



University of Pristina
Kosovska Mitrovica



Funded by
the European Union



**Sustainable
Transportation within
the framework of
Green Deal**

**ЛАБОРАТОРИЈСКИ
ПРИРУЧНИК**



SPHERE is co-funded by the European Union under project reference number 101128065-SPHERE-ERASMUS-EDU-2023-CBHE. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them.

УНИВЕРЗИТЕТ У ПРИШТИНИ – КОСОВСКА МИТРОВИЦА

ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА



ЛАБОРАТОРИЈСКИ ПРИРУЧНИК

"Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them."

САДРЖАЈ

1.	УВОД.....	4
2.	ЛАБОРАТОРИЈА ЗА САОБРАЋАЈ И ТРАНСПОРТ	6
3.	ОПРЕМА У ЛАБОРАТОРИЈИ ЗА САОБРАЋАЈ И ТРАНСПОРТ.....	12
3.1.	Улога опреме у настави, истраживању и стручној пракси	13
3.2.	Повезаност са опремом из других Erasmus+ пројеката	14
4.	ЛИДАР СИСТЕМ	16
4.1.	Улога LiDAR технологије у одрживом транспорту	17
4.2.	Значај Geosun GS-260X за наставу	18
4.3.	Примери студентских активности са Geosun GS-260X	19
4.4.	Значај за научноистраживачки рад.....	22
4.5.	Значај за безбедност саобраћаја.....	23
4.6.	Значај за планирање активне мобилности	24
4.7.	Повезаност са дигитализацијом и паметним транспортним системима	24
5.	СОФТВЕР ЗА СИМУЛАЦИЈЕ У САОБРАЋАЈУ	26
5.1.	Основна намена софтвера	26
5.2.	Значај PC Crash 15.0 за одрживи транспорт.....	27
5.3.	Улога у настави и развоју практичних компетенција	28
5.4.	Примена у анализи саобраћајних незгода.....	29
5.5.	3D визуелизација као наставни и истраживачки алат	30
5.6.	Анализа брзине и могућности избегавања незгоде.....	31
5.7.	Примена у анализи рањивих учесника у саобраћају	31
5.8.	Употреба видео-снимака и савремених извора података	32
6.	ТЕРМАЛНА КАМЕРА ЗА СНИМАЊЕ САОБРАЋАЈА.....	33
7.	ДОДАТНА ОПРЕМА У ФУНКЦИЈИ ОДРЖИВОГ ТРАНСПОРТА	35

7.1. Симулатор вожње	35
7.2. Мултифункционални дијагностички уређај.....	38
7.3. Мерач нивоа буке	39
7.4. Бројач честица и анализатор квалитета ваздуха.....	41
7.5. Мерач дебљине заштитних премаза	43
8. ЗАКЉУЧАК	45

1. УВОД

Савремени развој саобраћаја и транспорта све више је усмерен ка концепту одрживе мобилности, који подразумева усклађивање потреба за кретањем људи и робе са захтевима заштите животне средине, безбедности саобраћаја, енергетске ефикасности, дигитализације и друштвене доступности. У том контексту, високо образовање има кључну улогу у припреми стручњака који ће бити способни да анализирају, планирају и унапређују транспортне системе у складу са европским трендовима и принципима Зеленог договора.

Лабораторијски приручник припремљен је у оквиру Erasmus+ пројекта SPHERE – Sustainable Transportation within the Framework of Green Deal, број пројекта 101128065, чији је шири циљ унапређење квалитета високог образовања у области одрживог транспорта, јачање релевантности наставних програма за тржиште рада и друштво, као и промоција савремених научних метода и добрих европских пракси у области саобраћаја и транспорта. Према званичном опису пројекта, SPHERE је усмерен на развој и унапређење наставних програма, обуку професионалаца у области транспорта и пренос знања у складу са актуелним научним и стручним достигнућима у области одрживог транспорта.

Посебан значај овог приручника огледа се у томе што повезује теоријска знања из области одрживог транспорта са практичним радом у лабораторијском окружењу. Опремена набављена у оквиру SPHERE пројекта омогућава студентима, наставницима, истраживачима и професионалцима да кроз практичне вежбе, мерења, симулације и анализе стекну дубље разумевање савремених изазова у области саобраћаја. На тај начин, лабораторија постаје простор за примену знања, развој истраживачких компетенција, тестирање различитих сценарија и креирање решења која могу допринети безбеднијем, ефикаснијем и одрживијем транспортном систему.

Лабораторијски приручник је намењен студентима основних и мастер академских студија, наставницима, сарадницима, истраживачима, као и професионалцима из области саобраћаја и транспорта који учествују у обукама и стручном усавршавању. Његова основна сврха је да обезбеди јасне смернице за коришћење лабораторијске опреме, дефинише могуће области примене и омогући стандардизован приступ извођењу практичних активности. Поред тога, приручник треба да подстакне развој интердисциплинарног приступа, јер одрживи транспорт обједињује саобраћајно инжењерство, урбано планирање, заштиту животне средине, безбедност саобраћаја, информационе технологије и јавне политике.

роз опис опреме, примере лабораторијских вежби и могуће сценарије примене, овај приручник треба да допринесе модернизацији наставног процеса и јачању практичних компетенција корисника. Уједно, он представља један од резултата

институционалног јачања и унапређења капацитета високошколских установа у оквиру SPHERE пројекта. Набављена опрема не представља само техничку подршку настави, већ и основу за развој нових истраживања, припрему стручних анализа, реализацију обука и сарадњу са привредом, јавним сектором и другим заинтересованим странама.

Полазећи од наведеног, лабораторијски приручник има двоструку улогу. Са једне стране, он представља практичан водич за рад са опремом набављеном у оквиру SPHERE пројекта. Са друге стране, он указује на значај лабораторијског рада у процесу образовања стручњака који ће бити оспособљени да одговоре на савремене изазове одрживог транспорта, безбедности саобраћаја и зелене мобилности. На тај начин, приручник доприноси дугорочној одрживости резултата пројекта и њиховој примени у настави, истраживању и професионалној пракси.

Аутори приручника:
Проф. др Милош Пљакић
Доц. др Александра Петровић

2. ЛАБОРАТОРИЈА ЗА САОБРАЋАЈ И ТРАНСПОРТ

На Факултету техничких наука Универзитета у Приштини са привременим седиштем у Косовској Митровици, у оквиру међународног Erasmus+ пројекта SPHERE – Sustainable Transportation within the Framework of Green Deal, успостављена је Лабораторија за саобраћај и транспорт као савремена наставно-истраживачка јединица намењена унапређењу образовања, истраживања и практичне примене знања у области одрживог транспорта.

Формирање ове лабораторије представља важан корак у јачању институционалних капацитета Факултета за савремено изучавање саобраћајних и транспортних система. Њено успостављање заснива се на потреби да се теоријска знања из области транспорта повежу са практичним радом, мерењима, симулацијама, анализама података и применом савремене опреме. На тај начин лабораторија постаје простор у коме се наставни процес, научноистраживачки рад и стручна пракса међусобно допуњују и усмеравају ка решавању реалних проблема у области мобилности, безбедности, ефикасности и одрживости транспортних система.

Основна идеја лабораторије је да студентима, наставницима, истраживачима и професионалцима омогући рад у окружењу које одговара савременим потребама саобраћајне струке. У таквом окружењу могуће је анализирати постојеће стање транспортног система, испитивати понашање учесника у саобраћају, сагледавати утицај инфраструктуре на безбедност и мобилност, процењивати еколошке последице саобраћаја, развијати сценарије одрживе урбане мобилности и примењивати дигиталне алате у процесу планирања, моделовања и управљања саобраћајем.

Лабораторија је посебно значајна јер омогућава примену приступа заснованог на доказима. Савремено планирање и управљање транспортом не може се заснивати искључиво на претпоставкама, већ захтева прикупљање релевантних података, њихову обраду, тумачење и примену у процесу доношења одлука. У том смислу, набављена опрема омогућава да се различити аспекти саобраћаја посматрају на систематичан и мерљив начин: од карактеристика саобраћајних токова и понашања корисника, преко услова на инфраструктури, до утицаја транспорта на животну средину и квалитет живота у урбаним срединама.



Слика 1. Лабораторија за саобраћај и транспорт

Опрема набављена кроз SPHERE пројекат има кључну улогу у развоју практичних компетенција. Она омогућава реализацију лабораторијских вежби, теренских истраживања, демонстрационих активности, студентских пројеката, стручних анализа и научноистраживачког рада. Посебан акценат ставља се на примену опреме у областима одрживог транспорта, урбане мобилности, активних видова кретања, јавног превоза, безбедности саобраћаја, саобраћајне аналитике, дигитализације транспортне инфраструктуре и процене утицаја саобраћаја на животну средину.

У оквиру лабораторије могуће је развијати и реализовати различите врсте практичних задатака. Студенти могу да уче како се прикупљају и анализирају подаци о саобраћајним токовима, како се оцењују услови за пешачење и бициклизам, како се процењује функционисање јавног превоза, како се анализирају конфликтне ситуације и ризици у саобраћају, као и како се применом софтверских алата могу симулирати различити сценарији организације саобраћаја. На тај начин лабораторија омогућава да се апстрактни појмови из наставе претворе у конкретна искуства, мерења и резултате.

