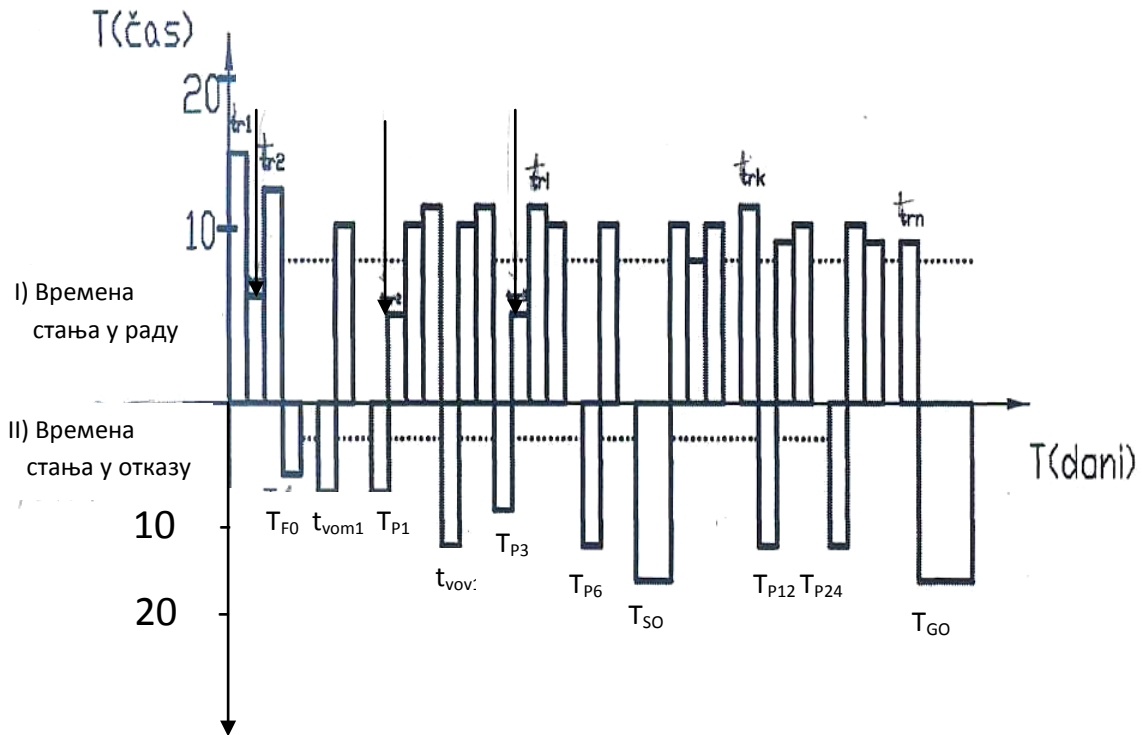
$T_i = T_r + T_{or}$  [čas] или [dana] – укупно време исправног рада вучног возила (у исправном стању)

$T_{RO} = T_{kp} + T_{ROP}$  [čas] или [dana] – укупно време које вучно возило проведе на редовном одржавању

$T_{kp}$  [čas] или [dana] – укупно време које вучна возила проведу на разним контролним прегледима

$T_{ROP}$  [čas] или [dana] – укупно време које вучна возила проведу на одређеним врстама редовних оправки

Коначно имамо да је укупно време које вучно возило проведе у одржавању тј. у отказу (неисправном стању) једнако:  $T_o = T_{RO} + T_{vo}$  [čas] или [dana]



Слика 26. Графикон праћења времена стања исправности и времена одржавања вучних возила у експлоатацији за утврђивање њихове расположивости рада

На основу утврђених параметара из индивидуалног картона и дијаграма са слике 26. за свако вучно возило појединачно можемо утврдити коэффициент оперативне расположивости вучног возила по обрасцу:

$$A_i = \frac{\sum T_i}{\sum T_i + \sum T_o} = \frac{T_r + T_{or}}{T_i + (T_{VO} + T_{RO})} = \frac{T_i}{T_i + (T_{vov} + T_{vom}) + (T_{kp} + T_{SO} + T_{RO})} = \frac{T_i}{T_i + T_o} = \frac{1}{1 + \frac{T_o}{T_i}} \leq 1$$

где је:

$T_i = T_e - T_o$  [čas] или [dana] - укупно време исправног рада вучних возила у експлоатацији

$T_o$  [čas] или [dana] – укупно време одржавања вучног возила

$T_e = T_i + T_o$  [čas] или [dana] – укупно време експлоатације вучног возила.

Предузимањем одговарајућих организационих мера може се утицати на смањење бављења вучног возила на одржавању односно повећање времена исправног стања вучних возила, а тиме и повећање његове расположивости и других елемената квалитета рада.

На бази истраживања у табели 26., дат је за укупан посматрани вучни парк, преглед укупних просечних времена по вучном возилу која су вучна возила посматраних серија провела у раду ( $T_{ur}$ ) и у одржавању ( $T_{od}$ ) у оквиру укупног годишњег календарског броја дана по годинама посматраног периода [69].

Табела 26. Преглед укупног времена које су локомотиве водећих серија у радном парку Железнице Србије, провеле у раду и одржавању у периоду 2008.-2012. године

Године	Серија	Показатељи		
		1. Време проведено у експлоатацији, тј. време у исправности $T_i$ (дана)	2. Време проведено у одржавању $T_o$ (дана)	3. Коефицијент оперативне расположивости $KA_i$
2008.	441	175	191	0,48
	444	313	53	0,85
	461	250	116	0,68
	661	149	217	0,41
2009.	441	187	178	0,51
	444	287	78	0,79
	461	223	142	0,61
	661	155	210	0,42
2010.	441	164	201	0,45
	444	286	79	0,78
	461	222	143	0,61
	661	173	192	0,47
2011.	441	207	158	0,57
	444	272	93	0,75
	461	193	172	0,53
	661	150	215	0,41
2012.	441	237	129	0,65
	444	251	115	0,69
	461	129	237	0,35
	661	150	216	0,41

Извор:[69]

Из претходне табеле 26., се види да је оперативна расположивост локомотива серије 441, 461 и 661 у посматраном временском периоду незадовољавајућа, а код локомотиве 661 на веома ниском нивоу. Најбољу оперативну расположивост имају локомотиве серије 444 како би требала да буде још боља.

#### 6.2.4. Основни показатељи квалитета функционисања саобраћаја возова

У основне показатеље квалитета функционисања саобраћаја возова, спадају следећи:

- број ванредних догађаја (удеси и незгоде) који су се догодили у посматраном периоду и њихове последице (усмрћена и повређена лица и др.), као кључни показатељи безбедности саобраћаја возова;
- закашњења возова (укупна закашњења и закашњења по возу);
- закашњења возова на пређених 100 возних километара и
- комерцијална брзина саобраћаја возова у путничком и теретном саобраћају.



Раније наведени фактори и услови функционисања саобраћаја возова имали су директног утицаја на закашњења и остваривање ниских комерцијалних брзина о чему се истражени показатељи за посматрани период код возова из путничког саобраћаја дају у табели 27., а код возова из теретног саобраћаја у табели 27а.

Табела 27. Преглед показатеља квалитета функционисања саобраћаја возова у путничком саобраћају

Р.бр.	Показатељи	Г о д и н а				
		2008.	2009.	2010.	2011.	2012.
1.	Укупно закашњење путничких возова [min]	554808	482562	548760	508336	326874
2.	Просечно закашњење по једном путничком возу [min]	4,05	4,11	4,79	3,60	2,36
3.	Закашњење путничких возова у минутама на 100 возних километара [min/100 voz km]	6,43	5,15	4,71	4,48	3,63
4.	Комерцијална брзина возова из путничког саобраћаја [km/h]	43,42	43,36	43,86	43,02	41,93

Извор: [68]

Из табеле 27. се види да закашњења путничких возова имају тенденцију смањења, а да комерцијална брзина код возова из путничког саобраћаја није на задовољавајућем нивоу и има тенденцију опадања у посматраном периоду.

У табели 27а., приказани су подаци о квалитету функционисања возова из теретног саобраћаја на Железници Србије у периоду 2008-2012. године, исказано кроз закашњења возова у теретном саобраћају.

Табела 27а. Преглед показатеља квалитета функционисања возова из теретног саобраћаја у периоду 2008.-2012. године на Железници Србије

Р.бр.	Показатељи	Г о д и н а				
		2008.	2009.	2010.	2011.	2012.
1.	Укупно закашњење за све теретне возове у поласку [min]	5608059	3894228	4411758	4560136	3886257
2.	Закашњење теретних возова у минутама на 100 voz.km [min/100 voz.km]	50,31	37,07	36,03	35,94	35,19
3.	Комерцијална брзина саобраћаја теретних возова [km/h]	23,92	25,19	23,9	24,51	23,80

Извор: [68]

Из табеле 27а. се види да квалитет функционисања теретног саобраћаја није задовољавајући и да је комерцијална брзина теретних возова на ниском нивоу.

Истражено је опште стање функционисања саобраћаја возова у посматраном временском периоду огледа се и кроз укупан број ванредних догађаја (удеси + незгоде) са њиховим последицама које су се догодиле на Железници Србије у периоду 2008. до 2012. године, што је приказано у табели 28. Последице ванредних догађаја се изказују кроз број усмрћених лица, број повређених лица, укупан број настрадалих лица (усмрћена + повређена лица) и прекид саобраћаја возова у часовима.

Табела 28. Преглед укупног броја ванредних догађаја и њихових последица на Железници Србије у периоду 2008.-2012. године

Р.бр.	Показатељи	Г о д и н а				
		2008.	2009.	2010.	2011.	2012.
1.	Број удеса	105	112	161	130	109
2.	Број незгода	436	416	413	365	398
3.	Укупан број ванредних догађаја	541	528	574	495	503
4.	Број усрђених лица	43	49	63	39	35
5.	Број повређених лица	41	45	76	64	61
6.	Укупно настрадалих лица	84	94	139	103	96
7.	Прекиди саобраћаја због ванредних догађаја [čas]	800	834	1077	1193	989

Извор: [68]

Из табеле 28. се уочава да стање безбедности саобраћаја возова није задовољавајуће у погледу броја ванредних догађаја, настрадалих лица и дужине трајања прекида саобраћаја, јер наведени показатељи имају тенденцију општег раста, што је имало директног утицаја на угрожавање редовитости (настанак закашњења) у саобраћају возова и њихово уредно и квалитетно функционисање.

### **6.3. Модел оптимизације расположивости и оптималног обављања периодичних оправки вучних возила**

#### **6.3.1. Критеријуми и параметри оптимизације расположивости вучних возила**

Оптимизација у најширем смислу речи претставља стварање таквих односа унутар одређеног система при чему се добија једно решење које је најбоље односно најповољније и које највише одговара постављеним захтевима или неким датим условима.

Посматрано са математичког становишта, оптимум се може дефинисати као најбољи могући скуп вредности (променљивих величина, параметара) које у датим условима задовољавају постављени критеријум (циљ).

*Критеријум* се обично показује у виду максималног односно минималног захтева преко дате функције критеријума.

Основна функција критеријума оптимизације расположивости рада вучних возила ( $A_c^{opt}$ ) у железничком систему у основи се може изразити односом улазних –  $U_i(t)$  и излазних-  $I_j(t)$  величина система које се при његовом функционисању и деловању преводе из једног (улазног) стања у друго (излазно) стање исказано припадајућим параметрима у оквиру двеју грана и то: гране максимизације параметара (MAX) и гране минимизације параметара (MIN), приказаних шемом са слике 27., у следећем облику:

$$A_l^{opt} = \frac{U_i(t)}{I_j(t)} \begin{matrix} \rightarrow \\ \rightarrow \end{matrix} \frac{MAX(M_r; T_r; R; A_l; B; R_{ed}; p_{rl} \dots)}{MIN(M_{op}; T_o; N_{dl}; N_{vd}; T_{zak}; T_{\check{c}r}; p_i \dots)} \rightarrow A_l^{opt}$$

где је:

$U_i(t)$  – вредности скупа улазних величина система ( $M_{ia}$ - број вучних возила активног инвентарског парка, услови експлатације и одржавање и др)

$I_j(t)$  – Вредност скупа излазних величина из система

$R$  – Поузданост рада вучних возила

$T_{zak}$  – Време закашњења возова

$M_r$  – Број вучних возила радног парка (у раду)

$T_r$  – Време рада вучних возила

$A_l$  – Распоживост рада вучних возила

$M_{op}$  – Број вучних возила на оправкама

$B$  – Безбедност саобраћаја

$T_o$  – Време оправки вучних возила

$R_{ed}$  – Редовитост саобраћаја

$T_{\check{c}r}$  – Време вучних возила које су исправна провела у очекивању рада

$p_{rl}$  – Процент расположивости вучних возила

$p_i$  – Укупан проценат имобилизације вучних возила

$N_{dl}$  – Број дефеката вучних возила

$N_{vd}$  – Број ванредних догађаја

Путем деловања одговарајућим акцијама управљања у раду и функционисању железничког система остварују се одређени параметри максимизације и минимизације расположивости рада вучних возила.

На слици 27. дата је у овом раду посебно креирана шема модела оптимизације показатеља расположивости рада вучних возила.



Слика.27. Шема оптимизације параметара расположивости рада вучних возила

Расположивост и поузданост рада вучних возила може се посматрати са следећа два аспекта:

- прво, са аспекта исправности вучних возила, при чему од укупног броја вучних возила, на оправкама треба да буде минималан број, односно да проценат имобилизације буде минималан, а да број вучних возила у раду буде максимално могући, и
- друго, са аспекта временског коришћења вучних возила, при чему када су вучна возила исправна за рад, максимални део времена у току дана, односно у току године проведу у раду, а минимални део ван рада.

Побољшање стања расположивости вучних возила треба да доведе до тога да расположивост вучних возила буде већа.

*Расположивост вучних возила* се изражава преко *процента расположивости вучних возила* ( $p_{rl}$ ) који представља однос умањеног активног инвентарског парка вучних возила ( $Mia$ ) за број вучних возила која се налазе у редовној оправци ( $Mro$ ) и ванредној оправци ( $Mvo$ ) и активног инвентарског парка ( $Mia$ ) помножен са 100, тј по обрасцу:

$$P_{rl} = \frac{Mia - (Mro + Mvo)}{Mia} \cdot 100 = \left(1 - \frac{Mro + Mvo}{Mia}\right) \cdot 100[\%]$$

Из претходног обрасца се види да до повећања процента расположивости вучних возила може доћи ако дође до смањења величине броја вучних возила на ванредним оправкама ( $Mvo \rightarrow MIN$ ) путем побољшања ефикасности система одржавања и руковања вучних возила, јер се број редовних оправки вучних возила мора одржавати на планираном нивоу по критеријумима из важећег Правилника 241.

Комплементарни показатељ проценту расположивости вучних возила јесте и коефицијент расположивости вучног парка ( $Kr$ ) вучних возила који је једнак:

$$Kr = \frac{Mia - Mrvo}{Mia} < 1 \longrightarrow \text{MAX}$$

(за  $M_{rvo} \longrightarrow \text{MIN}$ )

и треба при оптимизацији расположивости рада вучних возила да тежи максимуму, што ће бити када је број вучних возила у редовним и ванредним оправкама што мањи ( $Mrvo \rightarrow \text{min}$ ) односно да се појединачно вучна возила на редовним и ванредним оправкама задржавају што краће време ( $trvo \rightarrow \text{min}$ ).

Побољшање стања расположивости рада вучних возила са аспекта временског коришћења вучних возила, доприноси да се вучна возила боље користе и остварује се тиме што када су вучна возила исправна за рад (са временом стања исправности  $Ti$ ) треба да максимални део времена проведу у раду ( $Tr \rightarrow \text{max}$ ) а минимални део времена на чекању рада ( $T_{cr} \rightarrow \text{min}$ ) и на редовном и ванредном одржавању тј. да тежи минимуму: ( $T_{RO} + T_{VO}$ )  $\rightarrow \text{min}$ ;

што је очевидно из следећег обрасца:

$$A_l = \frac{T_i}{T_i + T_o} = \frac{T_r + T_{cr}}{T_i + (T_{vo} + T_{ro})} = \frac{T_i}{T_i + (T_{vov} + T_{vom}) + (T_{kp} + T_{SO} + T_{GO})} = \frac{1}{1 + \frac{T_o}{T_i}} \leq 1$$

из којег се види да расположивост рада вучних возила постиже своју оптималну вредност ( $A_l^{\text{opt}}$ ) у функцији остваривања одређених услова исказаних у следећем облику:

$$A_i^{opt} = F \left[ \begin{array}{l} T_i = T_r + T_{cr} \rightarrow \max, \text{ у оквиру којег треба да } T_r \rightarrow \max, \text{ а } T_{cr} \rightarrow \min \text{ и } T_o \rightarrow \min \\ \text{у оквиру којег треба да } (T_{VOV} + T_{VOM}) \rightarrow \min, \text{ и да } (T_{kp} + T_{SO} + T_{RO}) \rightarrow \text{const} \\ \text{вредностима по прописаним нормативима редовног одржавања.} \end{array} \right]$$

где је:

$T_{кр}$  – нормативи времена задржавања вучних возила на појединим врстама контролних прегледа (Pd, P<sub>0</sub>, P<sub>1</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>6</sub>, P<sub>12</sub>, P<sub>24</sub>)

$T_{SO}$  - нормативи задржавања вучних возила на средњим оправкама

$T_{GO}$  - нормативи задржавања вучних возила на главним оправкама

$T_{VOV}$  - бављење вучних возила на ванредним оправкама већег обима

$T_{VOM}$  - бављење вучних возила на ванредним оправкама мањег обима

### 6.3.2. Обликовање модела и алгоритма за оптимизацију периодичног обављања редовних оправки вучних возила

Познато је да поузданост вучног возила као техничког система током времена и експлоатације опада, а циљ нам је да путем њиховог прописаног редовног планског (а по потреби и ванредног ванпланског) одржавања, одржимо вучна возила на нивоу задовољавајуће погонске поузданости  $R(t) \geq R_d$ , тј. веће или најмање једнака од доње границе поузданости  $R_d$ , као што се сликовито приказује на слици 28., а што се преваходно постиже плански обављањем редовних оправки (средњих SO и GO главних оправки) према прописаним циклусима и корацима њихвог извођења по важећем Правилнику [51].

Време  $t_1, t_2, \dots, t_n$  са тестерастог дијаграма на слици 28. показује када су обављене прописане редовне оправке и када је ниво погонске поузданости вучних возила подигнут на задовољавајући ниво ( $R(t) \rightarrow 1$ ) што је и сврха планског извођења њихових редовних оправки.

Постављени задатак јесте да се одреде оптимални интервали ( $X_i$ ) у пређеним километрима између средње оправке (SO) и главне оправке (GO) вучних возила, према утврђеном поступку [74; 75]. Интервали у пређеним километрима ( $X_i$ ) између планираних оправки леже у могућим границама и задовољавају следеће услове:

$$h_{di} \leq X_i \leq H_{gi}; i=1,2,\dots,n \dots\dots\dots (1)$$

$$\sum_{i=1}^m X_i = L \dots\dots\dots (2)$$

где је:

$h_{di}$  – доња граница интервала

$H_{gi}$  – горња граница интервала  $X_i$  на  $i$ -том одсечку две суседне редовне оправке

$L$  – интервал у пређеним километрима између редовних оправки који треба оптимизирати



Извор: [50]

Слика 28. Враћање поузданости вучног возила на ниво задовољавајуће погонске поузданости

За све наведене оправке вучних возила Правилником [51] је прописан обим радова који се мора извршити за све серије вучних возила.

Међутим, иако се редовне оправке вучних возила планирају према одредбама Правилника [51] и очекиваном обиму саобраћаја, због присуства знатних оштећења, имобилизације и ванпланских оправки мањег и већег обима, одступања од планираног броја редовних оправки су неминовно присутна.

Због присутне разлике између плана и реализације плана редовних оправки вучних возила овде ће се изложити модел одређивања оптималне периодичности обављања редовних оправки вучних возила.

Решење дато моделом обухвата економске, техничке и експлоатационе услове.

Познато је да се између планираних редовних оправки могу догодити и ванпланске оправке, ако периодичност редовних оправки није адекватно одређена и ако се редовне оправке са оптимизираном периодичношћу не обављају квалитетно или се пак и не извршавају.

Пошто интервали  $X_i$  морају задовољити и економски услов, то значи да интервали  $X_i$  треба да минимизирају функцију трошкова планираних редовних оправки и експлоатације вучних возила која је исказана следећим изразом (3):

$$F = \frac{\sum_{i=1}^m [F1_i(X_i) + F2_i(X_i)]}{\sum_{i=1}^m X_i} = \frac{\sum_{i=1}^m Q_i(X_i)}{\sum_{i=1}^m X_i} \dots\dots\dots (3)$$

где је:

$F1_i$ – функција трошкова планираних редовних оправки вучних возила на крају  $i$ -тог периода, при чему  $F1_i$  не зависи од  $X_i$ , него од интервала претходних периода.

$F2_i$  – функција експлоатационих трошкова вучних возила на  $i$ -том периоду.

$F2_i$  обухвата поред експлоатационих трошкова вуче возова још и очекиване трошкове услед ванредних оправки.

Ако је оптимизација периодичности редовних оправки адекватно одређена обзиром на изложене аспекте, трошкови услед ванредних оправки не постоје или су занемарљиви.

Ако су  $F1_i$  и  $F2_i$  линеарне функције у облику:  $F1_i = a_i + K1_i \cdot X_i$ , и  $F2_i = K2_i \cdot X_i$ , онда то представља најједноставнији случај и сви коефицијенти су позитивни.

У том случају претходни израз (3) функције „ $F$ “ прелази у следећи облик (3а):

$$F = \frac{\sum_{i=1}^m [F1_i(X_i) + F2_i(X_i)]}{\sum_{i=1}^m X_i} = \frac{\sum_{i=1}^m a_i + \sum_{i=1}^m b_i X_i}{\sum_{i=1}^m X_i} = \frac{a_0 + \sum_{i=1}^m b_i X_i}{\sum_{i=1}^m X_i} \dots\dots\dots (3a)$$

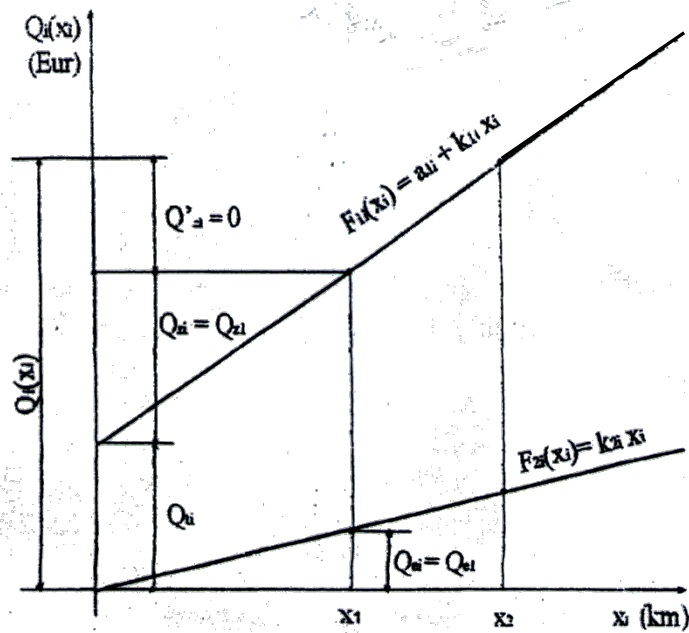
где је :  $b_i = K1_i + K2_i$  и  $a_0 = \sum_{i=1}^m a_i$

Графички приказ везе интервала  $X_i$  и функције  $Q_i(X_i)$ , приказан је на графикону са слике 29.

Ако функција  $F2_i$  узима у обзир и очекиване трошкове услед варедних оправки вучних возила тада постоји и члан  $Q2_i$ .

Међутим, пошто се у овом раду одређује адекватна оптимизација периодичности редовних оправки, при чему се обухвата и резултатно дејство стохастичких фактора, онда очекивани трошкови услед ванредних оправки не постоје или су занемарљиви, те је  $Q2_i = 0$  на слици 29 [75].





Слика 29. График зависимости функции стоимости регулярных opravки и эксплуатационных трошкова вучних возила у зависимости од дужине пређених километара

Увођењем зависимости функции трошкова  $F_{1i}$  од претходних интервала не чини израз (3а) сложенијим, већ се само коефицијенти  $b_i$  добијају сумирањем реда коефицијената. Функција  $F$  је разломљено-линеарна и недељива. Њене променљиве су везане двоструким ограничењем. Функција  $F$  ипак се може свести на једноставнији облик, погодан за алгоритмовање, који доводи до оптималног решења периодичности редовних opravки вучних возила.

Уводећи замену за променљиве  $X_i$  следи да је:

$$X_i = h_i + u_i, \quad i = 1, 2, \dots, m \dots\dots\dots (4)$$

$$0 \leq u_i \leq 1_i, \quad 1_i = H_i - h_i, \quad i = 1, 2, \dots, m \dots\dots\dots (5)$$

Како је  $u_i = X_i - h_i$  односно  $\sum_{i=1}^m u_i \leq \sum_{i=1}^m X_i - \sum_{i=1}^m h_i$ , при чему је:  $\sum_{i=1}^m X_i = L$ ,

онда релација (4) се може изразити следећом неједначином:

$$\sum_{i=1}^m u_i \leq L - \sum_{i=1}^m h_i$$

Ако означимо  $\sum_{i=1}^m h_i = l_0$ , онда је:

$$\sum_{i=1}^m u_i \leq L - l_0 \dots\dots\dots (6)$$

С обзиром на израз (4) функција F се може сада написати да је једнака:

$$F = \frac{a_0 + \sum_{i=1}^m b_i \cdot h_i + \sum_{i=1}^m b_i \cdot u_i}{\sum_{i=1}^m h_i + \sum_{i=1}^m u_i} .$$

Ако означимо са:  $T_0 = a_0 + \sum_{i=1}^m b_i \cdot h_i$  онда је:

$$F = \frac{T_0 + \sum_{i=1}^m b_i \cdot u_i}{l_0 + \sum_{i=1}^m u_i} \rightarrow \min \dots\dots\dots (7)$$

Функција F се може свести на линеарну следећом сменом:

$$l_0 + \sum_{i=1}^m u_i = \frac{1}{y_0} > 0 \quad w_i = u_i \cdot y_0, \quad w_0 = l_0 \cdot y_0, \quad y_0 = \frac{w_0}{l_0}$$

$$F = T_0 \cdot y_0 + \sum_{i=1}^m y_0 \cdot b_i \cdot u_i = T_0 \cdot \frac{w_0}{l_0} + \sum_{i=1}^m b_i \cdot w_i \dots\dots\dots (8)$$

За  $\frac{t_0}{l_0} = b_0$  следи израз за функцију F је у следећем облику:

$$F = b_0 \cdot w_0 + \sum_{i=1}^m b_i \cdot w_i \rightarrow \min \dots\dots\dots (9)$$

При овоме, ограничење функције добија следећи облик:

$$0 \leq w_i \leq y_0 \cdot l_i, \text{ односно:}$$

$$0 \leq w_i \leq q_i \cdot w_0, \quad q_i = \frac{l_i}{l_0} < 1, \quad i = 1, 2, \dots, m \dots\dots\dots (10)$$

Такође се може написати да је:

$$\sum_{i=1}^m w_i = \sum_{i=1}^m u_i \cdot y_0 \leq y_0 \cdot (L - l_0), \text{ односно:}$$

$$\sum_{i=1}^m w_i \leq \frac{L - l_0}{l_0} \cdot w_0 \dots\dots\dots (11)$$

Пошто је:  $\frac{L-l_0}{l_0} \cdot w_0 = L \cdot y_0 - w_0$ , односно:

$$\frac{L-l_0}{l_0} \cdot w_0 = \left(1_0 + \sum_{i=1}^m u_i\right) \cdot \frac{1}{1_0 + \sum_{i=1}^m u_i} - w_0 = 1 - w_0$$

то је

$$\sum_{i=1}^m w_i = 1 - w_0 \dots \dots \dots (11a)$$

Израз (11) није у противречности изразом (11a) само ако је:

$$\frac{L-l_0}{l_0} \cdot w \geq 1 - w_0 \text{ или } w_0 \geq \frac{l_0}{L} = G_0$$

Зато се израз (11) може заменити следећим изразом:

$$G_0 \leq W_0 \leq 1, \text{ јер је } \frac{l_0}{L} = \frac{\sum_{i=1}^m h_i}{L} \leq 1 \dots \dots \dots (12)$$

Ограничења (10) и (12) траже битну модификацију метода решавања у односу на сличне проблеме из области динамичког програмирања.

Претпоставка је да постоји допуштено решење:

$$w_i = A_i \cdot w_0; \quad 0 \leq A_i \leq q_i$$

Применом рачуна приближних вредности следи:

$$w_0 = \frac{1}{g_a} \geq G_0$$

где је:

$g_a$  – апсолутна грешка ( разлика тачне и приближне вредности).

