



**ŽILINSKÁ UNIVERZITA V ŽILINE**  
**Stavebná fakulta, Katedra cestného staveľstva**

***Možnosti aplikácie výstupov európskych projektov v***  
***SHV***

**Rozborová úloha (RÚ) RVT 2009**

**Objednávateľ :** Slovenská správa ciest, Miletičova 19 , 826 19 Bratislava  
**Zhotoviteľ :** ŽILINSKÁ UNIVERZITA V ŽILINE, Stavebná fakulta, Katedra  
cestného staveľstva, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina

**Zodpovedný pracovník:** prof. Ing. Ján Čelko, CSc.  
**Odborní riešitelia:** doc. Dr. Ing. Jozef Komačka  
Ing. Eva Remišová, PhD.  
Ing. Matúš Kováč, PhD.

**Žilina, október 2009**

**OBSAH**

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>OPIS A ZHODNOTENIE VÝSLEDKOV EURÓPSKÝCH PROJEKTOV</b> .....	<b>4</b>
2.1	PROJEKT COST 354.....	4
2.1.1	<i>Definície</i> .....	5
2.1.2	<i>Výber a hodnotenie jednoduchých PI</i> .....	6
2.1.3	<i>Kombinovaný ukazovateľ výkonnosti</i> .....	9
2.1.4	<i>Vstupné parametre a váhy pre jednotlivé CPI</i> .....	10
2.1.5	<i>Všeobecný ukazovateľ výkonnosti</i> .....	13
2.2	PROJEKT ELLPAG.....	15
2.2.1	<i>Etapa 1 – netuhé vozovky</i> .....	16
2.2.2	<i>Etapa 2 – polotuhé vozovky</i> .....	18
2.2.3	<i>Etapa 3 – tuhé vozovky</i> .....	20
2.3	PROJEKT SPENS.....	20
2.3.1	<i>Meranie povrchových vlastností</i> .....	21
2.3.2	<i>Algoritmus</i> .....	27
2.4	DIRECT_MAT .....	32
2.5	NR2C .....	32
2.6	AMADEUS.....	32
2.7	SYSTÉM HOSPODÁRENIA S VOZOVKAMI SPOJENÉHO KRÁĽOVSTVA (UK PMS) .....	32
<b>3</b>	<b>POROVNANIE VÝSLEDKOV PROJEKTOV EÚ</b> .....	<b>37</b>
3.1	POROVNANIE POSTUPOV HODNOTENIA TECHNICKÉHO STAVU KOMUNIKÁCIE V OSTATNÝCH ŠTÁTOCH EÚ A V SR	37
3.2	POROVNANIE KRITÉRIÍ HODNOTENIA PARAMETROV VOZOVIEK NA ZÁKLADE ICH DIAGNOSTIKY V ŠTÁTOCH EÚ A SR .....	38
<b>4</b>	<b>ZHODNOTENIE JEDNOTNÝCH EURÓPSKÝCH INDEXOV VOZOVIEK – VÝSTUPY PROJEKTU COST 354</b> .....	<b>40</b>
<b>5</b>	<b>ZHODNOTENIE ALGORITMOV ROZHODOVACÍCH PROCESOV V SYSTÉMOCH HOSPODÁRENIA S VOZOVKAMI</b> .....	<b>42</b>
<b>6</b>	<b>DEFINOVANIE ODPORÚČANÍ PRE SLOVENSKÝ ALGORITMUS SHV</b> .....	<b>44</b>
<b>7</b>	<b>POUŽITÁ LITERATÚRA</b> .....	<b>45</b>

## 1 Úvod

Úloha RVT bola spracovaná na základe objednávky Slovenskej správy ciest ako rozborová úloha, obsahujúca opis jednotlivých projektov európskych výskumných programov, týkajúcich sa hospodárenia s vozovkami. V rámci analýzy projektov riešitelia spracovali hlavné výsledky a konkrétne výstupy, ktoré sa týkajú systémov hospodárenia s vozovkami. Hlavným cieľom úlohy bolo spracovanie uvedených výsledkov a návrh odporúčaní pre ich použitie v rámci SHV na Slovensku.