Посебна вредност лабораторије огледа се у њеној интердисциплинарној улози. Одрживи транспорт обухвата више међусобно повезаних области: саобраћајно инжењерство, урбано планирање, безбедност саобраћаја, заштиту животне средине, енергетску ефикасност, дигитализацију, јавне политике и социјалну доступност. Због тога лабораторија није ограничена само на један наставни предмет или једну ужу област, већ представља заједничку основу за развој различитих образовних и истраживачких активности. Она омогућава студентима да сагледају транспорт као сложен систем у коме техничка решења морају бити усклађена са потребама корисника, заштитом животне средине, безбедносним захтевима и принципима друштвене правичности.

Лабораторија за саобраћај и транспорт треба да допринесе унапређењу наставног процеса кроз увођење савремених метода учења. Уместо пасивног усвајања знања, студенти се подстичу да активно учествују у истраживачком процесу: да постављају питања, дефинишу проблем, прикупљају податке, анализирају резултате, изводе закључке и предлажу мере унапређења. Такав приступ је у потпуности у складу са потребом да се образују стручњаци који ће бити способни да одговоре на изазове савремене мобилности, укључујући раст моторизације, загушења, загађење, небезбедност у саобраћају, недовољну доступност јавног превоза и потребу за већим учешћем активних видова кретања.



Слика 2. Контролни деск у Лабораторији за саобраћај и транспорт

Значај лабораторије је посебно изражен у контексту развоја одрживе урбане мобилности. Савремени градови се суочавају са бројним изазовима, као што су прекомерна употреба приватних аутомобила, смањен квалитет ваздуха, бука, саобраћајне гужве, недовољно безбедни услови за пешаке и бициклисте и неравномерна доступност транспортних услуга. Кроз лабораторијски рад могуће је анализирати ове проблеме, тестирати различита решења и развијати препоруке које доприносе ефикаснијем, безбеднијем и еколошки прихватљивијем транспортном систему.

Једна од важних функција лабораторије је подршка развоју активне мобилности. Пешачење и бициклизам представљају најодрживије облике кретања, али њихов развој захтева квалитетну, безбедну и приступачну инфраструктуру. У том смислу, лабораторија омогућава анализу пешачких и бициклистичких токова, процену нивоа услуге, идентификацију баријера у простору, испитивање безбедносних ризика и формулисање мера за унапређење услова кретања. Ово је нарочито значајно за урбане средине у којима је потребно створити услове да се кратка путовања у већој мери реализују пешице, бициклом или другим одрживим видовима кретања.

Поред активне мобилности, лабораторија има важну улогу и у анализи јавног превоза. Јавни превоз представља један од основних елемената одрживог транспортног система, јер омогућава превоз већег броја путника уз мању потрошњу простора и енергије по кориснику. У лабораторијским и теренским активностима могуће је анализирати доступност стајалишта, квалитет услуге, редовност, поузданост, оптерећеност линија, повезаност са другим видовима транспорта и могућности интеграције јавног превоза са пешачењем, бициклизмом и новим облицима мобилности.

Лабораторија такође омогућава развој знања у области саобраћајног моделовања и симулације. Применом савремених софтверских алата могуће је креирати дигиталне моделе раскрсница, уличних мрежа, коридора и урбаних зона, као и испитивати ефекте различитих организационих и инфраструктурних мера. Симулације омогућавају да се пре реализације у пракси процене последице промене режима саобраћаја, увођења приоритета за јавни превоз, измене сигналних планова, уређења пешачких и бициклистичких површина или примене мера за смиривање саобраћаја. На овај начин лабораторија доприноси доношењу квалитетнијих и аргументованијих одлука.

Важан сегмент рада лабораторије односи се на безбедност саобраћаја. Одржив транспорт не може се посматрати одвојено од безбедности, јер транспортни систем који производи висок ниво страдања не може бити одржив. Лабораторијска опрема и методе рада омогућавају анализу понашања учесника у саобраћају, идентификацију ризичних локација, процену утицаја инфраструктурних елемената на безбедност, анализу брзина, конфликта и других показатеља ризика. Такви резултати могу бити корисни у настави,

истраживањима, изради студија, као и у сарадњи са локалним самоуправама и другим институцијама које су надлежне за унапређење безбедности саобраћаја.

Лабораторија има и значајну улогу у области заштите животне средине. Транспорт је један од важних извора емисије штетних гасова, буке, потрошње енергије и заузимања простора. Због тога је важно да будући стручњаци разумеју како различити облици кретања, организација саобраћаја, структура возног парка и навике корисника утичу на животну средину. Кроз практичне активности могуће је анализирати еколошке аспекте транспорта, упоређивати различите сценарије мобилности и процењивати мере које доприносе смањењу негативних утицаја саобраћаја.

Осим наставне и истраживачке функције, лабораторија има потенцијал да постане место сарадње између Факултета, јавног сектора, привреде, стручних организација и локалне заједнице. Проблеми у области саобраћаја и транспорта често превазилазе оквири академске заједнице и захтевају сарадњу различитих актера. Лабораторија може да служи као платформа за реализацију заједничких пројеката, стручних обука, радионица, демонстрација, анализа и консултативних активности. На тај начин се знање развијено у академском окружењу може пренети у праксу и употребити за решавање конкретних проблема у локалним и регионалним транспортним системима.

Посебно је значајно што лабораторија омогућава јачање везе између образовања и потреба тржишта рада. Савремени послодавци у области саобраћаја и транспорта све више траже стручњаке који, поред теоријског знања, поседују и практичне вештине: рад са опремом, прикупљање и обраду података, употребу софтверских алата, израду анализа, тумачење резултата и припрему стручних препорука. Рад у лабораторији омогућава студентима да стекну управо такве компетенције, што доприноси њиховој бољој припремљености за професионалне изазове након завршетка студија.

Каталог опреме који је представљен у наставку овог приручника обухвата различите технолошке ресурсе који су одабрани у складу са циљевима SPHERE пројекта и потребама развоја савремене наставе и истраживања у области одрживог транспорта. Сваки део опреме има своју специфичну намену, али се њихова највећа вредност остварује кроз интегрисану примену. Комбинацијом различитих уређаја, инструмената и софтверских алата могуће је добити целовитији увид у функционисање транспортног система и квалитетније разумети односе између инфраструктуре, корисника, возила, окружења и управљачких мера.

У том смислу, Лабораторија за саобраћај и транспорт представља више од технички опремљеног простора. Она је основа за развој савременог образовног модела у коме се знање стиче кроз истраживање, експеримент, анализу и примену. Њен развој доприноси јачању улоге Факултета техничких наука као институције

која активно учествује у модернизацији наставе, развоју научноистраживачког рада и промоцији одрживог, безбедног и ефикасног транспорта.

У суштини, успостављање Лабораторије за саобраћај и транспорт у оквиру SPHERE пројекта представља значајно улагање у будућност образовања и истраживања у области саобраћаја. Она омогућава да се принципи одрживог транспорта не посматрају само као теоријски концепт, већ као практичан оквир за анализу, планирање и унапређење реалних транспортних система. Кроз рад лабораторије стварају се услови за развој нових наставних садржаја, унапређење постојећих студијских програма, реализацију квалитетних истраживања, обуку професионалаца и подршку локалној заједници у процесу преласка ка одрживијој мобилности.

3. ОПРЕМА У ЛАБОРАТОРИЈИ ЗА САОБРАЋАЈ И ТРАНСПОРТ

Опрема у Лабораторији за саобраћај и транспорт набављена је са циљем да подржи савремени наставни, истраживачки и стручни рад у области одрживог транспорта. У складу са циљевима Erasmus+ пројекта SPHERE – Sustainable Transportation within the Framework of Green Deal, опрема је усмерена на развој практичних компетенција студената, наставника, истраживача и професионалаца у областима дигитализације транспортне инфраструктуре, анализе саобраћајних токова, безбедности саобраћаја, заштите животне средине, управљања мобилношћу и примене савремених технологија у планирању одрживих транспортних система.

Савремени транспортни системи захтевају примену прецизних мерних уређаја, дигиталних алата, софтвера за анализу и симулацију, као и опреме која омогућава теренско прикупљање, обраду и визуелизацију података. Због тога је опрема набављена кроз SPHERE пројекат одабрана тако да омогући повезивање теоријских знања са практичним радом. Њена примена омогућава да се реални саобраћајни и транспортни проблеми анализирају на основу података, да се развијају сценарији одрживе мобилности и да се будући стручњаци оспособе за примену савремених метода у планирању, управљању и унапређењу транспортног система.

Посебна вредност ове опреме огледа се у томе што омогућава интегрисан приступ анализи транспорта. Одрживи транспорт не подразумева само смањење негативних утицаја на животну средину, већ и развој безбеднијег, приступачнијег, ефикаснијег и технолошки напреднијег система кретања људи и робе.

Због тога се опрема у лабораторији може користити за различите врсте активности:

- теренска мерења,
- дигитално снимање простора,
- анализу саобраћајне инфраструктуре,
- реконструкцију саобраћајних догађаја,
- процену услова кретања,
- планирање рута,
- подршку настави,
- израду студентских радова, научноистраживачке пројекте и стручне анализе.

