

## Popis obsahu balíčku WP24 - Integrovaná bezpečnost vozidel a dopravních systémů pro budoucí dopravní systémy

### **Vedoucí konsorcia podílející se na pracovním balíčku**

TÜV SÜD Czech s.r.o., zodpovědná osoba: Vít Slanina

### **Členové konsorcia podílející se na pracovním balíčku**

Ricardo Prague s.r.o. B. Hnilička, ČVUT FS Pavel Steinbauer, ČVUT FD Václav Jirovský

### **Hlavní cíl balíčku**

Výzkum systémů integrované bezpečnosti včetně ROP (Rollover protection).

Výzkum dopravního toku a komunikace vozidla s okolím včetně výzkumu simulačních prostředků založených na tzv. agentním přístupu.

### **Dílčí cíle balíčku pro nejbližší období**

V oblasti hodnocení systémů integrované bezpečnosti vozidel bylo dokončeno sledování chování vozidla vybaveného ADAS v reálném provozu a byl ukončen vývoj SW a HW prostředků.

Ve spolupráci s FD ČVUT bude dokončen návrh systému integrované bezpečnosti.

V oblasti simulací dopravního toku a v2x komunikace budou vyvíjeny SW prostředky pro agentní simulaci modelu vozidla v reálném provozu.

## Popis plnění balíčku WP24 - Integrovaná bezpečnost vozidel a dopravních systémů pro budoucí dopravní systémy

WP se dělí do dvou částí:

### **A: Zkoušení a hodnocení systémů integrované bezpečnosti vozidel** (TÜV SÜD Czech s.r.o., ČVUT Fakulta dopravní)

- Účel:
  - zvýšení bezpečnosti provozu
- Zaměření:
  - metody zkoušení a hodnocení
- Sledované palubní systémy:
  - směrová dynamika (ROP – rollover protection)
  - podélná dynamika (ADAS – advanced driver assistance systems – reprezentant AEBS)

### **B: Budoucí dopravní systémy, v2x komunikace, simulace dopravního toku** (Ricardo Prague, ČVUT Fakulta strojní)

- Účel:
  - zvýšení bezpečnosti provozu,
  - snížení energetické náročnosti a zátěže životního prostředí
- Zaměření:
  - v2x komunikace,
  - automatické řízení
- Simulace dopravního toku na bázi agentních systémů

## Popis plnění balíčku WP24 - Integrovaná bezpečnost vozidel a dopravních systémů pro budoucí dopravní systémy

### A: Integrovaná **bezpečnost** /ADAS: Analýza aktivace funkce systému AEBS

#### 1) Sběr dat - záznamů reakcí AEBS z reálného provozu (ca 45.0000 km)

- Systémy zkoumaného vozidla:
  - ACC, Front Assist s nouzovou brzdou City, Lane Assist
- Měřicí technika:
  - 2x Black Vue kamera s GPS a akcelerometrem;
  - 2x Logitech HD Webcamera
- Parametry:
  - Poloha GPS
  - Aktuální zrychlení  $a_x$ ,  $a_y$ ,  $a_z$
  - Průběh aktivace AEBS (vizuálně na přístrojovém štítu)
  - Situace v provozu před vozidlem



## Popis plnění balíčku WP24 - Integrovaná bezpečnost vozidel a dopravních systémů pro budoucí dopravní systémy

### 2) Vytvoření algoritmu pro extrakci záznamů s aktivací systému AEBS

- Nástroje: LabVIEW; Matlab; Any Video Converter
- Funkce:
  - Rozpoznání aktivace pomocí vzoru na přístrojové desce
    - Úrovně: Varování >> Instrukce >> Akce
  - Extrakce a záznam video souboru a času aktivace



### 3) Použití výstupů z nasazení algoritmu zpětně

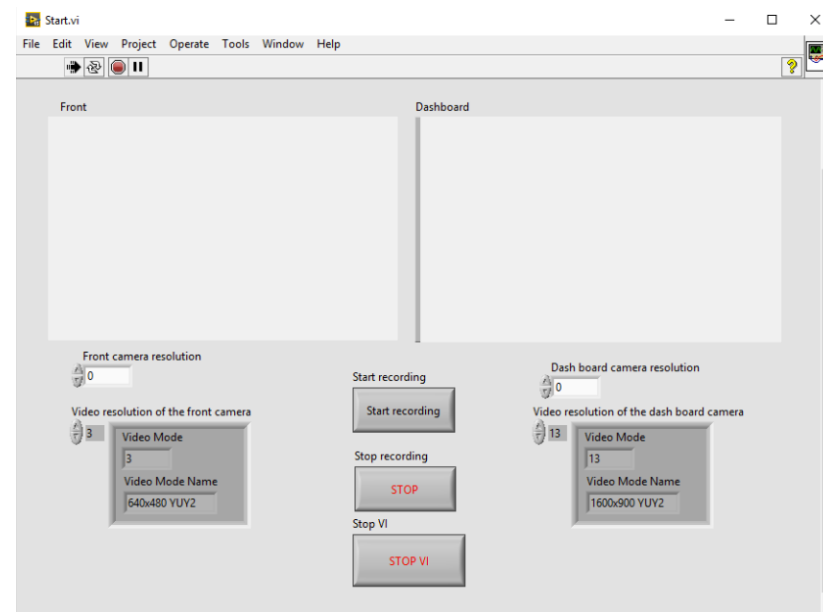
- Analýza správnosti aktivace systému AEBS
    - Vyhledání situace, které probíhala před autem
    - Analýza 11 snímků pro eliminaci stínu a světelných odrazů (5 snímků před aktivací, 1 snímek v době aktivace a 5 snímků po aktivaci)
- Aktivace hodnocena jako správná, pokud je shledáno vozidlo v záběru kamery (alespoň 6 snímků vyhodnocených kladně)



