

**RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE**

**Aivis GRĪSLIS**

**AUTOTRANSPORTA LĪDZEKĻU GARU SASTĀVU  
IESPĒJAMĀS IZMANTOŠANAS ANALĪZE DALĀMU  
KRAVU PĀRVADĀJUMIEM**

**Promocijas darba kopsavilkums**

**Rīga 2010**



**RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE**

Transporta un mašīnzinību fakultāte

Autotransporta institūts

**Aivis GRĪSLIS**

Doktora studiju programmas „Transports” doktorants

**AUTOTRANSPORTA LĪDZEKĻU GARU SASTĀVU  
IESPĒJAMĀS IZMANTOŠANAS ANALĪZE DALĀMU  
KRAVU PĀRVADĀJUMIEM**

Promocijas darba kopsavilkums

Zinātniskais vadītājs  
Dr. sc. ing., profesors  
G. LIBERTS

Rīga 2010

UDK 656.135(043.2)

Gr 625 a

**Grīslis A.**

Autotransporta līdzekļu garu sastāvu iespējamās izmantošanas analīze dalāmu kravu pārvadājumiem. Promocijas darba kopsavilkums. – R.: RTU, 2010. – 34 lpp.

Iespiests saskaņā ar „RTU P-20” promocijas padomes 2010. gada 21. jūnija lēmumu, protokols Nr. 02/2010.



Šis darbs izstrādāts ar Eiropas Sociālā Fonda atbalstu Nacionālās programmas „Atbalsts doktorantūras programmu īstenošanai un pēcdoktorantūras pētījumiem” projekta „Atbalsts RTU doktorantūras attīstībai”.

Šis darbs izstrādāts ar Eiropas Sociālā fonda atbalstu projektā „Atbalsts RTU doktora studiju īstenošanai”.

ISBN .....

**PROMOCIJAS DARBS  
IZVIRZĪTS INŽENIERZINĀTŅU DOKTORA GRĀDA IEGŪŠANAI  
RĪGAS TEHNISKAJĀ UNIVERSITĀTĒ**

Promocijas darbs inženierzinātņu doktora grāda iegūšanai tiek publiski aizstāvēts 2010. gada 29. decembrī plkst. 14:30 Rīgas Tehniskās universitātes Transporta un mašīnzinību fakultātes Transportmašīnu tehnoloģiju institūta telpās, Rīgā, Lomonosova ielā 1, V korpuss, 218. auditorijā.

**OFICIĀLIE RECENZENTI**

Profesors, Dr. sc.ing. Juris Rihards NAUDŽUNS  
Rīgas Tehniskā universitāte, Latvija

Profesors., Dr.sc.ing. Māris ĶIRŠIS  
Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Latvija

Profesors, Dr. Habil. Jonas SAPRAGONAS  
Kauņas Tehnoloģiju universitāte, Lietuva

Profesors, Dr. oec. Konstantīns DIDENKO  
Rīgas Tehniskā universitāte, Latvija

**APSTIPRINĀJUMS**

Apstiprinu, ka esmu izstrādājis doto promocijas darbu, kas iesniegts izskatīšanai Rīgas Tehniskajā universitātē inženierzinātņu doktora grāda iegūšanai. Promocijas darbs nav iesniegts nevienā citā universitātē zinātniskā grāda iegūšanai.

Aivis Grīslis

Datums: 2010. gada 15. septembrī.

Promocijas darbs ir rakstīts latviešu valodā, tā apjoms ir 184 lapaspuses, darbā ievietoti 62 attēli un 24 tabulas, aprakstā ir iekļautas atsauces uz 130 informācijas avotiem; Promocijas darbs papildināts ar 9 pielikumiem. Darba kopējais apjoms ir 243 lapaspuses.

## ANOTĀCIJA

Promocijas darbs „Autotransporta līdzekļu garu sastāvu iespējamās izmantošanas analīze dalāmu kravu pārvadājumiem” ir izstrādāts ar mērķi analizēt autotransporta līdzekļu garu sastāvu iespējamās izmantošanas dalāmu kravu pārvadājumos prognozēto ietekmi uz ceļu satiksmes drošību un autopārvadājumu efektivitāti. Par pētījumu objektu izvēlēti autotransporta līdzekļu gari sastāvi (ATLGS), kas atbilst Eiropas Modulārās Sistēmas (*European Modular System*) koncepcijai un ir atļauti atsevišķās Eiropas Savienības dalībvalstīs.

Promocijas darbā izstrādāta detalizēta autotransporta līdzekļu garu sastāvu klasifikācija, analizēta attiecīgās jomas Eiropas Savienības, Latvijas Republikas un citu Dalībvalstu nacionālā likumdošana, noteikts prognozējamais autotransporta līdzekļu garu sastāvu izmantošanas apjoms Latvijas Republikā, izstrādāts simulāciju modelis autopārvadājumu uzņēmējdarbības projektu analīzes veikšanai, noteikts iespējamais Latvijas autopārvadājumu uzņēmumu ieguvums, pārvadājumu operāciju nodrošināšanai tipveida autotransporta līdzekļu sastāvus (Eiropas Savienībā plaši izmantotie automobīlis-vilcējs ar puspiekabi un kravas automobīlis ar piekabi) aizstājot ar ATLGS, veikta autopārvadājumu uzņēmumu realizētu autopārvadājumu projektu efektivitātes rādītāju salīdzinošā analīze (projektus realizējot ar tipveida ATLS un ATLGS), analizēti autotransporta līdzekļu garu sastāvu manevrējamības parametri un noteiktas ATLGS iespējas pilnvērtīgi izmantot esošo ceļu infrastruktūru, veikti teorētiski ATLGS apdzīšanas manevru parametru aprēķini, kas salīdzināti ar eksperimentāliem ceļu mērījumu rezultātiem, izstrādāts matemātiskās modelēšanas modelis un skaitliski novērtēta autotransporta līdzekļu plūsmas parametru un divjoslu vienas brauktuves autoceļu ģeometrisku parametru ietekme uz ceļu satiksmes negadījumu rašanos, kuros ir iesaistīta viena kravas autotransporta vienība.

Atslēgas vārdi: Autotransporta līdzekļu gari sastāvi (ATLGS), autopārvadājumu efektivitātes analīze, prognožu modeļi, ATL manevrētspēja, apdzīšanas manevri, kravas automobiļu CSNg rašanās cēloņi.

## SATURS

ANOTĀCIJA.....	6
1. PROBLĒMAS AKTUALITĀTE .....	6
2. PĒTĪJUMA MĒRĶIS UN UZDEVUMI.....	6
3. METODOLOĢIJA UN PĒTNIECISKĀS METODES.....	7
4. DARBA ZINĀTNISKĀ NOVITĀTE.....	10
5. DARBA PRAKTISKĀ NOZĪME .....	10
6. PROMOCIJAS DARBA APROBĀCIJA.....	11
7. PROMOCIJAS DARBA STRUKTŪRA UN PĒTĪJUMA REZULTĀTU KOPSAVILKUMS.....	13
1. nodaļa. Problēmas attīstības pārskats.....	13
2. nodaļa. Autotransporta līdzekļu garu sastāvu klasifikācija un to iespējamās izmantošanas analīze.....	13
3. nodaļa. Autotransporta līdzekļu garu sastāvu izmantošanas lietderīguma analīze .....	17
4. nodaļa. Autotransporta līdzekļu garu sastāvu izmantošanas ietekmēto ceļu satiksmes drošības elementu analīze .....	22
Promocijas darbam pievienotie pielikumi .....	32
8. NOBEIGUMS.....	32

## **1. PROBLĒMAS AKTUALITĀTE**

2004. gadā vairāku Latvijas starptautisku kravu autopārvadājumu uzņēmumu intereses aizstāvoša sabiedriskā organizācija vērsās RTU Transporta un mašīnzinību fakultātes Autotransporta institūtā ar sadarbības piedāvājumu veikt pētījumu par Latvijā un Eiropas Savienībā autotransporta līdzekļu un to sastāvu gabarīta izmērus, ass noslodzi un pilnu masu ierobežojošajām likumdošanas normām. Latvijas autopārvadājumu uzņēmumi vēlējās noskaidrot, kāpēc pastāv viņuprāt negodīgas konkurences apstākļi starptautisko kravu pārvadājumu tirgū. Iespaidu par negodīgu konkurenci rada Somijas un Zviedrijas nacionālajā likumdošanā ietvertās normas, kas ļauj veikt dalāmu kravu komerciālus autopārvadājumus izmantojot 25,25 metrus garus autotransporta līdzekļu sastāvus iekšzemes kravu pārvadājumos, bet Latvijas autopārvadātājiem ir liegta līdzvērtīga iespēja. Šobrīd arī Dānija un Nīderlande pieļauj ATLGS izmantošanu uz galvenajiem autoceļiem. Rezultātā starptautisko kravu plūsma no Rietumeiropas ostām uz Krieviju tiek transportēta caur Ziemeļeiropas valstīm. Latvijas autopārvadājumu uzņēmumu ieinteresētība autotransporta līdzekļu garu sastāvu izmantošanā dalāmu kravu pārvadājumiem aktualizē nepieciešamību veikt padziļinātu problēmas izpēti.

Veikto pētījumu un izstrādātā Promocijas darba aktualitāti apstiprina Eiropas Komisijas un vairāku Eiropas Savienības dalībvalstu valdību uzsāktā diskusija un vairāki pētnieciskie projekti par iespējām izmantot autotransporta līdzekļu garus sastāvus komerciālu pārvadājumu veikšanai. Vairākās Eiropas Savienības dalībvalstīs īstenoti reģionāli pētījumi, kuros iegūti dažādi/atšķirīgi rezultāti par autotransporta līdzekļu garu sastāvu radīto relatīvo ieguvumu, vides piesārņojuma samazinājumu, transporta veidu dominanci tirgū un izmantoto autotransporta līdzekļu tehniskajām un satiksmes drošības prasībām. 2009. gadā Eiropā izveidojušās vairākas interešu grupas, kas aktīvi pauž viedokli gan par, gan pret autotransporta līdzekļu garu sastāvu ieviešanai.

Līdz šim Latvijā nav veikti inženiertehniski pētījumi par iespējamo autotransporta līdzekļu garu sastāvu (ATLGS) radīto ietekmi. Promocijas darbs veikts autopārvadājumu pētniecības nolūkos. Darba autors izklāsta tikai veikto pētījumu rezultātus. Apraksta saturs nav mēģinājums aizstāvēt kādas konkrētas sabiedrības grupas viedokli, kā arī tas nav mēģinājums veicināt vai kavēt autotransporta līdzekļu garu sastāvu izmantošanu Latvijā.

## **2. PĒTĪJUMA MĒRĶIS UN UZDEVUMI**

Promocijas darba mērķis ir analizēt autotransporta līdzekļu garu sastāvu iespējamās izmantošanas dalāmu kravu pārvadājumos prognozēto ietekmi uz ceļu satiksmes drošību un autopārvadājumu efektivitāti. Izvirzītā mērķa sasniegšanai izvirzīti vairāki uzdevumi, kuru izpildes darba gaita, iegūtie rezultāti un secinājumi apkopoti promocijas darba apakšnodaļās. Katra darba apakšnodaļa veltīta viena konkrēta uzdevuma risināšanai.

### **Promocijas darba uzdevumi ir:**

1. Analizēt autotransporta līdzekļu garu sastāvu tipus (garākus par Eiropas tipveida autotransporta līdzekļu sastāviem), izstrādāt to klasifikāciju, definēt promocijas darba pētījumu objektu (analizējamo ATLGS konfigurācijas).
2. Noteikt Latvijas Republikas un Eiropas Savienības likumdošanā esošos autotransporta līdzekļu garu sastāvu izmantošanas ierobežojumus, lai tos legāli varētu izmantot dalāmu kravu komerciālos pārvadājumos un piedalīties ceļu satiksmē uz vispārējās lietošanas ceļiem, dot priekšlikumus problēmu risināšanai un normatīvo aktu iespējamiem grozījumiem.
3. Noteikt iespējamo autotransporta līdzekļu garu sastāvu izmantošanas apjomu (iespējas aizstāt tipveida autotransporta līdzekļu sastāvus ar ATLGS nepārsniedzot noteiktās ass noslodzes un pilnās masas ierobežojumus) Latvijas autopārvadājumu uzņēmumu nodrošinātajā starptautisko kravu autopārvadājumu sektorā.
4. Noteikt autotransporta līdzekļu garu sastāvu manevrējamības parametrus pie zema kustības ātruma, dažādu konfigurāciju ATLGS apgriežoties pretējā braukšanas virzienā, veicot pagriezienu pa 90 grādiem un iebraucot/izbraucot kravas autotransporta līdzekļiem projektētā autostāvvietā.
5. Noteikt autotransporta līdzekļu sastāvu garuma ietekmi uz to apdzīšanas manevru parametriem (apdzīšanas manevra garums un ilgums) un ceļu satiksmes negadījumu rašanos risku.
6. Noteikt būtiski ceļu satiksmes negadījumu (CSNg) rašanās risku ietekmējošos autoceļu ģeometriskos parametrus un transporta plūsmas parametrus, analizējot CSNg, kas notikuši uz vienas brauktuves divu joslu ceļu posmiem ārpus apdzīvotām vietām, un kuros ir iesaistīta viena kravas autotransporta vienība.
7. Noteikt iespējamo lietderīgumu (pārvadājumu nodrošināšanas izmaksu izmaiņas, komerciālu projektu ekonomisko un finanšu parametru izmaiņas) autotransporta pārvadājumu uzņēmumiem, komerciālu autopārvadājumu projektu realizēšanā tipveida autotransporta līdzekļus aizstājot ar ATLGS.

### **3. METODOLOĢIJA UN PĒTNIECISKĀS METODES**

Izstrādātais Promocijas darbs ir pirmais transporta pētnieciskais darbs Latvijā, kurā detalizēti izvērtētas autotransporta līdzekļu garu sastāvu izmantošanas iespējamās sekas. Izvēlēta pētījumu metodika ir atbilstoša vispārpieņemtām pētnieciskajām normām un principiem: visi pētījumos izmantotie izejas dati ir identificēti, uzrādīta katras pētījuma daļas metodoloģija, izpētes darba gaita ir secīgi izskaidrota, pētījumu process ir atkārtojams.