У оквиру SPHERE Erasmus+ пројекта набављена је следећа опрема и софтвер:

1. Geosun GS-260X LiDAR Scanning. Дигитално снимање и 3D мапирање транспортне инфраструктуре, саобраћајних коридора, урбаних простора и елемената пута ради анализе услова за одрживу мобилност.
2. PC Crash 15.0 Expert (3D). Софтвер за 3D анализу и симулацију саобраћајних незгода, процену безбедносних ризика и подршку мерама за унапређење безбедности саобраћаја.
3. Printer EPSON WF-100W. Мобилна штампа резултата мерења, извештаја, теренских образаца, скица и наставних материјала током лабораторијског и теренског рада.
4. KINGSTON U3 V30 microSDXC 512GB Canvas Go Plus 170R A2 + adapter SDCG3/512GB. Складиштење и пренос великих количина теренских података, видео-записа, фотографија, LiDAR података и материјала за анализу транспортне инфраструктуре.
5. GARMIN DriveSmart 76 MT-D. Навигација, планирање рута, анализа приступачности и подршка теренским истраживањима у области мобилности и транспорта.
6. InfiRay AL25 Thermal Imaging Monocular. Термичко осматрање и анализа услова видљивости, идентификација учесника у саобраћају и подршка истраживањима безбедности у различитим условима окружења.

Опрема набављена кроз SPHERE пројекат представља основу за развој лабораторијског рада у области одрживог транспорта. Она омогућава да се транспортни систем посматра као простор који треба анализирати из више углова: инфраструктурног, безбедносног, еколошког, технолошког и корисничког. На тај начин лабораторија добија могућност да подржи различите врсте наставних и истраживачких активности, од једноставних практичних вежби до комплексних анализа транспортне инфраструктуре и саобраћајних процеса.

3.1. Улога опреме у настави, истраживању и стручној пракси

Опрема у лабораторији омогућава развој практично оријентисане наставе. Студенти могу да се упознају са савременим уређајима и софтверима који се користе у професионалној пракси, али и да кроз практичне задатке разумеју њихову примену у области одрживог транспорта. Ово је посебно значајно јер савремено образовање у области саобраћаја захтева да студенти не буду само корисници теоријских знања, већ и активни учесници у процесу мерења, анализе, симулације и доношења закључака.

У истраживачком смислу, опрема омогућава реализацију различитих студија и анализа. Могуће је истраживати квалитет инфраструктуре за пешаке и бициклисте, анализирати конфликте у саобраћају, испитивати услове видљивости, процењивати безбедносне ризике, вршити дигитализацију саобраћајних коридора и развијати сценарије унапређења транспортног система. Таква истраживања могу бити основа за научне радове, мастер радове, докторске дисертације, студентске пројекте и стручне студије.

У практичној примени, лабораторија може да пружи подршку локалним самоуправама, јавним институцијама и другим заинтересованим странама. На основу података прикупљених и обрађених у лабораторији могуће је припремити препоруке за унапређење саобраћајне инфраструктуре, побољшање безбедности, развој активне мобилности, оптимизацију рута, уређење пешачких и бициклических површина и планирање мера за смањење негативних утицаја саобраћаја на животну средину.

3.2. Повезаност са опремом из других Erasmus+ пројеката

Иако је фокус овог приручника на опреми набављеној у оквиру SPHERE Erasmus+ пројекта, важно је истаћи да Факултет техничких наука располаже и другом опремом набављеном кроз раније Erasmus+ пројекте, која може бити корисна за наставу, истраживање и практичан рад у области одрживог транспорта.

Кроз Erasmus+ пројекат TRAFSAF набављена је опрема која је посебно значајна за истраживање понашања возача и безбедности саобраћаја, укључујући симулатор вожње и опрему за едукативне демонстрације, као што су наочаре за симулацију утицаја алкохола. Ова опрема може допунити активности у оквиру Лабораторије за саобраћај и транспорт, посебно у истраживањима која се односе на људски фактор, перцепцију ризика, реакционо време, понашање возача и едукацију о безбедном учешћу у саобраћају. У контексту одрживог транспорта, оваква опрема је значајна јер подржава развој безбеднијег саобраћајног система и унапређење културе понашања у саобраћају.

Кроз Erasmus+ пројекат DGTRANS набављена је додатна опрема која се првенствено односи на безбедност транспорта опасних материја, али се по својој функцији може користити и у ширем контексту одрживог транспорта. Међу овом опремом налазе се мултифункционални дијагностички уређај, мрежна опрема за повезивање и мониторинг, мерач нивоа буке, паметна сигурносна камера, бројач честица и анализатор квалитета ваздуха, таблет уређај за теренски рад, мерач дебљине заштитних премаза, екстерни SSD за чување података, тестер батерија и електричних система возила, графички таблет, акциона камера и GPS уређај за навигацију и праћење рута.

Ова опрема може бити корисна као допуна SPHERE лабораторијским активностима, посебно у анализама које се односе на утицај саобраћаја на животну средину, мониторинг буке, процену квалитета ваздуха, теренско прикупљање података, праћење рута, техничку исправност возила и дигиталну визуелизацију ризика. На тај начин, опрема набављена кроз различите Erasmus+ пројекте може се интегрисано користити за развој савремене наставе и истраживања у области транспорта.

Опрема набављена у оквиру SPHERE Erasmus+ пројекта представља кључну основу за рад Лабораторије за саобраћај и транспорт у области одрживе мобилности. Њена примена омогућава дигитализацију инфраструктуре, анализу безбедности, планирање рута, обраду података, визуелизацију резултата и развој практичних компетенција студената и професионалаца. Истовремено, могућност повезивања са опремом из других Erasmus+ пројеката додатно проширује капацитете лабораторије и омогућава свеобухватније сагледавање саобраћајног система.

У наредним поглављима сваки уређај и софтвер биће посебно представљен, са описом његове намене, начина примене и могућности коришћења у настави, истраживању и стручном раду у области одрживог транспорта.

4. ЛИДАР СИСТЕМ

Geosun GS-260X LiDAR Scanning представља један од најзначајнијих уређаја набављених у оквиру Erasmus+ SPHERE пројекта, јер омогућава савремено дигитално снимање, мапирање и анализу транспортне инфраструктуре. У питању је компактни LiDAR систем средњег домета, намењен прикупљању високопрецизних просторних података у облику облака тачака. Према доступним техничким подацима произвођача, систем интегрише ласерски скенер, GNSS/INS јединицу за позиционирање и одређивање оријентације, камеру и јединицу за складиштење података, што омогућава динамичко прикупљање 3D података у реалном простору. Уређај је лаган, приближне масе око 1,1 kg, са максималним дометом до 300 m и могућношћу постављања на различите платформе, укључујући возило, мултироторску летелицу и VTOL платформу.



Слика 3. Лидар систем

У контексту Лабораторије за саобраћај и транспорт, овај уређај има изузетну вредност јер омогућава да се саобраћајна инфраструктура не посматра само описно или кроз класичне теренске белешке, већ као прецизан дигитални модел. На тај начин студенти и истраживачи могу да анализирају улице, раскрснице, путне правце, пешачке површине, бициклическе стазе, стајалишта јавног превоза, паркинг просторе, зоне конфликтних кретања и друге елементе транспортног система на основу реално измерених просторних података.

LiDAR технологија има посебан значај за одрживи транспорт, јер савремено планирање мобилности захтева тачне, детаљне и просторно прецизне податке. Одлуке о унапређењу пешачке инфраструктуре, развоју бициклических коридора, организацији јавног превоза, смиривању саобраћаја, унапређењу безбедности и смањењу негативних утицаја транспорта морају бити засноване на поузданој анализи постојећег стања. Geosun GS-260X омогућава управо такав приступ, јер се помоћу њега могу добити 3D прикази простора који садрже информације о положају, облику, висини, ширини, нагибу и међусобним односима елемената инфраструктуре.

4.1. Улога LiDAR технологије у одрживом транспорту

Одрживи транспорт подразумева развој система који је безбедан, приступачан, ефикасан, еколошки прихватљив и прилагођен потребама различитих категорија корисника. Да би се такав систем планирао и унапређивао, неопходно је познавати реалне карактеристике простора у коме се саобраћај одвија. Традиционалне методе теренског снимања често су временски захтевне, ограничене по обиму и зависе од великог броја ручних мерења. LiDAR системи омогућавају брже, детаљније и објективније прикупљање просторних података.

Применом Geosun GS-260X могуће је формирати дигиталну основу за анализу транспортне инфраструктуре. Ово је нарочито важно у условима када је потребно испитати да ли постоје безбедни и континуирани услови за пешаке, бициклисте, кориснике јавног превоза, особе са инвалидитетом и друге рањиве учеснике у саобраћају. На пример, на основу LiDAR снимака могуће је анализирати ширину тротоара, положај препрека, висинске разлике, нагибе, прегледност, положај саобраћајне сигнализације, геометрију раскрсница и просторне услове за кретање немоторизованих учесника.

У области одрживог транспорта, овај уређај може бити посебно користан за:

- дигитализацију саобраћајне инфраструктуре;
- анализу пешачких и бициклических коридора;

- процену приступачности за особе са смањеном мобилношћу;
- анализу јавног простора у функцији мобилности;
- идентификацију инфраструктурних недостатака;
- процену безбедности саобраћаја;
- анализу прегледности и видљивости;
- планирање мера за смиривање саобраћаја;
- израду 3D модела улица, раскрсница и коридора;
- подршку GIS анализама и просторном планирању;
- припрему података за симулације саобраћаја;
- визуелизацију постојећег и планираног стања инфраструктуре.

На тај начин, LiDAR систем није само уређај за снимање простора, већ алат који омогућава доношење бољих, аргументованијих и одрживијих одлука у области транспорта.