## Popis plnění balíčku WP24 - Integrovaná bezpečnost vozidel a dopravních systémů pro budoucí dopravní systémy

### 4) Extenze systému: Nasazení v reálném čase ve vozidle

- Uložení pouze záznamu jízdy v době aktivace (přibližně 10 sekund před aktivací a 10 sekund po aktivaci)
- Není potřebná analýza dlouhých video záznamů
- Hardware
  - 2x Logitech HD webcam
- Omezení
  - Nutnost velkého výpočetního výkonu
  - Vysoké nároky na paměť z důvodu nekonvertovaného videa



### Návaznosti:

- DP ing. Slavík: Automatized Analysis of Advanced
- Driver Assistance Systems Behavior
- Projekt PEGASUS (BMW, Německo)
- Projekt CETRAN (Singapur)



## Popis plnění balíčku WP24 - Integrovaná bezpečnost vozidel a dopravních systémů pro budoucí dopravní systémy

### Ricardo Agent-Drive – new and improved features I

- **Altitude interpolation**
  - Altitude is interpolated directly from definition points of terrain mesh
- **Improved vehicle registration to current lane**
  - Information about agent's position on lane is pre-sorted
  - Reduced complexity from  $O(n^2)$  to  $O(n)$  in every iteration step
- **Precise placement**
  - Vehicles are injected into 3D environment more precisely
  - Placement of vehicles is smooth without unnecessary bumps
- **Path planning**
  - Algorithm for searching route in SUMO road network file
  - Select route which best fits to weighted criteria

## Popis plnění balíčku WP24 - Integrovaná bezpečnost vozidel a dopravních systémů pro budoucí dopravní systémy

### Ricardo Agent-Drive – new and improved features II

- **Vehicle to vehicle communication (V2V)**
  - Communication channel uses *Publisher / Subscriber* pattern
  - Message – container with flexible content and unified access to information
  - Local dynamic map – every transceiver stores last received information about other communicating nodes
  - Variable channel QoS (Quality of Service) using multiple parameters (e.g. communication range, packet loss, etc.)
- **Adaptive cruise control**
  - Framework for different fidelity cruise control strategies
  - Direct output for acceleration and brake pedal signals
  - Cooperative strategies are possible using V2V



## Popis plnění balíčku WP24 - Integrovaná bezpečnost vozidel a dopravních systémů pro budoucí dopravní systémy

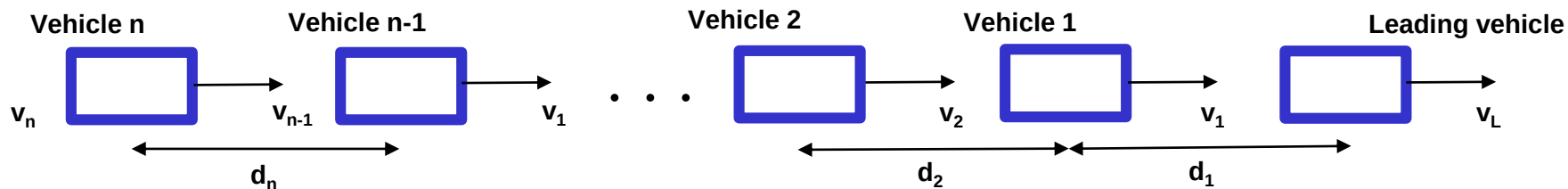
### Ricardo Agent-Drive – Cooperative driving case study

- **Goal**
  - Observe string stability of vehicle platoon using V2V with variable channel QoS
- **Configuration**
  - 40 vehicles equipped with V2V and basic Cooperative Cruise Control
  - Various QoS parameter settings
- **Platoon description**

Legend:

$d_i$  – distance of  $i^{\text{th}}$  vehicle from preceding veh.