#### **Veikto pētījuma daļu metodoloģija un izmantotās pētnieciskās metodes:**

1. Analizējot autotransporta līdzekļu garu sastāvu tipus, izstrādājot to klasifikāciju, definējot promocijas darba pētījumu objektu pielietotas individuālās pētīšanas

- metodes (informācijas vākšana un tās apstrāde) un izziņas metodes (informācijas grupēšana, analīze un sintēze). Pētījuma uzdevuma risināšanai izmantoti iepriekš veiktu pētījumu rezultāti un atskaites, autotransporta līdzekļu ražotāju tehniskā dokumentācija un normatīvie dokumenti (standarti, likumdošanas akti).
2. Nosakot Latvijas Republikas un Eiropas Savienības likumdošanā esošos autotransporta līdzekļu garu sastāvu izmantošanas ierobežojumus un dodot priekšlikumus iespējamajiem grozījumiem, lietotas individuālās pētīšanas metodes (informācijas vākšana un apstrāde) un izziņas metodes (informācijas grupēšana, analīze un sintēze). Pētījuma uzdevuma risināšanai analizēti autotransporta līdzekļu garu sastāvu izmantošanu reglamentējošie Latvijas Republikas un Eiropas Savienības normatīvie dokumenti (valstu nacionālajās teritorijās leģitīmie standarti, nacionālie likumdošanas akti un starptautiski likumdošanas akti), iepriekš veiktu pētījumu rezultāti. Pielietojot indukcijas metodi un informācijas sintēzi, promocijas darbā doti priekšlikumi normatīvo aktu iespējamām pamatnostādņēm, ja tiktu pieņemts lēmums atļaut izmantot ATLGS ceļu satiksmē uz Latvijas Republikas autoceļiem.
  3. Nosakot iespējamo autotransporta līdzekļu garu sastāvu izmantošanas apjomu Latvijas autopārvadājumu uzņēmumu nodrošinātajā starptautisko kravu autopārvadājumu sektorā, pielietotas statistiskās analīzes metodes. Autopārvadājumos nodrošinātās kravu plūsmas un pārvadāto kravu parametru statistiskā analīze veikta izmantojot pētījuma veikšanai izveidotu datu izlasi, kurā apkopota informācija par Latvijas autopārvadājumu uzņēmumu veiktajiem starptautiskiem kravu pārvadājumiem uz/no trešajām valstīm (kravu pavaddokumenti TIR karnetes). Papildus izmantoti Latvijas Republikas Centrālās statistikas pārvaldes dati, Eiropas Savienības statistikas biroja *Eurostat* dati, citu pētnieku apkopotā informācija. Rezultātu iegūšanai veikta izlases datu grupēšana un salīdzināšana, aprakstošā statistiskā analīze, vidējo un relatīvo lielumu aprēķināšana. Autotransporta līdzekļu pārvadājamās kravas apjoma ierobežojošo parametru noteikšana veikta izmantojot datu izlases informāciju. Iespējamais autotransporta līdzekļu garu sastāvu izmantošanas apjoms noteikts atbilstoši datu izlases apstrādes rezultātiem.
  4. Nosakot autotransporta līdzekļu garu sastāvu manevrējamības parametrus pie zema kustības ātruma, pētījuma uzdevuma risināšanai veikti eksperimenti, izmantojot *PC-Crash 8.0* datorprogrammā izstrādātus grafiskus modeļus. Veicot datorsimulāciju eksperimentus, noteikti ATLGS manevrēšanas parametri pie zema kustības ātruma dažādās ceļa situācijās: apgriešanās manevrs braukšanai pretējā virzienā, pagrieziens pa 90 grādiem krustojumā ar mazu un lielu stūra noapaļojumu, ATLGS novietošana stāvēšanai kravas autotransporta līdzekļu stāvvietā. Autotransporta līdzekļu garu sastāvu manevrētspējas parametru noteikšanas eksperimenti saskaņoti ar reglamentējošas likumdošanas ierobežojumiem. Datorsimulāciju veikšanai un eksperimentālo datu apstrādei izstrādāta manevrējamības parametru analīzes metode, nosakot ATLGS braukšanas koridora platumu un garumu, pagriežoties pa 90 grādiem. Eksperimenti veikti izmantojot standartiem LVS 190-3:1999 un LVS 190-7:2002 atbilstošu autoceļu infrastruktūru. Eksperimentālo datu pārbaudei, veikti arī tipveida autotransporta līdzekļu sastāvu manevrēšanas parametru noteikšanas eksperimenti. Iegūtie eksperimentu rezultāti apstrādāti ar statistiskās analīzes

metodēm, tie salīdzināti ar iepriekš veiktu pētījumu rezultātiem un reglamentējošas likumdošanas prasībām.

5. Nosakot autotransporta līdzekļu sastāvu garuma ietekmi uz to apdzīšanas manevru parametriem, veikti eksperimenti uz vispārējās lietošanas ceļiem Latvijas teritorijā. Par eksperimentu veikšanu nav brīdināti satiksmes dalībnieki, lai izvairītos no neobjektīvu rezultātu iegūšanas. Eksperimentu veikšanas metodikā veikta pielāgošana Latvijas apstākļiem. Eksperimentālo datu iegūšana veikta filmējot transporta plūsmu no kustībā esoša vieglā automobiļa, kas ietur vizuāli nemainīgu distanci no autotransporta līdzekļu gara sastāva. Papildus nepieciešamie apdzīšanas manevru parametri noteikti izmantojot hronometru un apstrādājot nofilmēto materiālu (atbilstoši autoceļu apzīmējumiem). Pēc eksperimentu veikšanas izveidota datu izlase, kas statistiski apstrādāta grupējot un salīdzinot datus, veicot neparametrisko statistisko datu apstrādi un nosakot relatīvos lielumus. Eksperimentālo mērījumu dati salīdzināti ar teorētiskiem parametru aprēķiniem, kas veikti atbilstoši ceļu satiksmes drošības teorijai.
6. Nosakot būtiski ceļu satiksmes negadījumu rašanās risku ietekmējošos autoceļu ģeometriskos parametrus un transporta plūsmas parametrus, analizēti CSNg, kas notikuši uz vienas brauktuves divu joslu ceļu posmiem ārpus apdzīvotām vietām, un kuros ir iesaistīta viena kravas autotransporta vienība. Pētījuma daļas veikšanai izmantoti datu izlase no ASV Lielceļu Drošības Informācijas Sistēmas (*Highway Safety Information System*) datu bāzes par ceļu satiksmes negadījumiem (notikuma vietas, iesaistīto transportlīdzekļu, autoceļu ģeometriskie un transporta plūsmu raksturojošie parametri) uz Vašingtonas štata autoceļiem. Pielietojot matemātiskās statistikas metodes noteikta vairāku matemātisko sadalījumu modeļu piemērotība vienas transporta vienības ceļu satiksmes negadījumu notikšanas ticama matemātiskā modeļa izstrādei. Nosakot *t*-statistikas un *Vuonga* testa parametrus, pārbaude veikta savstarpēji salīdzinot negatīvo-binominālo (*Negative Binomial*), negatīvo-binominālo ar nulļu ietekmi (*Zero-Inflated Negative Binomial*), Puasona (*Poisson*) un Puasona ar nulļu ietekmi (*Zero-Inflated Poisson*) modeļus. Datu statistiskās analīze un teorētisko matemātisko sadalījumu piemērotības pārbaude veikta pielietojot *MS SQL 2005* un *SYSTAT 11* programmatūru. Atbilstoši veikto pārbažu rezultātiem izvēlēts piemērotākais teorētiskais sadalījums (negatīvais-binominālais ar nulļu ietekmi). Autoceļu ģeometrisku parametru un transporta plūsmas būtiskuma noteikšana un varbūtības blīvuma funkcijas noteikšana veikta izstrādājot matemātiskās prognozēšanas modeli. Prognozēšanas modeļa izstrāde veikta izmantojot programmatūru *R 2.7.1* un tās statistisko moduli „*pscI*”.
7. Nosakot iespējamo lietderīgumu autotransporta pārvadājumu uzņēmumiem, komerciālu autopārvadājumu projektu realizēšanā tipveida autotransporta līdzekļus aizstājot ar ATLGS, veikta starptautisku kravu autopārvadājumu komerciālu projektu realizēšanas izmaksu un to sadalījuma analīze pa izmaksu posteņiem un Latvijas uzņēmuma komerciālu autopārvadājumu projekta efektivitātes rādītāju noteikšana un salīdzinošā analīze (pārvadājumu nodrošināšanai izmantojot tipveida un autotransporta līdzekļu garus sastāvus). Iespējamā lietderīguma noteikšanai izstrādāts datorsimulāciju modelis, kas piemērots autopārvadājumu komerciālu projektu

lietderības prognozēšanai un analīzei. Datorsimulāciju modelī pielietotas statistiskās analīzes metodes un ekonomiski matemātiskās metodes. Datu apstrāde un sistēmas parametru noteikšana noteiktā laika periodā veikta izmantojot *MS Excel* programmatūru ar *VBA* vidē izstrādātu vadības programmu. Promocijas darba uzdevuma risināšana veikta uz pārvadājumu projekta piemēra bāzes, kura sākotnējās vērtības noteiktas izmantojot ekspertu analīzes metodi. Autopārvadājumu komerciālu projektu iespējamais lietderīgums noteikts savstarpēji statistiski salīdzinot modelēšanas rezultātus vienādos ārējos apstākļos projektu realizējot ar tipveida un autotransporta līdzekļu gariem sastāviem.

#### **4. DARBA ZINĀTNISKĀ NOVITĀTE**

Promocijas darba ietvaros veiktā zinātniskā pētījuma rezultātā izstrādātas šādas nozīmīgākās zinātniskās novitātes, kas pamato promocijas darba zinātnisko nozīmīgumu:

1. Izstrādāta metodika autotransporta līdzekļu garu sastāvu dažādu konfigurāciju manevrētspējas kvantitatīvai salīdzināšanai, ATLGS veicot pagrieziena pa 90 grādiem (ar dažādiem infrastruktūras stūra noapaļojuma rādiusiem). Noteikti pagrieziena manevra parametri, kas ir mērāmi un savstarpēji kvantitatīvi salīdzināmi.
2. Izstrādāts matemātiskās prognozēšanas modelis būtiski ietekmējošo autoceļu ģeometrisko un satiksmes plūsmas parametru noteikšanai un to ietekmes novērtēšanai uz iespējamo ceļa satiksmes negadījumu risku, kuros iesaistīta viena kravas autotransporta vienība.
3. Izveidots datorsimulāciju prognozēšanas modelis autopārvadājumu uzņēmumu komercdarbības projektu lietderīguma noteikšanai un efektivitātes prognozēšanai.

#### **5. DARBA PRAKTISKĀ NOZĪME**

Veikto pētījumu praktisko nozīmi raksturo šādi aspekti:

1. Pētījuma rezultāti tiek izmantoti konstruktīva dialoga veidošanai starp Latvijas autopārvadājumu uzņēmumu pārstāvjiem un LR Satiksmes ministriju par iespējām uzsākt ATLGS izmantošanu komerciālu autopārvadājumu nodrošināšanā.
2. Darbā izstrādātie priekšlikumi un praktiskās rekomendācijas iespējamai likumdošanas aktu prasību harmonizēšanai, lai novērstu nesakritības un savstarpējas neatbilstības autotransporta līdzekļu un to sastāvu izmantošanas iespēju jomā ir iesniegtas turpmākai izskatīšanai biedrībai „Autopārvadātāju asociācija „Latvijas auto””.
3. Veikto inženiertehnisko pētījumu rezultāti par autotransporta līdzekļu garu sastāvu manevrēšanas iespējām atbilstoši Latvijas autoceļu infrastruktūrai ir ietverti vairāku infrastruktūras projektu detalizētā analīzē un tiks izmantoti konkrētu rekomendāciju izstrādē autoceļu projektētājiem.

4. Izstrādātais autopārvadājumu uzņēmumu realizēto uzņēmējdarbības projektu lietderības prognozēšanas modelis tiek izmantots gan pasažieru, gan kravu komerciālu autopārvadājumu projektu lietderīguma un efektivitātes rādītāju analīzei pētnieciskajā un konsultatīvajā darbā.

## 6. PROMOCIJAS DARBA APROBĀCIJA

### Konferences:

1. Rīgas Tehniskās universitātes 45. starptautiskā zinātniskā konference; Rīgā, 2004. gada 14. oktobrī; Sekcija “Ražošanas tehnoloģija un transports” ar ziņojumu: “Kravas autotransporta līdzekļu un to sastāvu pieļaujamais garums”, autors: Grīslis A.
2. Latvijas Universitātes 63. konference; Rīgā, 2005. gada 3. februāris; Latvijas Universitātes Ekonomikas un vadības fakultāte, sadaļa “Vadības zinātne”, apakšsekcijā “Mārketings un loģistika” ar ziņojumu “Produktu transportēšana piegāžu ķēdēs”, autors: Grīslis A.
3. Rīgas Tehniskās universitātes 46. starptautiskā zinātniskā konference; Rīgā, 2005. gada 13. oktobrī; Sekcija “Ražošanas tehnoloģija un transports”; Apakšsekcija “Autotransports”; ar ziņojumu: “Autotransporta līdzekļu sastāvu apdzīšana”, autors: Grīslis A.
4. Kaunas University of Technology; 9th International Conference “Transport Means – 2005”; Kaunas, Lietuva 2005.gada 20. oktobrī; Workshop – “Automotive Transport”; ar ziņojumu: “Efficiency Improvement of Road Haulage Using Long Vehicle Combinations”, autori: Grīslis A., Kreicbergs J.
5. Rīgas Tehniskās universitātes 47. starptautiskā zinātniskā konference; Rīgā, 2006. gada 13. oktobrī; Sekcija “Ražošanas tehnoloģija un transports” ar ziņojumu: “Garu autotransporta līdzekļu sastāvu manevrēšanas situāciju modelēšana”, autors; Grīslis A.
6. Kaunas University of Technology; 10th International Conference “Transport Means – 2006”; Kaunas, Lietuva 2006.gada 19. oktobrī; Workshop – “Automotive Transport”; ar darba ziņojumu: “Maneuvering Situations Modeling of Long Vehicle Combinations”, autors: Grīslis A.
7. Rīgas Tehniskās universitātes 49. starptautiskā zinātniskā konference; Rīgā, 2008. gada 13. oktobrī; Sekcija “Ražošanas tehnoloģija un transports” ar ziņojumu: “Kravas automobiļu satiksmes negadījumu pētījums”, autors: Grīslis A.
8. Rīgas Tehniskās universitātes 50. Starptautiskā zinātniskā konference; Rīgā, 2009. gada 13. oktobrī; Sekcija “Ražošanas tehnoloģija un transports”, apakšsekcija: „Autotransports” ar ziņojumu: „Latvijas autopārvadājumu uzņēmumu veikto starptautisko kravu komercpārvadājumu apjoma analīze: garu autotransporta līdzekļu sastāvu izmantošanas iespējas”, autors: Grīslis A.

9. Rīgas Tehniskās universitātes 51. Starptautiskā zinātniskā konference; Rīgā, 2010. gada 14. oktobrī; Sekcija "Ražošanas tehnoloģija un transports", apakšsekcija: „Autotransports” ar ziņojumu: „Autotransporta līdzekļu garu sastāvu izmantošanas ekonomiskā lietderīguma analīze”, autori: Grīslis A., Kreicbergs J.
10. Rīgas Tehniskās universitātes 51. Starptautiskā zinātniskā konference; Rīgā, 2010. gada 14. oktobrī; Sekcija "Ražošanas tehnoloģija un transports", apakšsekcija: „Autotransports” ar ziņojumu: „Komerčiālu autopārvadājumu projektu ekonomiskā lietderīguma salīdzināšana”, autori: Kreicbergs J., Grīslis A.