Пошто је  $G_0 < 1$ , то мора бити  $g_a > 1$ , односно:

$$g_a = \sum_{i=1}^m A_i + 1 \dots \dots \dots (13)$$

Функција дата изразом (9) може се написати:

$$F = b_0 \cdot \frac{1}{g_a} + \sum_{i=1}^m b_i \cdot A_i \cdot w_0 = \frac{b_0}{g_a} + \frac{1}{g_a} \sum_{i=1}^m b_i \cdot A_i \rightarrow \min, \text{ или}$$

$$F = \frac{1}{g_a} \cdot b \quad \text{за} \quad b = b_0 + \sum_{i=1}^m b_i \cdot A_i \dots \dots \dots (14)$$

Ако је неко  $A_j < q_j$ , то одговарајућа променљива може бити увећана за релативну грешку (односно апсолутне грешке и приближне вредности), те је:

$\bar{w}_0 = (A_j + g_r) \cdot w_0$ ;  $0 \leq g_r \leq q_j - A_j$  и ако, су остале променљиве везане са  $\bar{w}_0$  истим односом:  $\bar{w}_i = A_i \cdot w_0$   $i \neq j$

онда је:

$$\bar{w}_0 = \frac{1}{g_a + g_r} = w_0 + \frac{g_r}{g_a \cdot (g_a + g_r)} = w_0 - w_0 \cdot \bar{w}_0 \cdot g_r,$$

Такође функција  $\bar{F}$  добија облик:

$$\bar{F} = (b + b_j \cdot g_r) \cdot \bar{w}_0 = (b + b_j \cdot g_r) \cdot \left( w_0 - \frac{g_r}{g_a \cdot (g_a + g_r)} \right),$$

односно:

$$\bar{F} = b \cdot \bar{w}_0 + b_j \cdot g_r \cdot \frac{1}{g_a} - b \cdot \frac{g_r}{g_a \cdot (g_a + g_r)} - b \cdot \frac{g_r^2}{g_a \cdot (g_a + g_r)}$$

Прираштај целе функције за  $j$ -ту променљиву је:

$$\bar{F} - F = \frac{g_r}{g_a} \left( b_j - \frac{b + b_j \cdot g_r}{g_a + g_r} \right) = \frac{g_r \cdot (b - b_j \cdot g_a)}{g_a \cdot (g_a + g_r)} \dots \dots \dots (15)$$

Из израза (15) следи да се цела функција може умањити за најмање једно „ $j$ “ само ако је:

$$A_j < q_j; \text{ и: } b - b_j \cdot g_a > 0$$

Величина прираштаја зависи од  $g_r$ , али уколико  $\frac{g_r}{g_a + g_r}$  монотонно расте са

растом  $g_r$ , а  $b - b_j \cdot g_a$  још брже расте уколико је  $b_j$  мање, то се правило избора променљиве састоји у одређивању најмањег  $b_j$  и максималног  $A_j$ .

Ако је:

$$\frac{1}{g_a + (q_j - A_j)} \geq G_0 = \frac{1}{L}, \text{ то одговара потреби за применом једнакости: } g_r = q_j - A_j$$

Ако је:

$$\frac{1}{g_a + (q_j - A_j)} \geq G_0 = \frac{1_0}{L}$$

то је таква максимална вредност за  $g_r$  недопустива и  $g_r$  се одређује из услова:

$$\frac{1}{g_a + g_r} = G_0 \text{ односно:}$$

$$g_r = \frac{1 - g_a \cdot G_0}{G_0} \dots (16)$$

Ако упоредимо коефицијенте  $b_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, m$ , следи :

$$b_{i1} \leq b_{i2} \leq \dots \leq b_{im} \dots (17)$$

На основу неједнакости (17) и итерационим алгоритмом као на наредној слици 30. следе оптимална решења за наведену променљиву.

Почетно приближавање одговора нултим вредностима свих  $A_i$  ( $A_i = 0$  за  $i = 1, 2, \dots, m$ ):

$$G_a = 1; W_0 = 1; b = b_0 \cdot k = 0$$

Основна итерација се остварује кораком 4 алгоритма датог на слици 30., а последња вредност за  $A_i$  израчунава се кораком 5.

Оптимално решење добијено овом варијантом лако се проверава.

На пример ако је процес завршен кораком 5, то сређивањем по вредности  $b_i$  према релацији (14) следи да је:

$$F = \frac{b_0 + \sum_{i=1}^m b_i \cdot q_i + b_{k+1} \cdot A_{k+1}}{g_a + A_{k+1}}$$

За ма коју другу варијанту је:

$$\bar{F} = \frac{b_0 + \sum_{i=1}^m b_i \cdot \bar{A}_i}{1 + \sum_{i=1}^m \bar{A}_i} = \frac{T}{g_a}, \text{ уколико је}$$

$$g_a + A_{k+1} = \frac{1}{G_0}; g_a \geq g_a + A_{k+1},$$

$$\bar{A}_{k+1} = \begin{cases} A_i - Z_i = q_i - Z_i, & i = 1, 2, 3, \dots, k \\ Z_i, & i = 1, 2, 3, \dots, m \end{cases}$$

$\bar{A}_{k+1} = A_{k+1} + Z_{k+1}$ , при чему су сви  $Z_i$  позитивни и

$$\sum_i^k Z_i - Z_{k+1} - \sum_{k+2}^m Z_i = Z \geq 0, \quad \bar{g}_a = g_a + A_{k+1} - Z,$$

То је сада:

$$\bar{F} = \frac{T}{g_a + A_{k+1} - Z} = \frac{b + b_{k+1} - Z \cdot b_{k+1}}{g_a + A_{k+1} - Z} = R(Z)$$

У бројиоцу су сви коефицијенти замењени већим  $b_{k+1}$  у случају негативних вредности  $Z_i$ , а за позитивне вредности  $Z_i$  замењени су мањим вредностима  $b_{k+1}$ .

Међутим, за испуњење услова корака 2 датог алгоритма са слике 30.:

$$R'(Z) = \frac{b - b_{k+1} \cdot g_a}{(g_a + A_{k+1} - Z)^2} \geq 0 \text{ то јесте:}$$

$$\bar{F} \geq R(Z) > R(0) = F,$$

што је требало и доказати.

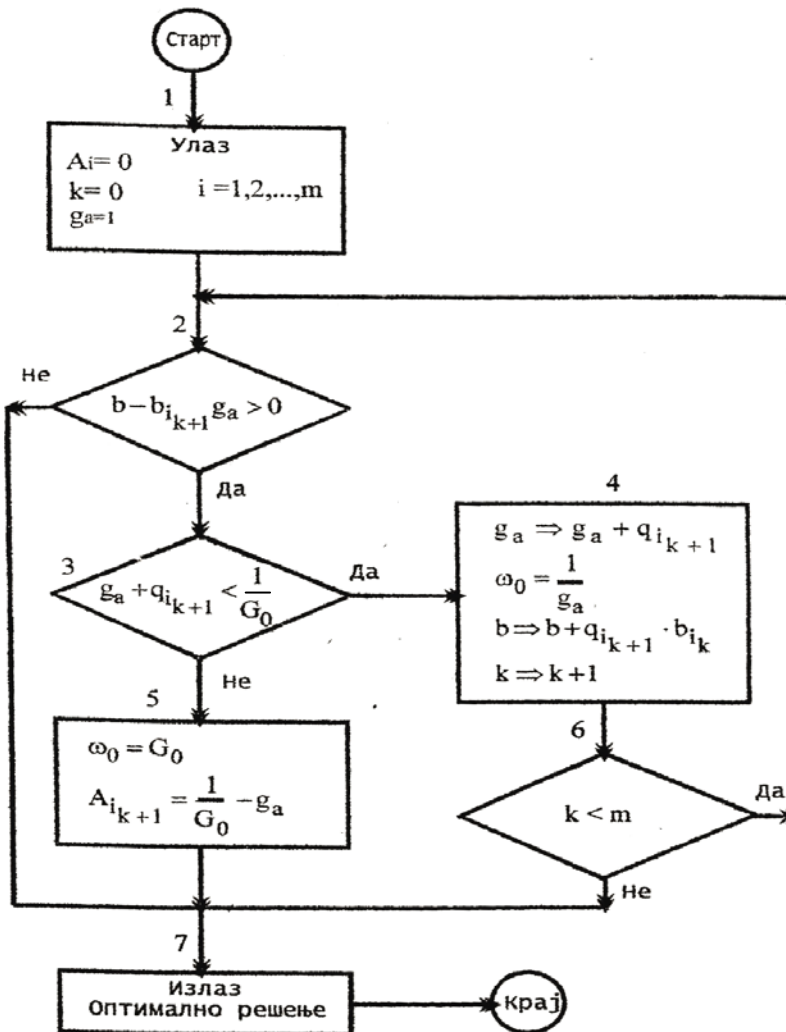
Аналогно овоме се испитују и друге варијанте.

Обрнути прилаз од  $A_i$  и  $w_0$  на  $x_i$  је једноставан, јер је:

$$w_i = A_i \cdot w_0, \quad y_0 = \frac{w_0}{l_0}, \quad u_i = \frac{w_i}{y_0} = A_i \cdot l_0$$

$$x_i = h_i + u_i \tag{18}$$

На основу претходног спроведених поступака приступа се приказу алгоритма за одређивање оптималног решења извођења редовних оправки код вучних возила, који је представљен на слици 30.



Слика 30. Алгоритам за одређивање оптималог решења редовних оправки вучних возила

На основу презентованог модела у наредном излагању је утврђена оптимална периодичност обављања редовних оправки на примеру електромоторних возова серије 412 на железници Србије.

### 6.3.3. Изналажење оптималне периодичности редовних оправки за електромоторне возове серије 412 на железници Србије

Задатак у овом прорачуну који произилази из датог математичког модела јесте да се за конкретни случај одреди оптимална периодичност упућивања одређеног вучног возила у редовне оправке за дате економске, експлоатационе и техничке услове који владају на железници Србије.

Подаци се узимају за календарску годину ( $X_i$ ), па с тога у свим случајевима имамо податке за 6 година, због тога што је то период после кога електро вучна возила морају ући у редовну оправку, као што је то претходно већ објашњено.

Интервал  $X_i$  је у границама  $h_i \leq X_i \leq H_i$ , а сума интервала  $X_i$  једнака је интервалу у пређеним километрима између редовних оправки кој треба оптимизирати ( $L$ ).

Интервали морају задовољити и економски услов, а то значи да треба минимизирати трошкове редовних оправки и трошкове експлоатације вучних возила.

Доња и горња граница минималне пређене километраже између планираних оправки се дефинише на основу пређених километара у току једне године, а податке о томе би требало да прикупља одређена организациона јединица вуче возова. Сума доњих и горњих граница минималне пређене километраже се обележава са  $l_0$  односно  $L_0$ .

Цена трошкова вуче, који се обележавају са  $b_i$ , дају се посебно за сваку годину. Цена трошкова вуче може релативно доста варирати, а сама по себи зависи од одређених ставки које ће вучно возило обухватити, то јест које ће се ставке узети у прорачуну (погонска енергија, мазиво, амортизација, осигурање, режија и др.).

У цену трошкова вуче  $b_i$  није урачуната цена редовних оправки која се у прорачуну обележава са  $a_0$  и даје се за сваку серију вучног возила посебно.

Конкретан пример најбоље илуструје примену модела за оптимизацију извођења редовних оправки код електромоторних возова серије 412 са поступком који следи. За електромоторни воз серије 412 дати су следећи полазни параметри:

$$a_0 = 250 \cdot 10^3 \text{€} \text{ и } L = 450 \cdot 10^3 \text{ [lok km]}.$$

У табели 29. приказане су релевантне величине за  $l_i$  и  $q_i$ , а у табели 30. за величине  $i_k$  и  $b_k$ , на основу статистичких извора и евиденција [69].



Табела 29. Релевантне величине за  $I_i$  и  $q_i$ 

	Минимална пређена километража између планираних оправки (доња граница)	Минимална пређена километража између планираних оправки (горња граница)			
$x_i$	$h_i$ (km)	$H_i$ (km)	$b_i$ (€/km)	$I_i=H_i-h_i$ (km)	$q_i=I_i/I_o < 1$
1	$100 \cdot 10^3$	$110 \cdot 10^3$	1/4	$10 \cdot 10^3$	1/39
2	$60 \cdot 10^3$	$70 \cdot 10^3$	5/2	$10 \cdot 10^3$	1/39
3	$40 \cdot 10^3$	$60 \cdot 10^3$	1/2	$20 \cdot 10^3$	2/39
4	$70 \cdot 10^3$	$100 \cdot 10^3$	1	$30 \cdot 10^3$	3/39
5	$30 \cdot 10^3$	$40 \cdot 10^3$	2	$10 \cdot 10^3$	1/39
6	$90 \cdot 10^3$	$100 \cdot 10^3$	3/2	$10 \cdot 10^3$	1/39
$\Sigma$	$l_o = \sum_{i=1}^m h_i$	$L_o = \sum_{i=1}^m H_i$			
	$l_o = 390 \cdot 10^3$ km		$L_o = 480 \cdot 10^3$ km		

а) Нормирање параметара трошкова

$$T_o = a_o + \sum_{i=1}^m b_i \cdot h_i = 250 \cdot 10^3 + (0,25 \cdot 100 + 2,5 \cdot 60 + 0,5 \cdot 40 + 1 \cdot 70 + 2 \cdot 30 + 1,5 \cdot 90) \cdot 10^3 =$$

$$= (250 + 25 + 150 + 20 + 70 + 60 + 135) \cdot 10^3 = 710 \cdot 10^3 \text{ €}$$

$$b_o = \frac{T_o}{l_o} = \frac{710 \cdot 10^3}{390 \cdot 10^3} = 1,8205 \text{ €/km}$$

Табела 30. Величине параметара  $i_k$  и  $b_k$ 

k	1	2	3	4	5	6
$i_k$	1	3	4	6	5	2
$b_k$	1/4	1/2	1	3/2	2	5/2

б) Одређивање параметара  $G_0$ :

$$G_0 = \frac{l_o}{L} = \frac{390 \cdot 10^3}{450 \cdot 10^3} = \frac{39}{45} = 0,866$$

$$\frac{1}{G_0} = \frac{1}{\frac{l_o}{L}} = \frac{45}{39} = 1,1538$$

в) Корак 4 датог алгоритма омогућава израчунавање:  $g \rightarrow g_a + g_{ik+1}$  и врши се провера да ли је задовољен услов:

$$g_a + g_{ik+1} \leq \frac{1}{G_0}$$

На основу табела 29. и 30. има се:

$$g_{a(k=0)} = 1$$

$$g_{a(k=1)} = 1 + \frac{1}{39} = \frac{40}{39} < \frac{1}{G_0}$$

$$g_{a(k=2)} = \frac{40}{39} + \frac{2}{39} = \frac{42}{39} < \frac{1}{G_0}$$

$$g_{a(k=3)} = \frac{42}{39} + \frac{3}{39} = \frac{45}{39} < \frac{1}{G_0}$$

$$w_0 = \frac{1}{g_a}$$

$$w_{00(k=0)} = \frac{1}{g_{a(k=0)}} = 1$$

$$w_{01(k=1)} = \frac{1}{g_{a(k=1)}} = \frac{39}{49}$$

$$w_{02(k=2)} = \frac{1}{g_{a(k=2)}} = \frac{39}{42}$$

$$w_{03(k=3)} = \frac{1}{g_{a(k=3)}} = \frac{39}{45}$$

г) Одређивање вредности за:  $Ai_{k+1} = \frac{1}{G_a} - g_{ak}$

$$Ai_{k+1(k=0)} = A_0 = 1 - 1 = 0$$

$$Ai_{k+1(k=1)} = A_1 = \frac{40}{39} - 1 = \frac{1}{39} \quad \text{за } k = 1, 2 \text{ и } 3$$

$$Ai_{k+1(k=2)} = A_3 = \frac{42}{39} - \frac{40}{39} = \frac{2}{39} \quad \text{за } k = 2 \text{ и } 3$$

$$Ai_{k+1(k=3)} = A_4 = \frac{45}{39} - \frac{42}{39} = \frac{3}{39} \quad \text{за } k = 3$$

$$Ai_{k+1(k=4)} = A_6 = 0 \quad Ai_{k+1(k=5)} = A_5 = 0 \quad Ai_{k+1(k=6)} = A_2 = 0 \quad \text{за } k = 4, 5 \text{ и } 6$$

д) Одређивање вредности за:  $b = b_0 + \sum_{i=1}^m b_i A_i = b_0 + \sum b_{ik} A_{ik}$

$$b_{(k=0)} = 1,8205 + 0 = 1,8205 \text{ €km}$$

$$b_{(k=1)} = 1,8205 + \left( \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{39} \right) = 1,8205 + 0,0064 = 1,8269 \text{ €km}$$

$$b_{(k=2)} = 1,8205 + \left( \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{39} + \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{39} \right) = 1,8269 + 0,0256 = 1,8525 \text{ €km}$$

$$b_{(k=3)} = 1,8205 + \left( \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{39} + \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{39} + 1 \cdot \frac{3}{39} \right) = 1,8525 + 0,0769 = 1,9294 \text{ €km}$$

Затим се врши провера:

$$b - b_{i_k} \cdot g_{a_k} > 0$$

$$\text{за } k = 1 \Rightarrow 1,8269 > \frac{1}{4} \cdot \frac{4}{39} = 0,2564$$

$$\text{за } k = 2 \Rightarrow 1,8525 > \frac{1}{2} \cdot \frac{42}{39} = 0,5385$$

$$\text{за } k = 3 \Rightarrow 1,9294 > 1 \cdot \frac{45}{39} = 1,1538$$

ђ) Одређивање функције трошкова редовних оправки и експлоатације вучног

возила  $F = b \cdot w_0 = b \cdot \frac{1}{g_{ak}}$

$$F_{(k=0)} = F_0 = 1,8205 \cdot 1 = 1,8205 \text{ €km}$$

$$F_{(k=1)} = F_1 = 1,8269 \cdot \frac{39}{40} = 1,7812 \text{ €km}$$

$$F_{(k=2)} = F_2 = 1,8525 \cdot \frac{39}{42} = 1,7202 \text{ €km}$$

$$F_{(k=3)} = F_3 = 1,9294 \cdot \frac{39}{45} = 1,6721 \text{ €km}$$

е) из релације

$$u_i = A_i \cdot l_0 \text{ следи:}$$

$$u_1 = A_1 \cdot l_0 = \frac{1}{39} \cdot 390 \cdot 10^3 = 10 \cdot 10^3 \text{ km}$$

$$u_2 = A_2 \cdot l_0 = 0 \cdot 390 \cdot 10^3 = 0 \text{ km}$$

$$u_3 = A_3 \cdot l_0 = \frac{2}{39} \cdot 390 \cdot 10^3 = 20 \cdot 10^3 \text{ km}$$

$$u_4 = A_4 \cdot l_0 = \frac{3}{39} \cdot 390 \cdot 10^3 = 30 \cdot 10^3 \text{ km}$$

$$u_5 = A_5 \cdot l_0 = 0 \cdot 390 \cdot 10^3 = 0 \text{ km}$$

$$u_6 = A_6 \cdot l_0 = 0 \cdot 390 \cdot 10^3 = 0 \text{ km}$$

Такође имамо вредности за следеће величине:

$$y_{00} = \frac{w_{00}}{l_0} = 1 \cdot \frac{1}{390 \cdot 10^3} = \frac{1}{390 \cdot 10^3}$$

$$y_{01} = \frac{w_{01}}{l_0} = \frac{39}{40} \cdot \frac{1}{390 \cdot 10^3} = \frac{1}{400 \cdot 10^3}$$

$$y_{02} = \frac{w_{02}}{l_0} = \frac{39}{42} \cdot \frac{1}{390 \cdot 10^3} = \frac{1}{420 \cdot 10^3}$$

$$y_{03} = \frac{w_{03}}{l_0} = \frac{39}{45} \cdot \frac{1}{390 \cdot 10^3} = \frac{1}{450 \cdot 10^3}$$

Вредности за  $w_i$  се израчунавају из израза:

$$w_i = A_i \cdot w_0 = u_i \cdot y_0 \quad \text{како следи:}$$

$$w_1 = u_1 \cdot y_{01} = 10 \cdot 10^3 \cdot \frac{1}{400 \cdot 10^3} = \frac{1}{40}$$

$$w_2 = u_2 \cdot y_{02} = 0 \cdot \frac{1}{420 \cdot 10^3} = 0$$

$$w_3 = u_3 \cdot y_{03} = 20 \cdot 10^3 \cdot \frac{1}{450 \cdot 10^3} = \frac{2}{45}$$

ж) Одређивање оптималне периодичности планиране редовне оправке електромоторног воза у пређеним километрима следе из израза:

$$x_i = h_i + u_i; \quad i = 1, 2, 3 \dots m$$

$$x_1 = h_1 + u_1 = 100 \cdot 10^3 + 10 \cdot 10^3 = 110 \cdot 10^3 \text{ km}$$

$$x_2 = h_2 + u_2 = 60 \cdot 10^3 + 0 = 60 \cdot 10^3 \text{ km}$$

$$x_3 = h_3 + u_3 = 40 \cdot 10^3 + 20 \cdot 10^3 = 60 \cdot 10^3 \text{ km}$$

$$x_4 = h_4 + u_4 = 70 \cdot 10^3 + 30 \cdot 10^3 = 100 \cdot 10^3 \text{ km}$$

$$x_5 = h_5 + u_5 = 30 \cdot 10^3 + 0 = 30 \cdot 10^3 \text{ km}$$

$$x_6 = h_6 + u_6 = 90 \cdot 10^3 + 0 = 90 \cdot 10^3 \text{ km}$$

Оптимална периодичност редовних оправки посматраног електромоторног воза добија се из оптималне варијанте и она је после пређених километара једнака:

$$L = \sum_{i=1}^m x_i = (100 + 60 + 60 + 100 + 30 + 90) \cdot 10^3 = 450 \cdot 10^3 \text{ km}$$

што представља решење посматраног и постављеног проблема. Израчунате величине су приказане у табелама 31. и 32.

Табела 31. Величине за одређивање оптималне варијанте периодичности редовних оправки електромоторног воза 412

i	k	0	1	2	3
1	b(€km)	1,8205	1,8269	1,8525	1,9294
2	w <sub>0</sub>	1	39/40	39/42	39/45
3	g <sub>a</sub>	1	40/39	42/39	45/39
4	A <sub>1</sub>	0	1/39	1/39	1/39
5	A <sub>2</sub>	0	0	0	0
6	A <sub>3</sub>	0	0	2/39	2/39
7	A <sub>4</sub>	0	0	0	3/39
8	A <sub>5</sub>	0	0	0	0
9	A <sub>6</sub>	0	0	0	0
10	i <sub>k+1</sub>	1	3	4	6
11	b·b <sub>ik+1</sub> ·g <sub>a</sub> €km	1,5705	1,314	0,7756	-
12	b <sub>ik+1</sub> ·g <sub>a</sub> €km	$\frac{40}{39} < \frac{45}{39}$	$\frac{42}{39} < \frac{45}{39}$	$\frac{45}{39} = \frac{45}{39}$	-
13	F=b·w <sub>0</sub> €km	1,8205	1,7812	1,7202	1,6721

Након табеларног приказа вредности из табеле 31. приступа се одређивању вредности које су дате у табели 32., а на основу којих се дефинише оптимална периодичност планиране редовне оправке електромоторног воза серије 412.

Табела 32. Параметри оптималне периодичности редовних оправки електромоторног воза 412

i	1	2	3	4	5	6
h <sub>i</sub>	10·10 <sup>3</sup>	60·10 <sup>3</sup>	40·10 <sup>3</sup>	70·10 <sup>3</sup>	30·10 <sup>3</sup>	90·10 <sup>3</sup>
$l_0 = \sum_{i=1}^m h_i = 390 \cdot 10^3 \text{ km}$						
u <sub>i</sub> = A <sub>i</sub> · l <sub>0</sub> (km)	10·10 <sup>3</sup>	0	20·10 <sup>3</sup>	30·10 <sup>3</sup>	0	0
x <sub>i</sub> = h <sub>i</sub> + u <sub>i</sub> (km)	110·10 <sup>3</sup>	60·10 <sup>3</sup>	60·10 <sup>3</sup>	100·10 <sup>3</sup>	30·10 <sup>3</sup>	90·10 <sup>3</sup>
$L = \sum_{i=1}^m x_i = 450 \cdot 10^3 \text{ km}$						

На конкретном примеру најбоље видимо примену и резултат математичког модела, мада је у овом примеру прорачунато оптимално решење једнако већ усвојеним и прописаним роковима за упућивање вучног возила у редовне оправке који су прописани Правилником о одржавању железничких возила (Правилник 241) на железници Србије.

По истој методологији и датим моделом могу се извршити изналажења оптималне периодичности извођења главних оправки за остале серије вучних возила на железници Србије.

## 7. ДЕФИНИСАЊЕ МОДЕЛА И ПАРАМЕТАРА ОПЕРАТИВНОГ МЕНАЏМЕНТА ЖЕЛЕЗНИЧКИХ ВУЧНИХ ВОЗИЛА

### 7.1. Менаџмент у железничком саобраћају

Појам *менаџмента* укратко можемо дефинисати као процес координације, управљања и руковођења расположивим ресурсима у пословно-производним системима, којима се успоставља и надзире остваривање дефинисане мисије и постављених циљева система.

Циљ менаџмента на железници је остваривање жељеног нивоа активности ради што успешнијег одвијања саобраћаја и што већег обима превоза робе и путника.

Менаџмент на железници је управљање засновано на сталном изучавању и реструктурирању железничких предузећа изналажењем што бољег и рационалнијег пословања и привређивања.

На железници менаџмент је процес који се извршава кроз пет следећих функција а то су: организовање, руковођење (вођење), кадрирање и контролисање послова организацијских целина и коришћења свих расположивих средстава железничких предузећа ради постизања одређених циљева.

а) *Планирање* је основна функција менаџмента која подразумева процес постављања циљева и одређивање подесног тока акција да би се они остварили.

Планови су упутство по којима:

- организација обезбеђује и ангажује неопходна средства за испуњење задатака,
- чланови организације обављају одређене активности у складу са одабраним задацима,
- контролише се и оцењује напредовање ка циљевима, тако да се могу предузети корективне акције уколико процес није задовољавајући.

Потребно је планирање на свим нивоима организационе структуре железнице Србије али је оно значајно изражено на вишим нивоима ради већег утицаја на успех организације.

Приликом одабирања циљева и развијања програма организација ће разматрати њихову изводљивост и прихватљивост у односу на менаџере и запослене.

На свим нивоима организованости железнице јављају се одређени проблеми који захтевају решења. Проблеми се јављају јер се актуелно стање разликује од жељеног.

Стратегијско планирање на нивоу пословног система железнице представља процес у коме менаџерски врх треба да изабере модалитете за остварење.

б) *Организовање* је сложена активност ефикасног структурирања и активирања организационих потенцијала, ради остварења дефинисаних циљева. Организовање подразумева поделу рада, делегирање ауторитета, организовање оперативних и других

активности. За успешно управљање организацијом потребно је дефинисати изворе промена и развити што ефикаснији механизам за прихватање и управљање променама.

в) *Руковођење* (вођење) је процес усмеравања и утицања на радом повезане активности које обухвата железница. Руковођење је функција менаџмента, којом се врши припремање, координирање и воде кадровски ресурси ради остваривања постављених циљева железничког предузећа. Сврха руковођења је дириговање активношћу делова организације који је сачињавају.

Руковођење мора да обезбеди континуитет сопственог функционисања и континуитет и прогрес организације.

г) *Кадрирање* је процес вођења кадровске политике која укључује проналажење и избор компетентних кадрова и управљање кадровским ресурсима организације (адаптација и обука, напредовање, развој и иновација знања кадрова).

д) *Контрола* је процес којим се обезбеђује да се стварне активности подударају са планираним, односно она повезује основне резултате организације са планираним.

Функција контроле обухвата следеће елементе:

- утврђује стандарде и методе за мерење резултата,
- мерење стварних резултата, да ли резултати одговарају утврђеним нормама и стандардима,
- предузимање корективних мера ако је потребно.

Контрола је веома важан процес који усмерава организацију у остваривању њених циљева. Путем контроле менаџер одржава организацију на правом путу. Он стално истражује нове методе које би побољшале функцију контроле.

Контролни систем представља вишефазну процедуру која се примењује на различите врсте контролних активности. Ове активности имају велики значај у сложеном железничком саобраћају.