4.2. Значај Geosun GS-260X за наставу

Један од основних циљева Лабораторије за саобраћај и транспорт јесте унапређење наставног процеса кроз практичан рад. Geosun GS-260X студентима омогућава да се упознају са технологијом која има све већу примену у савременом саобраћајном инжењерству, геоинформатици, инфраструктурном планирању и безбедности саобраћаја.

Уместо да студенти о геометрији пута, раскрсницама, прегледности, пешачкој инфраструктури или бициклическим стазама уче само из уџбеника и слика, они могу да уче на основу реалног дигиталног модела простора. Такав приступ значајно повећава квалитет наставе, јер омогућава повезивање теорије и праксе.

Студенти могу да уче:

- како се планира теренско снимање;
- како се припрема опрема за LiDAR снимање;
- како се дефинише зона снимања;
- како се прикупљају просторни подаци;
- како се формира облак тачака;
- како се врши основна обрада података;
- како се из облака тачака препознају елементи саобраћајне инфраструктуре;
- како се мере ширине, висине, растојања, нагиби и просторни односи;

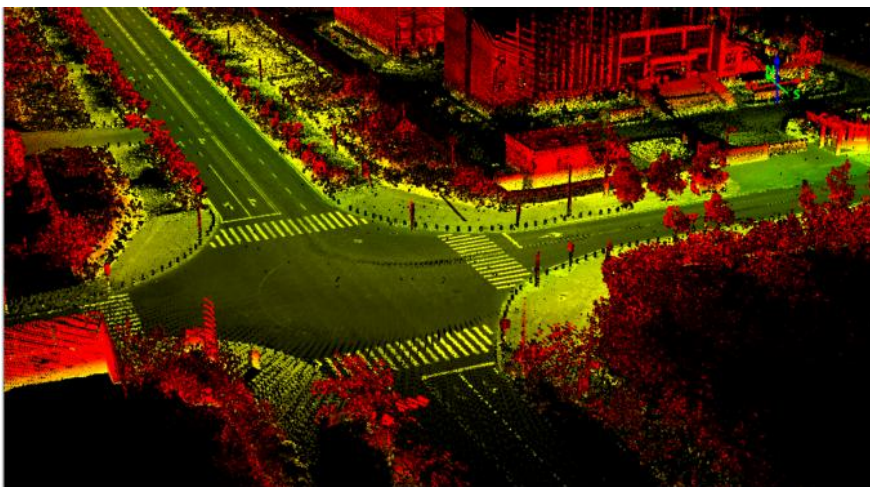
- како се добијени подаци користе за анализу безбедности и одрживе мобилности;
- како се резултати приказују у извештајима, картама, моделима и презентацијама.

Посебна предност овог уређаја је у томе што омогућава развој истраживачког начина размишљања код студената. Они не добијају готове податке, већ уче како да их сами прикупе, провере, обраде, анализирају и протумаче. Тако се развијају компетенције које су неопходне савременом инжењеру саобраћаја: прецизност, систематичност, аналитичко мишљење, разумевање простора, рад са дигиталним подацима и способност предлагања мера на основу доказа.

4.3. Примери студентских активности са Geosun GS-260X

У настави и лабораторијским вежбама, Geosun GS-260X може се користити за велики број практичних активности. Ове активности могу бити прилагођене различитим предметима, нивоима студија и истраживачким темама.

Студенти могу да изврше LiDAR снимање изабране раскрснице и да на основу добијеног 3D модела анализирају њене геометријске карактеристике. Могу се мерити ширине коловозних трака, радијуси скретања, положај пешачких прелаза, удаљеност сигнализације, простор за пешаке, положај ивичњака и прегледност.



Слика 4. Раскрсница снимана Лидар системом

Ова активност је значајна јер раскрснице представљају једне од најсложенијих и најризичнијих тачака у саобраћајној мрежи. Кроз анализу 3D модела студенти могу да уоче како геометрија раскрснице утиче на кретање возила, пешака и бициклиста, као и који елементи могу представљати ризик за безбедност.

LiDAR снимци могу се користити за анализу услова кретања пешака. Студенти могу да мере ширину тротоара, идентификују препреке, анализирају континуитет пешачких површина, положај пешачких прелаза, нагибе и приступе за особе са инвалидитетом.



Слика 5. Снимање пешачког прелаза

Ова активност је директно повезана са одрживим транспортом, јер пешачење представља најосновнији и најодрживији вид кретања. Међутим, да би пешачење било реална алтернатива кратким путовањима аутомобилом, инфраструктура мора бити безбедна, приступачна и удобна. Geosun GS-260X омогућава да се такви услови анализирају на основу прецизних просторних података.

Студенти могу да снимају постојеће или планиране бицикличке коридоре и да анализирају да ли постоје просторни услови за безбедно кретање бициклиста. Могу се посматрати ширина бицикличке стазе, одвојеност од моторног саобраћаја, укрштања са пешачким и моторним токовима, препреке, нагиби и континуитет трасе.

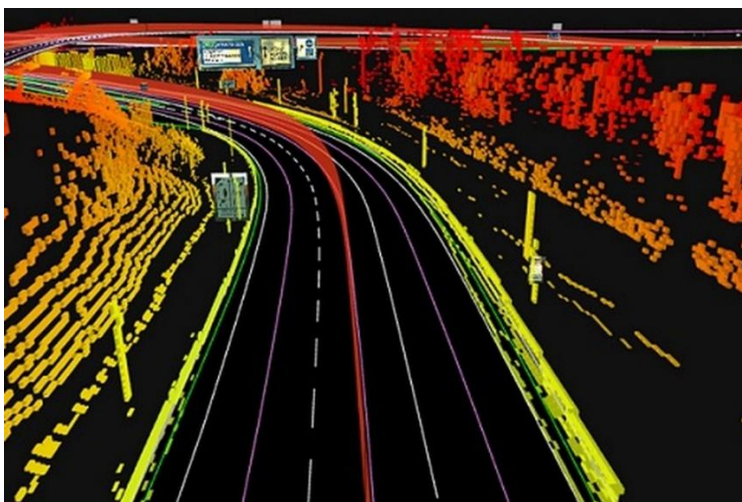
Овај тип вежбе је важан јер развој бициклическог саобраћаја захтева добро планирану инфраструктуру. LiDAR подаци могу помоћи у утврђивању да ли је одређени простор погодан за увођење бициклическе стазе, проширење постојеће стазе или унапређење безбедности на конфликтним местима.

Јавни превоз је један од кључних елемената одрживог транспортног система. Студенти могу да користе Geosun GS-260X за снимање стајалишта јавног превоза и њиховог окружења. Анализа може обухватити приступ стајалишту, ширину пешачких површина, положај надстрешнице, безбедност пешачких прелаза у близини стајалишта, простор за чекање путника, удаљеност од раскрсница и могућност интеграције са пешачењем и бициклизмом.

Одрживи транспорт мора бити доступан свим корисницима, укључујући децу, старије особе, особе са инвалидитетом и особе са смањеном мобилношћу. LiDAR технологија омогућава прецизну анализу нагиба, висинских разлика, ивичњака, рампи, препрека и других елемената који утичу на приступачност.

Студенти могу да анализирају да ли је одређена улица, тротоар, стајалиште или јавни простор прилагођен свим категоријама корисника. На основу резултата могу да предложе мере као што су уклањање препрека, уређење рампи, проширење тротоара, побољшање приступа пешачким прелазима или боље позиционирање урбане опреме.

Безбедност саобраћаја у великој мери зависи од прегледности и видљивости. Geosun GS-260X може се користити за снимање простора и анализу да ли возачи, пешаци и бициклисти имају довољно добру прегледност на раскрсницама, пешачким прелазима, кривинама, прикључцима и другим критичним местима.



Слика 6. Снимање путног правца

Студенти могу да идентификују објекте који ометају прегледност, као што су паркирана возила, зеленило, ограде, стубови, рекламни панои или неправилно постављена опрема. Таква анализа има директну примену у безбедности саобраћаја и може послужити као основа за предлагање мера унапређења.

На основу LiDAR снимања могуће је креирати дигитални модел постојеће улице, а затим анализирати различите сценарије унапређења. На пример, студенти могу да испитају могућност увођења бициклическе стазе, проширења тротоара, смањења броја саобраћајних трака, уређења стајалишта јавног превоза, постављања зона смиреног саобраћаја или редизајна раскрснице.

Ова активност је посебно важна јер студенте учи да одрживи транспорт није само техничко питање, већ процес тражења равнотеже између различитих потреба: кретања возила, безбедности пешака, простора за бициклисте, јавног превоза, зеленила, паркирања, буке, емисија и квалитета јавног простора.

4.4. Значај за научноистраживачки рад

Geosun GS-260X може значајно унапредити научноистраживачки рад у области саобраћаја и транспорта. Прецизни просторни подаци омогућавају развој истраживања која се баве везом између инфраструктуре и понашања учесника у саобраћају, утицајем геометријских карактеристика пута на безбедност, проценом услова за активну мобилност и развојем методологија за дигиталну анализу транспортног простора.