### **Publikācijas:**

1. Grīslis A., Liberts G., Kreicbergs J.. Efficiency Improvement of Road Haulage Using Long Vehicle Combinations // Kaunas University of Technology, Proceeding of the 9th International Conference "Transport Means 2005". – Kaunas, Lietuva: "Technogija", 2005. – 56.-58.lpp.
2. Grīslis A., Liberts G., Kreicbergs J.. Investigation Of Haulage by Long Vehicle Combinations in Latvia //, Proceedings of the 12th International Conference "trans & MOTAUTO'05+", II sējums. – Sofija, Bulgārija: "Scientific-technical union of mechanical engineering", 2005. – 266. – 270. lpp.
3. Čivčiša G., Grīslis A., Janauska J., Liberts G., Rudņevs J., Salenieks N. Engineering/Managerial Education for International Business Knowledge in European Small Countries // Latvijas Lauksaimniecības universitāte "Inženierproblēmas lauksaimniecībā" Starptautiskās zinātniskās konferences raksti. – Jelgava, 2005. – 6.-14.lpp.
4. Grīslis A. Produktu transportēšana piegāžu ķēdēs // Latvijas Universitātes raksti; Ekonomikas vadības zinātnes sērija; 696. sējums. – Rīga: "Latvijas Universitāte", 2006. – 112. – 122. lpp.
5. Grīslis A., Liberts G.. Dalāmu kravu pārvadājumi ar gariem autotransporta līdzekļu sastāviem // RTU zinātniskie raksti, sērija 6, "Mašīnzinātne un transports" sējums 25; – Rīga: Izdevniecība "RTU", 2007. – 75.-84.lpp.
6. Grīslis A., Liberts G.. Autotransporta līdzekļu sastāvu apdzīšana // RTU zinātniskie raksti, sērija 6, "Mašīnzinātne un transports" sējums 25; – Rīga: Izdevniecība "RTU", 2007. – 65.-74.lpp.
7. Grīslis A.. Longer Combination Vehicles and Road Safety. Transport, Journal of Vilnius Gedeminas Technical University and Lithuanian Academy of Sciences. – Nr. 25 (3), 2010. gads, 336. – 343. lpp. doi: 10.3846 / transport.2010.41
8. Grīslis A.. Kravas autotransporta līdzekļu sastāvu ceļu satiksmes negadījumu rašanās risku ietekmējošo parametru analīze // RTU zinātniskie raksti, sērija 6, „Mašīnzinātne un transports” - Rīga: Izdevniecība „RTU” (*raksts pieņemts publicēšanai 2010. gada novembra mēnesī*).

## **7. PROMOCIJAS DARBA STRUKTŪRA UN PĒTĪJUMA REZULTĀTU KOPSAVILKUMS**

Promocijas darbs sastāv no ievada, 4 nodaļām, noslēguma, literatūras saraksta un 7 pielikumiem. Papildus darba aprakstā pieejami arī attēlu un tabulu saraksti, lietoto saīsinājumu skaidrojumi un pateicības.

### **1. nodaļa. Problēmas attīstības pārskats**

Promocijas darba 1. nodaļā definēta pētījuma problēma un dots tās hronoloģisks attīstības pārskats, noteikta pētījumu procesu stratēģija un raksturota sistēmiskā pieeja pētījuma veikšanā. Izvērtējot iepriekšējo laika periodu autopārvadājumu izaugsmes dinamiku un ar to saistīto problēmu aktualitāti, secināms, ka nepieciešams meklēt risinājumus pieaugošā pieprasījuma apmierināšanai. Viens no iespējamiem problēmas risinājumiem ir autotransporta līdzekļu garāku sastāvu izmantošana tālas distances kravu pārvadājumiem.

### **2. nodaļa. Autotransporta līdzekļu garu sastāvu klasifikācija un to iespējamās izmantošanas analīze**

Promocijas darba 2. nodaļā izveidotas divas apakšnodaļas, kur katrā risināti atsevišķi iepriekš noteikti uzdevumi. Darba nodaļā veikta autotransporta līdzekļu sastāvu ar palielinātu kopējo garumu klasifikācija, izvēlēts un pamatots pētījuma objekts un izvērtētas iespējas legāli izmantot autotransporta līdzekļu garus sastāvus.

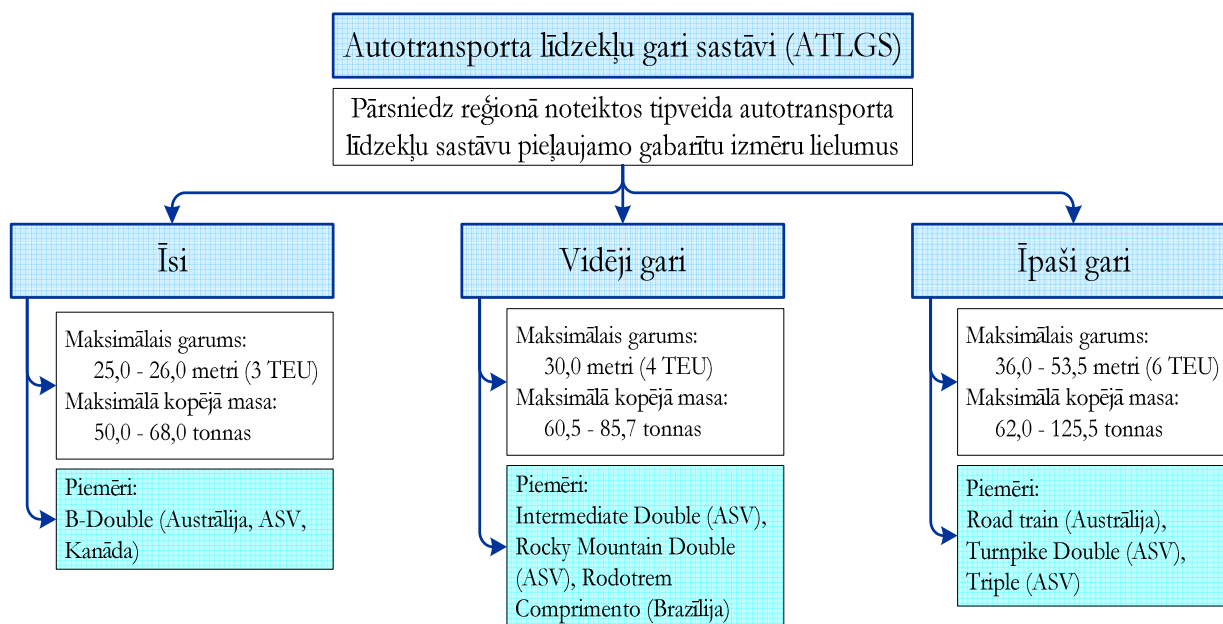
#### **2.1. apakšnodaļa: Autotransporta līdzekļu garu sastāvu tipu klasifikācija un analīze**

Apakšnodaļā identificēti autotransporta līdzekļu garu sastāvu tipi, izstrādāta to klasifikācija un definētas autotransporta līdzekļu garu sastāvu konfigurācijas. Pētījuma ietvaros veikta tehnisku parametru salīdzinošā analīze par Ziemeļamerikā, Dienvidamerikā, Āzijā un Austrālijā izmantoto autotransporta līdzekļu sastāviem ar palielinātu kopējo garumu.

Promocijas darba pētījuma specifika ir saistīta ar autotransporta līdzekļu gariem sastāviem. Lai definētu pētījumu objektu, veikta autotransporta līdzekļu garu sastāvu (ar palielinātu kopējo garumu) detalizēta klasifikācija. Klasifikācijā ietverti Eiropā, Ziemeļamerikā, Dienvidamerikā, Āzijā un Austrālijā izmantotie autotransporta līdzekļu sastāvi ar palielinātu kopējo garumu. Promocijas darba nodaļā izstrādāta autotransporta līdzekļu garu sastāvu (ar palielinātu kopējo garumu) klasifikācija, tos iedalot trīs grupās:

1. Pagarinātu autotransporta līdzekļu sastāvi – kāds no ATLS ietilpstošajiem autotransporta līdzekļiem ir garāks par tipveida autotransporta līdzekļiem konkrētajā ģeogrāfiskajā reģionā;

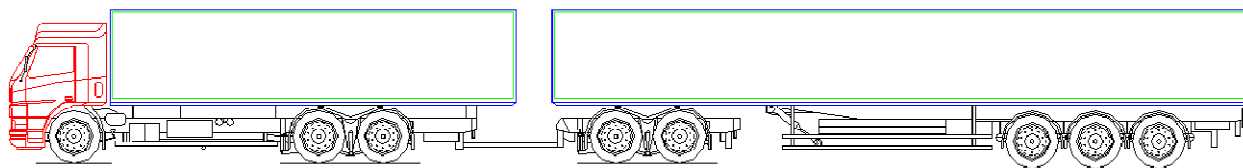
2. Speciāli lielgabarīta autotransporta līdzekļu sastāvi – ATLS projektēti speciālu un nedalāmu kravu pārvadājumiem;
3. Autotransporta līdzekļu gari sastāvi – ATLS, kurā visi ietilpstošie autotransporta līdzekļi atsevišķi atbilst reģionālajām likumdošanas normām attiecībā uz ATL gabarīta izmēriem un pieļaujamo ass noslodzi un pilno masu, bet to savienojums (sastāvs) ir garāks (atsevišķos gadījumos iespējams arī smagāks) par likumdošanā noteiktajiem maksimāli pieļaujamiem parametriem (skatīt 1. attēlu).



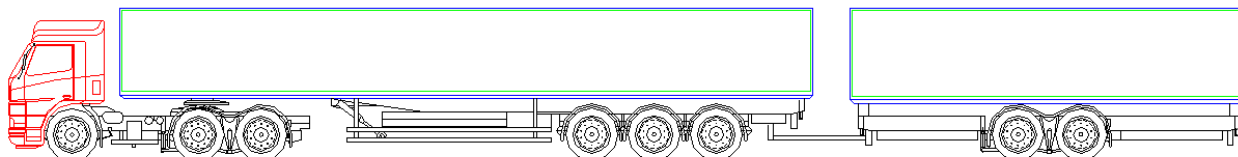
### 1. attēls. Autotransporta līdzekļu garu sastāvu klasifikācija

Par Promocijas darba pētījumu objektu izvēlēts autotransporta līdzekļu garš sastāvs, kam Eiropas reģionā maksimāli pieļaujama kopējais garums ir 25,25 metri (3 TEU transportēšanas iespējas). Izvēlētais ATLS tips atbilst Direktīvā 96/53/EC definētajam autotransporta līdzekļu „Eiropas Modulārās Konceptijas” principam. Biežāk Eiropā izmantoto ATLGS konfigurāciju principiālās shēmas dotas 2. attēlā.

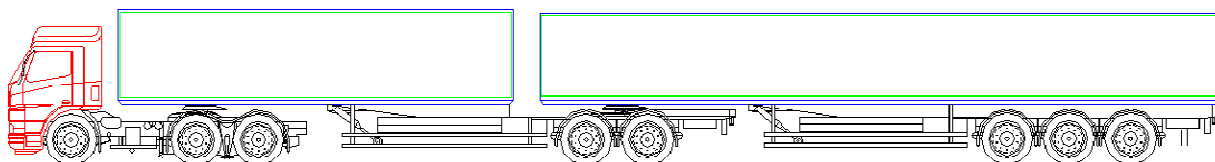
Promocijas darbā papildus analizētas arī citas autotransporta līdzekļu garu sastāvu konfigurācijas, kas neatbilst „Eiropas Modulārās Konceptijas” principiem („D”, „E” un „F” konfigurācija).



„A konfigurācijas” autotransporta līdzekļu gara sastāva (kravas automobilis savienojumā ar tipveida puspiekabi) konceptuālā shēma



„B konfigurācijas” autotransporta līdzekļu gara sastāva (automobilis-vilcējs ar tipveida puspiekabi savienojumā ar centrālasu piekabi) konceptuālā shēma



„C konfigurācijas” autotransporta līdzekļu gara sastāva (automobilis-vilcējs savienojumā ar specializētu puspiekabi un tipveida puspiekabi) principiālā shēma

## 2. attēls. Eiropas teritorijā biežāk sastopamās autotransporta līdzekļu garu sastāvu konfigurācijas, kas atbilst „Eiropas Modulārās Konceptijas” principam

Promocijas darbā veikta visu uzrādīto konfigurāciju ATLGS iespējamo tehnisko parametru un kravas ietilpības analīze: noteikts iespējamais transportējamās kravas apjoms un masa. Visu Eiropas Modulārās Konceptijas principiem atbilstošo konfigurāciju kravas telpas apjoms ir līdz 30% lielāks par Eiropas tipveida autotransporta līdzekļu sastāvu kravas telpu apjomu.

### 2.2. apakšnodaļa: Autotransporta līdzekļu garu sastāvu izmantošanu reglamentējošās likumdošanas analīze

Apakšnodaļā analizētas Eiropas Savienības, Latvijas Republikas un citu dalībvalstu likumdošanas aktu prasības attiecībā uz autotransporta līdzekļu un to sastāvu tehniskajiem parametriem, lai tos drīkstētu izmantot dalāmu kravu komerciālos pārvadājumos, un tie varētu piedalīties ceļu satiksmē uz koplietošanas autoceļiem. Pētījumā identificētas likumdošanas normu nesakritības, rosināti priekšlikumi un praktiskas rekomendācijas likumdošanas aktu prasību harmonizēšanai.

Pēc vairāku Eiropas Savienības dalībvalstu (Latvija, Somija, Zviedrija) attiecīgās nacionālo likumdošanas aktu un Eiropas Savienības reglamentējošo direktīvu un regulu izpēti, noteikts:

1. Attiecīgā Latvijas Republikas normatīvo aktu bāze atbilst Eiropas Savienības dokumentos noteiktajām normām; Latvijas Republikā spēkā esošajos likumdošanas

aktos nav noteiktas speciālas atkāpes attiecībā uz autotransporta līdzekļu gabarīta izmēriem, ass noslodzi un pilno masu;

2. Latvijas Republikas teritorijā nav atļauta Eiropas Modulārajai koncepcijai atbilstošu autotransporta līdzekļu sastāvu izmantošana;
3. Latvijas Republikas nacionālajā likumdošanā nav definēti speciālie sakabes ratiņi (*dolly*), nav noteiktas to izmantošanas iespējas;
4. Latvijā atļauti tikai nedalāmu kravu lielgabariņa pārvadājumi;
5. Eiropas Savienības likumdošana pieļauj dalībvalstu iekšzemes pārvadājumos izmantot Eiropas Modulārajai koncepcijai atbilstošu autotransporta līdzekļu sastāvu izmantošanu dalāmu kravu pārvadājumiem: likumdošanā noteiktās iespējas izmanto Somija un Zviedrija;
6. Likumdošanā nav paredzēta un stingri definēta ES nostāja situācijās, kad divas vai vairākas Dalībvalstis, kas savstarpēji robežojas, pieļauj Eiropas Modulārās koncepcijas autotransporta līdzekļu sastāvu izmantošanu katras Dalībvalsts iekšzemes pārvadājumos. Somijas un Zviedrijas autopārvadājumu uzņēmumiem ir iespējas veikt dalāmu kravu pārvadājumus uz/no Krievijas ar Eiropas Modulārās koncepcijas autotransporta līdzekļu sastāviem;
7. Eiropas Savienības dalībvalstis drīkst izmēģinājumu braucienus/pārvadājumus ar autotransporta līdzekļiem vai to sastāviem, kas neatbilst vienai vai vairākām Eiropas Savienības direktīvas prasībām. Likumdošanā noteikto iespēju izmanto Nīderlande, organizējot vairākus gadus ilgus eksperimentālos pārvadājumus ar dažādu konfigurāciju autotransporta līdzekļu gariem sastāviem;
8. Eiropas Savienības normatīvajos dokumentos nav precīzi definēti sakabes ratiņi. Atbilstoši Direktīvai 97/27/EC sakabes ratiņi tiek uzskatīti par papildus tiltu, kas puspiekabi pārvērš par piekabi ar stieņa sakabi. Nav viennozīmīgi noteikts vai sakabes ratiņi ir autotransporta līdzeklis vai kāda cita transporta līdzekļa daļa;
9. Atsevišķās Eiropas valstīs (piemēram: Lielbritānija, Vācija, Nīderlande) veic eksperimentālus pārvadājumus, lai novērtētu autotransporta līdzekļu garu sastāvu konfigurācijas, kas neatbilst Eiropas Modulārās koncepcijas principiem.