## **7.2. Оперативни менаџмент у железничком саобраћају**

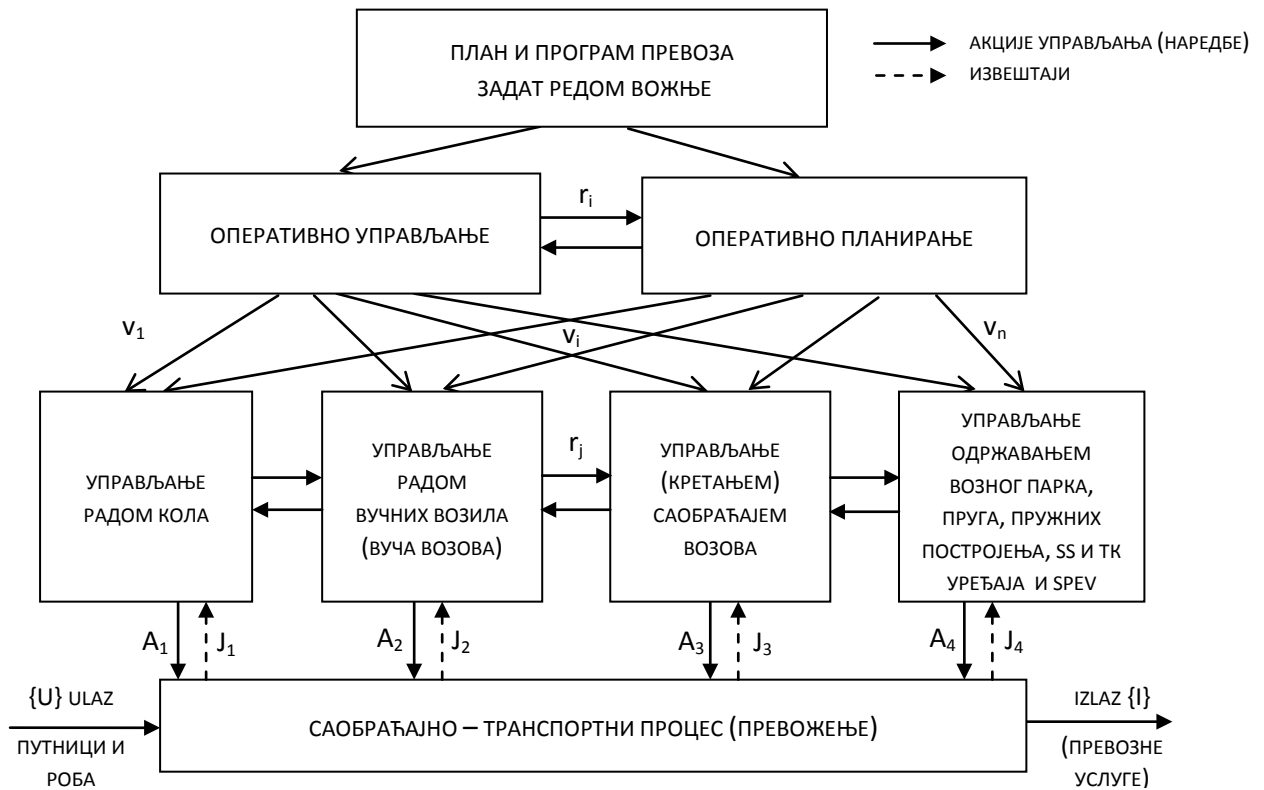
Управљање целокупног процеса превозења у железничком саобраћају остварује се преко посебног дела система управљања у железничком систему који се назива *систем оперативног управљања у железничком саобраћају* чија се структура са припадајућим функцијама и нивоима управљања у железничким предузећима представља на шемама са слика 31., 32. и 33.

Систем оперативног управљања на железници садржи и оперативно планирање као саставни део једне јединствене целине који се спроводе, као што је приказано на шеми са слике 31., у оквиру следећих функционалних целина везаних за процес превозења а то су:

- ❖ управљање радом кола,
- ❖ управљање радом вучних возила (вуча возова),
- ❖ управљање саобраћајем (кретањем) возова,

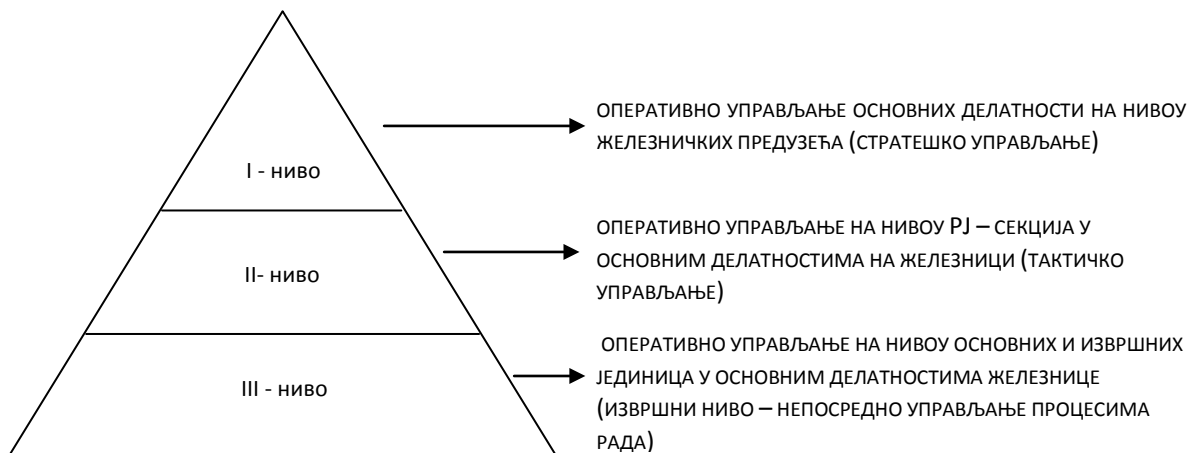


- ❖ управљање одржавањем возног парка (вучна возила и кола), пруга и пружних постројења, SS и ТК уређаја и SPEV, и
- ❖ процес превозења на железници.



Слика 31. Блок дијаграм основних функција оперативног управљања у железничком саобраћају

Систем оперативног управљања железничким саобраћајем на железници Србије може се поставити као пирамида са три хијерархијска нивоа управљања као што је приказано на слици 32.



Слика 32. Хијерархијски нивои оперативног управљања железничким саобраћајем

Класификација хијерархијских нивоа оперативног управљања саобраћајем на железници Србије по садашњој организацији предузећа је следећа:

*Први (највиши) ниво* представљају предузећа основних делатности (за превоз путника, превоз робе и железничку инфраструктуру) у оквиру које постоје сектори за оперативне послове саобраћаја возова и оперативне послове вуче (коришћење вучних возила) и оперативне послове кола (коришћење кола). На овом нивоу се планира обим саобраћаја и вуча возова на годишњем нивоу према потребама корисника превоза, израђује ред вожње, врши расподела вуче и пратње возова између РЈ – Секције за вучу возова, врши утврђивање расположивих саобраћајно-транспортних капацитета на годишњем нивоу и годишњи план набавке нових капацитета (вучних возила и кола) и, на крају, усклађује рад између РЈ (секције) у оквиру свог састава, то је ниво стратешког управљања.

*Други (нижи) ниво* представљају РЈ – Секције по предузећима основних железничких делатности у оквиру којих су организоване припадајуће оперативне службе (за саобраћај, за вучу и за кола) које су подређене својим надлежним секторима. Оне врше оперативно управљање саобраћајем из својих надлежности на припадајућим пругама и станицама са своје територије, састављају одговарајуће дневне, декадне и месечне оперативне планове рада из делатности свога рада (са колима, вучним возилима, возовима) издају потребна наређења (акције управљања) извршним јединицама основног-извршног нивоа у погледу извршења процеса рада и обједињавају њихов рад то је средњи ниво – тактичког управљања.

*Трећи (најнижи) ниво* представљају основне извршне јединице по предузећима основних железничких делатности у које спадају станице, локомотивски депои, радионице за оправку вучних возила, пружне деонице, и др. То је основни (најнижи) ниво непосредног управљања извршним процесима превозења у железничком саобраћају.

У оквиру овог – извршног нивоа извршавају се припадајући процеси рада са конкретним задацима по радним местима у континуитету у циљу обављања јединственог процеса превозења и да повратне информације што пре и што брже достављају свом надлежном вишем (другом) нивоу управљања.

Извршне јединице (најнижег нивоа) састављају своје одговарајуће дневне и сменске (по сменама) планове оперативног рада.

Организовање и разграничење компетенција система оперативног управљања у железничком саобраћају је извршено на бази два основна принципа:

- на принципу функционалног разграничења и
  - на принципу активности послова и задатака.
- I. По основу функционалног разграничења оперативних послова разликују се три основне групе оперативних послова и то:
- 1 – оперативни послови колске службе (колска оператика),
  - 2 – оперативни послови вуче (оператика вуче), и

3 – оперативни послови саобраћаја (оператика саобраћаја).

II. По принципу просторног разграничења разликују се следећи хијерархијски нивои организационих формација оперативних служби на железници које поређане од најнижег (трећег) до највишег нивоа (првог) чине:

- ❖ *Основне оперативне јединице* најнижег (трећег) извршног нивоа, као што су станице (међустанице, домовне, спојне, прелазне, распоредне, ранжирне и друге станице) и радне јединице за вучу возова (локомотивски депои и друге јединице вуче), и остале извршне јединице извршних служби, основних делатности на железници које представљају базни хоризонт у извршавању свих оперативних послова и задатака.
- ❖ *Подручне оперативне службе* као формације средњег (другог) нивоа под називом: оперативна одељења, чија надлежност покрива подручје једне или више секција, односно радних јединица у погледу праћења, координације и обједињавању рада и саобраћајно-транспортних процеса који се обављају по пругама, ранжирним, распоредним и осталим станицама и јединицама вуче.
- ❖ *Оперативна служба* железничког предузећа највишег (првог) нивоа у форми *Сектора* припадајућих делатности основних извршних железничких служби, која координира и обједињује рад свих подручних оперативних служби (оперативна одељења) и сарађује са оперативним службама других железничких управа.

Стратумско-хијерархијски нивои описивања са основним смеровима токова информација у смислу оперативног управљања приказани су шематски на слици 33.

Задатак система управљања састоји се у организовању извршавања оперативних активности и задатака при обављању превоза у железничком саобраћају као што су:

- оперативно планирање саобраћаја и извршење плана формирања возова на железничкој саобраћајној мрежи,
- утврђивања потреба за превозом и стања колских паркова потребних за извршење потребе у превозу,
- обезбеђење вучних возила и особља за вучу возова према плану саобраћаја и регулисање кретања возова на прузи и у станицама и управљање саобраћајем на мрежи, као и друге задатке везане за извршење реда вожње.



Слика 33. Стратумско-хијерархијски нивои описивања система оперативног управљања са основним токовима информација повратне спреге и акција управљања

Оперативна служба у оквиру железничког предузећа организована је јединствено и у њој влада закон хијерархије у погледу надређености виших нивоа и подређености нижих нивоа, што подразумева да извештаји  $J$  (информације повратне спреге) теку од нижих ка вишим нивоима док акције управљања  $A_u$  (наредбе и налози) теку од виших ка нижим нивоима.

Задаци оперативне службе произилазе из оперативне реализације реда вожње.

У оперативној реализацији реда вожње учествују све станице, извршне јединице вуче и остале извршне јединице железничких извршних служби на железничкој мрежи.

### 7.3. Оперативни менаџмент железничким вучним возилима

На железници се у ужем смислу процес управљања спроводи преко функције система оперативног управљања ради регулисања функционисања железнице унутар њених организационих формација, чија је основна улога везана за непосредним извршавањем саобраћаја и вуче возова и осталих елемената процеса превозења.

*Оперативни менаџмент* железничких вучних возила представља један подсистем са базичном извршном функцијом у систему оперативног управљања на железници.

Реализација вуче и саобраћаја возова у железничком систему остварује се деловањем оперативног менаџмента вучних возила.

Функција деловања оперативног менаџмента вучних возила усмерена је на остваривања генералног циља железничког система који се састоји у обезбеђењу уредног и безбедног извршења вуче и саобраћаја возова.

Оперативни менаџмент је функционални менаџмент који представља саставни део или подсистем менаџмента одређеног пословно-производног система, и он се на железници бави планирањем, управљањем, надзором и извођењем операција целокупног процеса превозења у железничком систему, који по својим карактеристикама представља сам за себе систем под називом систем оперативног управљања на железници.

*Оперативни менаџмент железничким вучним возилима* на железници чини део или подсистем система оперативног управљања на железници чији је основни задатак управљање процесима рада у области експлоатације и одржавања вучних возила.

Тако посматрано оперативни менаџмент вучним возилима као део односно подсистем система оперативног управљања на железници може се прогласити системом нижег реда састављен из своја два основна дела а то су:

- ❖ оперативни послови вуче, и
- ❖ оперативни послови одржавања вучних возила.

*Оперативни послови вуче* обухватају целокупни управљачко-информациони процес радом и кретањем вучних возила и особља вуче у оквиру чега спадају следећи главни послови:

- утврђивање стања вучних возила и особља, способних за вучу возова,
- утврђивање потреба у вучним возилима и особља за вучу и њихово усклађивање са расположивим стањем,
- обезбеђење вучних возила и особља потребних за извршење планираног обима саобраћаја и вуче одређених врста возова,
- обезбеђења потребних вучних возила и особља вуче за обављање маневарског рада по станицама, као и за покретање помоћних кола и возова и други задаци из области вуче,

- обезбеђење рационалне организације вуче возова и ефикасног коришћења вучних возила

Оперативно-управљачки информациони процес у оквиру менаџмента вучних возила приказан је на слици 34. и обухвата основне токове информација и акције управљања између одређених хијерархијских нивоа оперативног менаџмента железничких вучних возила.

Оперативни послови одржавања железничких возила обухватају целокупни информационо-управљачки процес за обављање текућег и инвестиционог одржавања вучних возила у које спадају средље и главне оправке као и ванредне оправке већег обима на вучним возилима у оквиру кога спадају следећи главни послови:

- израда годишњих планова и динамике извођења инвестиционих оправки вучних возила,
- израда плана и програма модификације и реконструкције вучних возила,
- набавка потребних количина резервних делова за оправке вучних возила,
- сарадња са спољним ремонтерима (ван железнице) око одржавања вучних возила, и др.



Слика 34. Хијерархијски нивои оперативног менаџмента железничких вучних возила

#### 7.4. Параметри оперативног менаџмента железничких вучних возила

Главни параметри организације вуче возова преко којих је могуће анализирати и оцењивати ефикасност коришћења вучних возила су следећи:

- 1)  $\theta$  (čas) – пуни обрт вучног возила,
- 2)  $L$  (km) – дужина вучне деонице,
- 3)  $V_k$  (km/h) – комерцијална брзина возова,
- 4)  $T_{mat}$  (čas) – бављење вучног возила у матичној јединици вуче и станици матичне јединице,
- 5)  $T_{ob}$  (čas) – бављење вучног возила у обртној јединици вуче и станици обртне јединице,
- 6)  $S_d$  (km/dan) – дневна километража (дневно трчање) вучног возила,
- 7)  $T_{dr}$  (čas/dan) – продуктивно време рада вучног возила у току дана,
- 8)  $P_{rol}$  (brtkm/ dan) – дневна производност вучног возила,
- 9)  $K$  – коефицијент потребе вучних возила,
- 10)  $M_v$  (vuč.voz.) – потребан број вучних возила за пругу, вучну деоницу, РЈ вуче или за железничко предузеће.
- 11)  $Q(t/vuč.voz.)$  – просечно оптерећење вучног возила (вучена маса)

*Обрт вучног возила*  $\theta$ , је време у часовима од једног издавања вучног возила на граничнику матичне јединице вуче до поновног издавања тог истог вучног возила на истом граничнику. У суштини то је време које се утроши на превлачење једног пара возова од матичне до обртне јединице вуче (или станице) и у супротном смеру од обртне станице до матичне јединице вуче.

*Обрт вучног возила* је у функцији од дужине вучне деонице, комерцијалне брзине возова, бављења вучног возила у матичној и обртној јединици вуче, односно у станицама ових деоница.

*Дужина вучне деонице* –  $L$ (km) зависи од организације саобраћаја возова, врсте вуче, техничке карактеристике вучног возила и пруге, као и организованости вуче на принципу да једно вучно возило вуче воз на што дужој релацији без смене.

*Комерцијална брзина возова* –  $V$ (km/h) зависи од максимално дозвољене брзине воза, која је у функцији дозвољене брзине на прузи, дозвољене брзине вучног возила и кола која су у возу и од других ограничавајућих фактора брзине. Поред тога, комерцијална брзина возова зависи и од организације саобраћаја тј. од броја заустављања возова и времена бављења по међустаницама на прузи.

*Бављење вучног возила у матичној јединици вуче* -  $T_{mat}$  (čas) – и станици матичне јединице вуче нормира се као технолошки норматив за сваку врсту вуче (електро, дизел, парна) и за сваку јединицу вуче посебно. Овај технолошки норматив се у организацији вуче возова мора поштовати као минимално време које мора да протекне

од доласка вучног возила са извршене вожње до поновног доласка тог истог вучног возила на наредну вожњу.

*Време бављења вучног возила у обртној јединици вуче* -  $T_{об}$  (čas) и станици обртне јединице дефинисано је организацијом и технологијом рада, зависи још од једног битног фактора, који се одражава као време чекања на наредни воз што зависи од густине саобраћаја на посматраној прузи или на пругама које опслужује одговарајуће вучно возило и од организације вуче возова.

Применом одређених организационо-технолошких мера ово време се може минимизирати, а самим тим и укупно време бављења вучних возила у матичној јединици вуче и станици матичне јединице.

Бављење вучног возила у обртној јединици вуче и станици обртне јединице такође се нормира као технолошки норматив за сваку врсту вуче и сваку обртну јединицу односно станицу и ово се време може минимизирати применом одређених организационо-технолошких мера.

Време бављења вучног возила у обртној јединици вуче и станици обртне јединице дефинисано организацијом вуче зависи и од времена чекања на наредни воз, што зависи од густине саобраћаја на посматраној прузи и од организације вуче. Организација вуче возова се у суштини испољава кроз одређивање одговарајућег вучног возила за сваки воз и одређивање за које ће возове која јединица вуче бити матична а која обртна.

*Дневна пређена километража вучног возила* -  $S_d$  (km/dan) представља количину километара које једно вучно возило оствари у току дана на превлачењу возова од матичне до обртне јединице вуче и обрнуто (на дужини вучне деонице). Овај параметар треба да има своју максималну вредност, и при константној дужини вучне деонице он зависи од обрта вучног возила, те обрт вучног возила треба минимизирати у циљу постизања максималне дневне километраже.

*Продуктивно време рада вучног возила* -  $T_{др}$  (čas/dan) представља број часова у току дана за које се вучно возило налази на возовима и врши вучу возова. Ово време зависи од дневне километраже вучног возила и комерцијалне брзине возова, те је при константној комерцијалној брзини возова продуктивно време веће уколико је дневна километража вучног возила већа.

Потребан број вучних возила за одређену пругу или вучну деоницу или организациону јединицу зависи од броја пари возова које треба превући и од обрта вучног возила. За константан бој возова биће потребно мање вучних возила уколико је обрт мањи.

Од постављене организације вуче возова зависи и величина појединих параметара коришћења вучних возила. Насупрот томе, поједини параметри опредељују адекватност односно оптималност организације те постоји уска зависност између организације вуче и параметара који произилазе из ње и параметара који на њу утичу. Основни параметри који утичу на организацију вуче возова су дужина вучне деонице и време бављења вучних возила у матичним и обртним јединицама вуче, односно у

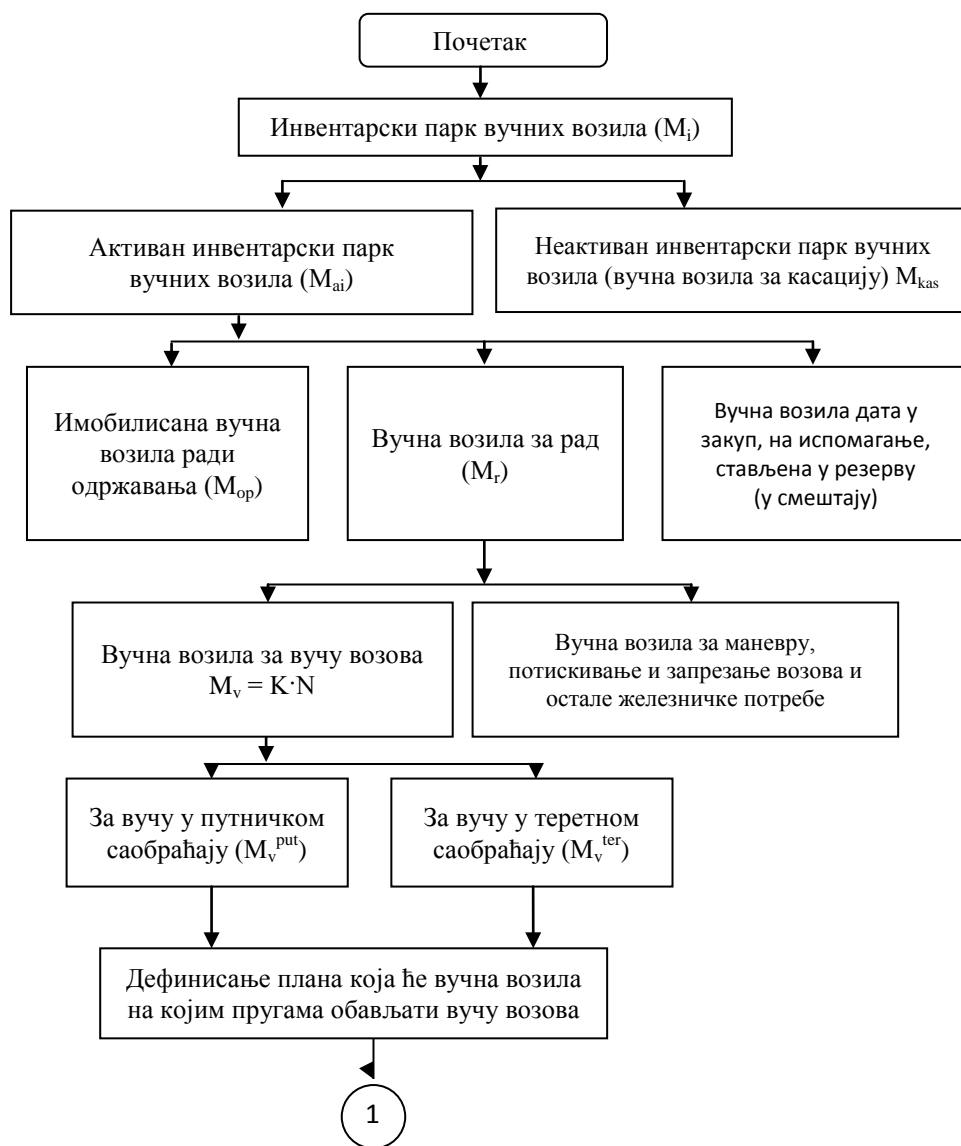


станицама ових јединица. Из постављене организације вуче произилази дневно трчање вучног возила, продуктивно време рада, дневна производност, и други показатељи рада.

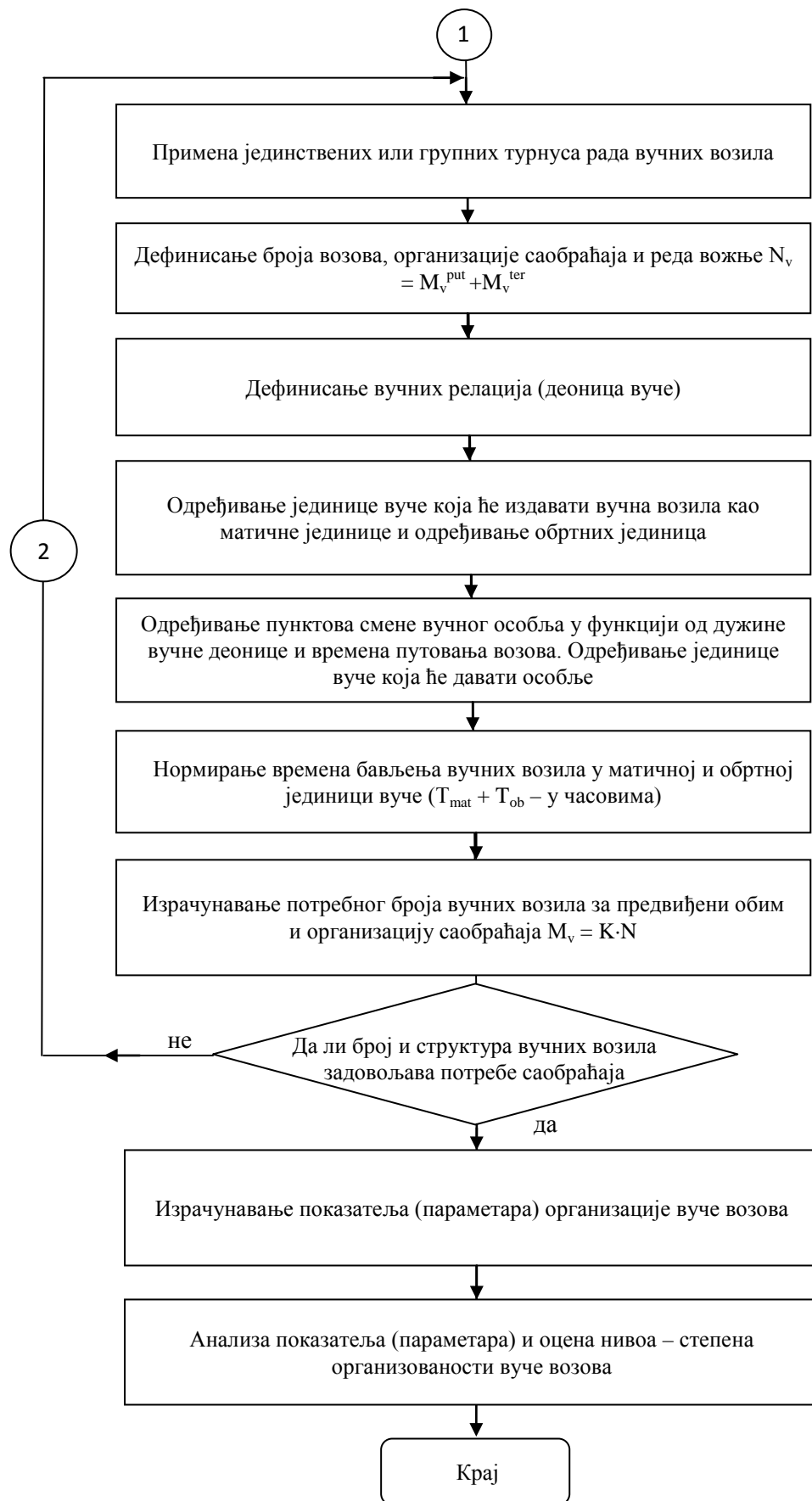
Приликом анализе параметара након извршења процеса саобраћаја и организације вуче по правилу се констатује разлика између плански постављене организације и стварног извршења. Одступања су већа уколико постављена организација није адекватна стварном стању у процесу извршења саобраћаја. На железници Србије се одступања од постављене организације најчешће појављују у следећим параметрима и из следећих разлога:

- комерцијалне брзине возова предвиђене редом вожње се не остварују због великог броја лаганих вожњи, смањених брзина и продужења бављења возова по међустаницама;
- остварена просечна маса једног теретног воза  $Q(t/voz)$  је мања у односу на планирану величину;
- долази до великог закашњења возова –  $T_{zak}(min)$ , а један од разлога је и недостатак вучних возила за вучу возова и на крају
- недостатак вучних возила се јавља због већег процента њихове стварне имобилизације у односу на план, али и због закашњења возова, затим због отказивања редовних и заказивања ванредних возова, већег бављења вучних возила у матичним и обртним јединицама вуче или у станицама ових јединица, и др.

Да би се организација вуче возова потпуности дефинисала [37] потребно је пре свега знати стање и тачан број вучних возила која се могу употребити за вучу возова (радни парк вучних возила) односно интензитет и густину саобраћаја возова по пругама и ред вожње возова као основну подлогу за организацију вуче возова. За ту сврху може нам послужити блок дијаграм приказан на следећој слици 35.



Слика 35. Блок дијаграм организације вуче возова (први део)



Слика 35. Блок дијаграм организације вуче возова (наставка)

Организација вуче возова и одржавање вучних возила може се посматрати и анализирати са следећих аспеката:

- ❖ са аспекта одржавања и исправности, при чему од укупног броја вучних возила на оправкама треба да буде минималан број, односно да проценат имобилизације буде минималан, а да број вучних возила за рад буде максимално могући; ( $M_r \rightarrow \max$ ;  $M_{op} \rightarrow \min$ ;  $p[\%] \rightarrow \min$ )
- ❖ са аспекта коришћења вучне силе вучних возила, при чему треба тежити да маса воза буде тако одређена да вучна сила вучног возила буде максимално искоришћена; ( $Q \rightarrow Q_{\max}$ )
- ❖ са аспекта временског коришћења вучних возила, при чему треба сачинити такву организацију вуче возова да када је возило исправно за рад, максимални део времена у току дана или у току године проведе у раду, а минимални део ван рада.