$v_i$  – velocity of  $i^{\text{th}}$  vehicle



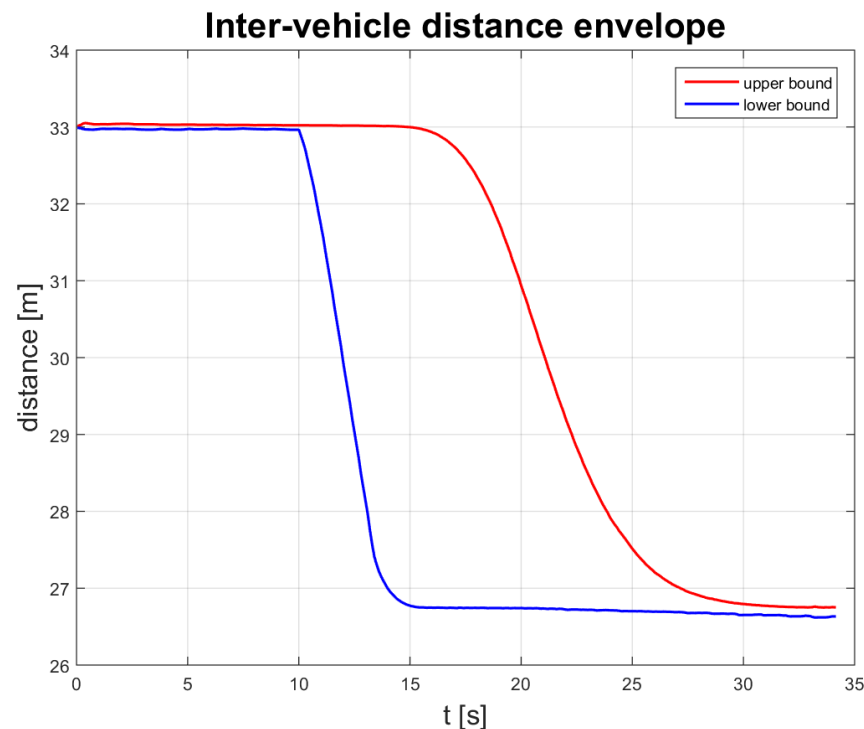
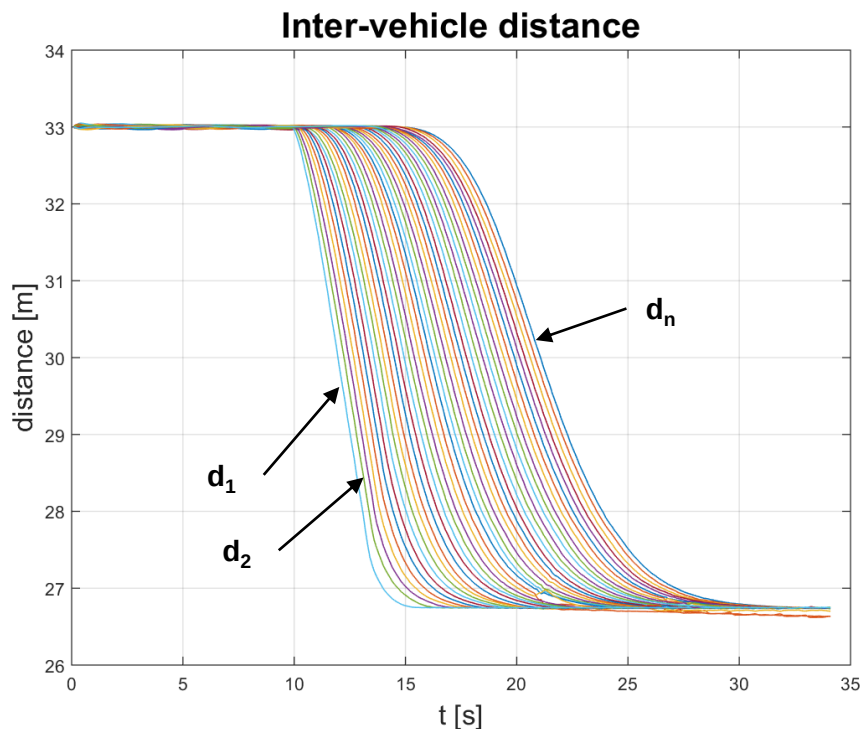
- **Environment**
  - Straight segment of highway in Poland
  - Distance 'measured', velocity obtained from communication
  - **String stable platoon** – no disturbance is propagated upstream the platoon.





## Popis plnění balíčku WP24 - Integrovaná bezpečnost vozidel a dopravních systémů pro budoucí dopravní systémy

- **Sudden deceleration maneuver**
  - From 90 km/h to zero, inter-vehicle distance 33 m (5 m car length included).
  - QoS: packet delivery ratio 100 %, communication range 300 m, communication delay none.
  - Goal: safely stop all the vehicles without crashing.
  - For easier trend tracking only envelope of the signal set is used showing minimum and maximum