Latvijas Republikas, Eiropas Savienības un citu Dalībvalstu nacionālajā likumdošanā vērojamas vairākas nesakritības un savstarpējas neatbilstības autotransporta līdzekļu un to sastāvu izmantošanas iespēju jomā; nav vienotas izpratnes vairākos tehniskos un juridiskos jautājumos. Pirms autotransporta līdzekļu garu sastāvu iespējamās ieviešanas Latvijas teritorijā (eksperimentālu pārvadājumu atļaušanas), nepieciešams veikt grozījumus nacionālajos normatīvajos dokumentos, saskaņojot izmaiņas ar Eiropas Savienības likumdošanu.

### **3. nodaļa. Autotransporta līdzekļu garu sastāvu izmantošanas lietderīguma analīze**

Promocijas darba 3. nodaļā izveidotas divas apakšnodaļas, kur katrā no tām risināti atsevišķi iepriekš noteikti uzdevumi. Darba nodaļā analizēts autotransporta līdzekļu garu sastāvu prognozējamais izmantošanas apjoms starptautisku kravu pārvadājumu tirgū un noteikts lietderīgums autopārvadājumu uzņēmumam, kravu transportēšanas operācijās tipveida ATLS aizstājot ar ATLGS.

#### **3.1. apakšnodaļa: Kravu pārvadājumu apjoma analīze un autotransporta līdzekļu garu sastāvu iespējamā izmantošanas apjoma noteikšana**

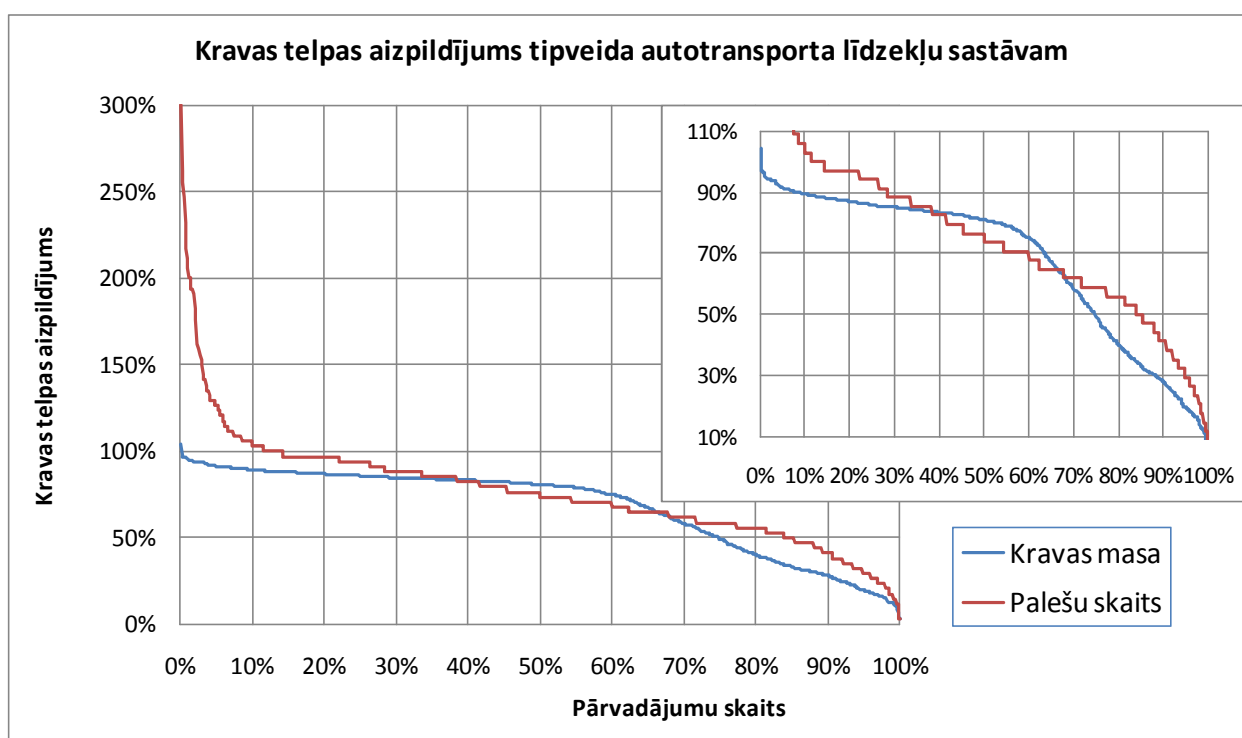
Apakšnodaļā analizēts Latvijas autopārvadājumu uzņēmumu veikto kravas pārvadājumu apjoms iekšzemes un starptautiskā satiksmē, noteikts kravu pārvadājumu un pārvadājumu apgrozības sadalījums pa preču grupām. Pētījums veikts, izmantojot uz/no trešajām valstīm veiktu starptautisku pārvadājumu pavaddokumentu (TIR karnetes) informāciju, kas apkopota speciāli izveidotā datu bāzē, un publiski pieejamas datu bāzes. Statistiskās pārbaudes rezultāti liecina, ka izmantotās datu izlases apjoms un apkopotie parametri ir pietiekoši, lai objektīvi novērtētu autotransporta līdzekļu garu sastāvu izmantošanas iespējas starptautiskajos kravu pārvadājumos uz/no trešajām valstīm. Noteikts, ka tipveida autotransporta līdzekļu sastāva kravas telpas garums ir primārais transportējamās kravas apjomu ierobežojošais faktors. Noteikts pārvadājumu apjoms, kur tipveida ATLS iespējams aizstāt ar autotransporta līdzekļu gariem sastāviem. Tādejādi palielinot ar vienu kravas autotransporta līdzekļu vienību transportētās kravas apjomu, bet nepārkāpjot noteiktās pilnās masas ierobežojošās normas.

Kravu pārvadājumu apjoma analīzē un autotransporta līdzekļu garu sastāvu iespējamā izmantošanas apjoma analīzes rezultāti:

1. Pārvadāto produktu struktūra un procentuālais sadalījums būtiski atšķiras iekšzemes un starptautiskajos pārvadājumos. Starptautiskos pārvadājumos lielos attālumos bieži transportē produktus un preces ar mazu tilpumsvaru, pilnībā neizmantojot autotransporta līdzekļu un to sastāvu kravas telpas. Starptautiskajos pārvadājumos pilnībā izmantota transportlīdzekļa kravas iespēja (virs 90% no pieļaujamās kravas masas) ir 13% gadījumu.
2. Latvijas autopārvadātāju veiktajos starptautiskos komercpārvadājumos uz/no trešajām valstīm 39% gadījumos kravas transportētas uz 28 un vairāk kravas paletēm. Tas atbilst kravas telpas piepildījumam virs 80%. Visbiežāk transportē 33 vai 34 kravas paletes, kas pilnībā aizpilda tipveida autotransporta līdzekļu sastāva kravas telpu.
3. Detalizēta pārvadāto kravu analīze ļauj konstatēt, ka autotransporta līdzekļu sastāvu kravas telpas aizpildījums, transportējot dažādas preču grupas, ir atšķirīgs. Latvijas autopārvadātāju nodrošinātos starptautiskos autopārvadājumos uz/no trešajām valstīm visvairāk transportē sekojošas preču grupas:
  - a. Mašīnas, transporta iekārtas, dažādi ražoti priekšmeti: 30% pārvadājumu relatīvais autotransporta līdzekļu kravas masas aizpildījums ir augstāks par

80%, un 41% gadījumos kravas telpas aizpildījums ar kravas paletēm ir virs 80%.

- b. Pārtikas produkti un lopbarība: 80% pārvadājumiem ir pilnībā izmantota autotransporta līdzekļu un to sastāvu kravas telpa (vairāk par 80%) un 37% gadījumos relatīvais autotransporta līdzekļu kravas telpas garuma aizpildījums ar kravas paletēm ir virs 80%.
  - c. Ķimikālijas: 56% pārvadājumu relatīvais autotransporta līdzekļu kravas masas aizpildījums ir augstāks par 80% un 60% pārvadājumos autotransporta līdzekļu kravas telpas garuma aizpildījums ar kravas paletēm pārsniedz 80%.
4. Autotransporta līdzekļu gari sastāvi (ar palielinātu kravas telpas garumu) ir efektīvs kravu pārvadājumu efektivitātes uzlabošanas veids, bet to izmantošanas apmērus ierobežo preču grupu dažādaļais īpatnējais tilpumsvars.



**3. attēls. Datu izlasē iekļautajos pārvadājumos ar tipveida autotransporta līdzekļu sastāvu visu transportēto kravu relatīvais kravas telpas garuma aizpildījums (relatīvais palešu skaits, kravas paletes iespējams izvietot līdz 3 kārtās vienu virs otras)**

5. Atbilstoši pārvadājumu pavaddokumentu detalizētai analīzei, 24% no visiem kravu pārvadājumiem ar tipveida ATLS iespējams aizstāt ar autotransporta līdzekļu gariem sastāviem (skatīt 3. attēlu). Tādējādi palielinot ar vienu kravas autotransporta līdzekļu vienību transportētās kravas apjomu, bet nepārkāpjot noteiktās pilnās masas ierobežojošās normas. Tipveida autotransporta līdzekļu sastāva kravas telpas garums ir primārais transportējamās kravas apjomu ierobežojošais faktors.

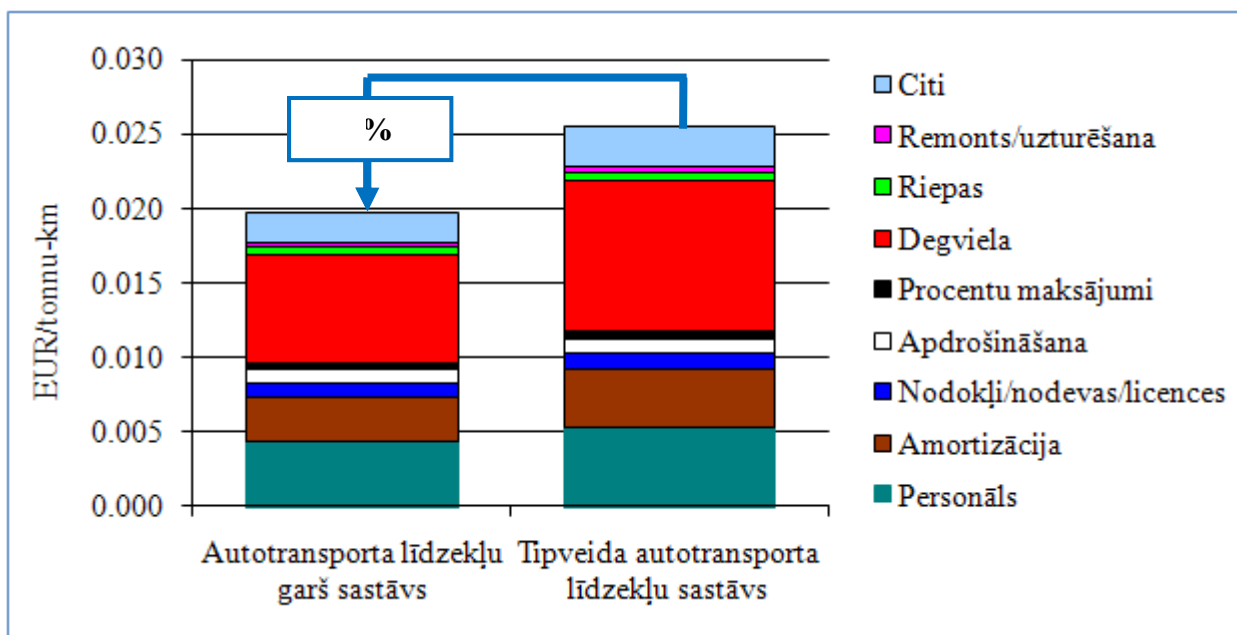
### **3.2. apakšnodaļa: Autotransporta līdzekļu garu sastāvu izmantošanas lietderīguma analīze**

Apakšnodaļā analizēts Latvijas autopārvadājumu uzņēmumu prognozējamais ieguvums, komerciālu autopārvadājumu realizēšanā tipveida autotransporta līdzekļu sastāvus daļēji vai pilnībā aizstājot ar ATLGS. Tas īstenots izstrādājot Latvijas autopārvadājumu uzņēmumu izmaksu struktūras un komerciālu autopārvadājumu projekta efektivitātes rādītāju simulāciju modeli. Datorsimulāciju modelis veidots *MS Excel* vidē kā vairāku elektronisku datu tabulu kopums ar *VBA (Visual Basic for Applications)* vidē izstrādātu vadības programmu. Modelis izstrādāts autopārvadājumu uzņēmumu komercdarbības projektu izvērtēšanai. Tas izmantojams gan pasažieru, gan kravu komerciālu autopārvadājumu projektu lietderīguma un efektivitātes rādītāju prognozēšanai.

Izmantojot izstrādāto simulāciju modeli, autotransporta līdzekļu garu sastāvu lietderīguma novērtējums un komerciāla autopārvadājumu projekta efektivitātes rādītāju salīdzinošā analīze veikta divos posmos. Pirmais posms – starptautisku kravu autopārvadājumu uzņēmumu izmaksu un to vispārēja sadalījuma analīze pa izmaksu posteņiem (pārvadājumu nodrošināšanai izmantojot tipveida un autotransporta līdzekļu garus sastāvus). Otrais posms – Latvijas uzņēmuma komerciālu autopārvadājumu projekta realizēšanas efektivitātes rādītāju noteikšana un to salīdzinošā analīze.