Рационално организовање вуче возова са аспекта временског коришћења вучних возила може се постићи минимизирањем или максимизирањем следећих параметара:

- ❖ бављење вучних возила у матичној јединици вуче и станици матичне јединице вуче од једне до наредне вожње треба да буде што краће; ( $T_{mat} \rightarrow \min$ )
- ❖ бављење вучних возила у обртној јединици вуче и у станици обртне јединице вуче треба да буде што краће; ( $T_{ob} \rightarrow \min$ )
- ❖ примена тзв. „јединствених турнуса“ у циљу скраћења наведених времена при чему се врши редоследно опслуживање возова, тј. вучна возила од возова с превозом путника користе се за теретне возове и обрнуто, у односу на тзв. „групни турнус“, где се за сваку врсту возова користе одређена вучна возила;
- ❖ дневна пређена километража вучних возила изражена у броју претрчаних километара које једно вучно возило оствари у току дана треба да буде максимална; ( $S \rightarrow \max$ )
- ❖ продуктивно време рада вучних возила у току дана треба да буде максимално; ( $T_{rl} \rightarrow \max$ )
- ❖ дневна производност вучних возила изражена у количини остварених брутогонских километара треба да буде максимална; ( $P_{rol} = Q \cdot S \rightarrow \max$ )
- ❖ потребан број вучних возила за вучу возова на једној прузи за одређени обим саобраћаја треба да буде минималан; ( $M_v \rightarrow \min$ )
- ❖ у рационалној организацији вуче возова једно вучно возило у току једног дана треба да превуче што више возова, односно да оствари максималну количину возних (локомотивских) километара; ( $\Sigma NL \rightarrow \max$ ).

## **7.5. Информациони систем на железници као логистичка подршка оперативном менаџменту**

Информациони системи у својој основи представљају информације и њихове токове. Они су подлога за истраживање, усмеравање и комуницирање унутар система и његовог деловања са окружењем. На бази информационих токова прати се динамика промена у извршним, техничким и осталим подсистемима железнице Србије и њеном окружењу. Најбитније за информацију у железничком систему је да буде тачна и благовремена. Информација представља значајан ресурс у садашњем и будућем пословању железничких предузећа. Квалитет информације одређује њена благовременост и тачност.

Информациони систем на железници представља сложен скуп активности на праћењу радних процеса усмерених благовременом обезбеђењу одређеног квантитета и квалитета информација. Информације се стварају, чувају и користе ради доношења одлука о оперативном деловању менаџмента на железници. Информациони систем подразумева организовани поступак прикупљања, обраде, меморисања, преноса и достављања података и информација на коришћење. Корисници информација на железници су распоређени на различитим организационим нивоима.

Ни један железнички систем не може да функционише уколико није информатички повезан са железницама суседних земаља. Да би железнице Србије постале део европског железничког система, треба да усмере развој информационог система, да прилагоде информационе системе важећим стандардима у свом окружењу (стандарди, објаве, остали документи и прописи које прописује UIC). За сваки систем прописује се структура података. У том циљу неопходно је:

- да железнице Србије развијају информациони систем са својим реалним системом и системима у окружењу,
- да примењују прописе у вези структуре комуникације и других информација за размену.

Даље унапређење информационих система на железници Србије као и технолошког подсистема треба да буде у складу са савременим технологијама.

Ради унапређења пословања и савременог управљања у железничком саобраћају информациони системи треба да се развијају у следећим основним правцима:

- савремена структура интегрисаног информационог система треба да је заснована на базама података, са отвореном архитектуром која подразумева централизован и дистрибутивни приступ,
- увођење међународних апликација треба да буде у складу са развојем информатике у оквиру Међународне железничке уније (UIC)
- укључивање у међународну мрежу за пренос података и информационо повезивање са суседним железницама.

Први корак савременог развоја информационих система је унапређење телекомуникационе мреже за пренос података.

Телекомуникација се дефинише као комуникација географски удаљених рачунара у смислу размене података (два или више удаљених рачунара), а телекомуникацион систем као скуп рачунара, телекомуникационих уређаја и преносног пута (мреже).

Правила и процедуре којим се постиже примопредаја података између тачака система називају се протоколи чији су основни задаци:

- идентификација свих компоненти у комуникационом току,
- осигурање активности примаоца,
- верификација коректности примљених порука, постављање захтева за поновни пренос.

За брзо и успешно одлучивање савременом менаџеру је неопходно обезбедити адекватне и потпуне информације. Одлучивањем на основу информација менаџмент делује на радне резултате извршног, техничких и других подсистема железнице Србије. Основни задатак информационог система је да благовремено обезбеди менаџменту на свим нивоима адекватне и квалитетне информације као подршку у одлучивању. Информациони систем за подршку у одлучивању за менаџмент треба да је заснован на ефикасним софтверима и савременој информационој технологији.

Менаџери помоћу оваквог информационог система могу одмах на екрану добити информације за одлучивање.

Ефикасност информационог система зависи од примењеног софтвера и расположивог хардвера, политике унапређења техничког подсистема и оствареног унапређења менаџмент функције.

Извори података за формирање интегрисаног информационог система за ефикасну подршку и одлучивање на железници су:

- ❖ подаци добијени путем евиденција које се воде у организационим јединицама и оперативни подаци који настају у техничко-технолошком окружењу,
- ❖ мора да има ефикасну организацију уноса и ажурирања датотека,
- ❖ организацију уноса и ажурирања података у адекватно организованим структурама базе података,
- ❖ организацију формирања адекватних извештаја у складу са потребама корисника информација,
- ❖ организацију обраде и чувања информација.

Све апликације које се користе подељене су по областима:

- ❖ инфраструктуре (грађевински послови, електро-технички послови и друго);
- ❖ превоза (саобраћајно транспортни послови, вуча возова, возна средства и друго);
- ❖ комерцијалне (обим превоза робе, обим превоза путника, приходи од превоза робе и путника и друго);

- ❖ пословне обраде (економски, финансијски, књиговодствени и кадровски послови и друго).

Железнице Србије за технички и остале подсистеме требају и могу обезбедити ефикасан информациони систем за менаџере, развојем новог или реструктурурањем и унапређењем постојећег информационог система.

## 8. ПРЕГЛЕД И АНАЛИЗА ДОБИЈЕНИХ РЕЗУЛТАТА

### 8.1. Организација истраживања и прикупљања података

Истраживање проблематике дефинисане насловом, садржајем и постављеним циљевима дисертације, извршено је кроз девет поглавља чији је основни садржај назначен кроз њихове називе и називе њихових припадајућих делова (поделељака), како је изложено у првом (уводном) поглављу.

У првом поглављу под називом: „Уводно разматрање“ изложена је формулација проблема, предмет и циљеви истраживања са приказом примењеног метода рада, подручја и узорка истраживања са наводом научно – истраживачких метода које су се користиле у раду.

У другом поглављу под називом: „Дефинисање структурних елемената железничког система и њихове међузависности у функционисању саобраћаја возова“ у коме је обрађена материја у три засебна дела (поделељака) о дефинисању појма железничког система, његовим подсистемима и њиховим саставним елементима, о декомпозицији железничког система на његова два основна дела (система нижег реда) у свом саставу који чине:

- управљани систем као његов управљани тзв. извршни део који се још назива извршни (или каузални) систем железничког саобраћаја и
- управљајући део који се назива систем управљања

У посебном трећем поделељку другог поглавља кроз његове засебне целине обрађује се материја о хијерархијско-управљачким нивоима и вертикалној организационој структури, о подели рада и структури основних делатности на железници, о декомпозицији железничког система на основне нивое његовог стратумског описивања, и на крају се даје у сажетом облику синтеза специфичних карактеристика железничког саобраћаја.

Обрађена материја у другом поглављу заснована је на примени познатих принципа и ставова из Теорије система, Теорије организације и Експлоатације железнице.

У трећем поглављу под називом: „Вучно возило као сложени технички систем и функције његовог циља“ које је изложено кроз четири засебна поделељка и њихове делове где је у првом поделељку обрађена подела вучних возила у погледу конструкције, врсте погонске енергије и намене.

У оквиру другог поделељка извршена је структурна анализа састава носеће и погонске структуре електричних и дизел вучних возила са навођењем њихових основних техничко – експлоатационих карактеристика и функције циља које требају да остваре.



У оквиру трећег подпоглавља извршено је дефинисање експлоатационе поузданости и расположивости рада вучних возила.

И на крају у оквиру четвртог подпоглавља у саставу трећег поглавља изложена је материја о моделу, врстама и циклусима обављања одржавања железничких вучних возила.

Обрађена материја у трећем поглављу заснована је на примени Теорије вероватноће, конструкције и одржавања вучних возила, Структурне анализе и Поузданости техничких система.

У четвртом поглављу под називом: „Анализа постојећег стања и функционисања железнице Србије и њеног положаја на транспортном тржишту“, обрађена материја је изложена кроз шест засебних пододељака.

У првом пододељку обрађен је положај и значај железничке мреже Србије и њених магистралних праваца у склопу система Европске железничке мреже.

У другом пододељку четвртог поглавља дефинисани су основни чиниоци функционисања саобраћаја возова.

У трећем подпоглављу четвртог поглавља истражено је стање инфраструктуре железнице Србије.

У четвртом подпоглављу четвртог поглавља истражено је стање возних средстава железнице Србије.

У петом подпоглављу четвртог поглавља истражено је стање функционисања саобраћаја возова на железници Србије.

И на крају, у шестом подпоглављу четвртог поглавља, на основу истраженог стања дата је сажета оцена позиције железнице Србије на тржишту транспортних услуга.

Обрађена материја у четвртом поглављу заснована је на истраженим подацима о извршеном обиму превоза на железници Србије, у другим саобраћајним гранама и железницама Европске Уније, на основу домаћих и иностраних статистичких извора, који су применом метода анализе и компарације презентовани у одговарајућим табеларним приказима.

У петом поглављу под називом: „Дефинисање стања и улоге вучног парка на функционисање и транспортну способност железнице“, обрађена материја је изложена кроз шест засебних пододељака.

У првом пододељку изложене су основне карактеристике железнице и улога вучног парка за привредни развој земље.

У другом пододељку обрађена су статусна стања, врсте вучних паркова и показатељи експлоатације вучних возила.

У трећем пододељку дефинисане су врсте вучних паркова у експлоатацији железнице.

У четвртном подпоглављу извршено је дефинисање репрезентативног узорка вучних возила и њихове распоређености на железници Србије.

У петом пододељку петог поглавља утврђени су квантитативни и квалитативни показатељи експлоатационог рада и одржавања вучних возила на железници Србије у посматраном петогодишњем периоду.

На крају у шестом пододељку петог поглавља аналитички је дефинисана исказана улога вучног парка на транспортну способност железнице.

У шестом поглављу под називом: „Методологија и показатељи за оцену квалитета функционисања саобраћаја и вуче возова“ је обрађена материја у три пододељака.

У првом пододељку шестог поглавља систематично је идентификовано и описано шест основних индикатора који служе за оцену техничког стања вучних возила.

У другом пододељку шестог поглавља, извршено је подробно дефинисање показатеља који служе за оцену нивоа експлоатационе поузданости и расположивости рада вучних возила, као и показатељи квалитета функционисања саобраћаја возова.

И на крају у трећем пододељку изложен је модел, параметри оптимизације вучних возила са примером изналажења оптималне периодичности извођења редовних оправки за електромоторне возове серије 412, који се може применити и код других вучних возила.

У седмом поглављу под називом: „Дефинисање модела и параметара оперативног менаџмента железничких вучних возила“ у коме је обрађена материја у пет посебних пододељака.

У првом пододељку седмог поглавља дефинисан је појам и основне функције менаџмента у железничком саобраћају.

У другом пододељку дефинисан је оперативни менаџмент у железничком саобраћају, његове функционалне целине и хијерархијски нивои оперативног управљања у железничком саобраћају.

У трећем пододељку дефинисан је и описане су основне функције оперативног менаџмента железничким вучним возилима.

У четвртном пододељку седмог поглавља је дефинисано и описано једанаест основних параметара оперативног менаџмента вучних возила који могу послужити за оцењивање ефикасности организације вучних возила.

И на крају у петом пододељку седмог поглавља приказана је основна садржина информационог система на железници, који представља логистичку подршку и крвоток функционисања оперативног менаџмента на железници.

У осмом поглављу које носи назив: „Анализа добијених резултата“ изложена је материја кроз два основна подпоглавља.

У првом подпоглављу укратко је приказана организација истраживања и прикупљања података за потребе овог рада.

У другом подпоглављу у оквиру његових дванаест засебних садржаја приказано је истражено стање посматраног вучног парка и његове структуре, узрока и одговорности за стање дефеката вучних возила са рангирањем њихове значајности, затим анализа показатеља експлоатације, поузданости и расположивости рада вучних возила као и показатеља функционисања саобраћаја возова са аспеката редовности и безбедности саобраћаја на железници Србије. На крају спроведе анализе у оквиру осмог поглавља приказано је истраживање постојеће корелационе зависности између извршеног бруто вучног рада и броја насталих дефеката локомотива на железници Србије.

У *деветом поглављу* које носи назив „Закључно разматрање“ дат је осврт на остварени научни допринос истраживања, дата је оцена постојећег стања железнице Србије са предлогом мера за његово побољшање и на крају су дати одређени закључци.

Истраживање третиране проблематике назначене насловом докторске дисертације спроведено је на полигону истраживане територије железнице Србије, која је у 2012. години обухватала мрежу пруга укупне дужине 3808,7 km, од којих је било електрифицирано 1278 km што чини око 33,6% укупне дужине пруга за примену система електричне вуче и располагала је номинално са укупним инвентарским вучним парком од 436,5 вучних возила свих типова и серија који се састојао од 143 електролокомотива, 193 дизел локомотива и 3 парне локомотиве из састава музејског воза „Романтика“ [68], као и од 38,5 гарнитура електромоторних возова серије 412 и 59 гарнитура дизел моторних возова различитих серија.

Због постојања великог броја разноврсних серија, којих је у 2012. години на железници Србије било 19 различитих серија, од којих је било 14 серија локомотива и 5 серија моторних возова, те је постављено истраживање било потребно обавити на одређеном узорку вучних возила.

Постављено истраживање је извршено на узорку величине од 208 локомотива водећих серија који обухвата око 61,3% укупног локомотивског инвентарског парка, као и на узорку од 63,5 гарнитура електромоторних и дизел моторних возова, који обухвата око 65% укупног вучног парка свих гарнитура моторних возова, у којих је у састав узорка ушло свих 38,5 гарнитура електромоторних возова и 25 дизел моторних гарнитура серије 812.

Посматрани узорак обухвата свих 143 електролокомотиве, тј. 100% од постојеће три серије (441, 444 и 461) и 65 дизел локомотива серије 661 које чине око 33,7% укупног броја од 193 дизел локомотива свих серија у оквиру 10 постојећих серија и типова дизел локомотива.

## **8.2. Анализа добијених резултата**

### **8.2.1. Анализа истраженог стања посматраног вучног парка у погледу врста, бројних величина и распоређености на мрежи железнице Србије**

У поступку истраживања постављеног проблема, у првом кораку било је неопходно утврдити статусна стања вучних возила у оквиру посматраног узорка у погледу њиховог бројног стања укупног инвентарског парка вучних возила, затим стања активног инвентарског парка вучних возила, парка вучних возила која се налазе на разним оправкама и коначно величину укупног радног парка вучних возила и њихову распоређеност по територијалним јединицама - секцијама за вучу возова на мрежи железнице Србије.

Истражујући податке из расположиве службене документације [68; 69] утврђена су дефинисана статусна стања посматраних вучних паркова како следи почевши од табеле 33.

У табели 33. истраживањем је утврђено да је у узорку на дан посматрања (31.01.2012. године) у његовом укупном инвентарском парку било 271,5 вучних возила, активни инвентарски вучни парк износио је 235 вучних возила посматраних серија, од којих је 109 вучних возила (око 46,4%) било у радном парку, а 126 вучних возила (око 53,6%) било је у нерадном парку, на разним оправкама или чекају на исте. Утврђене величине појединих врста паркова вучних возила по серијама су бројчано дате у наредном излагању.

Табела 33. Преглед статусних стања вучних возила збирно по серијама на железници Србије на дан 31.01.2012. године

Серије вучних возила→ Статусна стања вучних возила ↓	441	444	461	661	412	812	свега	Легенда значења ознака
1.Mi [v.voz.]	53	30	60	65	38,5	25	271,5	Бројно стање укупног инвентарског парка вучних возила
2.Mia [v.voz.]	50	30	55	53	25	22	235	Бројно стање вучних возила активног инвентарског парка
3. R - Mr [v.voz.]	29	23	18	15	18	6	109	Бројно стање вуч. воз. у радном парку (способна за рад)
4.O – ČVO [v.voz.]	-	2	-	6	2	1	11	Вучна возила која не раде чекају ванредну оправку преко 3 год.
5.O – VOV [v.voz.]	8	4	8	7	1	1	29	Вучна возила се налазе на редовној оправци већег обима
6.O – ČSO [v.voz.]	1	-	18	3	-	-	22	Вучна возила не раде чекају средњу оправку
7.O – ČRO [v.voz.]	-	-	-	2	3	13	18	Вучна возила не раде чекају редовну оправку
8.O – GO [v.voz.]	-	-	1	4	1	-	6	Вучна возила не раде налазе се на главној оправци
9.O – KP [v.voz.]	1	-	-	-	-	-	1	Вучна возила не раде налазе се на контролно техничком прегледу
10. O – ZHR [v.voz.]	3	-	2	2	-	-	7	Вучна возила не раде налазе се заплењена у Хрватској
11.O – USRB [v.voz.]	-	1	-	-	-	-	1	Вучна возила не раде због удеса у Србији
12.O – UHR [v.voz.]	1	-	2	-	-	-	3	Вучна возила не раде због удеса у Хрватској
13.O – ČO [v.voz.]	4	-	4	1	-	1	10	Вучна возила не раде чекају оправку дуже од 1 године
14.O – ČGO [v.voz.]	3	-	1	10	-	-	14	Вучна возила не раде чекају на главну оправку
15.O – VOM [v.voz.]	-	-	1	-	-	-	1	Вучна возила не раде чекају ванредну оправку мањег обима
16.O – DK [v.voz.]	-	-	-	3	-	-	3	Вучна возила не раде чекају дијагностику квара
Свега вучних возила на разним оправкама Мор [v.voz.]	21	7	37	38	7	16	126	Укупан број вучних возила на разним оправкама (не раде)

Извор: [68] R - значи да је вучно возило у исправном стању (способна за рад)

O - значи да је вучно возило у отказу (неисправном стању)

- ❖ Укупни инвентарски вучни парк (Mi) из узорка истраживања од 271,5 вучних возила водећих серија обухвата [68] стање од:
  - 53 диодне електричне локомотиве серије 441,
  - 30 тиристорских електричних локомотива серије 444,
  - 60 диодних електричних локомотива серије 461,
  - 65 дизел-електричних локомотива серије 661,
  - 38,5 гарнитура електромоторних возила серије 412 и
  - 25 гарнитура дизел моторних возова серије 812 (шинобуси).
- ❖ Величина активног вучног парка (Mia) из узорка посматраних вучних возила водећих серија, која су се стварно употребљавала, разликује се од укупног номиналног инвентарског стања из разлога што и даље није регулисан статус вучних возила која су остала на подручју Косова и Метохије и Републике Хрватске, после ратних догађања као и због вучних возила која и даље чекају на расхоровање и касирање више година. Из напред наведених разлога укупни активни инвентарски парк посматраних вучних возила обухватао је:
  - 50 диодних електричних локомотива серије 441
  - 30 тиристорских локомотива серије 444
  - 55 диодних електричних локомотива серије 461
  - 53 дизел-електричне локомотиве серије 661, што укупно износи 188 локомотива посматраних серија
  - 25 гарнитура електромоторних возова серије 412
  - 22 гарнитуре дизел моторних возова серије 812.
- ❖ Треба нагласити да се на разним оправкама налазило 103 локомотиве и 23 гарнитуре моторних возова посматраних серија што представља вучни парк 126 вучних возила на оправкама (Mor) чије је стање приказано у табели 33. па се након њиховог израчунавања утврђује величина и структура радног парка вучних возила.
- ❖ Величине радног парка вучних возила (Mr) водећих серија из посматраног узорка имала је следећу структуру где је на дан 31.1.2012. било:
  - 29 диодних електролокомотива серије 441
  - 23 тиристорских локомотива серије 444
  - 18 диодних електролокомотива серије 461
  - 15 дизел-електричних локомотива серије 661
  - 18 гарнитура електромоторних возова серије 412
  - 6 гарнитура дизел моторних возова серије 812

која су чинила стање од укупно 109 вучних возила радног парка, односно око 40% укупног броја од укупног инвентарског парка вучних возила посматраних серија на

почетку 2012. године, што је резултирало након умањења оног броја вучних возила која су чекала на редовне и ванредне оправке.

У табели 34. дат је приказ истраженог стања и распоређености укупног вучног парка посматраних серија вучних возила на дан 31.01.2012. године по територијалним јединицама вуче (секције за вучу возова) на мрежи пруга железнице Србије чија су седишта приказана на карти мреже пруга железнице Србије на слици 36.

### **8.2.2. Истраживање распоређености радног парка вучних возила на железничкој мрежи Србије**

Распоређеност укупног радног парка вучних возила посматраних серија била је извршена у оквиру 10 територијалних јединица вуче на железници Србије, тј. за подручја следећих секција за вучу возова: 1.) Београд, 2.) Ниш, 3.) Нови Сад, 4.) Рума, 5.) Суботица, 6.) Лапово, 7.) Ужице, 8.) Краљево, 9.) Зрењанин и 10.) Зајечар. Секција за вучу возова Косово Поље покрива подручје пруга на Косову и Метохији али због познатих разлога није за сада под ингеренцијом управе железнице Србије. Детаљнији преглед овог стања дат је у табели 34. Вучна возила радног парка посматраних серија вршила су вучу путничких и теретних возова на пругама са електричном и дизел вучом распоређених у оквиру наведених 10 припадајућих јединица вуче (секција за вучу возова) на мрежи Железнице Србије, која је приказана картом на слици 36. и то:

- 1) У секцији за вучу возова Београда било је у радном парку (у раду) на почетку 2012. године укупно 28 локомотива од чега 11 локомотива серије 441, потом 4 локомотиве серије 444, затим 12 локомотива серије 461, а све ове електричне локомотиве служиле су за вучу возова на електрифицираним пругама, и на крају била је једна дизел електрична локомотива серије 661 која је коришћена као кружна локомотива за вучу возова у београдском железничком чвору где има и неелектрифицираних деоница пруга и за вучу помоћног воза за интервенције код ванредних догађаја. Такође је у Београду било у активном парку 18, а у радном парку 13 гарнитура електромоторних возова за организацију вуче возова из локалног саобраћаја на релацијама од Београда према Шиду, Лапову, Нишу, Пожаревцу, Пожеги као и за возове из приградског саобраћаја из система „Бевоз-а“.
- 2) У секцији за вучу возова Ниш, у истом посматраном периоду у радном парку налазило се укупно 13 локомотива од којих је било 4 локомотиве серије 444, затим 4 локомотиве серије 461 и све ове електричне локомотиве су коришћене за вучу путничких и теретних возова на деоницама електрифициране магистралне пруге: Лапово-Ниш-Прешево, и на крају 5 дизел-електричних локомотива серије 661, коришћено је за вучу путничких и теретних возова на електрифицираним пругама: Ниш-Димитровград, Ниш-Зајечар и Ниш-Куршумлија, као и за вучу помоћног воза у случају интервенције код ванредних догађаја. Такође је у Нишу било у инвентарском парку и 2

гарнитуре дизел моторних возова серије 812 (шинобуса) од којих је једна гарнитура била у радном парку за потребе локалног саобраћаја путничких возова на пругама Ниш-Димитровград и Ниш-Зајечар.

- 3) У секцији за вучу возова Нови Сад, у истом посматраном периоду у радном парку налазило се укупно 11 електричних локомотива од којих је серије 441 било 8 локомотива, серије 444 било је 2 локомотиве, а од серије 461 било је само једна локомотива и све ове локомотиве су служиле за вучу путничких и теретних возова на релацији Нови Сад-Суботица и Нови Сад-Београд. Такође је у Новом Саду у активном вучном парку било и 5 електромоторних гарнитура серије 412, од којих је 3 гарнитуре било у радном парку за вучу локалних путничких возова на релацији Нови Сад – Београд и Нови Сад – Суботица.
- 4) У секцији за вучу возова Рума, у истом посматраном периоду налазило се укупно 13 електричних локомотива, од којих је 7 локомотива серије 441, серије 444 било је 5 локомотива и једна локомотива серије 461, и све ове локомотиве су служиле за вучу путничких и теретних возова на релацији Рума-Шид и Рума-Београд, као и три моторне гарнитуре серије 812, од којих је 1 гарнитура била у радном парку за организацију вуче возова из локалног путничког саобраћаја на релацији Рума-Шабац-Зворник.
- 5) У секцији за вучу возова Суботица, у посматраном периоду у радном парку налазило се укупно 5 електричних локомотива од којих су 2 локомотиве биле серије 441 и 3 локомотиве серије 444, а све ове локомотиве су служиле за вучу путничких и теретних возова на релацији Суботица-Нови Сад. Такође се у Суботици у активном вучном парку налазило и 8 гарнитура дизел моторних возова 812 (шинобуси), од којих је само једна гарнитура била у радном парку за организацију вуче возова на релацијама Суботица – Сомбор и Суботица – Хоргош.
- 6) У секцији за вучу возова Лапово у посматраном периоду у радном парку налазило се укупно 3 електричне локомотиве и све су биле серије 444 и коришћене су за вучу путничких и теретних возова на релацији Лапово-Ниш и Лапово-Београд.
- 7) У секцији за вучу возова Ужице у посматраном периоду радног парка налазило се укупно 2 електричне локомотиве од којих је једна била серије 441 а друга серије 444 и обе су коришћене за вучу путничких и теретних возова на релацији Пожега-Београд и Пожега-Бијело Поље, као и две гарнитуре електромоторних возова за организацију вуче локалних путничких возова на релацијама Пожега – Пријеполје и Пожега – Чачак – Краљево.
- 8) У секцији за вучу возова Краљево у посматраном периоду радног парка налазило се укупно 4 локомотиве од којих је једна локомотива била серије 441 која је служила за вучу возова на релацији Краљево-Пожега и 3 дизелелектричне локомотиве серије 661, које су служиле за вучу возова на



неелектрифицираним пругама: Краљево-Лапово и Краљево-Лепосавић као и за вучу помоћног воза за случај интервенције код насталих ванредних догађаја.

- 9) У секцији за вучу возова Зрењанин у истом периоду било је у радном парку укупно 3 локомотиве серије 661 и све су служиле за вучу возова на релацији Зрењанин-Панчево и Зрењанин-Кикинда, као и за вучу помоћног воза у случају интервенција код насталих ванредних догађаја на пругама у Банату. Такође се у Зрењанину налазило у активном инвентарском парку налазило 9 дизел моторних гарнитура (шинобуса) серије 812, од којих је 3 гарнитуре било у радном парку за вучу локалних путничких возова на пругама Баната.
- 10) У секцији за вучу возова Зајечар у истом периоду налазило се у радном парку укупно 3 дизел електричне локомотиве серије 661 и служиле су за вучу путничких и теретних возова на релацији Зајечар-Прахово пристаниште, Зајечар-Мајданпек и Зајечар-Ниш, као и за вучу помоћног воза у случају ванредних догађаја насталих на пругама Тимочке крајине.

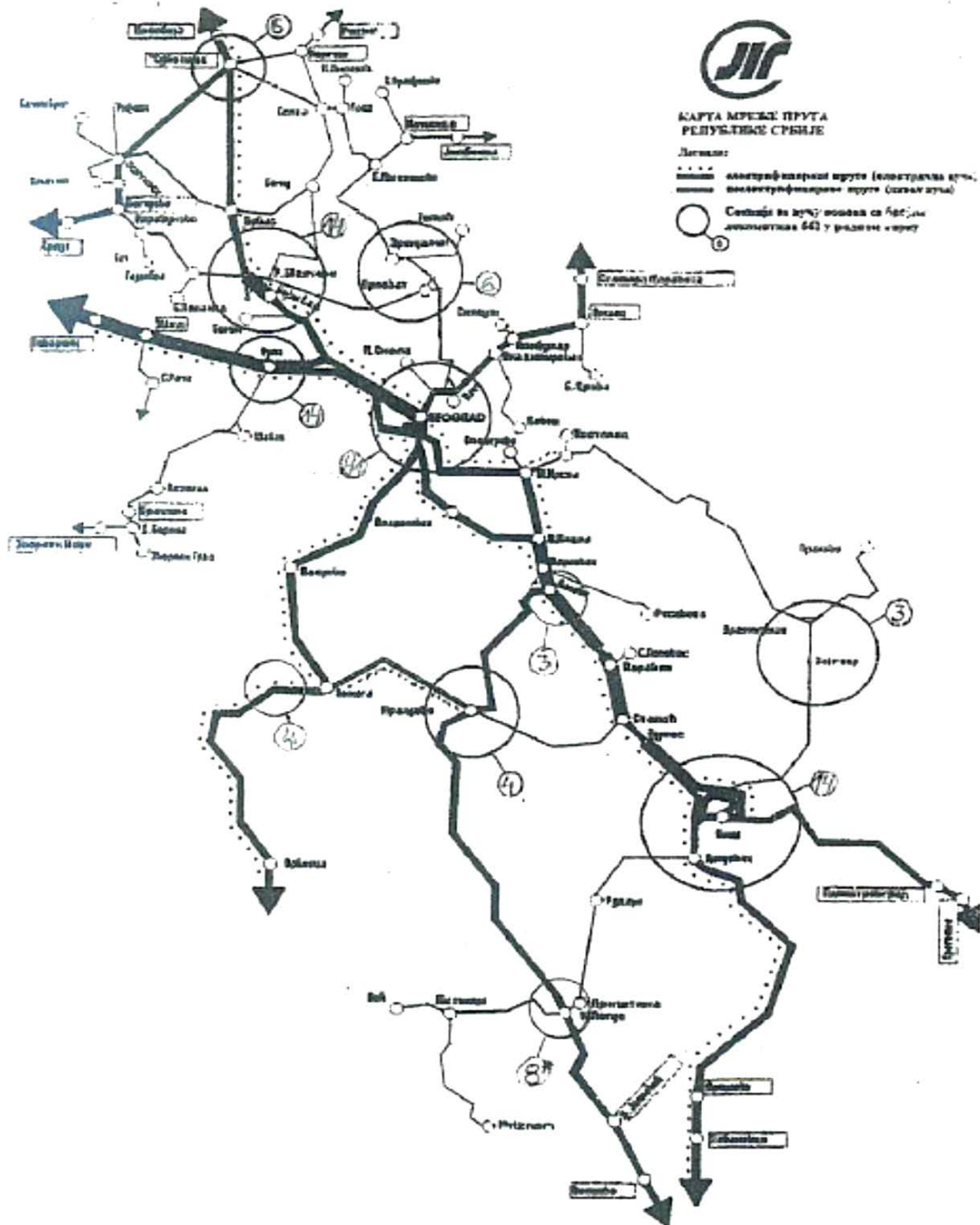
Детаљнији приказ истражене распоређености вучних возила појединих серија у радном парку по територијалним јединицама вуче на подручју железница Србије дат је у табели 34. као и графичким приказом њихових локација на карти мреже Железнице Србије на слици 36.