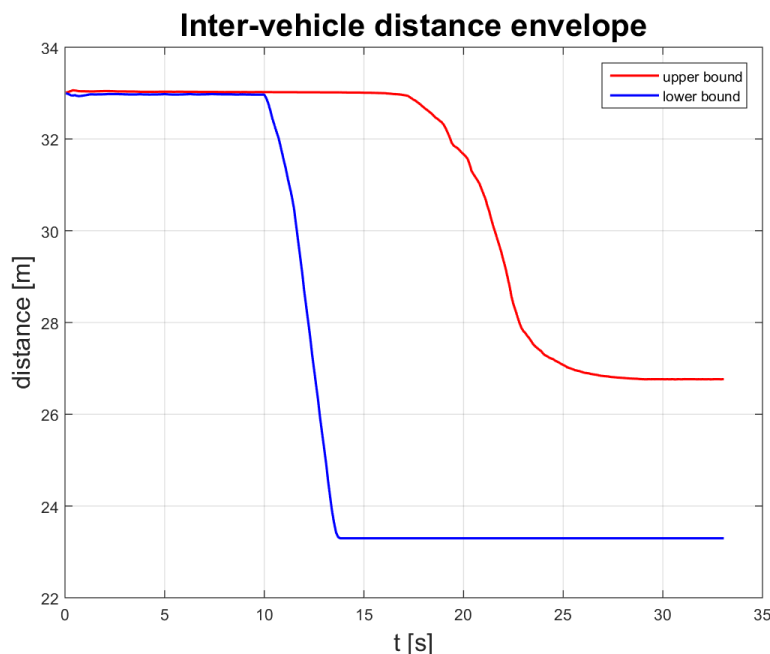


## Popis plnění balíčku WP24 - Integrovaná bezpečnost vozidel a dopravních systémů pro budoucí dopravní systémy

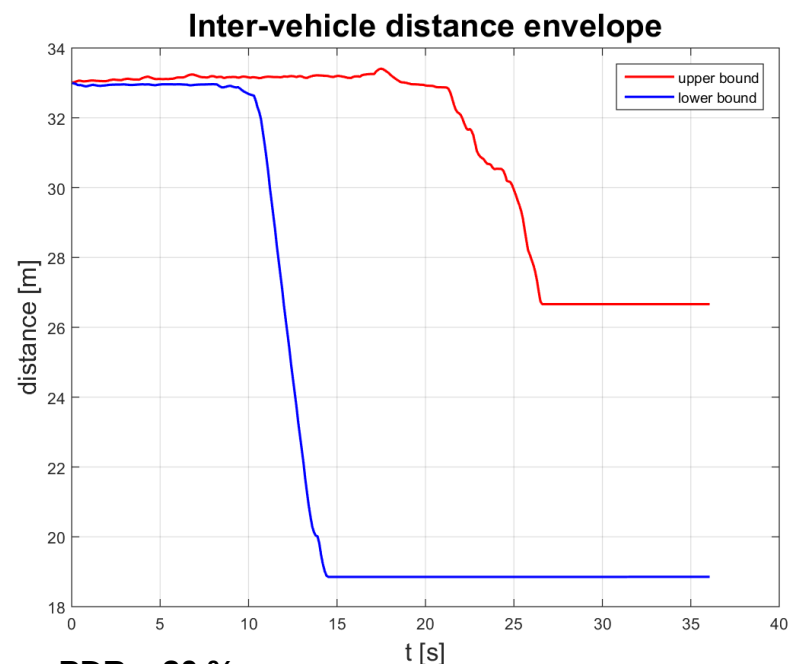
- Sudden deceleration maneuver**

- Effect of 'packet delivery ratio' (PDR) decrease on minimal distance between vehicles
- Distance is decreasing but no string stability violation

| PDR value [%]  | 100     | 90      | 80      | 70      | 60     | 50     | 40      | 30      |
|----------------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|---------|---------|
| Min. dist. [m] | 26.6191 | 26.6235 | 24.7031 | 23.2967 | 24.425 | 24.181 | 19.9505 | 18.8521 |