Уређај може бити користан у истраживањима која се односе на:

- безбедност пешака и бициклиста;
- анализу школских зона;
- анализу зона јавног превоза;
- идентификацију небезбедних елемената инфраструктуре;
- процену ризика на раскрсницама;
- анализу хоризонталних и вертикалних елемената пута;
- процену услова видљивости;
- израду 3D база података о саобраћајној инфраструктури;
- примену GIS алата у планирању мобилности;
- развој индикатора квалитета пешачке и бициклическе инфраструктуре;
- припрему података за симулационе моделе;
- поређење постојећег и пројектованог стања инфраструктуре.

Посебна предност овог уређаја је у томе што омогућава висок ниво објективности у анализи. Уместо да се инфраструктурни проблеми описују само квалитативно, могуће их је мерити, документовати и визуелно приказати. То је важно за научне радове, стручне студије, пројекте и сарадњу са локалним самоуправама.

4.5. Значај за безбедност саобраћаја

Одрживи транспорт и безбедност саобраћаја су нераздвојни. Транспортни систем који није безбедан не може бити одржив, јер производи високе друштвене, економске и здравствене последице. Geosun GS-260X може бити изузетно користан у анализи безбедносних карактеристика инфраструктуре.

Помоћу овог уређаја могуће је анализирати:

- геометрију раскрсница;
- радијусе кривина;
- прегледност на прикључцима;
- положај пешачких прелаза;
- однос пешачких површина и коловоза;
- положај бициклистичких стаза;
- зоне мешања различитих учесника у саобраћају;
- присуство физичких препрека;
- видљивост саобраћајне сигнализације;
- просторне услове за кретање рањивих учесника;
- ризике у зонама школа, стајалишта, раскрсница и пешачких токова.

Такве анализе могу помоћи у препознавању инфраструктурних фактора ризика. На пример, ако је пешачки прелаз постављен на месту где је ограничена прегледност, LiDAR модел може јасно показати који елементи заклањају пешаке или возаче. Ако је тротоар преузак или прекинут, 3D подаци могу показати где пешаци морају да изађу на коловоз. Ако је радијус скретања превелик, анализа може указати на услове који подстичу веће брзине возила у зони пешачких токова.

4.6. Значај за планирање активне мобилности

Активна мобилност, која обухвата пешачење и бициклизам, представља један од основних стубова одрживог транспорта. Међутим, њен развој зависи од квалитета инфраструктуре. Geosun GS-260X омогућава да се пешачка и бициклистичка инфраструктура анализира на прецизан и систематичан начин.

У пракси, студенти могу да користе LiDAR податке за процену:

- да ли су тротоари довољно широки;
- да ли постоје препреке на пешачким површинама;
- да ли су пешачки прелази логично постављени;
- да ли су рампе приступачне;
- да ли постоји континуитет пешачке мреже;
- да ли бициклистичка стаза има довољну ширину;
- да ли је бициклистичка инфраструктура физички заштићена;
- да ли постоје конфликтне тачке између пешака, бициклиста и моторних возила;
- да ли су стајалишта јавног превоза добро повезана са пешачком и бициклистичком мрежом.

Ова врста анализе омогућава да се одрживи транспорт не посматра само као стратешки циљ, већ као конкретан просторни задатак: како улицу, раскрсницу или коридор уредити тако да буду безбеднији, приступачнији и погоднији за одрживе видове кретања.

4.7. Повезаност са дигитализацијом и паметним транспортним системима

Дигитализација је један од кључних праваца развоја савременог транспорта. Geosun GS-260X омогућава стварање дигиталне базе података о транспортној инфраструктури, што може бити основа за развој паметних транспортних система, GIS анализа, дигиталних близанаца инфраструктуре и напредних модела мобилности.

Дигитални модели настали LiDAR снимањем могу се користити за:

- израду 3D приказа постојећег стања;
- креирање дигиталних архива саобраћајне инфраструктуре;
- поређење стања инфраструктуре у различитим временским периодима;
- праћење промена на путној и уличној мрежи;
- подршку процесу одржавања инфраструктуре;
- припрему података за симулације;
- визуелизацију планских решења;
- комуникацију са доносиоцима одлука и јавности.

Овакав приступ је посебно важан у настави, јер студенти стичу знања која су у складу са савременим трендовима у Европи и свету. Они уче да транспортни систем није само физичка инфраструктура, већ и систем података, модела, анализа и управљачких одлука.

5. СОФТВЕР ЗА СИМУЛАЦИЈЕ У САОБРАЋАЈУ

PC Crash 15.0 Expert (3D) представља специјализовани софтверски алат за анализу, реконструкцију и 3D симулацију саобраћајних незгода и других саобраћајних догађаја. У оквиру Лабораторије за саобраћај и транспорт, набављене кроз Erasmus+ SPHERE пројекат, овај софтвер има посебан значај јер омогућава да се безбедност саобраћаја анализира на савремен, визуелан, мерљив и научно заснован начин.

Иако се одрживи транспорт често повезује са смањењем емисија, развојем јавног превоза, пешачењем, бициклизмом и енергетском ефикасношћу, његова суштина је знатно шира. Транспортни систем не може бити одржив уколико није безбедан. Свака саобраћајна незгода, посебно она са повређеним или погинулим лицима, производи озбиљне друштвене, економске, здравствене и просторне последице. Због тога је безбедност саобраћаја један од основних стубова одрживог транспорта.

PC Crash 15.0 Expert (3D) омогућава да се студенти, наставници, истраживачи и професионалци упознају са методама које се користе у савременој анализи саобраћајних незгода. Према званичним подацима, PC-Crash је 3D алат за симулацију судара и трајекторија кретања, намењен анализи различитих врста саобраћајних незгода, а резултати се могу приказати кроз 3D анимације, извештаје, табеле и графиконе.

5.1. Основна намена софтвера

Основна намена PC Crash 15.0 Expert (3D) софтвера је реконструкција саобраћајних незгода и анализа кретања учесника пре, током и након судара. Софтвер омогућава кориснику да у дигиталном окружењу креира сцену саобраћајне незгоде, унесе релевантне параметре, дефинише возила и учеснике, моделира њихово кретање и испита различите сценарије који могу објаснити настанак незгоде.

У оквиру лабораторијског рада, овај софтвер се може користити за:

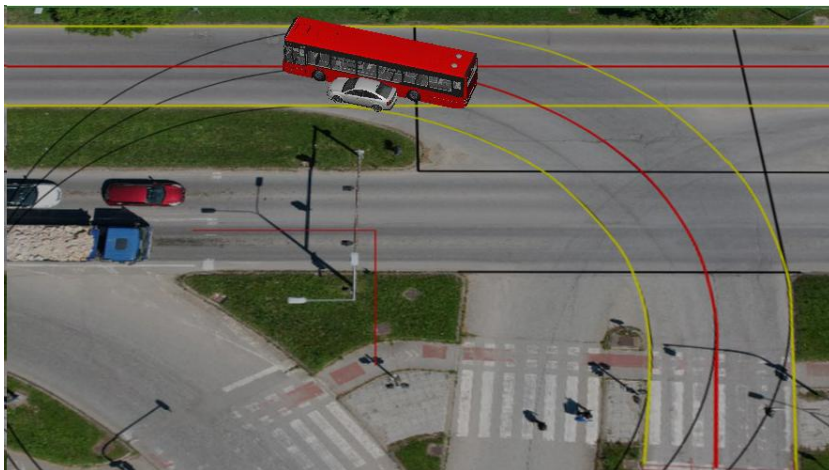
- симулацију кретања возила;
- реконструкцију саобраћајних незгода;
- анализу судара између возила;

- анализу судара возила и пешака;
- анализу судара возила и мотоцикала;
- анализу излетања возила са коловоза;
- анализу превртања возила;
- анализу пута кочења и заустављања;
- испитивање утицаја брзине на тежину последица;
- процену могућности избегавања незгоде;
- израду 3D визуелизација и анимација;
- припрему графикона, табела и извештаја.

Према опису произвођача, PC-Crash омогућава симулацију судара до 32 возила у 2D и 3D окружењу, укључујући сударе возило–возило, возило–мотоцикл, возило–пешак, кретање путника и превртање возила.

5.2. Значај PC Crash 15.0 за одрживи транспорт

У контексту SPHERE пројекта, PC Crash 15.0 Expert (3D) има важну улогу јер повезује безбедност саобраћаја са концептом одрживе мобилности. Одрживи транспорт треба да омогући кретање људи и робе на начин који је безбедан, ефикасан, приступачан, еколошки прихватљив и друштвено одговоран. Безбедност је у том систему предуслов, јер ниједан вид транспорта не може бити прихватљив ако производи висок ниво ризика за кориснике.



Слика 7. Симулација саобраћајних незгода

Овај софтвер омогућава да се безбедност саобраћаја анализира кроз конкретне ситуације. На пример, студенти могу да испитују како промена брзине утиче на дужину зауставног пута, како реакционо време утиче на могућност избегавања незгоде, како положај пешачког прелаза утиче на конфликт возила и пешака, или како различити услови коловоза мењају динамику кретања возила. Такве анализе су посебно важне у планирању мера које треба да смање ризик и повећају безбедност свих учесника у саобраћају.

PC Crash 15.0 може да помогне у разумевању везе између инфраструктуре, возила, понашања учесника и последица саобраћајних незгода. То је у потпуности у складу са савременим приступом управљању безбедношћу саобраћаја, у коме се незгоде не посматрају као случајни догађаји, већ као резултат комбинације више фактора: брзине, пута, возила, човека, окружења и организације саобраћаја.