Табела 34. Преглед бројног стања по врстама паркова вучних возила посматраних серија по територијалним јединицама вуче на железници Србије на дан 31.01.2012.

Серија лок.	Јединице	1. Бео- град	2. Рума	3. Н. Сад	4. Су- бо- тица	5. У- жи- це	6. Ниш	7. Ла- по- во	8. Кра- ље- во	9. Заје- чар	10. Зре- ња- нин	11. Кос. Поље	Ук
	Врсте лок. паркова												
I. Лок. Серије 441	Укупни акт. лок. парк (M <sub>ia</sub> )	20	15	11	3	1	-	-	-	-	-	-	50
	Лок.на разним оправкама (M <sub>op</sub> )	9	8	3	1	-	-	-	-	-	-	-	21
	Лок.у радном парку (M <sub>r</sub> )	11	7	8	2	1	-	-	-	-	-	-	29
II Лок. Серије 444	Укупни акт. лок. Парк(M <sub>ia</sub> )	6	5	3	4	1	4	6	1	-	-	-	30
	Лок.на разним оправкама (M <sub>op</sub> )	2	-	1	1	-	-	3	-	-	-	-	7
	Лок.у радном парку (M <sub>r</sub> )	4	5	2	3	1	4	3	1	-	-	-	23
III Лок. Серије 461	Укупни акт. лок. парк (M <sub>ia</sub> )	32	3	3	-	2	15	-	-	-	-	-	55
	Лок.на разним оправкама (M <sub>op</sub> )	20	2	2	-	2	11	-	-	-	-	-	37
	Лок.у радном парку (M <sub>r</sub> )	12	1	1	-	0	4	-	-	-	-	-	18
IV Лок. Серије 661	Укупни акт. лок. парк (M <sub>ia</sub> )	5	1	3	3	-	10	-	13	7	3	8*	53
	Лок.на разним оправкама (M <sub>op</sub> )	4	1	3	3	-	5	-	10	4	-	8*	38
	Лок.у радном парку (M <sub>r</sub> )	1	0	0	0	-	5	-	3	3	3	-	15
Ук. свих лок.	Укупни акт. лок. парк (M <sub>ia</sub> )	63	24	20	10	4	29	6	14	7	3	8*	188
	Лок.на разним оправкама (M <sub>op</sub> )	35	11	9	5	2	16	3	10	4	-	8*	103
	Лок.у радном парку (M <sub>r</sub> )	28	13	11	5	2	13	3	4	3	3	0	85
V Мот. возови Серије 412	Укупни активни вучни парк (M <sub>ia</sub> )	18	-	5	-	2	-	-	-	-	-	-	25
	Мот. гарнит. на разним оправкама (M <sub>op</sub> )	5	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	7
	Мот. гарн. у радном парку (M <sub>r</sub> )	13	-	3	-	2	-	-	-	-	-	-	18
VI Мот. возови Серије 812	Укупни активни вучни парк (M <sub>ia</sub> )	-	3	-	8	-	2	-	-	-	9	-	22
	Мот. гарнит. на разним оправкама (M <sub>op</sub> )	-	2	-	7	-	1	-	-	-	6	-	16
	Мот. гарн. у радном парку (M <sub>r</sub> )	-	1	-	1	-	1	-	-	-	3	-	6
УКУПНО ВУЧ. ВОЗ. РАДНОГ ПАРКА		41	14	14	6	4	14	3	4	3	6	-	109

Извор [68] \*Локомотиве серије 661 које су заплењене на Косову и Метохији за време ратних дејстава НАТО пакта.

Карта мреже пруга железнице Србије [68]; [72] дата је на слици 36. са приказом електрифицираних пруга са системом електричне вуче и неелектрифицираних пруга са системом дизел вуче, са прегледом седишта територијалних јединица вуче.



\*Седишта територијалних јединица вуче су заокружена већим кругом а поред њих је у мањем кругу уписан број вучних возила радног парка за дату секцију вуче

Извор:[68]; [72]

Слика 36. Карта мреже пруга Републике Србије и распоређености вучних возила радног парка свих серија по јединицама вуче

Из података табеле 34. утврђено је да је укупни *активни вучни парк (Mia)* посматраних водећих серија вучних возила на железници Србије почетком 2012. године чинило 188 локомотива (што обухвата око 90,3% инвентарског парка узорка од 208 локомотива) од којих се 103 локомотиве налазило у нерадном парку на разним оправкама што чини око 55% укупног броја локомотива активног инвентарског парка свих серија, међу којима су на разним врстама оправке бројчано биле највише заступљене локомотиве серије 661 са 38 локомотива, потом 37 локомотива серије 461, затим 21 локомотива серије 441 и на крају 7 локомотива серије 444, што чини најмањи број (око 6,8%) од укупног броја локомотива посматраних серија које су се налазиле на оправкама, а то представља и елементарни показатељ њихове експлоатационе поузданости и расположивости рада.

Укупни инвентарски парк посматраних моторних возова чинило је 63,5 гарнитура од којих су око 61% биле електромоторне гарнитуре серије 412 а око 39% дизел моторне гарнитуре (шинобуси) серије 812, док се на разним оправкама налазило 7 електромоторних гарнитура (око 28%) и 16 дизел моторних гарнитура – шинобуса (око 72%) укупног њиховог инвентарског парка. Због знатно веће експлоатационе поузданости у радном парку електромоторних гарнитура је било око 88% док је у радном парку дизел моторниј гарнитура – шинобуса било око 27% од њиховог активног инвентарског парка што је последица ниског нивоа њихове експлоатационе поузданости.

Такође из табеле 34. се види да се у вучном радном парку (Mг) налазило 85 локомотива што чини око 45,2% укупног активног локомотивског парка посматраних водећих серија локомотива

У оквиру укупног радног парка од 85 локомотива најбројније су локомотиве серије 441 са учешћем од 29 локомотива (око 34%) затим локомотиве серије 444 са учешћем од 23 локомотиве (око 27%), потом следе локомотиве серије 461 са учешћем од 18 локомотива (21%) и на крају свега је 15 локомотива серије 661 (око 18%) у укупном радном парку.

Међутим у укупном броју од 188 локомотива посматраног активног инвентарског парка пропорције учешћа стоје другачије тако што је са 55 локомотива најбројнија серија 461 (око 29%), серија 661 са 53 локомотиве (око 28%), серија 441 са 50 локомотива (око 27%) и серија 444 са 30 локомотива (око 16%) којих је бројчано најмање, а у радном парку тј. у раду њих је највише што указује на њихову најповољнију расположивост од око 76,7% од укупног броја локомотива ове серије.

### **8.2.3. Истраживање дефеката и старосне структуре вучних возила**

Дефектна вучна возила су неисправна за рад и налазе се у стању отказа.

Број насталих дефеката код вучних возила у раду представља елементарни показатељ њихове поузданости који се директно рефлектује на њихову расположивост

рада. Због тога је важно извршити истраживања старосне структуре као и структуре узрока и одговорности за настанак дефеката вучних возила, на основу чега ће се утврдити подлоге и вредности усвојених показатеља експлоатационе поузданости рада код вучних возила посматраних серија.

У табели 35. приказан је истражени збирни преглед кретања укупног броја дефеката одвојено по серијама вучних возила и годинама посматраног периода на територији мреже железнице Србије, на основу истраживања службених евиденција [68].

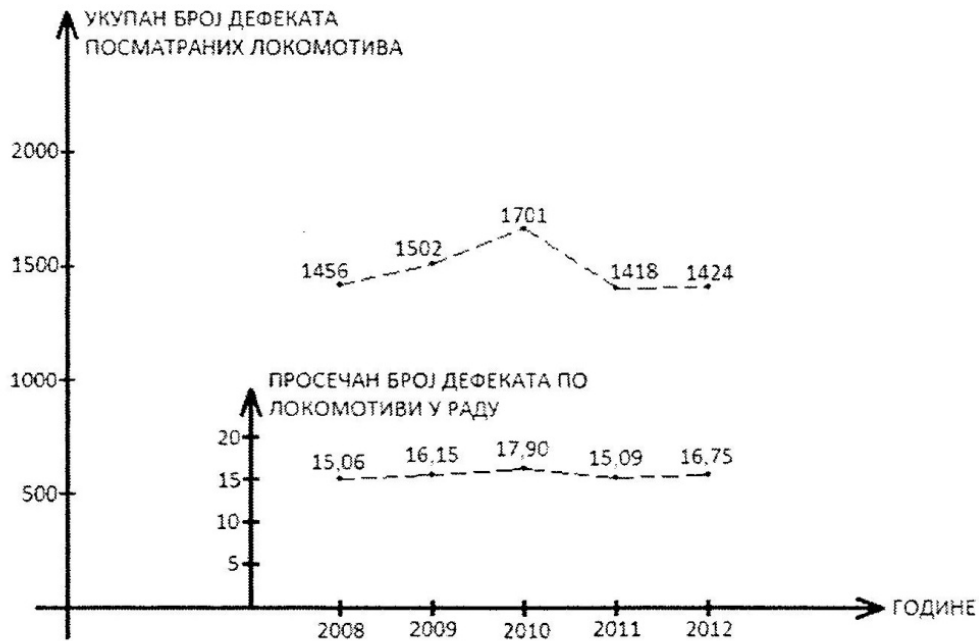
Табела 35. Преглед укупног броја дефеката по серијама вучних возила и годинама у периоду од 2008.-2012. године на железници Србије

Година	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.	Укупно дефеката	Пресечно годишње
Серија вуч.возила							
441	408	467	436	483	614	2408	481,6
444	80	124	137	130	172	623	124,6
461	820	806	975	699	507	3807	761,4
661	148	125	153	106	131	663	132,6
I. Свега дефеката код локомотива	1456	1502	1701	1418	1424	7501	1500,2
412	122	116	136	143	219	736	147,2
812	206	183	145	150	249	933	186,6
II. Свега дефеката код мот.возова	328	299	281	293	468	1669	333,8
Укупно I+II	1784	1801	1982	1711	1892	9170	1834

Извор: [68]

Према подацима из претходне табеле 35. се уочава да се највећи укупни број дефеката у посматраном периоду догодио код локомотива серије 461, а најмањи код локомотива серије 444. Број дефеката моторних возова учествује са око 18% у укупном броју дефеката свих вучних возила.

У оквиру постављеног истраживања важно је било утврдити преглед упоредног поређења посматраних локомотива у погледу њиховог бројног стања укупног инвентарског и радног парка као и просечан број дефеката по једној локомотиви у раду о чему су систематизовани подаци приказани по годинама посматраног периода у табели 36. а графички приказ њихове промене на графикону са слике 37.



Извор: [68]; [69]

Слика 37. Дијаграм кретања укупног броја дефеката свих посматраних локомотива и просечног броја дефеката по локомотиви у раду

У следећој табели 36. дат је упоредни преглед укупног броја дефеката, укупног броја локомотива инвентарског парка и радног парка (локомотива у раду) као и просечног броја дефеката по једној локомотиви у раду код припадајућих серија и годинама посматраног петогодишњег периода, што је пропраћено графичким приказом на слици 38.

На основу података добијених истраживањем извештаја [68]; [69] и табела 32., 33., 34., 35. и 36. на слици 38. сачињен је дијаграм кретања броја локомотива у укупном инвентарском парку ( $M_i$ ), у укупном радном парку, тј на раду ( $M_r$ ) и укупном парку локомотива на оправкама ( $M_{op}$ ) са којег се сликовито види њихов међусобни однос. На истој слици 38. приказан је дијаграм кретања просечног броја дефеката по локомотиви радног парка (у раду) за узорак посматраних серија локомотива.

Табела 36. Упоредни преглед укупног броја дефеката локомотива у активном инвентарском и радном парку и просечног броја дефеката годишње по локомотиви у раду из посматраног узорка у периоду од 2008.-2012. године на железници Србије

Укупан годишњи број локомотива по серијама	Године					Годишњи просек у посматраном периоду
	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.	
<b>I. серија 441</b>						
1. Број дефеката	408	467	436	483	614	481,6
2. Број локомотива инвентарског парка (Mi)	53	53	53	53	53	53
3. Број локомотива у раду (Mr)	22	20	23	22	29	23,2
4. Просечан број дефеката по једној локомотиви у раду	18,55	23,35	18,96	21,95	21,17	20,8
<b>II. серија 444</b>						
1. Број дефеката	80	104	137	130	172	124,6
2. Број локомотива инвентарског парка (Mi)	30	30	30	30	30	30
3. Број локомотива у раду (Mr)	26	24	22	23	23	23,6
4. Просечан број дефеката по једној локомотиви у раду	3,10	4,33	6,22	5,65	7,48	5,36
<b>III. серија 461</b>						
1. Број дефеката	820	806	975	699	507	761,4
2. Број локомотива инвентарског парка (Mi)	61	61	60	60	60	60,4
3. Број локомотива у раду (Mr)	33	31	27	33	18	28,4
4. Просечан број дефеката по једној локомотиви у раду	24,85	26,00	36,11	21,18	28,16	26,81
<b>IV. серија 661</b>						
1. Број дефеката	148	125	153	106	131	132,6
2. Број локомотива инвентарског парка (Mi)	65	65	65	65	65	65
3. Број локомотива у раду (Mr)	16	18	23	16	15	17,6
4. Просечан број дефеката по једној локомотиви у раду	9,25	6,95	6,65	6,63	8,75	7,53
<b>V. укупно за све посматране локомотиве</b>						
1. Број дефеката	1456	1502	1701	1418	1424	1500,2
2. Број локомотива инвентарског парка (Mi)	209	209	208	208	208	208,4
3. Број локомотива у раду (Mr)	97	93	95	94	85	92,8
4. Просечан број дефеката по једној локомотиви у раду	15,01	16,15	17,90	15,09	16,75	16,17

Извор [68]; [69]

Из наредне табеле 37. се види да просечан број дефеката по једном моторном возу у раду има општи тренд пораста код обе серије моторних возова, с тим што је просечан број дефеката по моторном возу у раду за око 3-4 пута већи код шинобуса него код електромоторних возова.

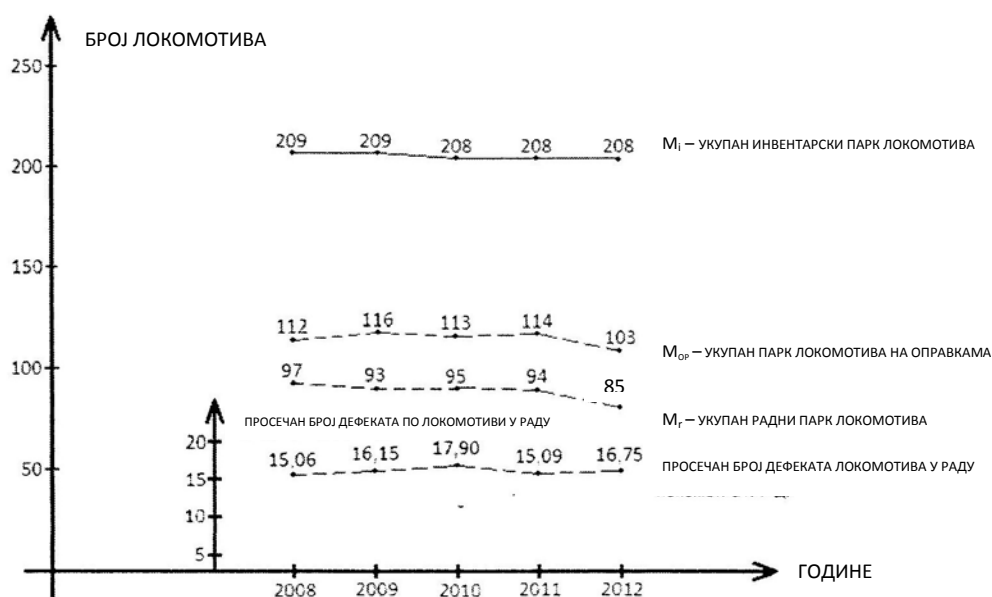
Табела 37. Упоредни преглед укупног броја дефеката моторних возова у активном и радном парку и просечног броја дефеката годишње по моторном возу у раду из посматраног узорка у периоду од 2008.-2012. године на Железници Србије

Укупан годишњи број моторних возова по серијама	Године					Годишњи просек у посматраном периоду
	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.	
<b>I. серија 412</b>						
1. Број дефеката	122	116	136	143	219	147,2
2. Број моторних возова инвентарског парка (Mi)	38,5	38,5	38,5	38,5	38,5	38,5
3. Број моторних возова у раду (Mr)	14	14	10	13	18	13,8
4. Просечан број дефеката по једном моторном возу у раду	8,7	8,3	13,6	11,0	12,2	10,6
<b>II. серија 812</b>						
1. Број дефеката	206	183	145	150	249	186,6
2. Број моторних возова инвентарског парка (Mi)	22	22	22	25	25	25
3. Број моторних возова у раду (Mr)	5	8	6	6	6	6,2
4. Просечан број дефеката по једном моторном возу у раду	41,2	22,9	24,2	25,0	41,5	30,1
<b>III. укупно за све посматране моторне возове</b>						
1. Број дефеката	328	299	281	293	468	333,8
2. Број моторних возова инвентарског парка (Mi)	60,5	60,5	60,5	63,5	63,5	61,7
3. Број моторних возова у раду (Mr)	19	22	16	19	24	20
4. Просечан број дефеката по једном моторном возу у раду	17,3	13,6	17,6	15,4	19,5	16,7

Извор [68]; [69]

На основу спроведеног истраживања података из извештаја [68]; [68] и табела 34., 35., 36. и 37 на слици 38. сачињен је дијаграм кретања броја локомотива у укупном инвентарском парку (Mi), укупном радном парку, тј на раду (Mr) и укупном парку локомотива на оправкама (Mor) са којег се сликовито види њихов међусобни однос. На истој слици 38. приказан је дијаграм кретања просечног броја дефеката по локомотиви радног парка (у раду) за узорак посматраних серија локомотива.





Извор: [68]; [69]

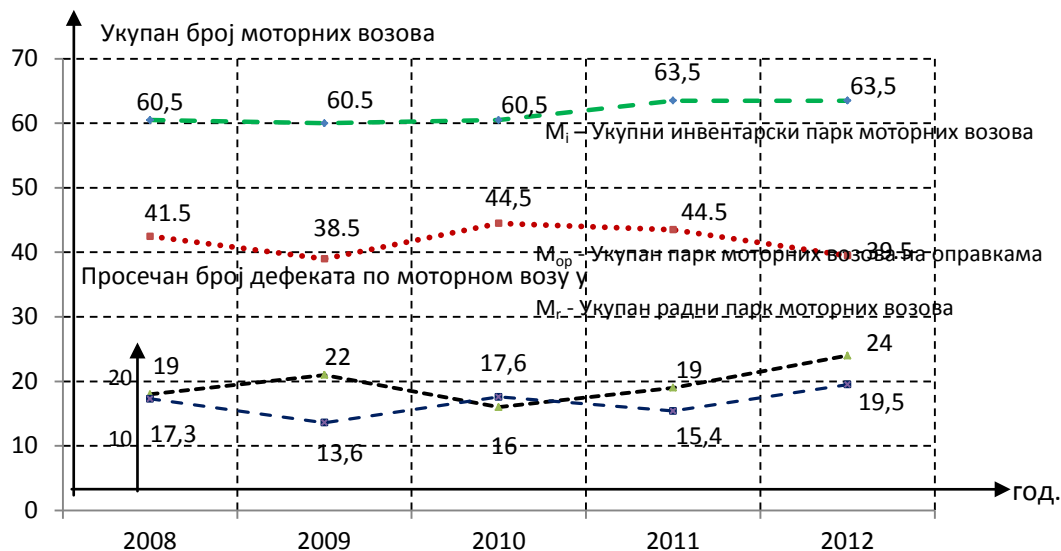
Слика 38. Дијаграм промене појединих врста локомотивских паркова и броја дефеката по локомотиви у раду из одабраног узорка посматраних серија локомотива

Са дијаграма на слици 38. очевидно је да укупни број локомотива у раду има тренд опадања при чему број локомотива који се налази на разним оправкама, као и просечан број дефеката по локомотиви у раду има осцилујући тренд кретања (пораста и опадања) по појединим годинама посматраног периода.

Из података претходне табеле 36. уочава се да укупан број дефеката и просечан број дефеката по локомотиви у раду има следећи карактер кретања:

- Код локомотива серије 444 има општи тренд пораста
- Код локомотива серије 441 укупан број дефеката има тренд пораста док просечан број дефеката по локомотиви у раду има осцилирајуће кретање (пораста и опадања) по појединим годинама посматраног периода,
- Код локомотиве серије 461 укупан број дефеката има општи тренд опадања, а просечан број дефеката по локомотиви у раду има осцилирајуће кретање (пораст, опадање, пораст) у појединим годинама посматраног периода
- Код локомотива серије 661 укупан број дефеката и просечан број дефеката локомотива у раду има осцилирајуће кретање (опадања и пораста) по појединим годинама посматраног периода, и на крају
- За све локомотиве посматраних серија укупан број дефеката и просечан број дефеката по локомотиви у раду има осцилирајуће кретање (пораста, опадања, па опет пораста) по годинама посматраног периода, што се види на графikonу са слике 37.

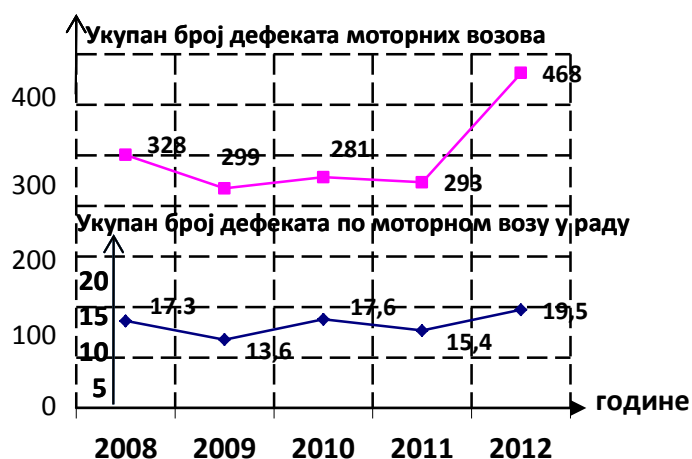
На основу спроведеног истраживања података из извештаја [68]; [69] и табеле 37., на слици 39. сачињен је дијаграм кретања броја посматраних моторних возова у укупном инвентарском парку ( $M_i$ ), укупном радном парку тј. на раду ( $M_r$ ) и унутар моторних возова на оправкама са којег се види њихов међусобни однос. На истој слици се види дијаграм кретања просечног број дефеката по једном моторном возу радног парка за узорак посматраних серија моторних возова.



Извор: [68]; [69]

Слика 39. Дијаграм промене врста вучних паркова моторних возова и броја дефеката по моторном возу у раду из посматраног узорка

На слици 40. на бази истраживања извештаја [68]; [69] приказан је дијаграм кретања укупног броја дефеката код моторних возова и просечан број дефеката код посматраних возова по једном моторном возу у раду, који има тренд општег пораста.

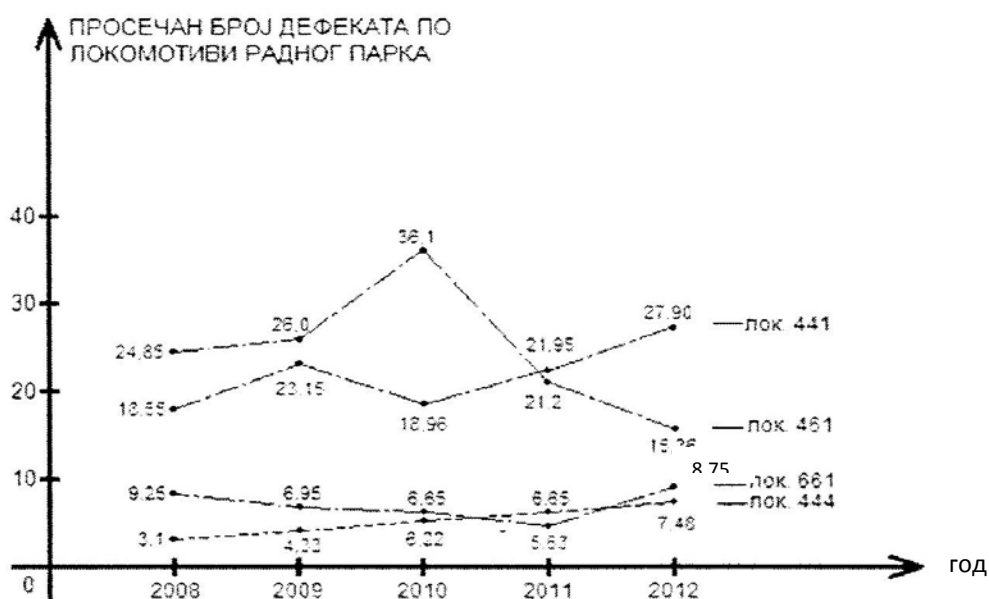


Извор: [68]; [69]

Слика 40. Дијаграм кретања укупног броја дефеката моторних возова и просечног броја дефеката по моторном возу

Из података из табеле 37. и дијаграма са слике 39. се види да број моторних возова на оправкама има осцилујући тренд (пораста и опадања), просечан број дефеката по једном моторном возу у раду има тренд општег пораста.

На слици 41., на основу података и резултата истраживања извештаја [68]; [69] приказан је дијаграм упоредног кретања просечног броја дефеката по локомотиви радног парка посматраних серија на основу података из табеле 36. са којег се сликовито види да су се локомотиве серије 444 показале као најбоље, са најмањим бројем дефеката по једној локомотиви радног парка па за њима следе локомотиве серије 661, потом локомотиве серије 441 и на крају са највећим бројем дефеката по локомотиви у раду показале су се локомотиве серије 461, што је очевидно са датог дијаграма.



Извор: [68]; [69]

Слика 41. Дијаграм промене кретања просечног броја дефеката по једној локомотиви радног парка припадајућих серија

#### 8.2.4. Истраживање старосне структуре посматраних вучних возила

На основу расположивих статистичких извора [67]; [68] истражено је стање старосне структуре локомотива у активном локомотивском парку по посматраним серијама локомотива на железници Србије, чије је бројно стање на дан 31.01.2012. године по годинама старости приказано у табели 38. и на дијаграму са слике 42.