**PDR = 70 %**



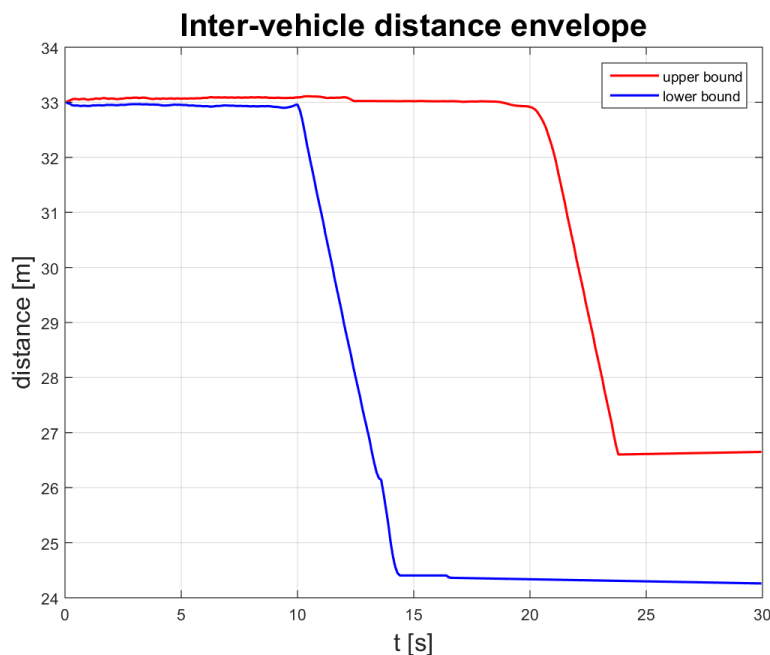
**PDR = 30 %**

## Popis plnění balíčku WP24 - Integrovaná bezpečnost vozidel a dopravních systémů pro budoucí dopravní systémy

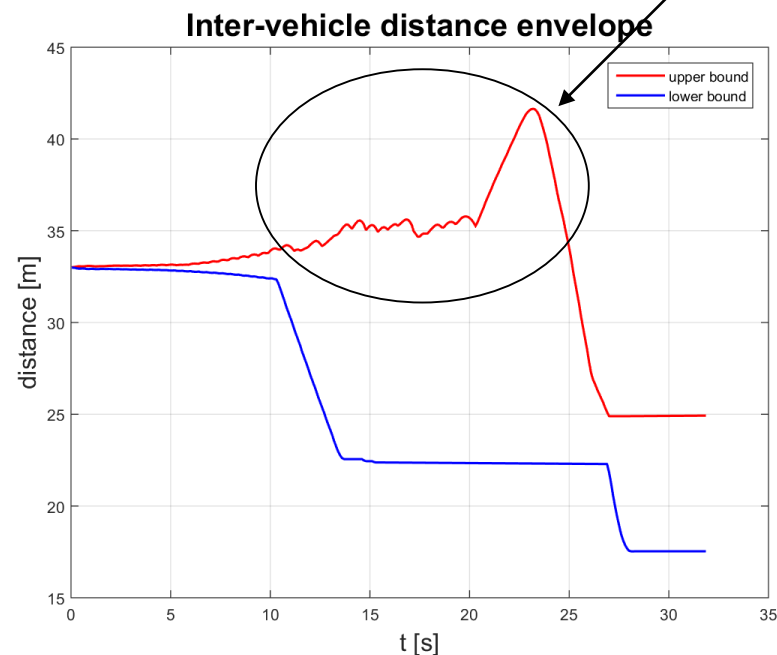
### • Sudden deceleration maneuver

- Effect of 'channel delay' increase on minimal distance between vehicles
- String stability violated – distance amplifies upstream the string of vehicles

| Delay [ms]     | 100     | 200     | 300     | 400     |
|----------------|---------|---------|---------|---------|
| Min. dist. [m] | 26.6598 | 24.2605 | 23.2485 | 17.5283 |



Delay 200 ms



Delay 400 ms

## Popis plnění balíčku WP24 - Integrovaná bezpečnost vozidel a dopravních systémů pro budoucí dopravní systémy

### Ricardo Agent-Drive and IMPERIUM project

- **Aim of the IMPERIUM project**
  - Powertrain control for heavy-duty vehicles with optimised emission
  - Fuel consumption reduction by 20 % whilst keeping the vehicle within the legal limits for pollutant emissions
- **Approach for achieving the goal**
  - Optimization of main components control
  - Global powertrain energy management optimization
  - Long term energy source planning and optimization
- **Ricardo Agent-Drive tasks**
  - Simulation of traffic along the main vehicle's route
  - Real world drive cycle generation
  - Data logging and V2X communication



## Popis plnění balíčku WP24 - Integrovaná bezpečnost vozidel a dopravních systémů pro budoucí dopravní systémy

### Algoritmus optimalizace rychlostního profilu – ve vývoji

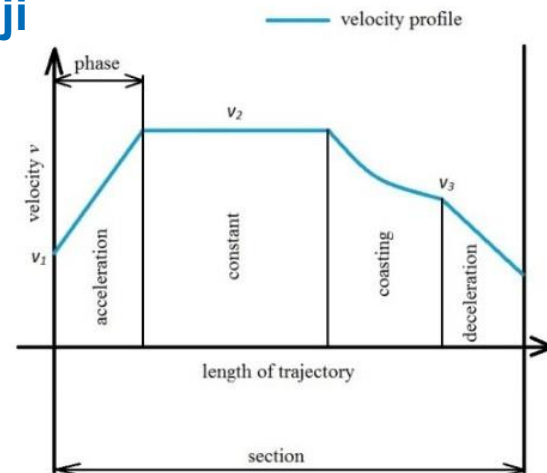
- **Znalost:** trasa, model vozidla, provoz, počasí
- **Segmentace trasy do úseků**
  - Konstantní maximální rychlost
    - Legislativní
    - Fyzikální (zatáčky, stoupání)
  - Konstantní stoupání
- Každý segment popsán pěticí  $\{v_4, l_4, a_{dec}, a_{acc}, l_1\}$
- **Optimalizace**
  - Trust-Region metoda pro nelineární optimalizace s respektováním omezení
  - **Výstup:** Optimální profil rychlosti  $v = v_{opt}(s)$

$$v_2 = \sqrt{2a_a s_a + v_1^2}$$

$$v_3 = \sqrt{2a_d s_d + v_4^2}$$

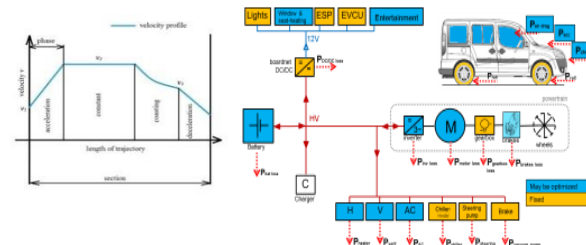
$$s_{coa} = f(v_2, v_3)$$

$$s_{con} = s - s_a - s_d - s_{coa}$$



$$\min \left\{ \frac{1}{2} s^T H s + s^T g \text{ such that } \|Ds\| \leq \Delta \right\}$$