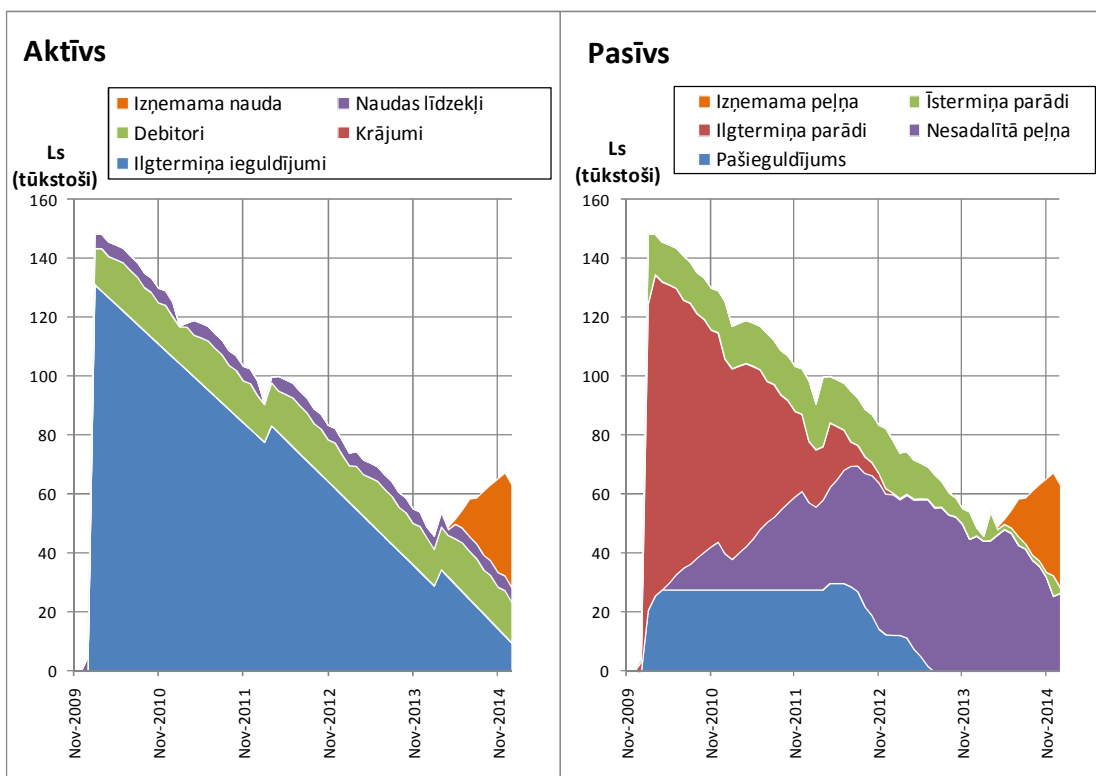
Autotransporta pārvadājumu uzņēmējdarbības projekta realizēšanas izmaksu analīzē, projektu realizējot ar tipveida ATLS un ATLGS, noteikts:

1. Vienādos ekonomiskās aktivitātes apstākļos komerciālu autotransporta pārvadājumu projektu realizējot ar tipveida ATLS un ATLGS viena nobrauktā ceļa kilometra kopējās izmaksas palielinās par 24%. Rezultāti nosaka šāda uzņēmējdarbības projekta lietderīguma strauju samazināšanos pārvadājumu maršrutos ar transporta līdzekļu pābraucieniem bez kravas (tukšbraucieniem).
2. Vienādos ekonomiskās aktivitātes apstākļos komerciālu autotransporta pārvadājumu projektu realizējot ar tipveida ATLS un ATLGS kopējās izmaksas uz vienu kravu apgrozības vienību (tonnu-km) samazinās par 23% (skatīt 4. attēlu). Konstatētais fakts rada pamatu uzskatīt, ka autotransporta līdzekļu garu sastāvu izmantošana pārvadājumu veikšanā var radīt ekonomisku ieguvumu autopārvadājumu uzņēmumiem.
3. Autopārvadājumu uzņēmējdarbības projektos procentuāli lielākās izmaksas rada izdevumi par degvielu (37% - 40%), kvalificēta personāla nodrošināšana (20% - 22%) un transporta līdzekļu un citu pamatlīdzekļu nolietojuma atskaitījumi (15% - 16%). Autopārvadājumu uzņēmējdarbības projektu realizējot ar tipveida vai autotransporta līdzekļu gariem sastāviem izmaksu procentuālais sadalījums pa apakšgrupām būtiski nemainās (3% robežās).

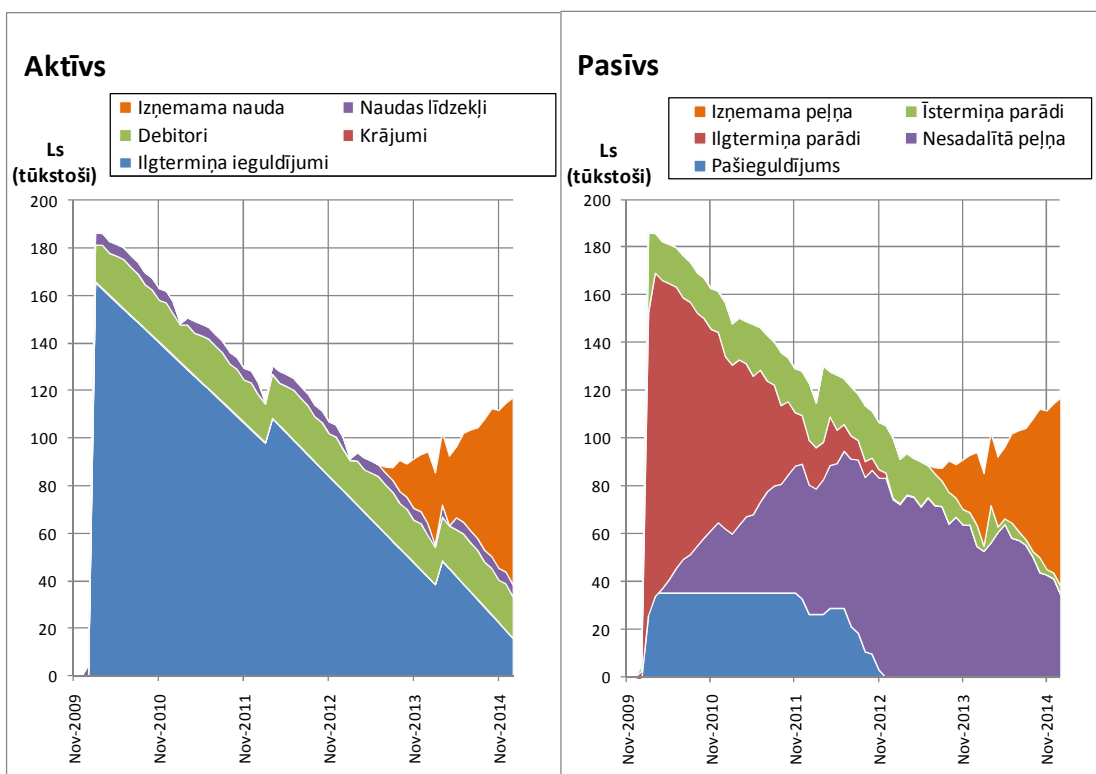


4. attēls. Autotransporta pārvadājumu uzņēmējdarbības projekta kopējo izmaksu apjoms attiecināts uz veiktās kravu apgrozības vienību (EUR/tonnu-km), projektu realizējot ar tipveida ATLS un ATLGS

4. Salīdzinoši augstāks likviditātes rādītājs ir autopārvadājumu uzņēmējdarbības projektu realizējot ar tipveida autotransporta līdzekļu sastāviem. Tas skaidrojams ar nepieciešamību piesaistīt mazākus kapitāla ieguldījumus (zemāka autotransporta līdzekļu cena) uzsākot projekta realizēšanu.
5. Prognozējams, ka autopārvadājumu uzņēmējdarbības projekts būs ar augstāku efektivitāti (atbilstoši simulācijas modelī izmantotajām parametru vērtībām), ja tas tiks realizēts, izmantojot autotransporta līdzekļu garus sastāvus, attiecībā pret līdzvērtīgu uzņēmējdarbības projektu, ko realizēs ar tipveida autotransporta līdzekļiem. Komerciāla autopārvadājumu projekta, kas vienādos apstākļos realizēts izmantojot tipveida ATLS un ATLGS, prognozētās bilances piemērs grafiskā veidā dots atbilstoši 5. un 6. attēlā.
6. Komerciālu autopārvadājumu uzņēmējdarbības simulācijas modelis darbojas korekti, projekta realizācijas parametru vērtības, kas izvēlētas ar ekspertu metodi, ir atbilstīgas reālai uzņēmējdarbības videi. Simulācijas modeļa rezultāti ir ticami un izmantojami autopārvadājumu uzņēmējdarbības projektu izvērtēšanai un analīzei (skatīt 5. un 6. attēlu).



5. attēls. Starptautisku autopārvadājumu uzņēmējdarbības projekta (izmantojot tipveida autotransporta līdzekļu sastāvus) prognozētās bilances piemērs grafiskā veidā



6. attēls. Starptautisku autopārvadājumu uzņēmējdarbības projekta (izmantojot autotransporta līdzekļu garus sastāvus) prognozētās bilances piemērs grafiskā veidā

## **4. nodaļa. Autotransporta līdzekļu garu sastāvu izmantošanas ietekmēto ceļu satiksmes drošības elementu analīze**

Promocijas darba 4. nodaļā izveidotas trīs apakšnodaļas, kur katrā risināti atsevišķi iepriekš noteikti uzdevumi. Darba nodaļā veikts autotransporta līdzekļu garu sastāvu manevrējamības īpašību novērtējums, analizēti autotransporta līdzekļu garu sastāvu apdzīšanas manevru parametri un izvērtēta autotransporta līdzekļu plūsmas un autoceļu ģeometrisku parametru ietekme uz ceļu satiksmes negadījumu rašanās risku, kuros iesaistīta viena transporta vienība – kravas automobilis vai autotransporta līdzekļu sastāvs.

### **4.1. apakšnodaļa: Autotransporta līdzekļu garu sastāvu manevrējamības analīze**

Pētījuma daļā noteikti autotransporta līdzekļu garu sastāvu manevrējamības parametri, tiem pārvietojoties ar mazu kustības ātrumu. Izmantojot grafiskas datorsimulācijas (izmantota *PC-Crash 8.0* programmatūra), noteikti autotransporta līdzekļu garu sastāvu apgriešanās pretējā virzienā manevra parametri (iekšējais un ārējais riņķa loka rādiuss) un pagrieziena pa labi parametri (ar iekšējā loka noapaļojumiem 8 metri un 12 metri). Pētījuma daļā analizēta ATLGS manevrējamības parametru atbilstība likumdošanai un transporta vienību iespējas izmantot dažādas servisa zonas. Datorsimulācijās iegūtie rezultāti salīdzināti ar iepriekš veiktos pētījumos iegūtiem rezultātiem.

Autotransporta līdzekļu garu sastāvu manevrējamības parametru noteikšanas pētījumā iegūtie rezultāti:

1. Vairākas Eiropas Savienības dalībvalstis, kas atļauj autotransporta līdzekļu garus sastāvus izmantot uz koplietošanas autoceļiem, savā nacionālajā likumdošanā ir noteikušas atkāpes no Direktīvā 96/53/EC noteiktajām autotransporta līdzekļu sastāvu manevrējamības parametru lielumiem.
2. Datormodelēšanas rezultāti parāda, ka neviens no apskatītajiem autotransporta līdzekļu gariem sastāviem (analizēti „A”, „B”, „C” un „D” konfigurācijas autotransporta līdzekļi atbilstoši Promocijas darbā izstrādātajai klasifikācijai) nevar apgriezties braukšanai pretējā virzienā Direktīvas 96/53/EC noteiktajā koncentrisku riņķa loku joslā (skatīt 1. tabulu). Visšaurākā (7,9 metri) koncentrisku riņķa loku josla, lai apgrieztos pretējā braukšanas virzienā, nepieciešama „A konfigurācijas” autotransporta līdzekļu garam sastāvam bez stūrējamām riteņu asīm/vadriteņiem. Visplatākā (10,2 metri) koncentrisku riņķa loku josla, lai apgrieztos pretējā braukšanas virzienā, nepieciešama „C konfigurācijas” autotransporta līdzekļu garam sastāvam bez stūrējamām riteņu asīm/vadriteņiem.
3. Datormodelēšanas rezultāti parāda, ka autotransporta līdzekļu aizmugures daļas sānneses visiem analizētajiem autotransporta līdzekļu gariem sastāviem ir mazāka (no 0,1 metra līdz 0,3 metriem) par likumdošanā noteikto maksimāli pieļaujamo vērtību (skatīt 1. tabulu).

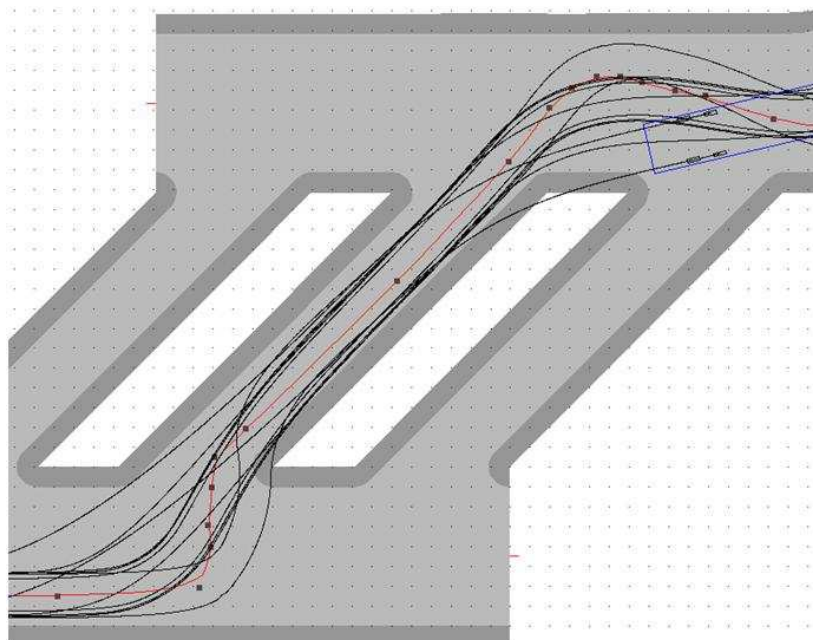
**1. tabula. Autotransporta līdzekļu sastāvu apgriešanās manevra braukšanai pretējā virzienā parametru apkopojums**

Apgriešanās manevrs braukšanai pretējā virzienā riņķa lokā ar ārējo rādiusu 12,5 metri	Citur veiktu pētījumu rezultāti	PC-Crash modelēšanas rezultāts		Atbilst Direktīvas 96/53/EC manevrētspējas prasībām
	Trajektorijas platums (metri)	Trajektorijas platums (metri)	Aizmugures sānnesse (metri)	
Automobilis-vilcējs ar puspiekabi (16,5 metri)	6,74* - 6,84	7,2	0,2	JĀ
Kravas automobilis ar divasu piekabi (18,75 metri)	nav datu	6,5	0,1	JĀ
"A konfigurācijas" autotransporta līdzekļu sastāvs (25,25 metri)	7,2* - 10,5	7,9	0,1	NĒ
"B konfigurācijas" autotransporta līdzekļu sastāvs (25,25 metri)	nav datu	9,3	0,1	NĒ
"C konfigurācijas" autotransporta līdzekļu sastāvs (25,25 metri)	>7,4	10,2	0,1	NĒ
"D konfigurācijas" autotransporta līdzekļu sastāvs (18,75 metri)	>7,2	9,0	0,3	NĒ