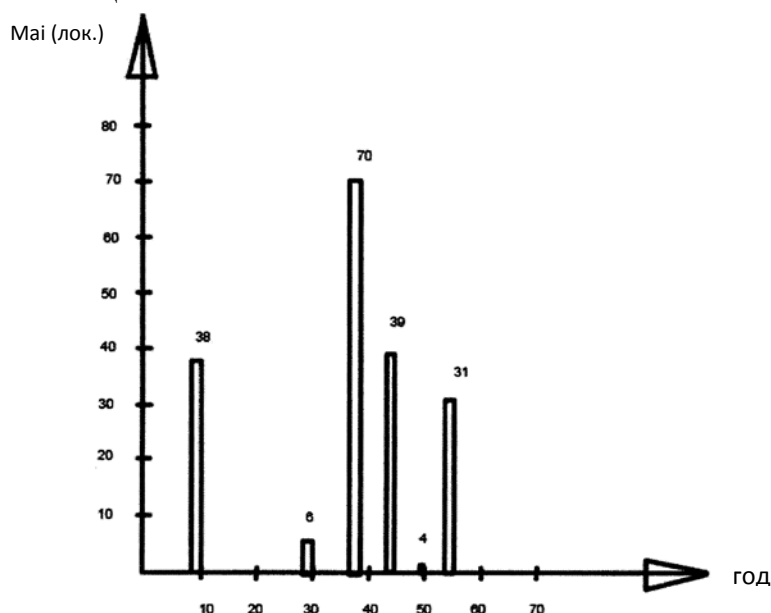
Табела 38. Преглед стања старосне структуре локомотива водећих серија по годинама старости на железници Србије

Године старости локомотиве	Бројно стање локомотива по годинама старости и серијама				Свега	[%] учешћа
	441	444	461	661		
Мање од 10 година	0	30	8	0	38	20,2
10-19	0	0	0	0	0	0
20-29	6	0	0	0	6	3,2
30-39	23	0	32	15	70	37,2
40-45	21	0	15	3	39	20,8
46-50	0	0	0	4	4	2,1
51-55	0	0	0	31	31	16,5
Укупно локомотива (Маi)	50	30	55	53	188	100

Извор: [68]

Према подацима табеле 38. уочава се да је старосна структура локомотива из узорка посматраних серија на железници Србије врло неповољна јер од укупног броја локомотива активног инвентарског парка свега 38 локомотива (око 20.2%) има испод десет година старости, да свега шест локомотива (око 3,2%) је старости између 20-29 година, да је код 70 локомотива (око 37,2%) старости од 30 – 39 година којима, истиче или је већ истекао препоручени век експлоатације локомотива, а да је код 74 локомотиве (око 39,5%) препоручени век експлоатације већ одавно истекао.

О старости локомотива укупног активног вучног парка сликовито говоре подаци са дијаграма на слици 42.



Извор: [67]; [68]

Слика 42. Бројно стање локомотива активног вучног парка по интервалима година старости

Са дијаграма на горњој слици 42. и из табеле 38. се види да је највећи број локомотива (њих 144 или око 76,5%) старости између 30 и 55 година а да је свега 44 локомотиве или око 23,5% старости до 30 година.

Да је код 74 локомотиве тј. око 39,6% свих локомотива препоручени век експлоатације истекао након навршених 40 година старости.

Према подацима из службених извештаја [68] просечна старост електромоторних возова серија 412/416 износила је у 2011. години 27,5 година што значи да им је препоручени век експлоатације на истицају. Међутим, код дизел моторних возова серије 812 (шинобуси) просечна старост је износила 50,8 година што значи да им је просечни век експлоатације према UIC-у већ у двоструком трајању истекао што свакако има утицај на њихово незадовољавајуће техничко стање и висок проценат њихове неисправности (имобилизације).

#### **8.2.5. Истраживање узрока и одговорности за настанак кварова код вучних возила**

У службеним евиденцијама службе вуче на железници Србије [68]; [69] узроци настанка кварова вучних возила су обједињени у 13 група узрока при чему свака група узрока носи своју бројчану ознаку (шифру), а њихово разврставање извршено је на следећи начин:

\*Узроци кварова електричних и дизел вучних возила носе следеће шифре које обједињују групу елемената који изазивају кварове како следи.

Шифра: 0 – обухвата неутврђене узроке кварова;

Шифра: 1 – обухвата кварове на акумулаторским батеријама, уређајима за пуњење акумулаторских батерија, помоћним генераторима, помоћним трансформаторима

Шифра: 2 – Обухвата кварове на електронским уређајима, електронским блоковима, штампаним картицама, диодама, тиристорима, чоперима, кондензаторима, против пожарној заштити, против клизној заштити микропроцесорима;

Шифра: 3 – обухвата кварове на проводницима, намотајима, релејима, електро вентилима, осигурачима, растављачима, тастерима, прекидачима, термичким и другим заштитима, контролницима, термостатима, реостатима, монолатима и показним инструментима

Шифра: 4 – обухвата кварове на уређајима будности и сигурности: будник, брзиномер, аутостоп, тахографи, сирене, чеоно осветљење;

Шифра: 5 – обухвата кварове на контролерима, мењачима смера, електро магнетним спојницама;

Шифра: 6 – обухвата кварове на пнеуматској опреми, главном компресору, кочници, ваздушној кочној опреми, кочним уметцима;

Шифра: 7 – обухвата кварове на обртним постољима, вучно-одбојној опреми и остало;

Шифра: 8 – обухвата кварове на електро вучним возилима код: претварача фаза, мотор помоћног погона, мотор компресора, мотора помоћног компресора, мотор бирача напона, мотора грејалице, грејања воза;

Шифра: 9 – обухвата кварове на електровучним возилима код : главног струјног кола, кровне опреме, главног трансформатора, трансдуктора, струјних и напонских трансформатора, вучних мотора, главних исправљача, главне пригушнице, шентове одводника пренапона, прелазних отпорника, бирача напона, високо напонских инсталација;

Шифра: 10 – обухвата кварове на дизел вучним возилима код: система за грејање, генератора паре, вебисто уређаја, електричног грејања;

Шифра: 11 – обухвата кварове на дизел вучним возилима код дизел мотора, система за гориво, систем за уље, систем за ваздух, систем за хлађење, издувни систем, регулатора снаге, турбокомпресора;

Шифра: 12 – обухвата кварове на дизел вучним возилима код: мењача, преносника снаге, кордана и остало, и

Шифра: 13 – обухвата кварове на дизел вучним возилима код: главног генератора, будилица, електричног мотора пумпе за гориво;

\*Такође се у службеним евиденцијама службе вуче на железници Србије воде и *утврђене одговорности* за настале кварове код локомотива и осталих вучних возила код којих су разврстане групе одговорности, при чему свака група одговорности носи своју бројчану шифру на следећи начин:

Шифра: 0 – није утврђена одговорност за настали квар;

Шифра: 1 – обухвата одговорност службе текућег одржавања за настали квар односно дефект вучног возила (локомотива);

Шифра: 2 – обухвата одговорност управљања (службе вуче) за настали квар;

Шифра: 3 – обухвата одговорност особља службе инвестиционог одржавања тј. ремонтера у односу на гарантни рок

Шифра: 4 – обухвата остале разлоге за квар на вучним возилима везано за: недефинисане техничко конструктивне мане, неквалитетне делове и материјале, експлоатационе услове, трећа лица, атмосферске услове

#### **8.2.6. Истраживање ранга значајности узрока и одговорности за настанак дефекта локомотива**

У поступку истраживања кроз анализе података [68]; [69] о насталим дефектима локомотива утврђени су узроци и ранг њихове значајности у настанку кварова (дефекта) локомотива о чему су систематизовани збирни подаци за све електролокомотиве серије 441, 444, 461, дати у табели 39., а за дизел електричне

локомотиве серије 661 дати су у табели 40. за посматрани петогодишњи период на железници Србије.

Табела 39. Збирни преглед узрока насталих кварова електро локомотива по серијама за период од 2008. – 2012. године на Жлезници Србије

Р. бр.	Шифра узрока квара	Серије локомотива				[%] учешћа узрока кварова			
		441	444	461	Укупно кварова за петогодишњи период	У збиру за све локомотиве	Код локомотива по серијама		
							441	44	461
1	0	601	109	535	1245	18,34	23,5	17,2	14,5
2	1	214	26	147	387	5,6	8,5	4,1	4,0
3	2	28	19	25	72	1,0	1,1	3,0	0,7
4	3	524	95	936	1555	22,8	20,5	15,0	25,4
5	4	139	37	228	404	5,9	5,4	5,8	6,2
6	5	162	42	187	391	5,7	6,4	6,6	5,0
7	6	225	72	379	676	9,8	8,8	11,5	10,3
8	7	101	42	159	302	4,4	3,9	6,6	4,3
9	8	201	73	532	806	11,8	7,9	11,5	14,5
10	9	357	118	551	1026	15,0	14,0	18,7	14,9
Укупно кварова		2552	633	3679	6864	100%	100%	100%	100%

Извор: [68]; [69]

На основу података из претходне табеле 39. најутицајнији узроци за настанак кварова обједињених заједно за све електролокомотиве имају узроци под шифром „3“ са учешћем око 22,8%, у оквиру којих најдоминантније релативно учешће имају проводници, релеји, еп-вентили, прекидачи и растављачи

На другом месту по значајности утицаја на настанак кварова код електролокомотива имају узроци под шифром „9“ са учешћем око 15% у оквиру којих су најдоминантнији утицаји елемената главног струјног кола.

На трећем месту по значајности утицаја на настанак кварова код електролокомотива имају узроци под шифром „8“ са учешћем око 11,8% у оквиру којих су најдоминантнији утицаји уређаја помоћних погона локомотива

Обједињено посматрано узроци првог, другог и трећег ранга значајности обухватају око половине (49,5%) укупног броја свих кварова код електролокомотива.

Важно је напоменути да код 18,34% од свих кварова код електролокомотива узроци нису утврђени.

Из претходне табеле 39. се уочава да су у погледу ранга значајности исте групе узрока по шифром 3, 9 и 6 код диодних локомотива серије 441 и 461 са одређеним одступањима у погледу њиховог процентуалног учешћа док су код тиристорских локомотива серије 444 исте групе, с тим што су на првом рангу значајности узроци под шифром „9“ на другом месту су узроци под шифром „3“ а на трећем месту узроци под шифром „6“.

Такође је важно напоменути да релативно велики проценат учешћа узимају узроци под шифром „0“ који код локомотива серије 441 износи 23,5%, код серије 444 износи 17,2% код локомотива серије 461 износе 14,5% док укупно за све електролокомотиве износи око 18,4% укупног броја кварова.

У табели 40. дати су збирни подаци са прегледом врста узрока насталих кварова код локомотива серије 661 за период 2008.-2012. године.

Табела 40. Збирни подаци са прегледом врсти узрока насталих кварова код локомотива серије 661 за период 2008.-2012. године на Железници Србије

Р.бр.	Шифра узрока кварова	Укупан број кварова за петогодишњи период	[%] учешћа
1	0	73	8,7
2	1	36	4,3
3	2	8	0,9
4	3	109	13,0
5	4	120	14,3
6	5	54	6,4
7	6	52	6,2
8	7	53	6,3
9	8	2	0,024
10	9	4	0,05
11	10	31	3,7
12	11	142	17,0
13	12	97	11,6
14	13	56	6,7
15	Укупно кварова	837	100

Извор: [68]; [69]

На основу података из табеле 40. види се да код дизел електричних локомотива серије 661 имамо следеће рангове значајности узрока:

- На првом месту имају по значајности утицаја узроци кварова под шифром „11“ са учешћем око 17%
- На другом месту по значајности утицаја на насталим кваровима имају



узроци под шифром „4“ са учешћем око 14,3%

- На трећем месту по значајности утицаја на настале кварове имају узроци под шифром „3“ са учешћем око 13%

Збирно узроци од првог, другог и трећег ранга значајности код дизел електричних локомотива серије 661 учествују са 44,3% укупног броја свих кварова, уз напомену да код локомотива ове серије у 8,7% кварова узроци нису утврђени

Одговорности за настале кварове заједно за све електролокомотиве и одвојено за дизел локомотиву серије 661 на основу извршених истраживања дати су у табели 41.

Табела 41. Преглед фактора одговорности за настале кварове локомотива на железници Србије за период 2008.-2012. године

Шифре одговорности за кварове	За електро локомотиве		За дизел електричне локомотиве 661	
	Укупно кварова	[%] учешћа	Укупно кварова	[%] учешћа
0	946	13,8	67	8
1	180	2,6	16	2
2	399	5,8	30	3,5
3	1324	19,3	30	3,5
4	4015	58,5	694	83,0
Укупно	6864	100	837	100

Извор: [68]; [69]

Подаци из табеле 41. показују резултате главних чинилаца одговорности за настале кварове локомотива у посматраном периоду на железници Србије, из које се виде следеће чињенице:

- Да се највећа одговорност за настале дефекте налази у групи осталих разлога под шифром „4“ и то код електролокомотива са 58,5% а код дизел локомотива серије 661 са 83% у броју кварова.
- Да се са 19,3% насталих дефекта код електролокомотива одговорност лежи у служби инвестиционог одржавања са аспекта неодржавања гарантног рока исправности (шифре 3) што заузима друго место у погледу одговорности
- Код дизел локомотива серије 661 на другом месту су неутврђене одговорности са учешћем од 8% у укупном броју кварова
- На трећем месту у погледу одговорности код електролокомотива налазе се у групи неутврђена одговорност под шифром „0“ са 13,8% укупног броја кварова, а код дизел локомотива серије 661 треће и четврто место деле подједнако одговорност под шифром 2 и 3 то јест особље вуче и особље инвестиционог одржавања са по 3,5%. Код електролокомотива особље текућег одржавања (ЗОВС) налази се на четвртом месту са 2,6% у погледу одговорности за настале кварове.

### 8.2.7. Анализа остварених показатеља експлоатационог рада

На основу утврђених ставова из теорије и праксе експлоатације железнице репрезентативни показатељи експлоатационог рада вучних возила су квантитативни и квалитативни показатељи рада. У групи квантитативних показатеља рада локомотива су најважнија следећа три:

- 1) Као први квантитативни показатељ је *извршени бруто вучни рад вучних возила* изражен у оствареним бруто тонским километрима, који је збирно по серијама посматраних локомотива приказан у табели 20. (одељак 5.4.) из које је утврђено да су локомотиве серије 461 на првом месту извршиле највећи бруто вучни рад у посматраном петогодишњем периоду, са учешћем од 36,6%. На другом месту су локомотиве серије 444 са учешћем од 30,3%. На трећем месту су локомотиве серије 661 са учешћем од 16,7%. И на задњем, четвртном месту су локомотиве серије 441 са учешћем од 16,2% у укупном извршеном бруто вучном раду.
- 2) Као други квантитативни показатељ по бројној вредности а истовремено и квалитативни показатељ рада вучних возила јесу *остварене комерцијалне брзине у саобраћају путничких и теретних возова* за које је утврђено на основу анализе података из табеле 13. да су на врло ниском нивоу и у посматраном петогодишњем периоду износиле су са просечним бројним вредностима од око:  $V_k = 43,12 \text{ km/h}$  код возова из путничког саобраћаја и  $V_k = 24,6 \text{ km/h}$  код возила из теретног саобраћаја. Разлози овоме леже у релативно великим закашњењима возова, слабој способности пруга за дозвољене брзине саобраћаја возова и великом броју лаганих вожњи са смањеном брзином саобраћаја на пругама.
- 3) Као трећи квантитативни показатељ рада јесу *годишње извршени пређени километри локомотива*, који су по серијама локомотива и годинама посматраног периода збирно приказани у табели 21. (одељак 5.4.) из које је утврђено да су локомотиве серије 461 на првом месту са учешћем од око 33%. На другом месту се локомотиве серије 441 са учешћем од око 30%. На трећем месту су локомотиве серије 444 са учешћем од око 20% и на задњем четвртном месту су локомотиве серије 661 са учешћем од око 17% у укупно годишње пређеним километрима на нивоу годишњег просека посматраног периода. Разлози овоме налазе се првенствено у малим комерцијалним брзинама саобраћаја возова.

У групи квалитативних показатеља експлоатационог рада локомотива најважнија су следећа три и то:

- 1) *Просечно оптерећење локомотива, масом воза којег вуку у тонама -  $Q[t/lok]$*  које је по серијама и годинама посматраног периода приказано у табели 22. (одељак 5.4.) из које је утврђено да су локомотиве серије 461 најбоље коришћене на првом месту, са оптерећењем од  $Q = 622 \text{ t/lok}$ . На другом месту

су локомотиве серије 661 са оптерећењем од  $Q = 580 \text{ t/lok}$  на трећем месту су локомотиве серије 444 са оптерећењем од  $Q = 570 \text{ t/lok}$  и на четвртом задњем месту су локомотиве серије 441 са оптерећењем од  $Q = 279 \text{ t/lok}$ , што је мало у односу на њене вучне могућности, а разлог је у томе што се ове локомотиве претежно користе за вучу путничких возова који су знатно мање масе у односу на теретне возове.

- 2) *Просечно дневно трчање (дневно пређени километри локомотива)  $S_d$  [km/dan]* посматрано за читави петогодишњи период сагледано је у табели 22. (одељак 5.4.) из које је утврђено да су на првом месту највеће дневно трчање од  $S_d = 352 \text{ km/dan}$  имале локомотиве серије 444. На другом месту су локомотиве серије 441 са дневним трчањем од  $S_d = 242 \text{ km/dan}$ . На трећем месту су локомотиве серије 461 са дневним трчањем од  $S_d = 229 \text{ km/dan}$  и на последњем четвртом месту су локомотиве серије 661 са просечним дневним трчањем од  $S_d = 144 \text{ km/dan}$ , а разлози томе налазе се у врло малим комерцијалним брзинама саобраћаја возова.
- 3) *Просечна дневна производност локомотива*, која се добија као производ предходна два показатеља по следећој формули  $P_{\text{rol}} = Q \cdot S_d \left( \frac{\text{brtKM}}{\text{lok.dan}} \right)$  и представља показатељ колико посматрана локомотива оствари учинак у брутотонским километрима по локомотиви дневно. По овом основу најбољу дневну производности на првом месту остварују локомотиве серије 444 од  $200.640 \left( \frac{\text{brtKM}}{\text{lok.dan}} \right)$ . На другом месту су локомотивае серије 461 са остварених  $142.438 \left( \frac{\text{brtKM}}{\text{lok.dan}} \right)$ . На трећем месту су локомотиве серије 661 са остварених  $83.520 \left( \frac{\text{brtKM}}{\text{lok.dan}} \right)$  и на четвртом задњем месту су локомотиве серије 441 са остварених  $67.518 \left( \frac{\text{brtKM}}{\text{lok.dan}} \right)$ .

### 8.2.8. Анализа показатеља одржавања локомотива

Као репрезентативни показатељи одржавања локомотива најважнија су следећа три показатеља како следи:

- 1) *Укупни број локомотива посматраних серија које се налазе на оправкама (Мор) свих врста*, чије је утврђено збирно стање по годинама [68] посматраног периода приказано је у табели 33. и на дијаграму са слике 38., узима велико учешће у укупном броју локомотива инвентарског локомотивског парка са трендом општег пораста по годинама посматраног периода са учешћем 2008. године 53,6%, у 2009. години 55,5%, у 2010. години 54,3%, у 2011. години 54,8%, у 2012. години 49,5%.
- 2) *Укупни број локомотива посматраних серија које су се налазиле у радном парку*, које су биле способне за рад, у оквиру броја укупног инвентарског локомотивског парка чије је утврђено збирно стање по годинама посматраног

периода приказано у табели 36. узима мање ућешће у односу на број локомотива које се налазе на оправкама са трендом општег опадања по годинама посматраног периода са учешћем у 2008. години 46.4%, у 2009. години 44,5%, у 2010. години 45,7%, у 2011. години са 45,2%, и у 2012. години исто 40,9% што се сликовито види са графика на слици 38. Из прва два показатеља произилази трећи важан показатељ одржавања локомотива, а то је укупни проценат њихове имобилизације.

- 3) *Укупни проценат имобилизације локомотива* посматраних серија чије је утврђено стање по годинама посматраног периода приказано у табели 22. (одељак 5.0.). Укупни проценат имобилизације локомотива као елементарни показатељ њихове поузданости указује на чињеницу да је имобилизација код свих локомотива на врло високом нивоу, а просечне годишње вредности у посматраном петогодишњем периоду су највеће код локомотива серије 661 и износе 58%, код локомотива серије 441 износи 48,6%, код локомотива серије 461 износе 47,8% и код локомотива серије 444 су најмање и износе 24,8% што је незадовољавајуће у поређењу са имобилизациом локомотива код развијених железница у свету која се креће у границама од 5 - 10% највише.

Према подацима из службених извештаја [68] од укупног броја од 208 локомотива посматраног узорка крајем 2012. године (на дан 31.12.2012. године) стање локомотива на оправкама је било следеће:

- да се на главним оправкама налазило 8 локомотива, а на исте чекало 14 локомотива
- да се на ванредним оправкама налазило 28 локомотива и на исте чекало још 8 локомотива
- да је на извршење редовних оправки чекало 24 локомотива
- да је на ликвидацију (касирање) чекало 26 локомотиве.

Од локомотива које чекају оправке око 90% локомотива чека оправку дуже од годину дана (па и неколико година) због недостатка резервних делова неисправних тендера или немогућности, ремонтера да изврше обавезе. То указује на слику слабог стања постојећег система одржавања локомотива.

Из табеле 22. се види да је просечни проценат имобилизације у посматраном петогодишњем периоду код електромоторних возова износио 63,8%, а код дизел моторних возова (шинобуси) износио је 60,4% што је врло неповољно.

### 8.2.9. Анализа показатеља експлоатационе поузданости и расположивости рада локомотива

Као мере експлоатационе поузданости рада локомотива усвојени су најважнија три следећа репрезентативна показатеља-

1) *За први показатељ експлоатационе поузданости* рада локомотива усвојен је по прописима на нашим железницама [68] *број дефеката локомотива на пређених 100.000 километара* [ $10^5$ km]. Овде треба напоменути да по препорукама УИС-а [38] као мера се узима број дефеката локомотива на 1000000 пређених ( $10^6$  лок. км.) локомотивних километара. Према том критеријуму толерантни број износи највише 10 дефеката локомотиве на милион пређених километара. У вези са тим утврђено стање експлоатационе поузданости по годинама и серијама посматраних локомотива утврђено је према прописима железнице Србије и приказно у табели 42.

Табела 42. Приказ броја дефеката на пређених  $10^5$  km по годинама и серијама локомотива у периоду од 2008. – 2012. године на Железници Србије

Серије лок.	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.	Просечно годишње
441	506,7	586,9	533,3	488,3	605,14	544,1
444	55,2	87,7	102,0	98,7	152,1	99,14
461	762,1	879,8	1011,8	911,9	1073,8	927,88
661	275,1	231,4	260,4	204,5	298,3	253,9

Извор: [68]; [69]

Из податка табеле 42. установљено је да на првом месту најбољу експлоатациону поузданост рада имају тиристорске локомотиве серије 444 са просечном 99,14 дефеката, на другом месту су локомотиве серије 661 са просечно 253,9 дефекта, на трећем месту су локомотиве серије 441 са 544,1 дефекта и на четвртом, задњем месту су локомотиве серије 461 са 927,88 дефектата на пређених  $10^5$  локомотивских километара. Извршене анализе предходних података показују да тиристорске локомотиве серије 444 имају за око 2,5 пута до 9,5 пута већу експлоатациону поузданост у односу на остале серије локомотива

Подаци из предходне табеле 42. показују да је експлоатациона поузданост свих наших локомотива на врло ниском нивоу у односу на препоручене критеријуме УИС-а, јер им је непоузданост за 10 до 93 пута већа у односу на критеријуме УИС-а од највише 10 дефеката на милион пређених километара локомотива.

Овакво стање се директно одражава и на слаб ниво расположивости рада локомотива.

2) *За други показатељ експлоатационе поузданости* рада локомотива усвојен је *просечан број пређених километара локомотива* (пређени пут) између насталих дефеката на нивоу годишњег просека по серијама локомотива, о чему су истражени подаци приказани у табели 43.

Табела 43. Преглед просечно пређених километара локомотива између дефектата код локомотива по серијама на железници Србије у периоду од 2008.- 2012. године

Р.бр.	Серије лок.	Просечно пређени километри између два дефекта локомотива у [km] по годинама					Просечно на нивоу посматраног периода
		2008.	2009.	2010.	2011.	2012.	
1	441	197,4	170,4	187,5	204,8	165,3	185,1
2	444	1811,7	1140,6	980,4	1013,6	657,5	1120,8
3	461	131,2	113,7	98,8	109,6	93,1	109,3
4	661	363,5	432,2	384,1	488,9	335,3	400,8

Извор: [68]; [69]

Према подацима из претходне табеле 43. види се да су и по овом критеријуму најбољи ниво, на првом месту експлоатационе поузданости, исказаним просечним бројем пређених километара између два настала дефекта од 1120,8 km оствариле локомотиве серије 444, на другом месту су локомотиве серије 661 са 400,8 km, на трећем месту су локомотиве серије 441 са 185,1 km, и на четвртом, задњем месту су локомотиве серије 461 са просечно пређених 109,3 km, између два настала дефекта посматрано на нивоу једне године, посматраног периода, што је показало подударност нивоа експлоатационе поузданости по појединим серијама посматраних локомотива према првом показатељу.

- 3) *За трећи показатељ експлоатационе поузданости рада локомотива усвојен је просечан број дефеката по једној локомотиви у раду на нивоу годишњег просека по серијама локомотива о чему су истражени подаци приказани у табели 44.*

Табела 44. Преглед броја дефеката по локомотиви у раду код посматраних серија на железници Србије у периоду од 2008. - 2012. године

Годишњи просечни број дефеката по локомотиви у раду у годинама						
	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.	Просечно годишње
441	22	20	23	22	22	21,8
444	3,1	4,33	6,22	5,65	7,48	5,4
461	24,85	26	36,11	21,18	15,36	24,7
661	9,25	6,95	6,65	6,63	8,19	7,5

Извор [68], [69]

Према подацима из претходне табеле види се да по овом критеријуму најбољи ниво експлоатационе поузданости, на првом месту, имају тиристорске локомотиве серије 444 са просечно 5,4 дефекта, на другом месту су локомотиве серије 661 са 7,5 дефекта, на трећем месту су локомотиве серије 441 са 21,8 дефекта и на четвртом, задњем месту су локомотиве серије 461 са 24,7 дефекта по локомотиви у раду, просечно годишње у посматраном периоду.

### 8.2.10. Анализа показатеља експлоатационе расположивости рада локомотива

Као мере експлоатационе расположивости рада локомотива усвојен је скуп најважнијих следећих седам репрезентативних показатеља.

- 1) *За први показатељ* експлоатационе расположивости рада локомотива усвојен је број дана исправног стања локомотиве –  $T_i$  [dana] тј. рада локомотиве где је број дана у експлоатацији ( $T_e$ ) у току године једнак:  $T_e = T_i + T_o$  [dana].
- 2) *За други показатељ* експлоатационе расположивости рада локомотиве усвојен је број дана на одржавању које у току године локомотиве проведу у одржавању –  $T_o$  [dana] тј. на свим облицима контролних прегледа и оправки (редовних и ванредних).
- 3) *За трећи показатељ* експлоатационе расположивости рада локомотиве усвојен је *коэффициент оперативне расположивости локомотива* који се утврђује по

$$\text{обрасцу: } K_{Al} = \frac{T_i}{T_e} = \frac{T_i}{T_i + T_o} = \frac{1}{1 + \frac{T_o}{T_i}} \leq 1$$

Укупно време одржавања локомотиве обухватило је сва времена локомотиве која се троше на њихово превентивно и корективно одржавање и логистичко и административно време утрошено за обезбеђење одржавања.

Напред наведени показатељи расположивости рада истражени за посматране серије локомотива приказани су у табели 45, добијени су из службених евиденција [68]; [69].

Табела 45. Показатељи расположивости рада локомотива по серијама и годинама у периоду 2008. - 2012. године на железници Србије

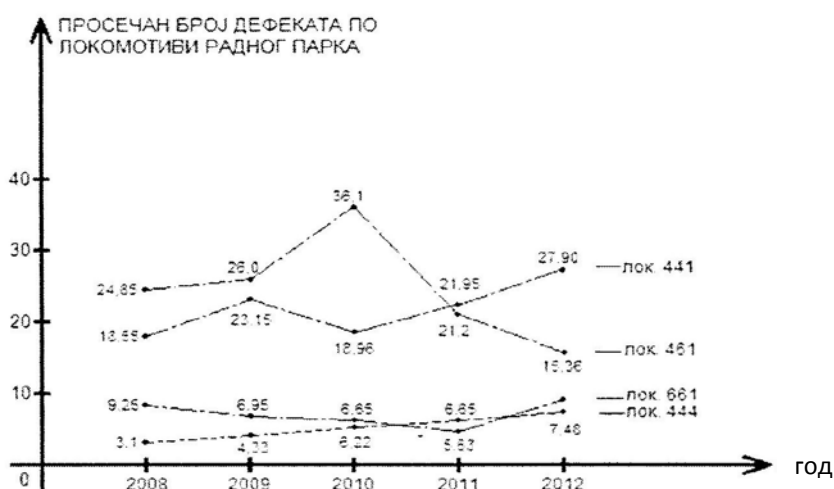
Показатељи	Серије по годинама у посматраном периоду																			
	2008.				2009.				2010.				2011.				2012.			
	441	444	461	661	441	444	461	661	441	444	461	661	441	444	461	661	441	444	461	661
$T_i$ [dan]	175	310	248	150	187	289	223	154	164	285	223	172	208	274	193	150	238	252	128	150
$T_o$ [dan]	190	55	117	215	178	76	142	211	201	80	142	193	157	91	172	215	128	114	238	216
$K_{Al}$ $\cdot 10^{-2}$	48	85	68	41	51	79	61	42	45	78	61	47	57	75	53	41	65	69	35	41

Извор: [68]; [69]

Из података датих у претходној табели 45. уочава се да најбољи коэффициент оперативне расположивости ( $K_{Al}$ ) то јест најбољу оперативну расположивост имају

тиристорске електролокомотиве серије 444, која има тенденцију опадања из године у годину посматраног периода али задржавају стално најбоље, прво место.