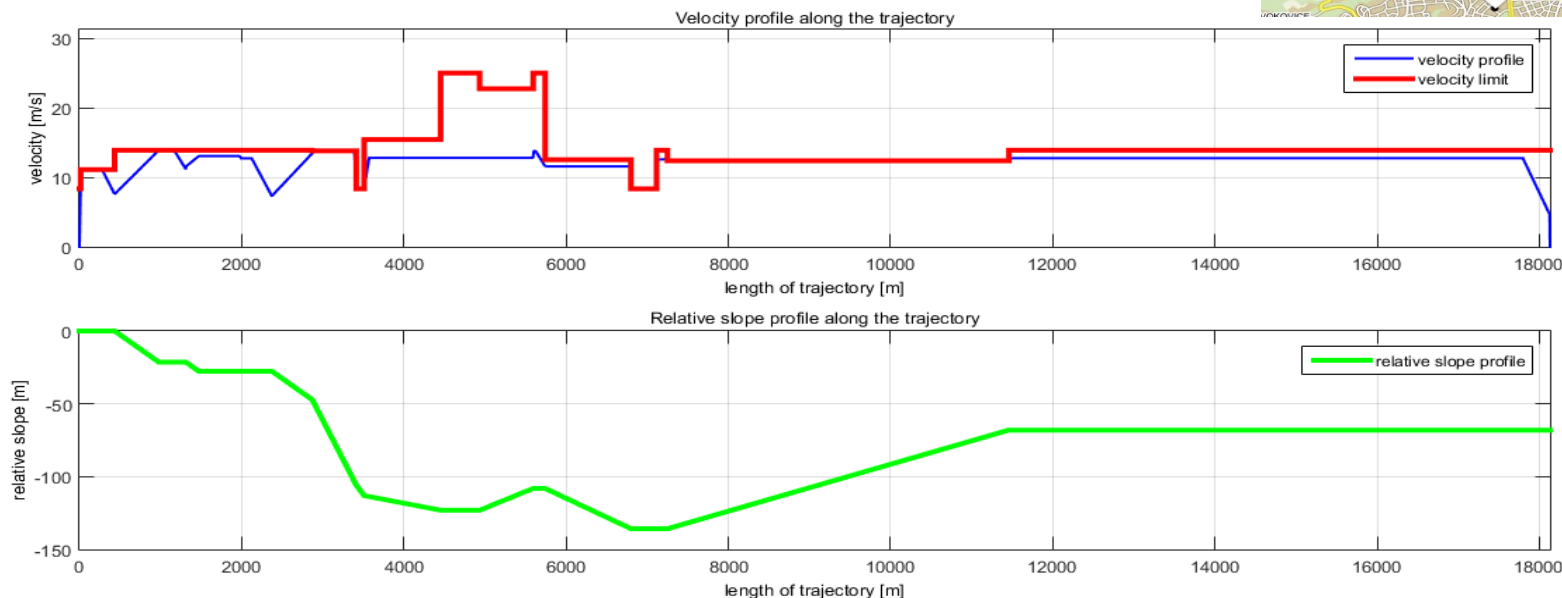
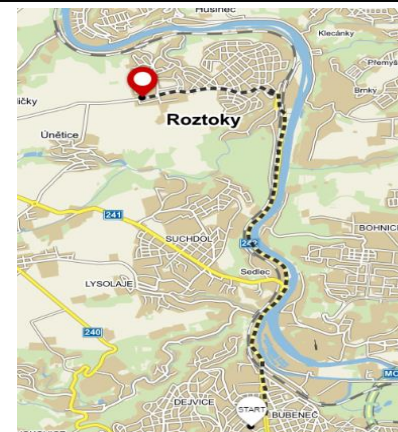
$\Sigma$



## Popis plnění balíčku WP24 - Integrovaná bezpečnost vozidel a dopravních systémů pro budoucí dopravní systémy

### Algoritmus optimalizace rychlostního profilu - příklad

- **Scénář**
  - Optimalizace rychlostního profilu na trase Roztoky – Dejvice
  - Vůz: elektromobil Fiat Doblo
- **Výsledky**





Plnění cílů, milníků a výstupů, splněné výsledky balíčku WP24 - Integrovaná bezpečnost vozidel a dopravních systémů pro budoucí dopravní systémy

## Plnění dílčích cílů, milníků a výstupů

- WP24M05: Vytvoření testovací metody (SW+HW) pro systémy integrované bezpečnosti

## Přehled splatných výsledků a jejich plnění

- Pro tento rok nebyly plánovány žádné splatné výsledky > směřování ke 2017

## Návrh dalšího postupu v balíčku WP24 Integrovaná bezpečnost vozidel a dopravních systémů pro budoucí dopravní systémy

Návrh dalšího postupu včetně návrhů na spolupráci a realizaci výstupů:

### **A: Zkoušení a hodnocení systémů integrované bezpečnosti vozidel**

- Spolupráce s FD ČVUT na dokončení návrhu systému (metodiky vyhodnocování) integrované bezpečnosti ve formě SW
- optimalizace testů, softwarové testování

### **B: Budoucí dopravní systémy, v2x komunikace, simulace dopravního toku**

- Pokračování vývoje Ricardo Agent-Drive
- Propojení Ricardo Agent-Drive s IGNITE (návaznost na WP05)
- Propojení IGNITE s Ricardo WAVE / WAVE-RT; použití IGNITE při návrhu a testování řídicích strategií motorů (návaznost na WP20)

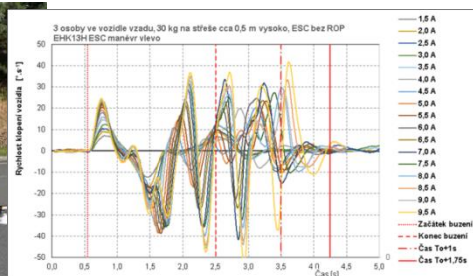
## Výťah z prací 2012-2016 na WP24 Integrovaná bezpečnost vozidel a dopravních systémů pro budoucí dopravní systémy

### ADAS:

- navržena metodika zkoušek z ACC
- zkoušky vozidel s ADAS
- realizace soft target
- dlouhodobé sledování ADAS v provozu
- vývoj hardware a software pro zkoušky

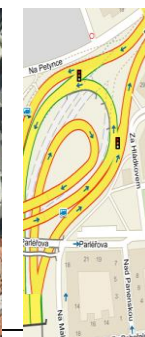
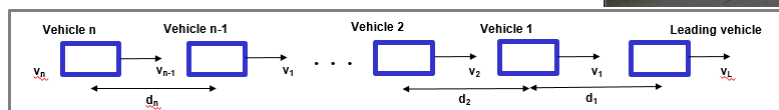
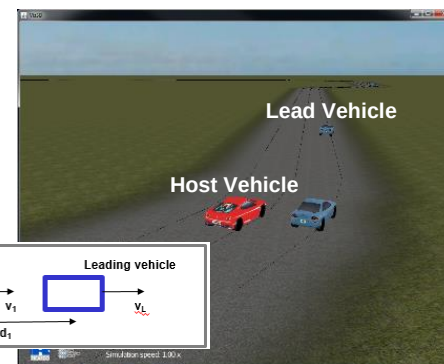
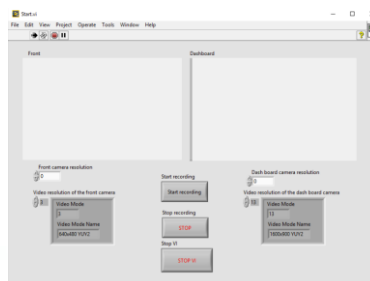


- vypracována metodika hodnocení ROP
- realizace speciálního vybavení pro zkoušky ROP
- zkoušky vozidel s ROP



### Simulace dopravního proudu, v2x komunikace:

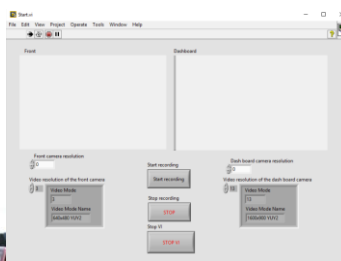
- řešerše výpočtových prostředků, vytvořeno SW prostředí pro simulace (SUMO – Matlab)
- analýza vlivu penetrace vozidel s ACC na propustnost komunikace a emise
- realizován model řidiče a modely různých provedení ACC
- analýza ACC s MPC
- Agent-Drive Simulator



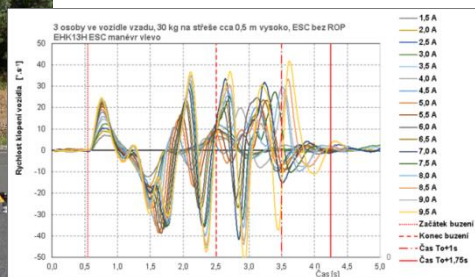
## Results of the WP24 Integrated safety of vehicles and transport systems for the future transport systems – Achieved 2012 - 2016

### ADAS:

- draft test method of ACC systems designed
- 2 test campaigns of vehicles with ADAS
- whole vehicle soft target realized
- long-term monitoring of ADAS system in service
- test hardware and software development