\* - Izmantojot piestūrējošas riteņu asis

4. Datormodelēšanas rezultāti parāda, ka visi pētītie autotransporta līdzekļu gari sastāvi (analizēti „A”, „B”, „C” un „D” konfigurācijas autotransporta līdzekļi atbilstoši Promocijas darbā izstrādātajai klasifikācijai) deviņdesmit grādu pagrieziena pa labi (pagrieziena stūra noapaļojumi 8 un 12 metri) veic aizņemot garāku un platāku pagrieziena koridoru/joslu salīdzinot ar tipveida ATLS identiska manevra parametriem. Labu manevrējamību uzrāda „A konfigurācijas” autotransporta līdzekļu garš sastāvs, kas pagrieziena pa labi ar stūra noapaļojumu 8 metri veic aizņemot par 14% lielāku pagrieziena koridoru/joslu, salīdzinot ar tipveida autotransporta līdzekļu sastāvu (automobilis-vilcējs sakabē ar puspiekabi). Datormodelēšanā sliktāku manevrējamību uzrāda „C konfigurācijas” autotransporta līdzekļu garš sastāvs, kas pagrieziena pa labi ar stūra noapaļojumu 8 metri veic par 5,1 metrus garākā un 3,1 metrus platākā pagrieziena koridorā/joslā salīdzinot ar tipveida autotransporta līdzekļu sastāvu.
5. Autotransporta līdzekļu garu sastāvu pagrieziena pa labi datormodelēšanas rezultāti (liels stūra noapaļojums ( $R = 12$  metri un vairāk)) uzrāda salīdzinoši mazu manevrējamības parametru starpību starp tipveida autotransporta līdzekļu sastāviem un autotransporta līdzekļu gariem sastāviem. Eiropas Modulārās Konceptcijas autotransporta līdzekļu sastāvu manevrējamības parametri ir par 10% līdz 23% sliktāki (+0,6 metri līdz +2,7 metri) kā tipveida autotransporta līdzekļu datormodelēšanā iegūti parametri.

6. Datorsimulācijas parāda, ka servisa zonās, kas projektētas tipveida autotransporta līdzekļu sastāvu apkalpošanai, nav iespējams droši pārvietoties un stāvēt autotransporta līdzekļu gariem sastāviem (piemēru 7. skatīt attēlā). Veicot iebraukšanas un izbraukšanas manevru, autotransporta līdzekļu sastāvs izmanto autostāvvietas drošības joslas un iebrauc citu transportlīdzekļu stāvēšanai atvēlētajās zonās. Novietojot autotransporta līdzekļu garus sastāvus stāvēšanai, tiek samazināta autostāvvietas ietilpība.



7. attēls. „A konfigurācijas” autotransporta līdzekļu sastāva manevra shēma iebraucot autostāvvietā un izbraucot no tās

Datorsimulācijās izmantoti autotransporta līdzekļu modeļi bez stūrējamām asīm/vadriteņiem. Uzlabotas autotransporta līdzekļu konstrukcijas ar stūrējamām asīm/vadriteņiem un izmantītu riteņu asu izvietojumu var uzlabot ATLSG manevrējamību.

#### 4.2. apakšnodaļa: Autotransporta līdzekļu sastāvu apdzīšanas manevru analīze

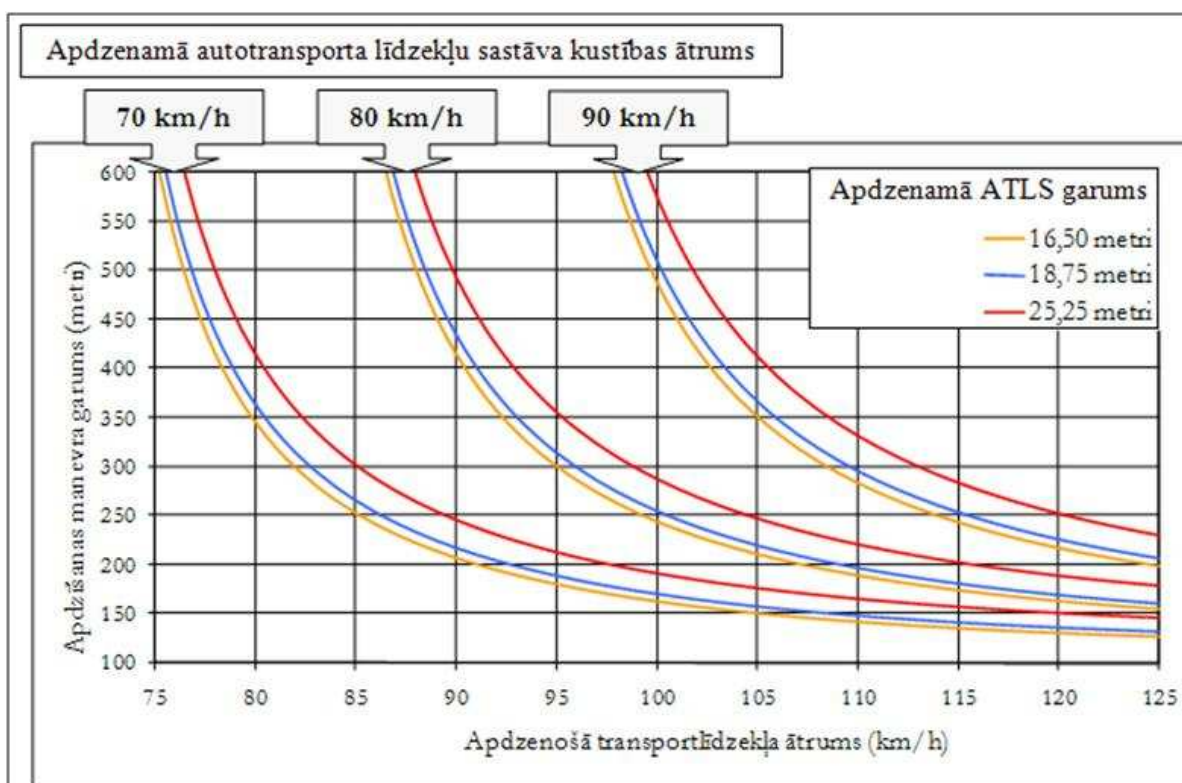
Apakšnodaļā noteikta autotransporta līdzekļu sastāvu kopējā garuma ietekme uz apdzīšanas manevru parametriem un ceļu satiksmes negadījumu rašanās risku, dots apdzīšanas manevru skaita atkarībā no autotransporta līdzekļu kustības ātrumu starpības novērtējums un autotransporta līdzekļu sastāvu apdzīšanas parametru novērtējums.

Autotransporta līdzekļu sastāvu apdzīšanas manevru analīze veikta vairākos posmos, vispirms, pamatojoties uz iepriekš veiktū pētījumu rezultātiem un izmantojot satiksmes drošības matemātiskās sakarības, aprēķināti teorētiski nepieciešamie apdzīšanas manevru parametri pie dažāda kustības ātruma visām autotransporta līdzekļu garu sastāvu konfigurācijām. Pētījuma otrajā etapā veikti autotransporta līdzekļu sastāvu apdzīšanas manevru eksperimentālie mērījumi uz Latvijas vispārējās lietošanas ceļiem ikdienas satiksmē. Eksperimentālie mērījumi veikti, izmantojot video ierakstus no braucoša automobiļa. Eksperimentālo datu iegūšanas laikā tika braukts aiz (ievērojot aptuveni 100 distanci) dažādu konfigurāciju autotransporta līdzekļu sastāviem, kuru kopējais garums ir 16,5 metri, 18,75 metri un 24,00 metri. Apdzīšanas manevru eksperimenti veikti 2005. gadā,

kad 24,00 metrus gari dalāmu kravu pārvadāšanai paredzēti autotransporta līdzekļu sastāvi pedālījās ceļu satiksmē Latvijas teritorijā.

Apstrādāto videoierakstu rezultāti apvienoti speciālā datu bāzē; veikta eksperimentālo datu aprakstošā statistiskā analīze. Autotransporta līdzekļu sastāvu apdzīšanas manevru analīzē iegūtie rezultāti:

1. Salīdzinot apdzīšanas manevru, kas veikti Ceļu satiksmes noteikumos noteiktā ātruma režīmā ārpus apdzīvotām vietām, teorētiski aprēķinātos parametrus, noteikts, ka apdzīšanas manevra garums, kurā vieglais automobīlis apdzien 25,25 metrus garu autotransporta līdzekļu sastāvu, būs par 13% garāks salīdzinājumā ar apdzīšanas manevru, kur apdzienamais autotransporta līdzekļu sastāvs ir 18,75 metrus garš (skatīt 8. attēlu).

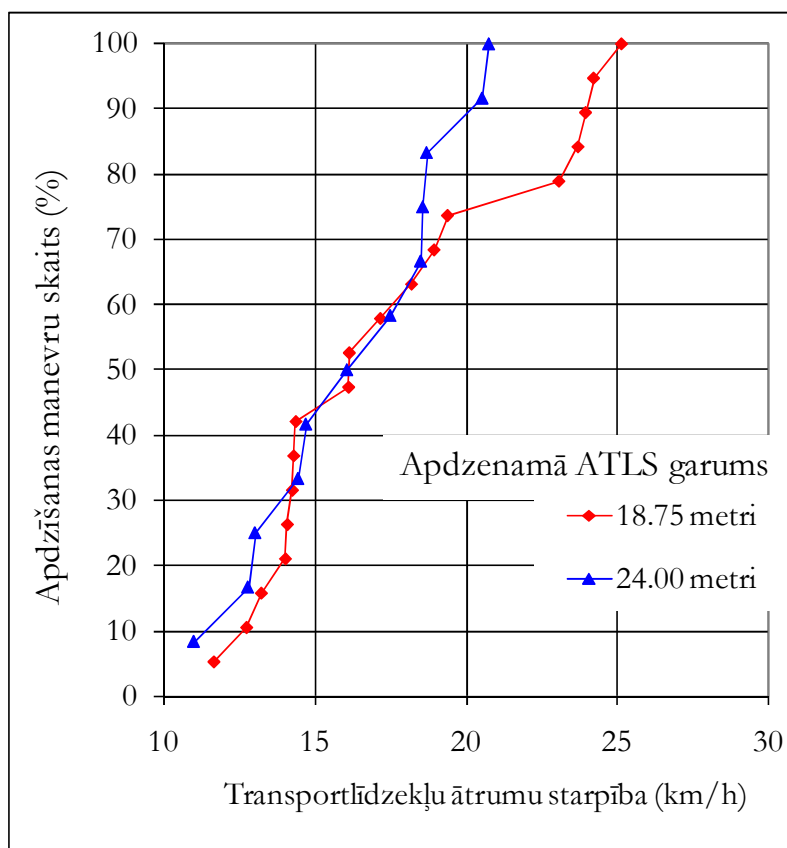


8. attēls. Apdzīšanas manevra garums atkarībā no autotransporta līdzekļu sastāvu (ATLS) garuma, to kustības ātruma un apdzīšanas manevrā iesaistīto automobiļu ātrumu starpības

2. Noteikts, ka 25,25 metrus gara autotransporta līdzekļu sastāva kustības ātrumam jābūt 78,7 km/h, lai apdzienošā vieglā automobiļa apdzīšanas ceļa garums būtu vienāds ar apdzīšanas manevra garumu, kurā apdzienamais autotransportlīdzekļu sastāvs ir 18,75 metri. Apdzienamo autotransporta līdzekļu sastāvu – 18,75 metrus gara kravas automobiļa ar piekabi un 25,25 metrus gara ATLS kustības ātrumu starpība ir 1,3 km/h (1,6%).
3. Apdzīšanas manevra ceļa garumu būtiski ietekmē automobiļu kustības ātrumus un ātrumu starpība starp apdzienamo un apdzienošo autotransporta līdzekli. Pie vienāda ātrumu režīma ATLS garuma ietekmei uz apdzīšanas ceļa garumu ir sekundāra nozīme. Nevar uzskatīt, ka autotransporta līdzekļu sastāva garums ir primārais ceļu satiksmes drošību ietekmējošais faktors. Autotransporta līdzekļu garuma ietekme uz

apdzīšanas manevra garumu samazinās, palielinoties apdzenamā un apdzenošā transporta līdzekļa ātruma starpībai.

4. Autotransporta līdzekļu garu sastāvu maksimāli pieļaujamā zemāka kustības ātruma samazināšana (piemēram līdz 70 km/h) palielinās autotransporta līdzekļu sastāvu apdzīšanas manevru skatu. Transporta plūsma, kurā smagās kravas transporta vienības pārvietojas ar dažādu kustības ātrumu un veic savstarpējus apdzīšanas manevrus, ir ar īpaši augstu satiksmes drošības riska pakāpi.
5. Eksperimentālie apdzīšanas manevru mērījumu rezultāti uz Latvijas autoceļiem ir tuvi teorētiski iegūtajiem rezultātiem. Mērījumu rezultātos nav vērojama korelācija starp apdzīšanas manevrā iesaistīto autotransporta līdzekļu kustības ātrumu starpību un apdzenamā autotransporta līdzekļu sastāva garumu. Autovadītāju izvēlētajā ātrumu starpība ir atkarīga no konkrētās satiksmes situācijas, bet aptuveni 70% no apdzīšanas manevriem tiek veikti ar līdz 20 km/h lielu ātrumu starpību starp apdzenošo automobili un apdzinamo ATLS (skatīt 9. attēlu). Salīdzinot apdzīšanas manevrus, kuros iesaistīti 18,75 metrus un 24,00 metrus gari autotransporta līdzekļu sastāvi, vidējo apdzīšanas manevru ilgumu starpība ir 1,7 sekundes.



9. attēls. Ceļa eksperimentu rezultāti: apdzīšanas manevru skaits atkarībā no autotransporta līdzekļu kustības ātrumu starpības

6. Katrs atsevišķs autotransporta līdzekļu gara sastāva apdzīšanas manevrs ir ilgāks/garāks, tā bīstamība ir augstāka. Ņemot vērā Promocijas darba citās pētījumu daļās izteikto un iepriekš veikto pētījumu rezultātos konstatēto, kopējais kravas autotransporta līdzekļu un to sastāvu skaits, izmantojot autotransporta līdzekļu garus

sastāvus, uz ceļiem var samazināties. Tādejādi iespējams samazināt satiksmes plūsmā esošo lēnāk braucošo autotransporta vienību skaitu un samazināt kopējo apdzīšanas manevru skaitu. Apgalvojumu statistiski pamatota novērtējuma izteikšanai nepieciešams veikt specifisku pētījumu.