Затим на другом месту следе локомотиве серије 441 које у задњим годинама посматраног периода имају тенденцију пораста оперативне расположивости, потом следе локомотиве серије 461 чија расположивост опада у задњим годинама посматраног периода и на крају најнижи ниво расположивости рада имају локомотиве серије 661 што је сликовно представљено на графику са слике 43.



Извор: [68]; [69]

Слика 43. Дијаграм креања дефеката по локомотиви у раду одређених серија

- 4) За четврти показатељ експлоатационе расположивости рада локомотива усвојен је укупни проценат имобилизације локомотива који је утврђен по серијама посматраних локомотива и годинама разматраног периода на Железници Србије, о чему су истражени подаци дати у табели 46.

Табела 46. Преглед укупног процента имобилизације локомотива по серијама и годинама посматраног периода на железници Србије

Серија лок.	Укупни [%] имобилизације локомотива по годинама					Просечни [%] имобилизације на годишњем нивоу периода	Просечна годишња вредност коеф. оперативне расположивости у посматраном периоду
	2008	2009	2010	2011	2012		
441	54	52	57	44	36	48,6	0,568
444	10	23	33	26	32	24,8	0,772
461	36	43	47	48	65	47,8	0,540
661	62	58	51	59	60	58	0,424

Извор: [68]



У претходној табели 46. приказано је утврђено стање расположивости рада локомотива активног инвентарског парка исказаног преко укупног процента имобилизације по серијама и годинама и просечног процента њихове имобилизације на годишњем нивоу у посматраном периоду.

Из претходне табеле 46. уочава се да најмањи просечни проценат имобилизације од 24,8% а тиме и најбољу расположивост рада у посматраном периоду, тј. прво место имају локомотиве серије 444, на другом месту су локомотиве серије 461 са просечном имобилизацијом од 47,8%, на трећем месту су локомотиве серије 441 са просечном имобилизацијом од 48,6% и на четвртном су локомотиве серије 661 са просечном имобилизацијом у посматраном периоду на годишњем нивоу од 58%.

Из података из претходне табеле 46. уочава се разлика код локомотива серије 461 које су на трећем месту по коефицијенту оперативне расположивости а у погледу процента имобилизације на другом месту док локомотиве серије 441 имају обрнути статус тј. на трећем месту су у погледу процента имобилизације а на другом месту у погледу коефицијента оперативне расположивости. Разлике су врло мале али ипак постоје.

- 5) *За пети показатељ расположивости рада локомотива* може нам послужити и *коефицијент расположивости локомотивског парка ( $K_r$ )* који представља однос активног инвентарског локомотивског парка умањеног за број локомотива које се налазе на редовним и ванредним оправкама ( $M_{rvo}$ ) и активног инвентарског парка који је једнак:

$$K_r = \frac{M_{ia} - M_{rvo}}{M_{ia}} \leq 1,$$

где је:

$M_{ia}$  – број локомотива активног инвентарског парка

$M_{rvo}$  – број локомотива на редовним и ванредним оправкама

- б) *За шести комплементарни показатељ коефицијента расположивости*, може се дефинисати *коефицијент нерасположивости (имобилизације) локомотивског парка  $K_{im}$*  који је једнак:

$$K_{im} = \frac{M_{rvo}}{M_{ia}} \leq 1, \text{ одакле је } K_r = 1 - \frac{M_{rvo}}{M_{ia}} \leq 1 \text{ односно: } K_r = 1 - K_{im} \leq 1,$$

односно:  $K_r + K_{im} = 1$

Ови коефицијенти нам показују колика је расположивост за рад активног инвентарског парка па у циљу оптимизације њихове вредности треба предузети одговарајуће мере за њихову оптимизацију тако што треба усмерити активност да  $K_r \rightarrow 1$  (да тежи јединици), а  $K_{im} \rightarrow 0$  (да тежи нули) према следећој релацији:

$$K_r = \frac{M_{ia} - M_{rvo}}{M_{ia}} \xrightarrow{\text{када } M_{rvo} \rightarrow 0 \text{ (MIN)}} 1 \text{ (MAX)}$$

7) За седми показатељ расположивости рада може нам послужити *процент расположивости локомотива*  $p_{r1}$  који је комплементаран показатељ проценту имобилизације локомотива који се добија из следеће релације:

$$p_{r1} = \frac{Mia - (Mr_o + Mv_o)}{Mia} \cdot 100 = \left(1 - \frac{Mr_o + Mv_o}{Mia}\right) \cdot 100 [\%];$$

$$\text{односно } p_{r1} = \frac{Mr}{Mia} \cdot 100 [\%]$$

и он је комплементаран са процентом имобилизације локомотива при чему важи једнакост:

$$p_{r1} + p_i = 100\%$$

$$\text{при чему је: } p_{r1} = 100 - p_i [\%] \text{ односно } p_{r1} = (1 - Mr_{vo}/Mia) \cdot 100 [\%]$$

Одакле је проценат имобилизације локомотива [48] једнак:

$$p_i = \frac{Mr_{vo}}{Mia} \cdot 100 [\%] \text{ или } p_i = 100 - p_{r1} [\%]$$

Величина  $Mr$  - представља радни парк локомотива (исправних за рад).

$Mr_{vo}$  – представља укупан број локомотива које са налазе на редовним и ванредним оправкама.

На основу података из табеле 34. за пресек посматрања у 2012. години, проценат расположивости локомотива износио је:

$$p_{r1} = \frac{188 - (53 + 50)}{188} \cdot 100 = 45,2\%$$

где је:

$Mia = 188$  локомотива активног локомотивског парка из посматраног узорка

$Mr_o = 53$  локомотиве, које су се налазиле на редовним оправкама или су чекале на исте,

$Mv_o = 50$  локомотива, које су се налазиле на разним ванредним оправкама или су чекале на исте,

$Mr_p = Mr_{vo} = Mr_o + Mv_o = 103$  локомотиве, које су биле неисправне и налазиле се на разним оправкама тј биле су на редовним или ванредним оправкама или су чекале на исте

$Mr_o = 53$  локомотиве, које су се налазиле на редовним оправкама или су чекале на исте,

$Mr = Mia - Mr_p = 188 - 103 = 85$  локомотива које су се налазиле у радном парку (исправне за рад),

$M_{rvo}$  (локомотива) – укупни збирни број локомотива које се налазе на редовним и ванредним оправкама или су чекале на исте.

Предузимањем одговарајућих организационо - техничких мера са аспекта побољшања техничке исправности и са аспекта побољшања временског коришћења локомотива оствариће се одређени позитивни ефекти у погледу расположивости локомотива.

**Тако на пример**, ако се пође од чињенице да је у постојећем стању у току 2012. године било неисправно:  $M_{ro} + M_{vo} = 53 + 50 = 103 = M_{rvo}$  – локомотиве, поставља се питање колики ће се ефекат у расположивости локомотива постићи ако се смањи број неисправних локомотива за 5 локомотива (за око 5% мање) у том случају ће ново стање локомотива бити  $M'_{rvo} = 103 - 5 = 98$  локомотива па ће нови проценат расположивости локомотива бити:

$$p'_{rl} = \frac{188-98}{188} \cdot 100 = 52,1\%$$

Значи расположивост ће се побољшати за око 7% у односу на првобитну.

**Или на пример**, ако се предузимањем одговарајућих организационо - техничких мера код постојећег стања исправних локомотива за рад у 2012. години од  $M_r = 85$  локомотива, организује рад тако да свака локомотива у току једног дана ради више само један ипо сат ( $\Delta Tr = 1,5$  час) то би у току једног дана било више часова рада за прираштај:  $\Sigma \Delta Tr = 84 \cdot 1,5 = 127,5$  локомотивских часова рада, а у току године било би више од 46537,5 – локомотивских часова рада, односно рачунајући са годишњим фондом времена локомотиве од 8760 часова, железнице Србије би могле да извршавају већи рад, као да су набавиле и ставиле у процес сабраћаја још  $(46537,5:8760=5)$  5 локомотива, те би у том случају са новим повећањем броја локомотива у раду од  $M'_r = 85+5 = 90$  локомотива, проценат расположивости рада локомотива износио:

$$p''_{rl} = \frac{M'_r}{M_{ra}} \cdot 100 = \frac{90}{188} \cdot 100 = 48\%$$

То значи да би се проценат расположивости постојећих локомотива у раду повећао за око 3% само по овом основу рационализације да локомотиве раде више 1,5 часова дневно. Остварени ефекти применом минималних мера рационализације код оптимизације расположивости рада локомотива су очигледни.

### 8.2.11. Анализа показатеља функционисања саобраћаја возова

За оцену квалитета функционисања сабраћаја возова усвајају се две групе показатеља, а то су:

- ❖ Показатељи редовности сабраћаја возова и
- ❖ Показатељи безбедности сабраћаја возова

### **8.2.11.1. Анализа показатеља редовитости саобраћаја возова**

Као мере за оцену квалитета функционисања саобраћаја возова са аспекта редовитости саобраћаја усвојен је скуп следећа четири репрезентативна показатеља како следи:

- 1) Први показатељ редовитости саобраћаја возова представља  $T_{zak}$  [min] - укупно закашњење возова у односу на предвиђена возна времена према реду вожње исказано у минутима.
- 2) Други показатељ редовитости саобраћаја возова представља  $T_{z1v}$  [min/voz] – просечно закашњење по возу исказано у минутима по једном возу.
- 3) Трећи показатељ редовитости саобраћаја возова представља  $T_{z100}$  [min/100 voz km] – сведено просечно закашњење возова на пређених 100 возних километара исказано у минутима на пређених 100 километара вожње возова.
- 4) Четврти показатељ редовитости саобраћаја возова представља  $V_{ki}$  [km/h] комерцијална брзина у стварном извршењу саобраћаја возова и служи за упоређење са комерцијалном брзином саобраћаја возова предвиђену редом вожње ( $V_k$ ). Услед присутних закашњења возова по правилу је увек комерцијална брзина у извршењу саобраћаја возова мања од оне предвиђене редом вожње ( $V_{ki} < V_k$ ).

На основу података датих у табелама 27. и 27а. (поглавље 6.) уочава се да укупно закашњење возова на пређених 100 километара вожње имају општи тренд смањења у путничком и теретном саобраћају што је позитивно, међутим и комерцијалне брзине у извршењу саобраћаја код обе врсте возова имају општи тренд опадања што је негативно.

Сви напред наведени показатељи редовитости саобраћаја сагледавају се одвојено за возове из путничког и возове из теретног саобраћаја. Из табела 27. и 27а. види се да су закашњења возова сведена на 100 возних километара, код теретних возова већа у распону за око 7 до 10 пута него код путничких возова, по појединим посматраним годинама, док је комерцијална брзина теретних возова приближно једнака половини вредности комерцијалне брзине путничких возова (око 54% до 60% од вредности комерцијалне брзине путничких возова). *Узроци и одговорност за закашњење возова су вишеструки и за сада нису детаљније утврђени на железници Србије што би требало предвидети и извршити у наредном периоду даљих истраживања.*

### **8.2.11.2. Анализа показатеља безбедности саобраћаја возова**

Показатељи безбедности саобраћаја возова произилазе из броја ванредних догађаја и њихових последица, који су се догодили, и њиховог односа према основним

показатељима реализованог превозног и експлоатационог рада, у годинама посматраног периода. У групу показатеља за оцену квалитета функционисања железничког саобраћаја са аспекта безбедности саобраћаја возова усвојен је скуп од следећих 15 репрезентативних показатеља у које спадају:

- 1)  $N_{vd}$  – укупан број ванредних догађаја, исказан збирно (удеси + незгоде),
- 2)  $N_{ud}$  – укупан број удеса који су се догодили,
- 3)  $N_{nz}$  – укупан број незгода које су се догодиле,
- 4)  $N_{ul}$  – укупан број усмрћених лица,
- 5)  $N_{pl}$  – укупан број повређених лица,
- 6)  $N_{nl}$  – укупан број настрадалих лица, исказан збирно (усмрћена + настрадала лица)
- 7)  $T_{prek}$  (čas) – укупни прекиди саобраћаја возова због ванредних догађаја у часовима,
- 8)  $Sub_{pp}$  [ $vd/10^6 pkm$ ] – угроженост безбедности путничког превоза исказано у броју ванредних догађаја на извршени превозни рад од један милион [ $10^6 pkm$ ] путничких километара,
- 9)  $Sub_{pr}$  [ $vd/10^6 ntkm$ ] – угроженост безбедности робног превоза исказано у броју ванредних догађаја на извршени превозни рад од један милион нетотонских километара [ $10^6 ntkm$ ],
- 10)  $Sub_{br}$  [ $(vd/10^6 brtkm)$ ] – угроженост безбедности укупног бруто превоза исказан бројем ванредних догађаја у односу на извршени бруто превозни рад од један милион бруто тонских километара [ $10^6 brtkm$ ]
- 11)  $Sub_{svoz}$  [ $vd/10^6 vozkm$ ] – угроженост безбедности саобраћаја возова исказан бројем ванредних догађаја у односу на извршени рад трчања (пређени пут возова) од један милион возних километара [ $10^6 vozkm$ ],
- 12)  $Sub_{ul}$  [ $vd/10^6 vozkm$ ] – угроженост безбедности саобраћаја у погледу укупног броја свих усмрћених лица (путника, железничких радника, трећих лица) на пређени пут (трчање) возова од један милион возних километара [ $10^6 vozkm$ ]
- 13)  $Suiskl$  [ $Nisk/10^6 vozkm$ ] – степен угрожености безбедности саобраћаја од исклизнућа возова исказан кроз број исклизнућа возова која су се догодила на пређени пут (трчање) возова од један милион [ $10^6 vozkm$ ] где је  $Nisk$  – број исклизнућа возова у години посматраног периода,
- 14)  $Susud$  [ $Nsud/10^6 vozkm$ ] – степен угрожености безбедности саобраћаја од судара возова исказан кроз број судара возова, који су се догодили на пређени пут (трчање) од један милион возних километара ( $10^6 vozkm$ ), и на крају
- 15)  $K_{UBS}$  – карактеристика степена односно коефицијената укупне угрожености безбедности саобраћаја возова за подручје одређене мреже исказан укупним бројем ванредних догађаја у односу према производу укупне дужине експлоатационе мреже пруга помножене количником укупно извршеног бруто превозног рада ( $y brtkm$ ) према укупном пређеном путу (трчању возова – у  $vozkm$ ) возова у посматраној години по следећем обрасцу:

$$K_{UBS} = \frac{N_{vd}}{\frac{\Sigma Rbr}{\Sigma NL} \cdot Le} < 1, \text{ где је:}$$

$N_{vd}$  – укупан број ванредних догађаја у посматраној години

$\Sigma Rbr$  (brtkm) – укупни годишње извршени бруто превозни рад у  $10^6$  brtkm

$\Sigma NL$  (vozkм) – укупан пређени пут возова у посматраној години у  $10^6$  vozkm

У табели 47. на основу података из табеле 28. и статистичких података [68] о извршеном експлоатационом раду за године посматраног периода истраживањем су утврђени релативни показатељи угрожавања безбедности саобраћаја возова који су истовремено релевантни и за оцену квалитета функционисања саобраћаја возова.

Табела 47. Преглед релевантних показатеља угрожавања безбедности саобраћаја возова релевантних за оцену нивоа квалитета функционисања саобраћаја возова

Р.бр.	Показатељи	Године				
		2008.	2009.	2010.	2011.	2012.
1	Niskl [broj iskliznuća vozova]	26	11	16	27	20
2	Nsud [broj sudara vozova]	0	0	0	1	0
3	Subpp [VD/10 <sup>6</sup> pkm]	0,82	0,9	1,12	0,84	0,72
4	Subpr [VD/10 <sup>6</sup> ntkm]	0,14	0,19	1,18	0,15	0,2
5	Subbr [VD/10 <sup>6</sup> brtkm]	0,066	0,091	0,085	0,073	0,097
6	Subsboz [VD/10 <sup>6</sup> vozkм]	2,44	2,69	2,78	2,61	2,80
7	Subul [Nul/10 <sup>6</sup> vozkм]	1,94	2,50	3,05	3,05	1,95
8	Suiskl [Niskl/10 <sup>6</sup> vozkм]	1,17	0,66	0,77	1,42	1,11
9	Susud [Nsud/10 <sup>6</sup> vozkм]	0	0	0	0,05	0
10	Kubs – коеф. угрожености безбедности саобраћаја	0,21	0,24	0,364	0,315	0,366

Извор: [68]; [69]

Уколико је интегрални степен односно коефицијент укупне угрожености безбедности саобраћаја возова  $K_{UBS}$  мањи (треба да тежи  $\rightarrow 0$ ) то је безбедност саобраћаја ( $B_s$ ) већа (треба да тежи јединици тј.  $B_s \rightarrow 1$ ) при чему важи релација да је  $B_s + K_{UBS} = 1$ , одакле произилази да је ниво безбедности саобраћаја возова једнак:  $B_s = 1 - K_{UBS}$ , из чега произилази тврђење да уколико је укупни степен угрожености саобраћаја мањи то је безбедност саобраћаја возова већа и обрнуто.

Истражено стање дато у табелама 27., 27а., 28. и 47. указује да стање у погледу редовитости и безбедности као и квалитета функционисања саобраћаја возова на железници Србије нису задовољавајући те је потребно предузети скуп одговарајућих организационих, техничких и других мера за његово побољшање.

### 8.2.12. Истраживање корелационе зависности између величине бруто вучног рада и броја дефеката локомотива

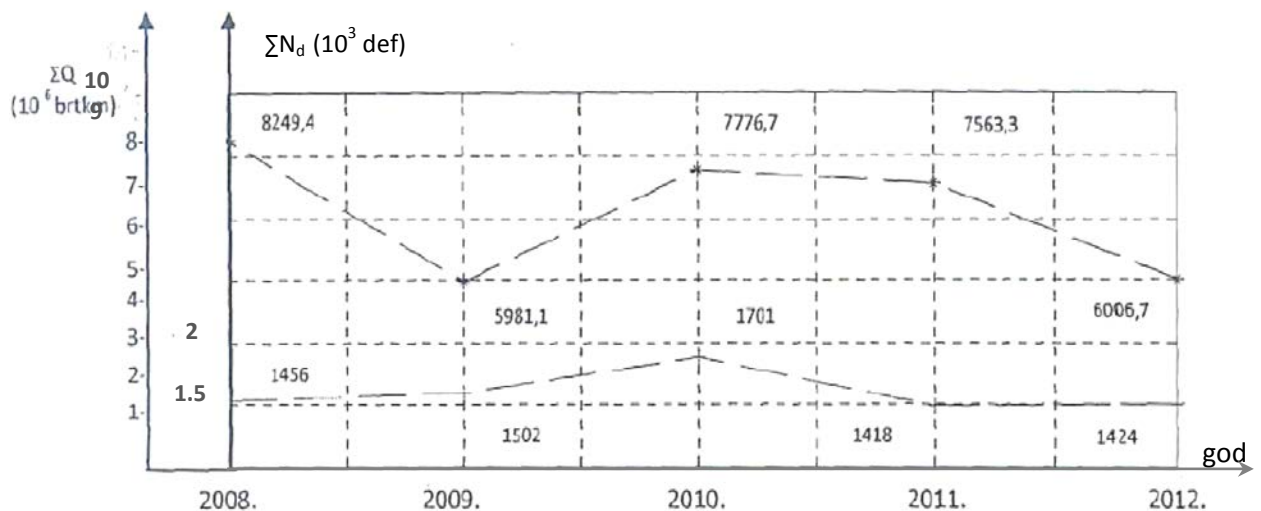
У завршном делу анализе добијених резултата на дијаграму са слике 44. графички је представљено упоредно кретање величине укупно извршено бруто вучног рада  $[\Sigma Q]$  - у милионима брутотонских километара ( $10^6$  brtkm) и укупног броја дефеката свих локомотива посматраних серија по годинама посматраног петогодишњег периода у циљу утврђивања јачине корелативне зависности између двеју назначених величина.

Одабране величине имају следеће ознаке и значења.

- ❖ обележје величине  $X$  – представља укупно извршени бруто вучни рад ( $\Sigma Q$ ) свих локомотива по годинама посматраног периода исказаном у  $10^6$  brtkm и
- ❖ обележје величине  $Y$  – представља укупни број дефеката свих локомотива ( $\Sigma N_d$ ) посматраних серија који су се догодили по годинама посматраног периода.

Подаци са наведеним обележјима ( $X_i, Y_i$ ) дати су у табели 48.

На основу вредности о овим величинама датим у табели 48. систематизовани су подаци за утврђивање корелационе зависности између посматраних величина ( $X$  и  $Y$ ), чији је дијаграм кретања по годинама посматраног периода приказан графиконом на слици 44.



Извор: [68]; [69]

Слика 44. Графички преглед кретања бруто вучног рада у бруто тонским километрима и укупног броја дефеката локомотива по годинама посматраног периода

Табела 48. Подаци утврђивања корелационе зависности величина извршеног бруто вучног рада (у brtkm) и броја дефеката свих локомотива посматраних серија на Железници Србије у периоду 2008. – 2012. године

Год.	$X_i$ [10 <sup>6</sup> brtkm]	$Y_i$ -број дефеката	$X_i^2$	$Y_i^2$	$X_i Y_i$
2008.	8249,4	1456	68032600,36	2119936	12011126,4
2009.	5981,1	1502	35773557,21	2256004	8983612,2
2010.	7776,7	1701	60477062,89	2893401	13228166,7
2011.	7563,3	1418	57203506,89	2010724	10724759,4
2012.	6006,7	1424	36080444,89	2027776	8553540,8
N=5	$\Sigma X_i=35577,2$	$\Sigma Y_i=7501$	$\Sigma X_i^2=257587172,24$	$\Sigma Y_i^2=11307841$	$\Sigma X_i Y_i=53501205,5$

Спровођењем методе корелационе анализе између назначених двеју променљивих величина утврђена је вредност коефицијента линеарне корелације из података табеле 48. по формули:

$$r_{xy} = \frac{N \cdot \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{N \cdot \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \cdot \sqrt{N \cdot \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2}} \leq \pm 1$$

те је на основу установљених података добијена вредност за коефицијент линеарне корелације:

$$r_{xy} = \frac{5 \cdot 53501205,5 - (35577,2)(7501)}{\sqrt{5 \cdot (257587121,24) - (35577,2)^2} \cdot \sqrt{5 \cdot 11307841 - (7501)^2}} = 0,882$$

Како је добијена вредност коефицијента линеарне корелације релативно висока па имамо потврђену важећу законитост да су вечине X и Y међусобно потпуно истосмерно линеарно зависне, чиме је потврђена хипотеза да постоји висока линеарна корелациона зависност између укупно извршеног бруто вучног рада и броја дефеката локомотива у току њихове експлоатације, што потврђује и познати став да са повећањем рада локомотива у току времена сукцесивно долази до трошења (раубовања) њихових саставних делова, а тиме и до слабљења њихове поузданости.



### **8.2.13. Преглед оствареног потврђивања постављених хипотеза**

У теоретском смислу остварени резултати докторске дисертације се односе на потврду формулисаних хипотеза.

Реализовање прве хипотезе је систематски обрађено избором одговарајућих осмишљених модела и показатеља датих у оквиру трећег, четвртог, петог, шестог и седмог поглавља, преко којих се може утврдити остварени ниво експлоатационе поузданости и расположивости рада вучних возила, квалитета и функционисања вуче и саобраћаја возова при извршењу превоза у железничком саобраћају, чиме је потврђена прва хипотеза.

Реализовање друге хипотезе обрађено је преко посебно креираног модела и одабраних параметара временске слике стања исправности вучних возила за дефинисање нивоа расположивости њиховог рада и главних показатеља квалитета превоза и функционисања вуче и саобраћаја возова, што је систематски изложено у оквиру петог и шестог поглавља, чиме је потврђена друга хипотеза.

Реализовање треће хипотезе је систематично обрађено кроз дефинисање модела, критеријума и параметара за реализацију рада и оптимизације расположивости вучних возила, што је изложено у оквиру трећег, четвртог, петог, шестог и седмог поглавља, чиме је потврђена трећа хипотеза.

Реализовање четврте хипотезе систематично је обрађено кроз дефинисање предложеног модела оперативног менаџмента вучних возила и његових параметара чиме се може остварити побољшање контроле и његово ефикасно деловање путем одговарајућих акција управљања, што је изложено у оквиру шестог, седмог и осмог поглавља, чиме је потврђена четврта хипотеза.

У оквиру анализе добијених резултата у осмом поглављу (8.2.10.; 8.2.11.; 8.2.12.) приказани су примери побољшања нивоа расположивости и рационализације рада вучних возила путем деловања појединих максимизираних односно минимизираних параметара стања и одржавања вучног парка.

## 9. ЗАКЉУЧНО РАЗМАТРАЊЕ

Закључно разматрање у овом раду обухвата три дела, од којих се у првом делу даје осврт на остварени научни допринос истраживања, други део се односи на сажету општу оцену постојећег стања на железници Србије, постојеће техничко – експлоатационо стање вучних возила посматраних серија, њихову расположивост рада и узроке таквог стања, у оквиру којег ће се дати и предлог одговарајућих мера за побољшање садашњег стања и трећи део садржи одговарајуће закључке.

### 9.1. Осврт на остварени научни допринос истраживања

У докторској дисертацији под називом: „Развој модела оперативног менаџмента железничких вучних возила“ је научним приступом примене познатих принципа методологије организације научно – истраживачког рада обрађена проблематика система железничког саобраћаја, његових подсистема, њихових саставних елемената и међузависности, при заједничком функционисању, са посебним освртом на поделу рада, организацију и управљање у железничком систему.

У оквиру рада су посебно анализирана вучна возила као сложени технички системи, њихова улога и значај у склопу вучног парка на функционисање и транспортну способност железнице.

У раду је обрађена проблематика оперативног менаџмента на железници са посебним освртом на оперативни менаџмент железничким возилима и главне параметре у његовом деловању при функционисању железнице.

У оквиру дисертације посебно је анализирано постојеће стање функционисања железнице Србије, њен положај на транспортном тржишту и компарација са осталим железницама земаља Европске Уније као и са осталим гранама транспорта у нашој земљи.

Наведена тематика дата у овој дисертацији обрађена је кроз анализу постојећег стања, рада и функционисања железнице Србије, са посебним освртом на истраживање техничког стања услова експлоатације, поузданости и расположивост рада вучних возила што је увек актуелно и од посебне важности за обезбеђење уредног и безбедног функционисања саобраћаја возова код свих железница у свету па и на железници Србије.

Урађена докторска дисертација под напред наведеним називом представља оригиналан и савремен приступ решењу постављеног задатка уз остварени одређени научни допринос изучавању проблема експлоатационе поузданости и расположивости рада вучних возила, који се огледа у изради концепта и креирању методологије за оцену техничког стања и показатеља за утврђивање нивоа експлоатационе поузданости и расположивости рада вучних возила и функционисање саобраћаја возова, као и модела оперативног управљања железничким вучним возилима.

У дисертацији је коришћена обимна, савремена и релевантна литература везана за третирану тематику из области организације рада, менаџмента, конструкције, одржавања и експлоатације вучних возила, статистике, вероватноће, поузданости техничких система, моделирања, програмирања, теорије система, технологије и организације железничког саобраћаја.

Значај ове дисертације огледа се пре свега у могућности практичне примене креиране методологије, параметара и модела за праћење стања исправности, отказа и нивоа расположивости вучних возила, као и нивоа квалитета функционисања саобраћаја возова.

Допринос истраживања у овом раду огледа се у стицању нових сазнања и дефинисању предлога одговарајућих мера везаних за остваривање ефеката на побољшању расположивости рада и менаџмента вучним возилима на железници Србије као и на другим железницама.

На основу спроведеног истраживања дошло се до конкретних знања, модела и резултата који представљају допринос науци у области технологије и организације железничког саобраћаја од значаја су у инжењерској пракси са аспекта унапређења експлоатације, одржавања и расположивости рада вучних возила, а у крајњем исходу и ефикасније функционисање саобраћаја возова.

## **9.2. Оцена постојећег стања на железници Србије, стања вучних возила и предлог мера за њихово побољшање**

Железнице Србије а.д. са око 18000 запослених и монополским положајем у железничком превозу путника и роба није у могућности да приходима од превоза обезбеди довољно средстава за покривање трошкова редовног одржавања инфраструктуре и возних средстава, да улаже у ремонте и модернизацију пруга и возних средстава, и исплату зарада запосленима, те недостајућа средства добија у виду субвенција из буџета Владе Србије у годишњем износу од око 14 милијарди динара која су недовољна.

Програмом Владе Србије, Железнице Србије а.д., су средином 2015. године ушле у процес завршетка започетог реструктурирања којим су трансформисане у три самосталне техничко-технолошке, функционалне и организационе целине и то:

- 1) *„Инфраструктура Железнице Србије“ а.д.*, као железничко предузеће за одржавање пруга и станица и њихове опреме, сигнално-сигурносних и телекомуникационих постројења, као и стабилних постројења електричне вуче на железничкој мрежи Србије.
- 2) *„Србија воз“ а.д.*, као железничко предузеће за превоз путника, тј. путнички саобраћај на железничкој мрежи Србије и

3) „Србија карго“ а.д., као железничко предузеће за превоз робе, тј. за теретни саобраћај на железничкој мрежи Србије.