5.3. Улога у настави и развоју практичних компетенција

Једна од најважнијих функција PC Crash 15.0 Expert (3D) софтвера у лабораторији јесте унапређење наставног процеса. Студенти саобраћаја често уче о саобраћајним незгодама, брзини, кочењу, прегледности, конфликтима и сударима кроз теоријске формуле и описе. PC Crash омогућава да се ти појмови претворе у визуелне, динамичке и интерактивне моделе.

Кроз рад у софтверу студенти могу да разумеју:

- како се формира сцена саобраћајне незгоде;
- како се уносе геометријски подаци о путу;
- како се дефинишу возила и њихове карактеристике;
- како се уносе трајекторије кретања;
- како се анализирају брзине;
- како се тумаче трагови кочења и положаји возила;
- како се испитује могућност избегавања незгоде;
- како се прави 3D анимација догађаја;
- како се резултати приказују кроз графиконе и извештаје;
- како се доноси закључак на основу више могућих сценарија.

Оваква врста наставе има велику педагошку вредност. Студенти не посматрају саобраћајну незгоду само као коначни исход, већ уче да анализирају процес који је

до ње довео. Они могу да мењају поједине параметре, као што су брзина, реакционо време, коефицијент приањања, положај возила или тренутак почетка кочења, и да виде како се мења исход симулације. На тај начин развијају способност инжењерског размишљања и разумевања узрочно-последичних односа у саобраћају.

5.4. Примена у анализи саобраћајних незгода

PC Crash 15.0 Expert (3D) омогућава детаљну анализу различитих врста саобраћајних незгода. Његова примена је посебно значајна у ситуацијама када је потребно испитати више могућих сценарија и утврдити који је највероватнији ток догађаја.



Слика 8. Симулација саобраћајних незгода

У лабораторијским условима могу се анализирати типичне врсте незгода, као што су:

- налет возила на пешака;
- бочни судар на раскрсници;
- судар при скретању улево;
- налет од позади;

- судар возила и бициклисте;
- незгода у зони пешачког прелаза;
- излетање возила са коловоза;
- превртање возила;
- судари у зони кружних раскрсница;
- незгоде у условима смањене видљивости.

За сваку од ових ситуација могуће је дефинисати почетне услове, анализирати кретање учесника, испитивати утицај брзине и проценити да ли је незгода могла бити избегнута под одређеним условима. Ово је посебно важно за разумевање превенције, јер студенти могу да виде како мале промене у брзини, времену реакције или положају учесника могу довести до значајно различитих исхода.

5.5. 3D визуелизација као наставни и истраживачки алат

Једна од највећих предности PC Crash 15.0 Expert (3D) јесте могућност визуелизације резултата. Уместо да се анализа незгоде представи само кроз текст, формуле и бројеве, софтвер омогућава израду 3D приказа и анимација. Званични опис PC-Crash софтвера истиче могућност приказа резултата кроз 3D анимације, детаљне извештаје, табеле и графиконе.

3D визуелизација има више предности:

- олакшава разумевање сложених саобраћајних ситуација;
- омогућава јаснији приказ кретања учесника;
- помаже у упоређивању различитих сценарија;
- корисна је за наставу и обуку;
- омогућава бољу комуникацију резултата;
- може се користити у презентацијама, извештајима и стручним анализама.

У образовном процесу, 3D визуелизација има посебан значај јер студентима омогућава да виде динамику саобраћајног догађаја. На пример, у анализи налета возила на пешака, студенти могу да прате кретање возила, положај пешака, тренутак уочавања опасности, почетак кочења и место контакта. Таква визуелна анализа доприноси бољем разумевању ризика и значаја превентивних мера.

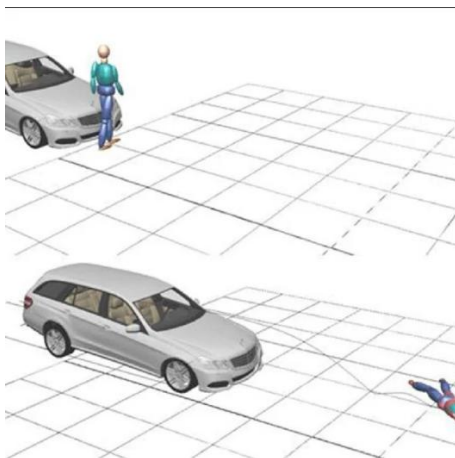
5.6. Анализа брзине и могућности избегавања незгоде

Једна од најважнијих примена PC Crash 15.0 софтвера односи се на анализу брзине. Брзина је један од кључних фактора који утичу на настанак незгоде, могућност избегавања судара и тежину последица. У оквиру лабораторијских вежби, студенти могу да испитују како различите брзине утичу на дужину заустављања, време до судара, силу удара и простор потребан за избегавање незгоде.

Овај аспект је веома важан за одрживи транспорт, јер систем који подстиче високе брзине у урбаним зонама обично није ни безбедан, ни пријатан, ни погодан за пешаке и бициклисте. PC Crash омогућава да се ефекти брзине прикажу конкретно и визуелно. На пример, студенти могу да симулирају исту ситуацију при брзинама од 30 km/h, 50 km/h и 60 km/h и да анализирају како се мења исход. Овакве вежбе могу снажно да покажу значај ограничења брзине, зона 30, смиривања саобраћаја и заштите рањивих учесника.

5.7. Примена у анализи рањивих учесника у саобраћају

PC Crash 15.0 Expert (3D) је посебно користан за анализу незгода у којима учествују пешаци, бициклисти и мотоциклисти. Ове категорије учесника су посебно значајне у концепту одрживог транспорта, јер пешачење и бициклизам представљају пожељне видове мобилности, али њихов развој зависи од нивоа безбедности.



Слика 9. Симулација саобраћајних незгода са пешацима

Уколико пешаци и бициклисти нису безбедни, грађани ће мање користити активне видове кретања, што повећава зависност од аутомобила. Због тога анализа незгода са рањивим учесницима има велики значај за планирање одрживог транспортног система.

Кроз PC Crash студенти могу да анализирају:

- налет возила на пешака на пешачком прелазу;
- налет возила на пешака ван пешачког прелаза;
- судар возила и бицикliste на раскрсници;
- конфликт возила и бицикliste при скретању;
- судар мотоцикла и путничког возила;
- утицај брзине возила на исход незгоде;
- утицај времена реакције возача;
- утицај видљивости и положаја учесника.

Овакве анализе могу се користити као основа за предлоге мера, као што су смањење брзине, унапређење осветљења, боље позиционирање пешачких прелаза, физичка заштита бицикlistичких стаза, уређење зона школа и примена мера смиривања саобраћаја.

5.8. Употреба видео-снимака и савремених извора података

Верзија PC Crash 15.0 донела је важне могућности рада са видео-снимцима. Према званичном опису карактеристика, PC-Crash 15.0 омогућава рад директно са видео-записом, корекцију дисторзије објектива, примену видео-кадрова као нових 3D камера, аутоматско праћење возила у видео-снимку и израчунавање 2D кретања.

Ова функционалност је веома важна за савремену анализу саобраћаја. Данас су видео-снимци са камера, дронова, возила или других уређаја све чешћи извор података. У лабораторијском раду, студенти могу да уче како се видео-снимак користи за анализу кретања, означавање положаја возила, праћење трајекторија и процену брзине.

У контексту одрживог транспорта, ова могућност је значајна јер се видео-анализа може користити не само за реконструкцију незгода, већ и за истраживање понашања учесника у саобраћају, конфликта, кретања пешака и бициклиста, као и ефеката различитих саобраћајних мера.

6. ТЕРМАЛНА КАМЕРА ЗА СНИМАЊЕ САОБРАЋАЈА

InfiRay AL25 Thermal Imaging Monocular представља термовизијски монокулар који омогућава уочавање објеката, возила, пешака, бициклиста, животиња и других елемената у простору на основу топлотног зрачења. За разлику од класичних оптичких уређаја, термовизијски уређаји не зависе искључиво од видљиве светлости, већ омогућавају посматрање и у условима смањене видљивости, као што су ноћ, магла, дим, киша, слабо осветљене зоне или делови инфраструктуре без јавне расвете.



Слика 10. InfiRay AL25 Thermal Imaging Monocular

У контексту одрживог транспорта, овај уређај има значајну улогу јер доприноси анализи безбедности, приступачности и квалитета транспортног окружења. Одржив транспорт не подразумева само еколошки прихватљиве видове кретања, већ и безбедан систем у коме пешаци, бициклисти, корисници јавног превоза и возачи могу да се крећу уз што мањи ризик. Посебно је значајан за анализу услова у ноћним и отежаним условима видљивости, када је ризик за рањиве учеснике у саобраћају повећан.

Примена InfiRay AL25 у Лабораторији за саобраћај и транспорт може бити усмерена на процену видљивости и уочљивости пешака и бициклиста, анализу неосветљених или недовољно осветљених пешачких прелаза, стајалишта јавног превоза, бицикличких коридора, школских зона и других локација са

повећаним ризиком. Уређај омогућава да се на терену провери да ли су учесници у саобраћају довољно уочљиви, где постоје „тамне зоне“, као и да ли је потребно унапредити јавну расвету, сигнализацију или организацију простора.

За студенте, овај уређај је користан јер омогућава практично разумевање везе између видљивости, инфраструктуре и безбедности саобраћаја. Кроз лабораторијске и теренске вежбе студенти могу да анализирају како услови осветљења утичу на безбедност пешака, бициклиста и возача, како се разликује уочљивост особа са различитом одећом или опремом, као и како положај расветних стубова, пешачких прелаза и стајалишта утиче на квалитет саобраћајног окружења.