**10. attēls. Video materiāla kadrs no eksperimentālo datu iegūšanas procesā fiksēta bīstami veikta apdzīšanas manevra norises gaitas**

Autotransporta līdzekļu garu sastāvu apdzīšanas manevrs ir garāks salīdzinājumā ar apdzīšanas manevru, kurā tiek apdzīts tipveida autotransporta līdzekļu sastāvs. Palielinātais ATLGs kopējais garums ir tikai viens no apdzīšanas manevra bīstamību ietekmējošajiem faktoriem. Latvijas autovadītāju disciplinētība, auto vadīšanas kultūra, autoceļu tehniskais stāvoklis un infrastruktūras piemērotība rada ievērojamu papildus apdzīšanas manevru bīstamību (piemēru skatīt 10. attēlā).

#### **4.3. apakšnodaļa: Kravas autotransporta līdzekļu sastāvu ceļu satiksmes negadījumu rašanos ietekmējošo parametru analīze**

Apakšnodaļā veikta satiksmes plūsmas un autoceļu ģeometrisku parametru ietekmes novērtēšana uz kravas autotransporta līdzekļu sastāvu radītu ceļu satiksmes negadījumu rašanās risku. Parametru ietekmes kvantitatīvai novērtēšanai un prognozēšanai izstrādāts matemātiskais modelis izmantojot Negatīvo Binominālo ar nulļu ietekmi teorētisko sadalījumu. Matemātiskā modelēšana veikta izmantojot vairākas datu bāzes, kurās iekļauta informācija par situāciju ASV Vašingtonas štatā. Analīzē izmantoti ASV Vašingtonas štata visu divu joslu ceļu posmu ģeometrisku parametru (šķērsprofils, garenprofils) un uz tiem četru gadu laika posmā notikušo ceļu satiksmes negadījumu parametri (notikuma vieta, transportlīdzekļa dati, vadītāja dati, ceļa apstākļi).

Satiksmes drošības teorijā uzskata, ka ceļu satiksmes negadījumu skaits, kas notiek kādā noteiktā laika periodā, kādā noteikta garuma ceļa posmā, atbilst normālajam sadalījumam. Tā kā ceļu satiksmes negadījumi ir diskrēti notikumi, normālā sadalījuma (nepārtraukta gadījumlīluma sadalījums) vietā ieteicams lietot Puasona sadalījumu (diskrētu gadījumlīlumus aprakstošs teorētiskais sadalījums). Vairbūtība, ka noteiktajā laika periodā noteikta ceļa posmā, notiks  $m_i$  ceļa satiksmes negadījumi ir vienāda ar:

$$P(m_i) = \frac{e^{(-\lambda_i)\lambda_i^{m_i}}}{m_i!} \quad (1)$$

$P(m_i)$  ir varbūtība, ka ceļa posmā  $i$  noteiktā laika periodā notiks  $m_i$  skaits ceļa satiksmes negadījumi un  $\lambda_i$  ir Puasona parametrs katram  $i$ -tajam ceļa posmam.

Attiecība starp sagaidāmo ceļu satiksmes negadījumu skaitu un Puasona parametru ir izsakāma kā matemātiskā cerība:  $E[m_i] = \lambda_i$ . Sagaidāmais ceļu satiksmes negadījumu skaits ( $i$ -tā notikuma sagaidāmais biežums) ir vairāku katru autoceļa posmu raksturojošu parametru (piemēram, brauktuves platums, līkumainība, satiksmes plūsma dienā) kopas funkcija. Parasti funkciju starp autoceļa posmu raksturojošo parametru kopu un Puasona parametru izsaka eksponenciālā formā:

$$\lambda_i = e^{(\beta X_i)} = \text{EXP}(\beta X_i) \quad (2)$$

$\beta$  ir aprēķināmo parametru vektors un  $X_i$  ir autoceļa posmu raksturojošo parametru kopas vektors. Puasona sadalījuma izmantošanas iespējas autotransporta nozares datu analīzei detalizēti aprakstītas literatūrā (Washington, et al., 2003), (Miaou, et al., 1993), (Miaou, 1994), (Lord, et al., 2005). Ja Puasona parametrs ir zināms, ceļa satiksmes negadījumu skaita varbūtība  $i$ -tajā ceļa posmā ir:

$$P_{0,i} = \text{EXP}(-\lambda_i) \quad (3)$$

$$P_{j,i} = \binom{\lambda_i}{j} P_{j-1,i}$$

$P_{0,i}$  ir varbūtība, ka  $i$ -tajā ceļa posmā noteiktajā laika periodā nenotiks neviens ceļu satiksmes negadījums. Varbūtība  $P_{j,i}$  nosaka, ka  $i$ -tajā ceļa posmā noteiktajā laika periodā notiks ceļa satiksmes negadījumi. Pie tam,  $j$  apzīmē ceļu satiksmes negadījumu skaitu ( $j = 1, 2, 3, \dots$ ).

Ja datu izlases dispersija ir ievērojami lielāka par tās vidējo vērtību, visbiežāk tiek lietots negatīvais binominālais (NB) sadalījuma modelis. Tas ir tuvs Puasona sadalījuma modelim un ir radies līdz ar datu nevienādīguma formulēšanu. Katra  $i$ -tā notikuma novērošanas sagaidāmais biežums tagad ir izsakāms kā:

$$\lambda_i = \text{EXP}(\beta X_i + \varepsilon_i) \quad (4)$$

Vienādībā (4) lietotā funkcija  $\text{EXP}(\varepsilon_i)$  ir Gammas sadalījuma novirzi aprakstošs elements, kura vidējā vērtība ir 1 un dispersija ir  $\alpha^2$ . Negatīvo binominālā sadalījuma funkciju iespējams pierakstīt dažādi, viena no formām ir šāda:

$$P(m_i) = \frac{\Gamma((\alpha^{-1})+m_i)}{\Gamma(\alpha^{-1})(m_i!)} \left(\frac{\alpha^{-1}}{(\alpha^{-1})+\lambda_i}\right)^{\alpha^{-1}} \left(\frac{\lambda_i}{(\alpha^{-1})+\lambda_i}\right)^{m_i} \quad (5)$$

Izteiksmē (5) lietotais  $\Gamma(\dots)$  apzīmējums ir Gamma funkcija. Ievērojot negatīvā binominālā sadalījuma blīvuma funkciju (*probability mass function (PMF)*), varbūtības funkcija uzrakstāma šādā formā:

$$L(\lambda_i) = \prod_{i=1}^n \text{LN} \left[ \frac{\Gamma((\alpha^{-1})+m_i)}{\Gamma(\alpha^{-1})(m_i!)} \left(\frac{\alpha^{-1}}{(\alpha^{-1})+\lambda_i}\right)^{\alpha^{-1}} \left(\frac{\lambda_i}{(\alpha^{-1})+\lambda_i}\right)^{m_i} \right] \quad (6)$$

Negatīvā binominālā sadalījuma modelim sadalījuma funkcijas maksimuma aprēķināšanas procedūru (*maximum likelihood estimator (MLE) procedure*) piemēro tādā pašā veidā kā to dara Puasona sadalījuma modeļiem.

Ceļu satiksmes negadījumu skaita prognozēšanas pētījumos izšķir divu veidu nenotikušus notikumus: nenoticiis ceļu satiksmes negadījums, kas citā laika periodā varētu notikt ar noteiktu varbūtību un nenoticiis ceļu satiksmes negadījums, kas nekad nevarētu notikt (*true zero accident*). Matemātiskā modeļa izstrādei izmantotajā datu izlasē abu veidu nenotikušie ceļu satiksmes negadījumi parādās kā nulles. Svarīgi, cik labi matemātiskais prognozēšanas modelis nošķir šo divu veidu nenotikušos notikumus.

Speciāli Puasona sadalījuma un negatīvā binominālā sadalījuma modeļi: *Zero-Inflated Poisson (ZIP)* un *Zero-Inflated negative binomial (ZINB)* ir izstrādāti, lai risinātu daudzu nulles gadījumu skaitīšanas procesus (Washington, et al., 2003).

ZIP un ZINB matemātisko sadalījumu algebriskais pieraksts veikts atbilstoši J.M. Williamson un līdzautoru darbam (Williamson, et al., 2007). Pieņemsim, ka  $M_i$  ir nenegatīvs vesels ceļa satiksmes negadījumu skaits, kas noticis sistēmas  $i$ -tajā ceļa posmā,  $i = 1, 2, 3 \dots N$ . Varbūtība, ka nulle ir lieka tiek apzīmēta ar  $\pi_i$ ,  $0 \leq \pi_i \leq 1$ . Atbilstoši Y.B. Cheung darbam (Cheung, 2002), ja gadījuma lielums  $M_i$  seko ZIP sadalījumam, tad (Williamson, et al., 2007):

$$P(M_i = m_i) = \begin{cases} \pi_i + (1 - \pi_i)e^{-\lambda_i}, & \text{ja } m_i = 0 \\ (1 - \pi_i) \frac{e^{-\lambda_i} \lambda_i^{m_i}}{m_i!}, & \text{ja } m_i > 0 \end{cases} \quad (7)$$

ja  $i = 1, 2, 3 \dots N$ .

ZIP sadalījumam atbilstoša gadījuma lieluma matemātiskā cerība ir vienāda ar:  $E(M_i) = (1 - \pi_i)\lambda_i$ , bet dispersija – ar:  $VAR(M_i) = (1 - \pi_i)\lambda_i(1 + \pi_i\lambda_i)$ .

Ja gadījuma lielums  $M_i$  seko ZINB sadalījuma likumam, tad (Williamson, et al., 2007):

$$P(M_i = m_i) = \begin{cases} \pi_i + (1 - \pi_i) \left(\frac{1}{1 + \alpha\lambda_i}\right)^{\alpha^{-1}}, & \text{ja } m_i = 0 \\ (1 - \pi_i) \frac{\Gamma((\alpha^{-1}) + m_i)}{\Gamma(\alpha^{-1})(m_i!)} \left(\frac{\alpha\lambda_i}{1 + \alpha\lambda_i}\right)^{m_i} \left(\frac{1}{1 + \alpha\lambda_i}\right)^{\alpha^{-1}}, & \text{ja } m_i > 0 \end{cases} \quad (8)$$

ja  $i = 1, 2, 3 \dots N$ .

ZINB sadalījumam atbilstoša gadījuma lieluma matemātiskā cerība ir vienāda ar:  $E(M_i) = (1 - \pi_i)\lambda_i$ , bet dispersija – ar:  $VAR(M_i) = (1 - \pi_i)\lambda_i(1 + (\alpha + \pi_i)\lambda_i)$ , kur  $\alpha$  ir asimetrijas (*over-dispersion*) parametrs. Ja  $\alpha \rightarrow 0$ , ZINB modelis atbilst ZIP modelim un izteiksme (8) kļūst vienāda ar izteiksmi (7).

Pētījuma izstrādē ir izmantotas matemātisko modeļu izvēles pamatnostādnes, ko izstrādājuši V. Shankar ar kolēģiem (Shankar, et al., 1997). Metode balstīta uz Vuonga testa iespējamajām vērtībām un asimetrijas parametra  $\alpha$  t-statistiku. Vuonga statistika (Vuong, 1989) tiek lietota, lai noteiktu, kurš no teorētiskajiem sadalījumiem precīzāk atbilst konkrētajai datu izlasei. Pētījumā savstarpēji novērtēti un salīdzināti *Zero-Inflated Poisson (ZIP)* un *Zero-Inflated negative binomial (ZINB)* matemātiskie modeļi.

Tā kā izmantotās datu izlases 96,5% novērojumos (ceļa posmu) nav fiksēts noticis notikums (ceļu satiksmes negadījums, kurā iesaistīta viena transporta vienība – kravas automobilis vai ATLS), nenotikušo notikumu ietekmes ievērošana matemātiskajā modelī ir svarīga. Vuonga *Non-Nested Hypothesis Test* statistiskā parametra vērtība ir:  $V =$

-10,175, kas iesaka lietot *Zero-Inflated* speciālo matemātisko modeli. Atbilstoši veikto pārbaužu rezultātiem, *Zero-Inflated Negative Binomial* (ZINB) sadalījuma modelis izvēlēts, lai noteiktu sagaidāmo ceļu satiksmes negadījumu notikšanas frekvenci.

Ceļu satiksmes negadījumu, kuros iesaistīta viena transporta vienība – kravas automobilis, vai autotransporta līdzekļu sastāvs, sagaidāmā notikšanas funkcija katrā ceļa  $i$ -tajā posmā uzrakstāma šādā formā:

$$\lambda_i = (L_i)EXP(\beta X_i + \varepsilon_i) \quad (9)$$

Izteiksmē (9) izmantotais parametrs ( $L_i$ ) ir katra  $i$ -tā ceļa posma garums (jūdzes),  $\beta$  ir katra ietekmējošā parametra koeficients, kas ir jāaprēķina, un  $\varepsilon_i$  ir NB sadalījumu raksturojošais parametrs. Ja ceļu satiksmes negadījumu risks ir definēts kā notikušo ceļu satiksmes negadījumu skaits pret kopējo transportlīdzekļu nobraukumu, tad funkcija  $EXP(\beta X_i + \varepsilon_i)$  izsaka šo ceļu satiksmes negadījumu notikšanas risku.

Datu analīze un varbūtības blīvuma funkcijas noteikšana veikta izmantojot programmatūras „R 2.7.1” *Political Science Computational Laboratory, Stanford University* izstrādāto statistisko moduli „pscl” (Jackman, 2008).

Iegūtais matemātiskais modelis nodrošina apmierinošu statistisko atbilstību izejas datiem. Modelēšanas rezultātā iegūti kvantitatīvi salīdzināmi autoceļu ģeometriju un transporta plūsmu raksturojošo parametru ietekmes rādītāji uz ceļu satiksmes negadījumu skaitu, kuros ir iesaistīta viena transporta vienība – kravas automobilis vai autotransporta līdzekļu sastāvs.

Autotransporta līdzekļu plūsmas un autoceļu ģeometrisko parametru ietekmes analīzē uz iespējamajiem autotransporta līdzekļu garu sastāvu izraisītiem ceļu satiksmes negadījumiem iegūtie rezultāti apkopoti 2. tabulā. Matemātiskā modelēšanas rezultātā iegūts, ka:

1. Analizētā veida CSNg skaitu visvairāk ietekmējošais parametrs ir kravas automobiļu procentuālais skaits kopējā transporta plūsmā. Parametra ietekme ir pozitīva: jo vairāk kravas automobiļu pārvietojas pa konkrēto ceļa posmu, jo ir augstāks ceļu satiksmes negadījumu risks, kuros ir iesaistīti kravas automobiļi un to sastāvi.
2. Kopējais nobraukums katrā ceļa posmā ir vienīgais parametrs, kas būtiski ietekmē gan iespējamo CSNg skaitu, gan varbūtību, ka nenotiks šāds ceļu satiksmes negadījums. Parametram ir pieaugoša ietekme palielinoties tā vērtībai. Analizējot nenotikušu CSNg nenotikšanas drošumu, parametrs ir vienīgais būtiskais parametrs, kas nosaka pilnībā drošus ceļa posmus. Palielinoties kopējam nobraukumam katrā ceļa posmā, varbūtība, ka nenotiks ceļu satiksmes negadījums, strauji samazinās.
3. Autoceļu nomales platums būtiski ietekmē analizētā veida CSNg iespējamību; parametram ir dilstoša ietekme, to palielinot. Labās un kreisās autoceļa nomales platumi izmantoti matemātiskā modeļa izstrādē, tomēr, lietojot tos kā divus atsevišķus parametrus, tie nav būtiski ietekmējoši ceļu satiksmes negadījumu rašanās risku.
4. Autoceļu posmos ar straujiem pagriezieniem (pagriezienu leņķis virs 6 grādiem) ir palielināts riska faktors analizētā veida CSNg notikšanai; parametram ir pieaugoša ietekme, to palielinot. Modeļa izstrādes gaitā izmantoti arī mazāk strauju līkumu parametri, tomēr to ietekme uz ceļu satiksmes negadījumu rašanos nevar tikt uzskatīta par būtiskiem.