Инвестиције за модернизацију, потребе ремонта и у нова возна средства се обезбеђују из кредита ЕБРД-а, ЕУРОФИМЕ и комерцијалних банака под релативно повољним финансијским условима. Међутим, услови које постављају кредитори нису повољни за домаће ремонтере који не успевају да достигну стандарде и испуне услове на тендерима како у финансијском смислу (обезбеђење банкарских гаранција) тако и у обиму и квалитету извршених радова који се бодују на тендерима финансираним од стране међународних финансијских институција и комерцијалних банака. У циљу очувања производње код домаћих ремонтера, између осталог и као техничке и научне базе земље у стратешком смислу Влада Републике Србије је новим моделима финансирања обезбедила средства за ремонт одређеног броја вучних возила, путничких и теретних кола који ће урадити домаћи ремонтери Шинвоз, МИН, Желвоз, ГОША, Интермеханика и остали. Међутим у условима економске кризе, новој друштвено-економској ситуацији после изведених приватизација у протеклих десет година, нестанка са привредне сцене великог броја некадашњих привредних гиганата и пратећих коопераната, који су својим потребама за превозом великих количина роба били сигурни корисници железничког превоза, данас су такви токови роба, потребе малих и средњих предузећа, а и усмерење државе на изградњу путева и мали обим производње, депопулација и измена демографске слике читавих региона у држави су дали примат друмском превозу путника и роба. У 2012. години Железнице Србије су превезле 16,53 милиона путника и око 9,625 милиона тона робе и сви показатељи су за 25-30% лошији у односу на 2011. годину.

У протеклом периоду који траје дуже од две деценије, делатност железнице на подручју Србије обавља се у условима тешког привредно-економског стања наше земље, ратова и санкција, који су имали свог утицаја на услове функционисања, експлоатације, одржавања и расположивости свих инфраструктурних капацитета, возних средстава па и на расположивост вучних возила свих серија, као и на укупно пословање Железнице Србије.

Незадовољавајуће техничко стање постојећих вучних возила на Железници Србије карактерише велики број дефеката и висок проценат укупне имобилизације посматраних вучних возила који се у годинама посматраног периода кретао од 32% до 65% што је имало одраза на веома низак ниво њихове расположивости рада тако да се код њих коефицијент оперативне расположивости кретао од 0,41 до 0,90 у току посматраног петогодишњег периода, код посматраних серија вучних возила.

Недостатак средстава за редовно инвестиционо одржавање вучних возила превазилази се и мерама као што је уведено продужење критеријума претрчаних километара за још 100.000 km, у вези чега је одлуком Управног одбора „Железнице Србије“ а.д. формирана комисија која прати рад одређеног броја вучних возила, а ова донета мера не доноси трајно, системско решавање проблема, већ представља покушај

да се максимално искористе ресурси ионако старих и неодговарајуће одржаваних вучних возила. Последице су очекиване, повећан број дефеката, честа обрада точкова, повећан степен имобилизације, смањење оперативне расположивости, и увећање трошкова предстојећих инвестиционих оправки.

У извештајима [68] оцењено је да су неповољни услови привредно-економског стања и пословања Железнице Србије из предходног дугогодишњег периода присутни и у садашњем времену, а оптерећени су многим, од раније познатим, тешкоћама економске, организационе и техничко-технолошке природе, који се испољавају кроз следеће слабости:

- ❖ тешко економско стање, отежани услови привређивања и дугогодишња финансијска неликвидност;
- ❖ недовољна величина средстава субвенције, која Влада Србије у оквиру годишњих државних буџетних планова, обезбеђује за нормално функционисање Железнице Србије;
- ❖ недостатак потребних финансијских средстава за одржавање, модернизацију и развој инфраструктуре и обнављање возних средстава првенствено вучних возила, и осталих возних средстава;
- ❖ недостатак потребне величине обртних средстава за услове нормалног текућег пословања за обављање делатности одржавања вучних возила и осталих возних средстава;
- ❖ недостатак потребних резервних делова за оправке вучних возила;
- ❖ недовољна опремљеност и недостатак капацитета у локомотивским депоима и радионицама за одржавање вучних возила и осталих возних средстава;
- ❖ неодговарајућа подела рада, организација и недовољна технолошка дисциплина по извршним јединицама за одржавање вучних возила, и на крају
- ❖ непотпуно кадровско обезбеђење извршних јединица са специјализованим и стручно оспособљеним кадровима за дефектажу и оправке вучних возила према њиховим типовима, односно серијама.

Напред наведене карактеристике неповољног економског стања пословања Железнице Србије имале су утицај на неповољно стање вучног парка, а у оквиру њега и на незадовољавајуће техничко стање дела активног инвентарског вучног парка посматраних вучних возила чија је основна карактеристика њихова врло велика старост.

- ❖ Од укупно 53 локомотиве активног инвентарског парка код 31 дизел електричне локомотиве серије 661 (око 58,5%) старост износи 51-55 година док код 7 локомотива (око 13,5%) ове серије старост се креће између 40-50 година те је свима њима препоручен век експлоатације истекао, а код преосталих 15 локомотива ове серије (око 28%) старост се креће између 30 и 39 година, јер млађих нема. Код свих дизел моторних возова серије 812

(шинобуси) препоручени век експлоатације је одавно истекао јер њихова просечна старост износи 50,8 година, а њихов препоручени век експлоатације према UIC износи 25 година.

- ❖ Од укупног броја 135 електролокомотива свих серија, свега је 38 локомотива (око 28%) старости до 10 година, у оквиру којег се налази свих 30 локомотива тј. 22% серије 444 и 8 локомотива тј. 6% серије 461.
- ❖ У оквиру укупног броја електролокомотива, свега је 6 локомотива тј. око 4% старости између 20 и 29 година јер млађих нема и све припадају серији 441.
- ❖ Затим код 55 електролокомотива тј. око 41% укупног броја, старост се креће између 30 и 39 година, у оквиру којих је 23 локомотиве серије 441 (око 17%) и 32 локомотиве су серије 461 (око 24%) и свима њима препоручени век експлоатације приближава се граници истицања.
- ❖ И на крају код 36 свих електролокомотива (тј. око 27% укупног броја) старост се креће између 49 и 45 година, у оквиру којих се налази 21 локомотива (тј. око 16%) серије 441 и 15 локомотива серије 461 (тј. око 11%) и свима њима препоручени век експлоатације је већ истекао.

Како препоручени век експлоатације од стране UIC-а (Међународне железничке уније) за посматране локомотиве износи 40 година, те је у том погледу препоручени век експлоатације код већег броја посматраних дизел електричних локомотива (око 39%) одавно истекао, а код одређеног броја локомотива тај век кроз једну годину ће истећи. Међутим, и поред своје велике старости, животни век локомотива посматраних серија још увек траје.

Просечна старост електромоторних возова серије 412 износи 27,5 година, а препоручени век њиховог трајања према UIC-у износи 30 година, што значи да им је век експлоатације близу границе истицања

Узроци незадовољавајућег техничког стања исправности и расположивости посматраних вучних возила су вишеструки [68], а у основи су следећи:

- ❖ истрошеност појединих делова код вучних возила због њихове велике старости,
- ❖ недовољна финансијска средства улагања у текуће и инвестиционо одржавање вучних возила,
- ❖ неблаговремено обезбеђење и недостатак довољне количине резервних делова и материјала за текуће и инвестиционо одржавање вучних возила,
- ❖ недовољно, односно делимично извршавање годишњих планова редовних оправки вучних возила у протеклом периоду,
- ❖ нагомилавање неисправних вучних возила посматраних серија у реду за чекање на оправке услед изостајања њиховог одржавања у континуитету

(због неуредног обављања планираних редовних оправки и ванредних ванпланских оправки),

- ❖ непридржавање прописаних рокова, обима радова и техничких норматива према техничким упутствима за одржавање вучних возила код извршавања појединих контролних прегледа и оправки,
- ❖ непотпуна и неодговарајућа дефектажа код дефинисања правог узрока квара и евентуалних пропуста у одржавању, односно експлоатацији, који су до њега могли довести, при чему треба нагласити да код 13,8% кварова електролокомотива и код 8% кварова дизел локомотива серије 661 узроци кварова нису утврђени, што указује на недовољну стручност кадрова који те задатке обављају,
- ❖ недостатак одговарајуће техничке документације за одржавање,
- ❖ неефикасност постојећег система одржавања вучних возила уз велика времена њиховог задржавања на оправкама,
- ❖ непотпуност евиденција и података и информационог система за праћење стања, прикупљање, пренос и обраду података о насталим кваровима и извршеним оправкама, и др.

Због деловања напред наведених узрока за последицу таквог стања био је присутан стални пораст процента имобилизације вучних возила посматраних серија, који сада достиже до 65% и стално опадање броја исправних вучних возила за рад, што не задовољава ни потребе садашњег обима саобраћаја, а још мање за његово повећање у будућности.

- ❖ Из напред наведених разлога постојећи вучни парк се мора обнављати или набавком нових или реконструкцијом и модернизацијом постојећих вучних возила.
- ❖ Набавка, односно куповина нових вучних возила због бројних проблема и тешкоћа постојећег економског стања који су присутни сада, а биће и у наредном релативно дугогодишњем периоду, није остварљива јер су вучна возила са перформансама вучних возила постојећих серија врло скупа средства.
- ❖ Као друга могућност обнављања вучног парка електро и дизел вуче, преостаје ревитализација постојећих електричних локомотива серија 441, 444 и 461 и дизел локомотива серије 661 која би обухватила њихову реконструкцију и одговарајуће модификације. Имајући у виду своје економске могућности Железнице Србије су још раније планирале [76] да се као вишеструко јефтиније и задовољавајуће решење, у периоду 2003. - 2005. године изврши реконструкција 45 локомотива серије 661, али се са реализацијом овог задатка стало због стално присутних економских тешкоћа у пословању Железнице Србије.

- ❖ Предлог овог решења треба активирати а његову реализацију предвидети у наредним годишњим плановима пословања Железнице Србије у периоду до 2020. године.

Процењује се да би реконструкцијом и модернизацијом уз обављање одређених модификација код локомотива посматраних серија, њихов технички век био продужен на још 15 до 20 година.

Полазећи од напред извршених анализа и датих оцена о постојећем стању, проблемима и утицајним факторима неповољног стања, у циљу побољшања техничке исправности и расположивости рада посматраних вучних возила на Железници Србије, *предлажу се следеће мере које треба предузети у наредном периоду:*

- ❖ потребно је урадити план и програм дугорочног одрживог развоја система електричне и дизел вуче, у складу са будућим развојем и потребама привреде за превозима железницом на пругама Железнице Србије,
- ❖ потребно је сачинити план и програм оправдане реконструкције и модификације одређеног броја постојећих локомотива серије 441 и 461,
- ❖ потребно је сачинити план и програм ревитализације тиристорских локомотива серије 444 и електромоторних возова серије 412,
- ❖ потребно је сачинити план и програм реконструкције и модификације одређеног броја постојећих дизел-електричних локомотива 661 на Железници Србије и усагласити са новим техничким и еколошким стандардима у погледу енергетске ефикасности и смањења емисије штетних материја,
- ❖ потребно је сачинити план извршења касације оних локомотива серије 441, 461 и 661 чије даље оправљање није технички и економски оправдано,
- ❖ потребно је у годишњим плановима пословања предузећа „Србија воз“ а.д., „Србија карго“ а.д. и на Железници Србије за 2017., 2018., 2019. и 2020. годину предвидети начин обезбеђења потребних финансијских средстава и динамику извршења реконструкција локомотива серије 441, 461 и 661 и електромоторног воза серије 412 као и набавку нових дизел моторних возова (серије 711) и електромоторних возова (серије 413/417) који би заменили истрошене шинобусе и електромоторне возове серије 412,
- ❖ потребно је годишњим плановима пословања А.Д. „Србија воз“ и „Србија карго“ обезбедити реално потребна финансијска средства за одржавање локомотива 441, 444, 461, 661, и електромоторних возова серије 412,
- ❖ потребно је правовремено утврдити годишње, кварталне и месечне планове текућег инвестиционог одржавања електричних и дизел електричних вучних возила и контролисати њихово потпуно и стриктно извршавање,



- ❖ потребно је обезбедити потребна финансијска средства за оптималну количину набавке и континуирани прилив потребних резервних делова за уредно извршавање одржавања свих вучних возила,
- ❖ потребно је увести допунско специјалистичко обучавање стручњака електро и машинске струке за перманентан и квалитетан рад комисија за дефектажу и дијагностицирање стања техничке исправности вучних возила по локомотивским депоима и радионицама, састављену од компетентних стручњака,
- ❖ потребно је организовати квалитетан рад контролно-пријемних органа који би вршили пријем оправљених вучних возила при радионицама унутар железнице и код ремонтера где се обавља одржавање електричних и дизел вучних возила,
- ❖ треба предузети неопходне мере организационо-техничке природе да се прописани контролно-технички прегледи код свих вучних возила извршавају у потпуности како по обиму и садржини тако и по квалитету сходно прописаним одредбама важећих прописа,
- ❖ и на крају, потребно је побољшати постојећи информациони систем у одржавању и експлоатацији вучних возила и начин вођења евиденција о укупном времену које вучна возила проведу у отказу, рашчлањано на времена чекања оправке због организационе и логистичке припреме и на време стварног извршења оправке, како би се могло утицати на скраћење укупног времена задржавања вучних возила у оправкама и тиме повећало време исправности и време рада вучних возила, а за ту сврху треба формирати базу података и извршити умрежавање свих организационих јединица за одржавање и вучу возова, како би технички подаци у електронском облику и у реалном времену били доступни, чиме би се омогућило праћење рада вучних возила у дужем временском периоду њихове експлоатације како за потребе организација унутар Железнице Србије, тако и за потребе заинтересованих истраживача на факултетима, институтима и другим научним институцијама.

Реализација предложених мера допринела би повећању броја исправних вучних возила у укупном вучном парку за побољшање њиховог техничког стања, нивоа поузданости и расположивости рада за потребе експлоатације на Железници Србије у наредном периоду уз истовремено повећање нивоа безбедности и уредности и укупне ефикасности железничког саобраћаја.

### 9.3. Закључци

На основу теоријских разматрања, извршених анализа и добијених резултата истраживања закључује се следеће.

- ❖ Постојеће стање посматраних вучних возила вучног парка на Железници Србије у техничко-експлоатационом погледу је слабо и оцењује се као незадовољавајуће за садашње потребе саобраћаја, уз напомену да она по бројности и заступљености чине највећи део (око 62,8%) вучног парка свих серија у вучном систему на Железници Србије.
- ❖ Електрична и дизел вучна возила посматраних серија у садашњим условима експлоатације на Железници Србије чине основу система електро и дизел вуче, и служе за функционисање саобраћаја и вучу возова на електрифицираним и неелектрифицираним пругама.
- ❖ Слабо и незадовољавајуће техничко стање вучних возила посматраних серија испољава се у великом броју дефеката, високом проценту имобилизације са тенденцијом његовог раста и са ниским нивоом њихове експлоатационе поузданости и расположивости рада. Распоживост рада посматраних вучних возила је стално на ниском нивоу и има тренд сталног опадања у току посматраног петогодишњег периода.
- ❖ Садашње слабо техничко стање посматраних вучних возила проузроковано је углавном због њихове велике старости и дугог века експлоатације, нередовног и неодговарајућег одржавања уз недовољну ефикасност постојећег система одржавања на Железници Србије.
- ❖ Постојећи систем одржавања на Железници Србије није довољно ефикасан и није на задовољавајућем нивоу због недовољног улагања, непотпуне логистичке подршке, недовољног и неблаговременог обезбеђења резервних делова за потребе одржавања вучних возила, а све то генерално је утицало на низак ниво њихове ниске техничке исправности, односно висок проценат имобилизације, велико време задржавања на оправкама, што је све напред наведено у крајњем исходу утицало на низак ниво експлоатационе поузданости и расположивости рада посматраних вучних возила.
- ❖ Вучна возила посматраних серија као сложени технички системи у току досадашњег дугогодишњег века експлоатације показала су се као вучна средства робусне конструкције са погодним карактеристикама у погледу вучних способности, режима рада и одржавања, те поред своје велике старости и сада имају своју функционалну способност, употребну вредност и још увек одолевају садашњем незадовољавајућем стању њиховог одржавања на железници Србије.

- ❖ На основу стечених дугогодишњег искуства из праћења понашања посматраних вучних возила у експлоатацији и одржавању на нашим и другим железницама из нашег окружења које их имају као и тренутних економских могућности Железнице Србије, оцењено је као целисходно да се код ових вучних возила предузму одређене мере у циљу њихове ревитализације и побољшања техничког стања.
- ❖ Да би се побољшало техничко стање и повећао број расположивих вучних возила посматраних серија потребно је предузети одређене реконструкције и модификације на њима како је наведена у претходно датом предлогу мера чиме би се продужио век њихове експлоатације.
- ❖ У циљу побољшања техничког стања посматраних вучних возила свих серија потребно је побољшати ефикасност постојећег система одржавања увођењем система агрегатне замене делова и склопова уз постепени прелазак од принципа превентивног одржавања на принцип одржавања према њиховом дијагностификованом стању.
- ❖ Предузимањем и спровођењем напред предложених мера побољшало би се техничко стање и број исправних вучних возила а уз то и ниво њихове експлоатационе поузданости и расположивости рада на Железници Србије.
- ❖ Креирану методологију за оцену актуелног техничко-експлоатационог стања избором одговарајућих индикатора техничког стања, показатеља интензитета коришћења, као и скупа показатеља за одређивање нивоа ефикасности саобраћаја, експлоатационе поузданости и расположивости рада на примеру вучних возила посматраних серија на железници Србије, могуће је применити код вучних возила других серија на нашој железници као и код других железничких управа ради њихове међусобне компарације.
- ❖ За даљи наставак ових истраживања у овој области потребно је приступити изради посебног пројекта, односно студије извођења реконструкције и модификација постојећих електричних локомотива и дизел локомотива серије 661 као и једног пројекта за осавремењавање и побољшање ефикасности система одржавања на Железници Србије.

С обзиром на текућу реформу Железнице Србије и прелазак на нов начин организације, уз императив рационализације трошкова пословања, предложене мере и у овим условима се могу имплементирати и допринети ефикаснијем пословању. Будући да се у свету и Европи повећева улагање у железнички саобраћај, у складу са директивама ЕУ, због његових познатих компаративних предности са економског, еколошког, енергетског и безбедносног аспекта, није потребно посебно наглашавати значај железнице за развој наше државе и привреде, посебно узимајући у обзир географски положај Србије, већ је неопходно хитно приступити озбиљном решавању проблема железнице на државном нивоу, активирањем привредних потенцијала и обнављању производње базичних привредних грана у земљи, што би омогућило

повећано учешће железничког саобраћаја у превозу роба и путника у односу на друге видове саобраћаја. Започети процес трансформације и модернизације наше железнице ће и у оптималним условима трајати бар једну до две деценије, док се не заврши модернизација вучног парка, реконструкција и електрификација планираних деоница пруга, стога ће вучна возила посматраних серија још дуго бити водеће серије у вучном парку железнице Србије, те ће предложене мере и закључци уколико се имплементирају, поред повећања расположивости рада вучних возила имати и своју економску оправданост.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Адамовић Ж., Бешић Ц., „Одржавање техничких система“, Академија инжењерства одржавања, Друштво за техничку дијагностику Србије, Београд 2008. године;
2. Адамовић М., „Увод у саобраћај“, Саобраћајни факултет, Београд 2003. године;
3. Сајферт З., Адамовић Ж., Бешић Ц., „Менаџмент знања“, Технички факултет „Михајло Пупин“, Зрењанин, 2005. године;
4. Сајферт З., Ђорђевић Д., Бешић Ц., „Менаџмент трендови“, Технички факултет „Михајло Пупин“, Зрењанин, 2006. године;
5. Стојадиновић С., Бешић Ц., Десница Е., „Основи производних технологија“, Технички факултет „Михајло Пупин“, Зрењанин, 2006. године;
6. Булат В., „Теорија организације“, Информатор, Загреб, 1977. године;
7. Адамовић Ж., Бешић Ц., Тасић И., Курузовић П., Адамовић Д., „Техничка дијагностика“, Друштво за техничку дијагностику Србије, Београд 2006. године;
8. Бешић Ц., Ђорђевић Д., „Бенчмаркинг, Технички факултет Чачак, Чачак 2007. године;
9. Адамовић Ж., Бешић Ц., „Одржавање техничких система“, Академија инжењерства одржавања, Друштво за техничку дијагностику Србије, Желнид, Београд, 2008. године;
10. Рајков М., „Теорија система“, ФОН Београд, 1997. године;
11. Адамовић Ж., Томашевић Ж., „Методологија НИР – статистичке методе у истраживању“, Универзитет у Новом Саду, Сомбор, 2007. године;
12. Божић В., Живановић С., „Економика саобраћаја са елементима логистике“, Економски факултет, Београд 2001. године;
13. Кларин М., и др., „Принципи теротехнолошких поступака“, Машински факултет, Београд, 1994. године;
14. Пајић Д., „Вучна возила – машински део“, Завод НИД ЈЖ Београд, 1981. године;
15. Вујановић Н., „Теорија поузданости техничких система“, Војни НИЦ, Београд, 1990. године;
16. Вукадиновић С., Тодоровић Д., „Поузданост техничких система“, Саобраћајни факултет, Београд, 1982. године;
17. Динић Д., „Електрична вучна возила и вуча возова“, Саобраћајни факултет, Београд, 1996. године;
18. Јусуфранић И. Бешић Ц., „Пословна логистика“, Универзитет у Травнику, Факултет за привредну и техничку логистику, Травник, 2009. године;

19. Бешић Ц., Сајферт З., Дамњановић А., „Менаџмент промена“, Технички факултет, Чачак, Универзитет у Крагујевцу, 2009. године;
20. Бешић Ц., Николић М., Дамњановић А., „Стратегијски менаџмент“, Технички факултет, Чачак, Универзитет у Крагујевцу, 2010. године;
21. Nielsen L.K., „Rolling stock rescheduling in passenger railways: applications in short term planning and disruption management“, Erasmums Research Institute of Management – ERIM, University of Rotterdam, 2011. године;
22. Spliet R., „Veichle routing with uncertain demand“, Erasmus Research Institute of Management – ERIM, University of Rotterdam, 2013. године;
23. Dellvoet T., „Delay management and dispatching in railways“, Erasmus Research Institute of Management – ERIM, University of Rotterdam, 2013. године;
24. Jespersen-Groth J., Potthoff D., Clausen J., Kroon I., Marati G., „Disruption management in passenger railway transportation“, Springer, 2009. године;
25. Maroti G., „Operation research models for railway tolling stock planning“, Technische Universiteit Eindhoven, 2006. године;
26. Goosens J.H.M., „Models and algorithms for railway line planning problems“, University of Maastricht, 2004. године;
27. Ероп С., „Организација и технологија железничког саобраћаја“, Саобраћајни факултет Београд, 2003. године;
28. Вешовић В., Бојовић Н., Кнежевић Н., „Организација саобраћајних предузећа“, Саобраћајни факултет, Београд, 2007. године;
29. Вешовић В., „Менаџмент у железничком саобраћају“, Саобраћајни факултет, Београд, 2008. године;
30. Чекић Ш., Бошњак И., „Менаџмент у транспорту и комуникацијама“, Универзитет у Сарајеву и Свеучилиште у Загребу, Сарајево и Загреб, 2000. године;
31. Пејчић-Тарле С., Бојовић Н., „Европска политика одрживог развоја транспорта“, Саобраћајни факултет, Београд, 2012. године;
32. Вешовић В., „Стратешки менаџмент у саобраћају и комуникацијама“, Факултет за саобраћај, комуникације и логистику, Беране, 2009. године;
33. Чичак М., „Моделирање у железничком саобраћају“, Саобраћајни факултет, Београд 2003. године;
34. Ранђић Д., Богетић С., „Менаџмент у саобраћају“, Београдска пословна школа – В.Ш.С.С., Београд, 2010. године;
35. Чичак М., Весковић С., „Организација железничког саобраћаја 2“, Саобраћајни факултет, Београд, 2005. године;
36. Мандић Д. „Организација вуче возова“, Саобраћајни факултет, Београд 2002. године;
37. Ковачевић П., „Експлоатација железница“, Желнид, Београд 1988. године;

38. Бојовић Н., „Управљање железничким саобраћајем и транспортом“, Саобраћајни факултет, Београд, 2007. године;
39. Вукадиновић С., Поповић Ј., „Математичка статистика“, Саобраћани факултет, Београд, 2008. године;
40. Грујић М., „Менаџмент на железници“, Желнид, Београд, 1999. године;
41. Тодоровић Ј., „Инжењерство одржавања техничких система“, Југословенско друштво за моторе и моторна возила, Београд, 1993. године;
42. Тепић Ј., „Вуча возова“, Факултет техничких наука, Нови Сад, 2007. године;
43. Копић Ђ., „Технологија железничког саобраћаја“, Факултет техничких наука, Нови Сад, 2008. године;
44. Институт „Кирило Савић“, „Модел сложених система у саобраћају“, Београд, 1979. године;
45. Лучанин В., „Теорија вуче“, Машински факултет, Београд, 1996. године;
46. Петровић Д., Александров В. „Железничка возила - основе“, Универзитет у Крагујевцу, Факултет за машинство и грађевинарство у Краљеву, 2013. године;
47. Вукадиновић В., „Истраживање расположивости рада локомотиве серије 661\_магистарски рад“, Факултет техничких наука, Нови Сад, 2013. године;
48. Динић Д., „Вуча возова“, Желнид, Београд, 1986. године;
49. Шида С. „Вуча возова“, Виша железничка школа, Београд, 1986. године;
50. Мијанац Р., „Одржавање железничких возила“, В.Ж.Ш., Београд, 2004. године;
51. „Правилник о одржавању железничких возила“, ЈЖ Београд, 1997. године;
52. „Правилник о вучи возова“, ЈЖ Београд 1997. године;
53. „Правилник о ванредним догађајима на железници“, ЈЖ Београд, 1997. године;
54. Завада Ј., „Железничка вучна возила и вуча возова“, Свеучилиште у Загребу, Факултет прометних знаности, Загреб, 2006. године;
55. Стаменковић Д., „Одржавање железничких возила“, МФ, Ниш, 2011. године;
56. Ковач К., „Методологија утврђивања квалитета, поузданости и сигурности железничких вучних возила“, Монографија, НИПД ЗЈЖ, Београд, 1987. године;
57. Александров В. „Одржавање железничких возила“, Желнид, Београд 2000. године;
58. Зеленика Р., „Логистички сустави“, Економски факултет, Ријека, 2005. године;
59. Вукадиновић Р., „Експлоатација железница“, Желнид, Београд, 1998. године;

60. Радосављевић А., Кожуљ Т., Бечејац Љ., „Техничко-експлоатационе карактеристике вучних возила на ЖЗ“, Желнид, Београд, 1998. године;
61. Закон о железници Републике Србије, 2013. године;
62. Директива Европске Уније 2004/49/ЕС, од 29.04.2013. године;
63. Директива Европске Уније 2009/149/ЕС од 2009. године;
64. Handbook of Transport Statistics in the UNECE Region 2008, 2009, 2010, 2011, 2012 године, Geneve 2013. године;
65. Statistique des chemins de fer – Synthèse, 2008., 2009., 2010., 2011., 2012. године; UIC Paris
66. Статистички годишњак Републике Србије за период 2008. – 2012. године;
67. Статистике Железнице Србије за период 2008. – 2012. године;
68. Извештаји о функционисању саобраћаја на Железници Србије за период 2008. – 2012. године;
69. Оперативне евиденције и извештаји о експлоатационом раду вучних возила у вучном парку Железнице Србије за период 2008. – 2012. године;
70. Извештаји о пословању Железнице Србије за период 2008. – 2012. године;
71. <http://www.uic.eu>
72. <http://www.srbail.rs>, ([www.zeleznicesrbije.com](http://www.zeleznicesrbije.com))
73. Костадиновић С.,: „Терминологија у железничком саобраћају“, Београд .
74. Белман Р. Дрејфус., „Прикладни задаци динамическог програмирања“, „Наука“, Москва, 1985. године
75. Зборник радова са XV међународне научне конференције „Транспорт - 2005“, Софија, 2005. године
76. Зборник радова са научно – стручне конференције Машинског факултета Универзитета у Нишу „Желкон“, 2002. године;
77. Зборник радова са научно – стручне конференције Машинског факултета Универзитета у Нишу „Желкон“, 2004. године;
78. Зборник радова са научно – стручне конференције Машинског факултета Универзитета у Нишу „Желкон“, 2006. године;
79. Зборник радова са научно – стручне конференције Машинског факултета Универзитета у Нишу „Желкон“, 2008. године;
80. Зборник радова са научно – стручне конференције Машинског факултета Универзитета у Нишу „Желкон“, 2010. године;
81. Зборник радова са научно – стручне конференције Машинског факултета Универзитета у Нишу „Желкон“, 2012. године
82. Часописи „Железнице“, З.Ј.Ж. „Београд“, у периоду 1992. – 2006. године;
83. Зборник радова са научно-стручног тематског саветовања „Саобраћај у ванредним условима“, Виша железничка школа, Београд, 2006. године;