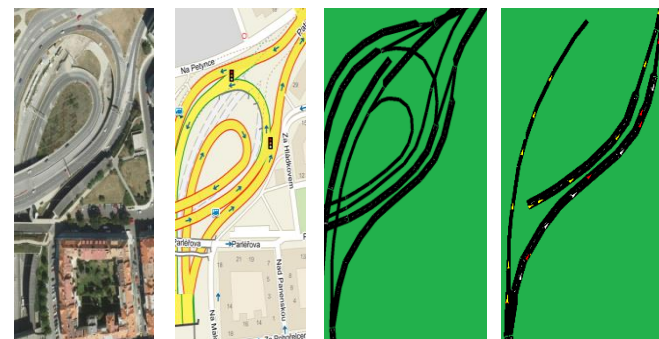
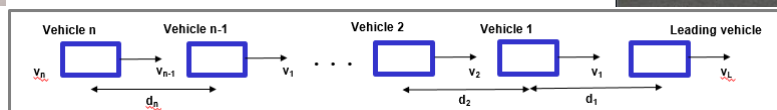
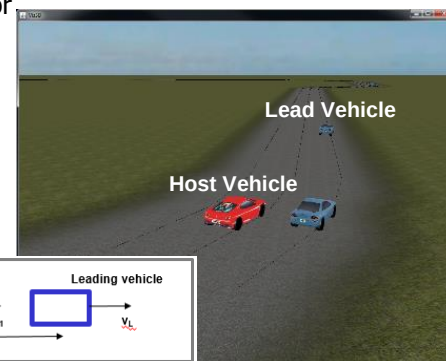


- ROP test method developed
- special equipment for ROP testing realized
- tests of vehicles with ROP



### Traffic stream simulation, v2x communication:

- recherche of available SW tools, SW tool based on SUMO and Matlab developed
- analysis of influence of ACC-equipped vehicle penetration on track capacity and emissions
- driver simulation model and ACC simulation models realized
- ACC with MPC control strategy analysed
- Agent-Drive Simulator

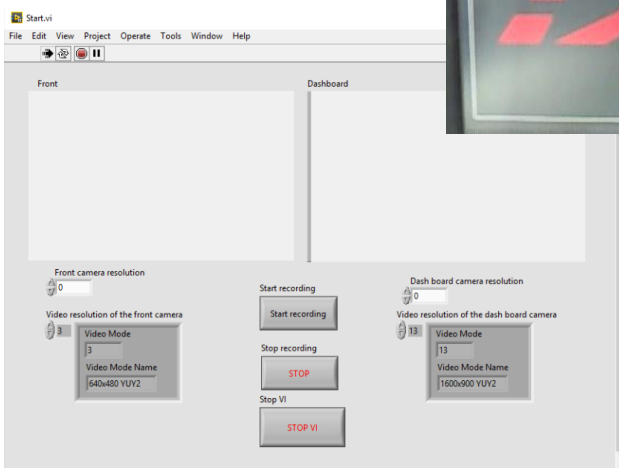




## Výtah za rok 2016 z provedených prací WP24 Integrovaná bezpečnost vozidel a dopravních systémů pro budoucí dopravní systémy

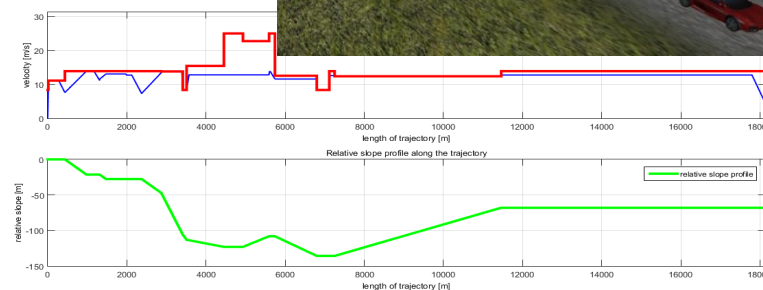
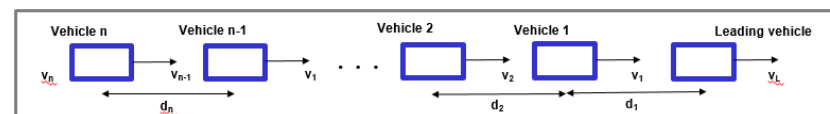
### ADAS:

- dlouhodobé sledování ADAS v provozu (najeto 30.000 km) a sběr dat (zásahů AEBS)
- Vytvoření algoritmu pro extrakci záznamů zásahů AEBS
- Použití výstupů z nasazení algoritmů zpětně
- Extenze systému: Nasazení v reálném čase ve vozidle



### Simulace dopravního proudu, v2x komunikace:

- Ricardo Agent Drive – nová vylepšení a možnosti (Interpolace nadmořské výšky, umístění modelu ve 3D, plánování trasy, komunikace mezi vozidly atd.)
- Studie řízení současně jedoucích modelů a případ náhlého zabrzdění
- Projekt Ricardo Agent Drive a Imperium
- Algoritmus optimalizace rychlostního profilu



## Abstract 2016 of WP24 Integrated safety of vehicles and transport systems for future transport systems

### ADAS:

- Long-term ADAS monitoring in service (mileage 30.000 km) and data acquisition (AEBS activation)
- SW creation for extraction of the AEBS intervention
- Using of the results from SW on the rebound
- Extension of the SW: Application in the real time in vehicle



### Traffic stream simulation, v2x communication :

- Ricardo Agent Drive – Improvements and new features (Altitude interpolation, Precise placement, Path planning, v2v communication etc.)
- Cooperative Driving case study and sudden deceleration maneuver
- Project Ricardo Agent Drive and Imperium
- Algorithm optimization of the speed profile