**2. tabula. Ārpus apdzīvotām vietām, uz divu joslu ceļiem notiekošu ceļu satiksmes negadījumu, kuros iesaistīta viena kravas autotransporta vienība, risku ietekmējošie parametri, kas noteikti izmantojot Negatīvo Binominālo ar nulļu ietekmi matemātiskā sadalījuma prognozēšanas modeli**

Diskrētu notikumu modelis ( <i>negative binomial with log link</i> )				
Mainīgais	Mainīgā skaidrojums	Koeficienta vērtība	Standartnovirze	z vērtība
Constant	Konstante	-3.694	0.193	-19.136
TruckPrct	Kravas automobiļu procentuālais skaits	0.071	0.005	13.058
MVMT	Autotransporta līdzekļu kopējais nobraukums	0.515	0.051	10.004
aadt	Vidējā ikdienas transporta plūsma gadā	-0.113	0.017	-6.568
PrincipArterial	Galvenais autoceļš ārpus apdzīvotas vietas	0.594	0.099	5.981
AveShldWid	Abu nomaļu vidējais platums	-0.067	0.020	-3.273
PrcCurveC	Ceļa posma daļa, kurā ir līkums ar pagrieziena leņķi robežās $6 \leq \alpha < 10$ grādi (procenti)	0.022	0.003	7.587
PrcCurveD	Ceļa posma daļa, kurā ir līkums ar pagrieziena leņķi robežās $\alpha \geq 10$ grādi (procenti)	0.023	0.003	7.444
Nulļu ietekmes ( <i>Zero-Inflated</i> ) modeļa koeficienti ( <i>binomial with logit link</i> )				
Mainīgais		Koeficienta vērtība	Standartnovirze	z vērtība
Konstante	Konstante	2.541	0.186	13.678
MVMT	Autotransporta līdzekļu kopējais nobraukums	-10.308	1.970	-5.233
Atbilstības varbūtība konstantei ( <i>Log-likelihood with constant only</i> ) (G)				-2467
Atbilstības varbūtība pilnam modelim ( <i>Log-likelihood at convergence</i> ) (G)				-1979

5. Autoceļu garenslīpuma ietekme uz analizētā veida CSNg iespējamo rašanos ir nebūtiska. Iegūtais rezultāts saskan ar iepriekš veiktu pētījumos gūtām atziņām.
6. Autoceļu posmos ar lielu kopējo transporta plūsmu un augstu kravas autotransporta procentuālo daļu tajā ir paaugstināts risks analizētā veida CSNg notikšanai. Visiem transporta plūsmu raksturojošiem parametriem piemīt pieaugoša ietekme uz CSNg rašanās risku.
7. Aprakstošā statistiskā analīze parāda, ka biežāk notiekošais vienas transporta vienības liela kravas autotransporta līdzekļa vai to sastāva CSNg tipi ir uzbraukums nekustīgam objektam un ceļa elementiem (kopā 37%), kam seko apgāšanās (35%).

Uzbraukšana citam transportlīdzeklim no aizmugures ir visbiežāk notiekošais ceļu satiksmes negadījumu veids, kurā ir iesaistītas vairākas transporta vienības, no kurām viena ir kravas autotransporta līdzeklis vai to sastāvs.

## **Promocijas darbam pievienotie pielikumi**

1. pielikums: Autotransporta līdzekļu garu sastāvu izmantošanas piemērs Eiropas Savienībā. Pielikumā apkopota informācija par autotransporta līdzekļu garu sastāvu ieviešanas gaitu un Eiropas Modulāras Konceptijas autotransporta līdzekļu sastāviem noteiktajām tehniskajām prasībām Zviedrijas nacionālajā likumdošanā.

2. pielikums: Kravu pārvadājumu apjoma detalizētā analīzē izmantotie dati un rezultāti. Pielikumā apkopota informācija par kravu pārvadājumu analīzi un izmantoto datu izlasi. Atsevišķi apstrādāti analīzes rezultāti parādīti grafiskā un tabulārā veidā.

3. pielikums. Autotransporta pārvadājumu uzņēmumu izmaksu iepriekš veiktu pētījumu rezultāti. Iepriekš veiktu, līdzīgu pētījumu rezultātu apkopojums; autopārvadājumu uzņēmumu transportēšanas operāciju nodrošināšanas kopējo izmaksu sadalījums pa izmaksu posteņiem.

4. pielikums. Autotransporta pārvadājumu uzņēmējdarbības projektu raksturojošie efektivitātes rādītāji. Pielikumā grafiski uzrādīti vairāki vienu autopārvadājumu uzņēmējdarbības projektu raksturojoši efektivitātes rādītāji un to prognozētās izmaiņas laikā.

5. pielikums. Datorprogrammā *PC-Crash 8.0* izveidoto autotransporta līdzekļu sastāvu manevrētspējas analīzes modeļu shēmas. Autotransporta līdzekļu sastāvu pagrieziena par deviņdesmit grādiem analīze (stūra noapaļojuma rādiuss 8 metri un 12 metri).

6. pielikums. Matemātiskās prognozēšanas modeļa izstrādes gaitā izmantotie *Highway Safety Information System (HSIS)* datu bāzes lauki. Pielikumā datu tabulu veidā doti visi izmantotie parametri un to raksturojums.

7. pielikums. Matemātiskā modeļa izstrādē lietotais programmatūras „*R 2.7.1.*” kods. Pielikumā dota matemātiskās prognozēšanas modeļa datorprogramma teksta veidā.

8. pielikums: Atsauksmes par promocijas darbu no biedrības „Autopārvadātāju asociācija „Latvijas auto””

9. pielikums: Atsauksme par promocijas darbu no Latvijas nacionālās kravas ekspeditoru asociācijas „LAFF”

## **8. NOBEIGUMS**

Komerčiāli autotransporta kravu pārvadājumi ir nozīmīga Latvijas ekonomikas daļa. Tālas distances kravu pārvadājumu pilnveidošana un attīstība var nodrošināt Latvijas kā patiesas tranzīta valsts stāvokli. Promocijas darbā ir analizētas jauna un novatoriska tehniska risinājuma ieviešanas iespējamās sekas autotransporta pārvadājumu tirgū un ceļu satiksmē.

Promocijas darbā veiktie pētījumi ir praktiski un būtiski autotransporta pārvadājumu nozarei. Pētījuma praktisko nozīmi apliecina atsauksmes no biedrības „Autopārvadātāju asociācija „Latvijas auto”” un atsauksme Latvijas nacionālās kravas ekspeditoru asociācijas

„LAFF”. Pētījuma uzsākšanu un tā nepieciešamību ir rosinājuši komerciālu autopārvadājumu uzņēmumu vadītāji, kas meklē risinājumus un iespējamās perspektīvas pārvadājumu efektivitātes uzlabošanā.

Visas Promocijas darba ietvaros veiktās pētījuma daļas izstrādātas sistēmiski, atbilstoši izvēlētajai metodoloģijai un zinātniski pētnieciskiem principiem. Pētījuma daļas veido vienu noslēgtu pētījumu, kurā dotas atbildes uz visiem Promocijas darbā izvirzītajiem uzdevumiem. Promocijas darba mērķis ir pilnībā sasniegts.

Promocijas darba pētījumi veikti četros virzienos: autotransporta līdzekļu garu sastāvu iespējas legāli izmantot kravu komercpārvadājumu operāciju nodrošināšanā, to izmantošanas lietderīgums un iespējas uzlabot autopārvadājumu efektivitāti, autotransporta līdzekļu garu sastāvu iespējamā negatīvā ietekme uz esošo ceļu infrastruktūru un saistīto ceļu satiksmes drošības problēmu analīze.

### **Promocijas darbā formulētās aizstāvamās tēzes ir:**

1. Veicot kvantitatīvu autopārvadājumu pavaddokumentu informācijas analīzi par pārvadāto preču daudzumu, noteikts, ka ATLGS efektīvi izmantojami tikai noteiktu preču grupu pārvadājumiem lielā attālumā.
2. Atbilstoši izstrādātajai mērījumu metodikai veikti inženiertehniski eksperimenti, kuru rezultāti norāda uz ATLGS salīdzinoši sliktāku manevrētspēju pie zema kustības ātruma, kas var radīt papildus draudus satiksmes drošībai.
3. Veikto eksperimentālo apdzīšanas manevru parametru mērījumu rezultāti uz Latvijas autoceļiem uzrāda, ka palielinātais ATLGS apdzīšanas manevra garums nav uzskatāms par ceļu satiksmes drošības līmeni primāri ietekmējošu faktoru.
4. Komerciālu autopārvadājumu projekta efektivitātes novērtēšana, izmantojot izstrādāto datorsimulāciju modeli, deva pozitīvus rezultātus, ko nepieciešams izvērtēt, apsverot ATLGS iespējas piedalīties ceļu satiksmē.

Promocijas darbā analizētas vairāki ar autotransporta līdzekļu garu sastāvu iespējamu ieviešanu saistīti jautājumi. Atbilstoši izvēlētajai pētnieciskajai metodikai, veikti inženiertehniski pētījumi, vērtētas ATLGS priekšrocības un trūkumi, izstrādāti datorsimulāciju prognozēšanas modeļi, kas rada iespēju argumentēti izteikt sekojošus apgalvojumus:

1. Līdz 24% no visiem kravu pārvadājumiem ar tipveida ATLS ir iespējams aizstāt ar ATLGS. Tipveida autotransporta līdzekļu sastāva kravas telpas garums ir primārais transportējamās kravas apjomu ierobežojošais faktors.
2. Neviena no analizētajām ATLGS konfigurācijām nevar apgriezties braukšanai pretējā virzienā Direktīvas 96/53/EC noteiktajā koncentrisku riņķa loku joslā. Visu konfigurāciju ATLGS pagriezienu pa 90 grādiem (pagriezienu stūra noapaļojumi 8 un 12 metri) veic aizņemot garāku un platāku pagriezienu koridoru/joslu (palielinājums no 10% līdz 23%) salīdzinot ar tipveida ATLS identiska manevra parametriem. Servisa zonās, kas projektētas tipveida ATLS apkalpošanai, nav iespējams droši pārvietoties un stāvēt autotransporta līdzekļu gariem sastāviem.

3. Salīdzinot apdzīšanas manevrus, kas veikti Ceļu satiksmes noteikumos noteiktā ātruma režīmā ārpus apdzīvotām vietām, apdzīšanas manevra garums, kurā vieglais automobilis apdzen 25,25 metrus garu autotransporta līdzekļu sastāvu, būs par 13% garāks salīdzinājumā ar apdzīšanas manevru, kur apdzenamais autotransporta līdzekļu sastāvs ir 18,75 metrus garš. Apdzīšanas manevra ceļa garumu būtiski ietekmē automobiļu kustības ātrumus un ātrumu starpība starp apdzenamo un apdzenošo autotransporta līdzekli. Pie vienāda ātrumu režīma ATLS garuma ietekmei uz apdzīšanas ceļa garumu ir sekundāra nozīme. Nevar uzskatīt, ka autotransporta līdzekļu sastāva garums ir primārais ceļu satiksmes drošību ietekmējošais faktors.
4. Visvairāk ceļu satiksmes negadījumu, kuros ir iesaistīta viena transporta vienība – kravas automobilis vai autotransporta līdzekļu sastāvs ietekmē kravas automobiļu procentuālais skaits kopējā transporta plūsmā. Kopējais nobraukums katrā ceļa posmā ir vienīgais parametrs no autoceļu ģeometriju un transporta plūsmu raksturojošajiem parametriem, kas būtiski ietekmē gan iespējamo ceļu satiksmes negadījumu skaitu, gan varbūtību, ka nenotiks šāds ceļu satiksmes negadījums.
5. Latvijas Republikas, Eiropas Savienības un citu Dalībvalstu nacionālajā likumdošanā nav vienotas izpratnes par ATLS tehniskajām normām un iespējām legāli tiem piedalīties satiksmē uz vispārējās lietošanas ceļiem. ATLS izmantošana iespējama tikai pēc vairāku grozījumu izdarīšanas normatīvajos dokumentos.
6. Izmantojot ATLS iespējams uzlabot autopārvadājumu efektivitāti. Vienādos ekonomiskās aktivitātes apstākļos komerciālu autotransporta pārvadājumu projektu realizējot ar ATLS kopējās izmaksas uz vienu kravu apgrozības vienību (tonnu-km) samazinās par 23%.

Veiktais transporta nozares pētījums par autotransporta līdzekļu garu sastāvu izmantošanu ļāvis tā autoram apgūt papildus teorētiskas zināšanas un uzlabot praktiskās iemaņas pētnieciskā darba veikšanā. Pētījuma izstrādātājs guvis pieredzi pētījumu organizēšanā un eksperimentu veikšanā, ko varēs daudzpusīgi izmantot savā turpmākajā profesionālajā darbībā.

Pētījumā iegūtie rezultāti, rosinātā diskusija un izteiktie secinājumi ir būtiski Latvijas transporta nozares speciālistiem, valsts institūciju pārstāvjiem un transporta nozares pētniekiem. Pētījumā lietotā sistēmiskā pieeja un izmantotā metodoloģija nodrošina pētījumu rezultātu atbilstošu precizitāti un izteikto secinājumu objektivitāti.

Izvēlētā Promocijas darba tematika ir ļoti aktuāla, ko pastiprina dažādie ekspertu viedokļi un diskusijas transporta speciālistu un pētnieku starpā. Šobrīd Eiropas Savienībā autotransporta līdzekļu garu sastāvu iespējamās izmantošanas sekas nav pilnībā novērtētas. Aizsāktais zinātniskais darbs varētu tikt turpināts, konkretizējot un papildinot izteiktos secinājumus, bet tas prasa papildus specifiskus pētījumus.

**Aivis GRĪSLIS**

**AUTOTRANSPORTA LĪDZEKĻU GARU SASTĀVU  
IESPĒJAMĀS IZMANTOŠANAS ANALĪZE DALĀMU  
KRAVU PĀRVADĀJUMIEM**  
Promocijas darba kopsavilkums

---