Уређај се може користити у следећим активностима:

- процена уочљивости пешака и бициклиста у ноћним условима;
- анализа безбедности пешачких прелаза без адекватне расвете;
- идентификација слабо осветљених зона у урбаном простору;
- анализа услова на стајалиштима јавног превоза у вечерњим сатима;
- процена безбедности бициклистичких и пешачких коридора;
- посматрање кретања учесника у условима смањене видљивости;
- подршка теренским истраживањима у зонама школа, раскрсница и приградских путева;
- документовање ризичних локација и припрема препорука за унапређење инфраструктуре.

Посебна вредност InfiRay AL25 огледа се у томе што омогућава анализу безбедности са аспекта реалних услова кретања. Многе саобраћајне локације могу изгледати прихватљиво током дана, али у ноћним условима могу постати ризичне због недовољне расвете, слабе уочљивости пешака, неправилног положаја сигнализације или визуелних препрека. Термовизијски монокулар омогућава да се такви проблеми уоче и документују.

У ширем смислу, коришћење овог уређаја доприноси развоју безбеднијег и одрживијег транспортног система. Његова примена може помоћи у планирању мера као што су унапређење јавне расвете, боље обележавање пешачких прелаза, побољшање услова за бициклисте, уређење стајалишта јавног превоза и смањење ризика за рањиве учеснике у саобраћају. Због тога InfiRay AL25 представља користан алат за наставу, теренска истраживања и стручне анализе у области одрживе и безбедне мобилности.

7. ДОДАТНА ОПРЕМА У ФУНКЦИЈИ ОДРЖИВОГ ТРАНСПОРТА

Поред опреме набављене у оквиру Erasmus+ SPHERE пројекта, Лабораторија за саобраћај и транспорт располаже и опремом која је обезбеђена кроз друге међународне Erasmus+ пројекте, пре свега TRAFSAF и DGTRANS. Иако су ови пројекти имали специфичне тематске фокусе, набављена опрема има значајну примену и у ширем контексту одрживог транспорта.

Одрживи транспорт не подразумева само еколошки прихватљиво кретање, већ обухвата и безбедност саобраћаја, смањење ризика, рационално коришћење ресурса, смањење негативних утицаја на животну средину, унапређење понашања учесника у саобраћају, примену дигиталних технологија и развој компетенција будућих стручњака. Због тога опрема набављена кроз претходне пројекте представља важан допунски ресурс за лабораторијски, наставни, истраживачки и стручни рад.

Ова опрема омогућава да се теме одрживог транспорта посматрају интердисциплинарно — кроз анализу људског фактора, техничке исправности возила, буке, квалитета ваздуха, праћења рута, снимања теренских услова, едукације возача и процене ризика. На тај начин се ствара шира лабораторијска основа за разумевање транспортног система као сложеног система у коме су међусобно повезани човек, возило, пут, окружење и управљање.

У наставку су представљени појединачни уређаји и опрема из других Erasmus+ пројеката који се могу користити као подршка активностима у области одрживог транспорта.

7.1. Симулатор вожње

Симулатор вожње, набављен у оквиру Erasmus+ пројекта TRAFSAF, представља један од најзначајнијих уређаја за истраживање понашања возача, анализу ризичних ситуација и едукацију у области безбедности саобраћаја. Његова примена има директну везу са концептом одрживог транспорта, јер безбедност представља један од основних предуслова одрживе мобилности. Транспортни систем који производи висок ниво ризика, саобраћајних незгода и повреда не може се сматрати одрживим, без обзира на његове еколошке или економске карактеристике.



Слика 11. Симулатор вожње

Симулатор омогућава да се у контролисаним лабораторијским условима испитује понашање возача у различитим саобраћајним сценаријима, без излагања учесника стварном ризику. Ово је посебно важно за анализу ситуација које би у реалном саобраћају биле опасне или етички неприхватљиве за тестирање. На пример, могуће је симулирати изненадну појаву пешака, нагло кочење возила испред, вожњу у условима смањене видљивости, неповољне временске услове, умор возача, повећану брзину, ометање пажње или вожњу у близини школа, пешачких прелаза и раскрсница.

У контексту одрживог транспорта, симулатор се може користити за анализу начина на који возачи реагују на мере смиривања саобраћаја, зоне ограничене брзине, нова инфраструктурна решења, бициклистичке стазе, пешачке зоне, кружне раскрснице, јавни превоз и различите режиме управљања саобраћајем. На тај начин омогућава се процена како одређена мера може утицати на понашање возача пре него што се примени у реалном простору.

Посебна предност симулатора је у могућности понављања истих сценарија за већи број испитаника. То омогућава поређење реакција различитих група возача, као

што су млади возачи, искусни возачи, професионални возачи или возачи са различитим нивоом изложености ризику. Овакав приступ је значајан за научноистраживачки рад, јер омогућава систематично прикупљање података о реакционом времену, брзини кретања, избору путање, интензитету кочења, одржавању растојања, поштовању саобраћајне сигнализације и доношењу одлука у критичним ситуацијама.

За студенте, симулатор вожње има изузетну едукативну вредност. Кроз рад на симулатору студенти могу да разумеју како људски фактор утиче на безбедност саобраћаја и како се понашање возача мења у зависности од услова окружења, инфраструктуре, брзине, видљивости и присуства других учесника. Они могу да анализирају конкретне резултате, упоређују сценарије и изводе закључке о томе које мере доприносе безбеднијем и одрживијем транспортном систему.

Симулатор се може користити у следећим активностима:

- испитивање реакционог времена возача;
- анализа понашања младих возача;
- симулација ризичних саобраћајних ситуација;
- анализа утицаја брзине на могућност избегавања незгоде;
- испитивање понашања возача у зонама школа;
- анализа односа возача према пешацима и бициклистима;
- процена ефеката мера смиривања саобраћаја;
- симулација вожње у ноћним условима или условима смањене видљивости;
- анализа утицаја ометања пажње на управљање возилом;
- едукација студената и професионалаца о ризицима у саобраћају.

У ширем смислу, симулатор вожње доприноси развоју превентивног приступа у безбедности саобраћаја. Уместо да се саобраћајне незгоде анализирају тек након што се догоде, симулатор омогућава испитивање потенцијалних ризика унапред. То је у складу са савременим приступом одрживом транспорту, који тежи да ризике препозна, измери и смањи пре него што доведу до негативних последица.

Због тога симулатор вожње представља важан допунски ресурс Лабораторије за саобраћај и транспорт. Иако није набављен у оквиру SPHERE пројекта, његова примена је у потпуности компатибилна са циљевима одрживог транспорта, јер доприноси унапређењу безбедности, образовању будућих стручњака, развоју истраживања и промоцији одговорног понашања у саобраћају.

7.2. Мултифункционални дијагностички уређај

Мултифункционални дијагностички уређај MaxiIM IM608 Pro, набављен у оквиру Erasmus+ пројекта DGTRANS, представља значајан ресурс за анализу техничког стања возила, дијагностику електронских система и проверу исправности различитих компоненти транспортних средстава. Иако је уређај набављен са примарном наменом подршке активностима у области транспорта опасних материја, његова примена је много шира и може се директно повезати са концептом одрживог транспорта.



Слика 12. Дијагностика возила

Одрживи транспорт подразумева да возила која учествују у саобраћају буду технички исправна, безбедна, енергетски ефикасна и што мање штетна по животну средину. Савремена возила садрже велики број електронских система који утичу на безбедност, потрошњу горива, емисију штетних гасова, стабилност возила, кочење, управљање, рад мотора и понашање возила у критичним ситуацијама. Због тога је дијагностика возила важан део савременог приступа управљању транспортом.

У наставном и лабораторијском раду, овај уређај омогућава студентима да разумеју значај техничке исправности возила за безбедност и одрживост транспортног система. Кроз практичне вежбе могу се анализирати основни параметри рада возила, читавати грешке из електронских управљачких јединица, упознати се са принципима рада OBD система и разумети како технички кварови могу утицати на ризик у саобраћају, повећану потрошњу горива или емисију загађујућих материја.

У контексту одрживог транспорта, MaxiIM IM608 Pro може се користити за:

- дијагностику транспортних возила;
- проверу електронских система возила;
- анализу кварова који могу утицати на безбедност;
- проверу система који утичу на емисију штетних гасова;
- едукацију студената о значају техничке исправности возила;
- анализу стања возног парка;
- подршку практичним вежбама из области одржавања возила;
- разумевање везе између техничког стања возила, безбедности и заштите животне средине.

Посебна вредност овог уређаја је у томе што омогућава да се возило посматра као активан елемент одрживог транспортног система. Није довољно само планирати квалитетну инфраструктуру и промовисати одрживе видове кретања; потребно је обезбедити да возила која се користе буду технички исправна, поуздана и усклађена са безбедносним и еколошким захтевима. Због тога овај уређај представља важан допунски алат у лабораторијском раду.

7.3. Мерач нивоа буке

Мерач нивоа буке Lutron SL 4036SD представља уређај за мерење интензитета буке у саобраћајном и урбаном окружењу. Саобраћајна бука је један од најзначајнијих негативних утицаја транспорта на квалитет живота, посебно у урбаним срединама, зонама становања, школама, здравственим установама и дуж главних саобраћајница. Због тога је мерење буке важан део анализе одрживости транспортног система.



Слика 13. Мерач нивоа буке

У контексту одрживог транспорта, бука се не посматра само као непријатност, већ као фактор који може утицати на здравље, комфор, атрактивност јавног простора и квалитет живота становништва. Висок ниво саобраћајне буке може указивати на прекомерно оптерећење улице моторним саобраћајем, велике брзине, висок удео тешких возила, неадекватну организацију саобраћаја или неповољан однос саобраћајнице и околног простора.

У лабораторијском и теренском раду, Lutron SL 4036SD може се користити за:

- мерење буке поред путева и улица;
- анализу утицаја саобраћаја на животну средину;
- поређење нивоа буке у различитим временским периодима;
- анализу буке у зонама школа, болница и стамбених подручја;
- процену утицаја тешких возила и јавног превоза;
- испитивање ефеката мера смиривања саобраћаја;
- израду студентских и истраживачких радова;
- припрему препорука за смањење негативних утицаја транспорта.

За студенте је овај уређај посебно користан јер омогућава да се утицај саобраћаја на животну средину измери на једноставан и практичан начин. Студенти могу да пореде различите локације, различите режиме саобраћаја и различите временске периоде, као и да повежу измерене вредности буке са структуром саобраћајног тока, брзинама кретања и карактеристикама инфраструктуре.

У ширем смислу, мерење буке доприноси разумевању да одрживи транспорт није само питање кретања, већ и питање квалитета живота у урбаном простору. Смањење буке може се постићи развојем јавног превоза, промоцијом пешачења и бициклизма, смањењем брзина, ограничењем кретања тешких возила, употребом тихих возила и бољим урбанистичким планирањем.

7.4. Бројач честица и анализатор квалитета ваздуха

Particle Counter PC220 представља уређај за анализу квалитета ваздуха, мерење концентрације честица и праћење параметара као што су температура, влажност и присуство одређених штетних гасова. У области одрживог транспорта, квалитет ваздуха је један од кључних показатеља утицаја саобраћаја на животну средину и здравље становништва.



Слика 14. Бројач честица

Друмски транспорт, посебно у урбаним срединама, може бити значајан извор загађења ваздуха. Емисије издувних гасова, честице настале трошењем гума, кочница и коловоза, као и подизање прашине, могу негативно утицати на квалитет ваздуха. Због тога је мерење честица и других параметара важно за разумевање стварног утицаја транспорта на животну средину.

У лабораторијском и теренском раду, Particle Counter PC220 може се користити за:

- мерење квалитета ваздуха у близини саобраћајница;
- анализу утицаја интензитета саобраћаја на концентрацију честица;
- поређење квалитета ваздуха у различитим зонама града;
- испитивање утицаја тешких возила и застоја у саобраћају;
- анализу стања у близини школа, вртића и стамбених зона;
- праћење квалитета ваздуха у транспортним објектима;
- едукацију студената о еколошким аспектима транспорта;
- припрему препорука за смањење негативних утицаја саобраћаја.

За студенте, овај уређај омогућава да на практичан начин повежу саобраћајне токове са еколошким последицама. На пример, могу да мере квалитет ваздуха поред улице са великим интензитетом саобраћаја, у зони са већим уделом пешака и бициклиста или у близини раскрснице са честим заустављањем и покретањем возила. На основу резултата могу да разматрају мере као што су смањење моторног саобраћаја, промоција јавног превоза, уређење зелених појасева, развој бициклистичке инфраструктуре и боље управљање саобраћајем.

Овај уређај је посебно важан јер омогућава да се одрживост транспорта мери кроз конкретне параметре животне средине, а не само кроз теоријске претпоставке.

7.5. Мерач дебљине заштитних премаза

Мерач дебљине заштитних премаза ЕС-900 представља уређај за мерење дебљине премаза на металним и другим површинама. У области транспорта, заштитни премази имају важну улогу у очувању трајности возила, опреме, конструкција, резервоара, контејнера, ограда, носача и других елемената транспортне инфраструктуре.

Иако се овај уређај примарно може повезати са транспортом опасних материја, његова примена је значајна и у контексту одрживог транспорта. Одрживост подразумева и дужи век трајања опреме, рационално одржавање, спречавање корозије, смањење трошкова поправки и превенцију техничких отказа. Правилно одржавана транспортна средства и инфраструктурни елементи доприносе безбедности, поузданости и ефикасности транспортног система.



Слика 15. Мерач дебљине наноса

У настави и истраживању, ЕС-900 може се користити за:

- проверу дебљине заштитних премаза на транспортној опреми;
- анализу стања делова возила и инфраструктурних елемената;
- едукацију студената о значају одржавања;
- процену ризика од корозије;
- контролу квалитета заштитних слојева;
- разумевање везе између одржавања, безбедности и одрживости;
- практичне вежбе из области техничке експлоатације транспортних средстава.

Овај уређај је значајан јер показује студентима да одрживи транспорт није само питање планирања кретања, већ и питање одржавања ресурса. Ако се возила, опрема и инфраструктура не одржавају правилно, повећава се ризик од кварова, незгода, загађења и непотребних трошкова.

8. ЗАКЉУЧАК

Лабораторијски приручник представља важан резултат активности реализованих у оквиру Erasmus+ пројекта SPHERE, са основним циљем да се унапреди практична примена знања у области одрживог транспорта. Његова сврха је да корисницима омогући јасан преглед опреме, начина њене примене и могућности које она пружа у настави, истраживању и стручном раду. Кроз опис савремене лабораторијске опреме, приручник повезује теоријска знања из области саобраћаја и транспорта са конкретним методама мерења, снимања, анализе, симулације и визуелизације података. На тај начин се ствара основа за квалитетније разумевање транспортних процеса и развој компетенција неопходних за планирање безбеднијег, ефикаснијег и еколошки прихватљивијег транспортног система.

Опрема набављена у оквиру SPHERE пројекта има посебан значај јер омогућава да се одрживи транспорт изучава кроз практичан и подацима заснован приступ. Савремени транспортни системи не могу се више анализирати само на основу општих процена и теоријских претпоставки, већ захтевају прецизне податке о инфраструктури, кретању учесника, безбедносним ризицима, приступачности, видљивости, просторној организацији и утицају саобраћаја на окружење. Управо зато лабораторијска опрема представља кључни инструмент за прелазак са традиционалног начина изучавања транспорта на савремени, дигитализован и истраживачки оријентисан модел рада.

Приручник има значајну образовну улогу јер омогућава студентима да стекну практична знања која се не могу у потпуности развити кроз класичну наставу. Кроз рад са опремом студенти уче како се планира теренско истраживање, како се прикупљају подаци, како се врши њихова обрада и како се резултати тумаче у контексту реалних транспортних проблема. Такав приступ развија аналитичко мишљење, самосталност у раду, способност доношења закључака на основу података и разумевање сложених односа између инфраструктуре, корисника, возила, окружења и управљачких мера.

Примена лабораторијске опреме посебно је значајна за развој активне мобилности. Пешачење и бициклизам представљају најодрживије облике кретања, али њихова примена у свакодневном животу зависи од квалитета, безбедности и приступачности инфраструктуре. Уз помоћ савремених уређаја могуће је анализирати ширину и континуитет тротоара, положај пешачких прелаза, постојање препрека, услове за кретање особа са смањеном мобилношћу, могућност увођења бицикlistичких стаза и безбедност укрштања различитих токова. На овај начин студенти могу да разумеју да одржива мобилност није само стратешки циљ, већ конкретан просторни и инжењерски задатак.

Лабораторијски приручник такође доприноси разумевању значаја јавног превоза у систему одрживог транспорта. Јавни превоз представља један од најважнијих елемената одрживе мобилности, јер омогућава превоз већег броја путника уз мању потрошњу простора, енергије и ресурса по кориснику. Савремена опрема може се користити за анализу приступа стајалиштима, пешачке повезаности, просторних услова за кориснике, безбедности зона јавног превоза и могућности интеграције јавног превоза са пешачењем, бициклизмом и другим видовима кретања. Такве анализе имају практичну вредност за унапређење квалитета транспортних услуга и повећање привлачности одрживих видова кретања.

Поред наставне улоге, опрема набављена кроз SPHERE пројекат има велики истраживачки потенцијал. Она омогућава реализацију научних и стручних анализа из области безбедности саобраћаја, урбане мобилности, дигитализације инфраструктуре, приступачности, активног транспорта и планирања одрживих транспортних система. Резултати добијени применом опреме могу бити основа за израду семинарских, завршних, мастер и докторских радова, као и за припрему научних радова, стручних студија и пројеката усмерених на унапређење саобраћаја у локалној заједници.

Важан допринос овог приручника огледа се и у подстицању интердисциплинарног приступа. Одрживи транспорт обухвата више међусобно повезаних области: саобраћајно инжењерство, урбано планирање, безбедност саобраћаја, заштиту животне средине, дигитализацију, управљање подацима и јавне политике. Рад са лабораторијском опремом омогућава да се ове области повежу кроз конкретне задатке и практичне примере. На тај начин корисници приручника развијају шире разумевање транспортног система и стичу знања која могу применити у различитим професионалним ситуацијама.



Call: ERASMUS-EDU-2023-CBHE
Project number: 101128065



**Funded by
the European Union**



Sustainable Transportation within the Framework of Green Deal