Riešenie zahŕňa nasledovné časti:

- opis a zhodnotenie výsledkov európskych projektov COST 354, ELLPAG, SPENS, DIRECT\_MAT, NR2C, AMADEUS;
- porovnanie postupov hodnotenia technického stavu komunikácie v ostatných štátoch EÚ a v SR;
- porovnanie kritérií hodnotenia parametrov vozoviek na základe ich diagnostiky v štátoch EÚ a SR;
- zhodnotenie jednotných európskych indexov vozoviek ako nástroja na podporu rozhodovania správcov komunikácií na úrovni cestnej siete – výstupy projektu COST 354 (hodnotenie pomocou jednoduchých a kombinovaných indexov);
- zhodnotenie algoritmov rozhodovacích procesov v systémoch hospodárenia s vozovkami;
- definovanie odporúčaní pre slovenský algoritmus SHV.

## 2 Opis a zhodnotenie výsledkov európskych projektov

### 2.1 Projekt COST 354

Projekt COST 354 – *Ukazovatele výkonnosti pre cestné vozovky* – bol riešený na základe plánu aktivít FEHRL (Europe's road research centres) v rokoch 2004-2007. Koordinátorom riešenia bol ZAG, Slovinsko.

Hlavným cieľom projektu bolo definovať jednotné európske ukazovatele výkonnosti cestných vozoviek s ohľadom na užívateľov a prevádzkovateľov ciest s tým, že ich kvantitatívne zhodnotenie by malo byť vodítkom pre správny návrh a údržbu vozoviek v závislosti od súčasných i budúcich potrieb a to či už na národnej alebo európskej úrovni. Vzhľadom na širokú škálu potencionálnych užívateľov finálnej správy COST 354, bolo uznané za nevyhnutné vyvinúť postup, ktorý môže byť aplikovaný rôznymi spôsobmi, v závislosti od dostupnosti rôznych typov meraní a už platných postupov vyhodnocovania u príslušného správcu ciest. Výsledkom bolo vyvinutie flexibilného systému jednotlivých, kombinovaných a celkových indexov výkonnosti vozovky.

Ukazovatele výkonnosti vozoviek sú definované pre rôzne typy vozoviek a rôzne triedy ciest. Zhodnotenie jednotlivých indikátorov opisujúcich charakteristiky cestnej vozovky bolo prvým krokom analýzy, pričom zmyslom bola ich transformácia na bezrozmerné charakteristiky reprezentujúce stav vozovky v škále od 0 do 5, kde 0 predstavuje vozovku vo veľmi dobrom stave a 5 v havarijnom stave.

Vytipované boli jednotlivé charakteristiky, pre ktoré sa potom zadefinovali tzv. „ukazovatele výkonnosti (PI)“, na zhodnotenie kľúčových vlastností cestnej vozovky:

- pozdĺžna nerovnosť;
- priečna nerovnosť;
- makrotextúra;
- drsnosť;
- únosnosť;
- trhliny;
- poruchy povrchu.

Každý z týchto jednotlivých PI závisí od technickej charakteristiky vozovky a je odvodený od „technického parametra (TP)“, získaného z merania nejakým zariadením alebo zberom nejakou inou formou diagnostiky.

Uvažovalo sa aj s definíciou ukazovateľov hluku a znečistenia ovzdušia, ale napriek ich dôležitosti sú opísané iba slovne, vzhľadom na nedostatočné dáta zahŕňajúce vplyv vozovky na životné prostredie.

Ďalším krokom bolo spojenie jednotlivých ukazovateľov do kombinovaných reprezentatívnych ukazovateľov výkonnosti, ktoré by mali reprezentovať dôležité aspekty výkonnosti

vozovky, ako sú bezpečnosť a pohodlie jazdy, životnosť konštrukcie vozovky a jej vplyv na životné prostredie. Tieto kombinované ukazovatele boli rozdelené na:

- ukazovatele funkčnej výkonnosti (požiadavky kladené na vozovku z hľadiska užívateľov);
- ukazovatele výkonnosti konštrukcie (konštrukčné požiadavky kladené na vozovku);
- ukazovatele environmentálnej spôsobilosti (požiadavky kladené na vozovku z hľadiska perspektívy ochrany životného prostredia).

Cieľom každého „kombinovaného ukazovateľa výkonnosti (CPI)“ je charakterizovať podiel konštrukcie vozovky a jej stavu k oceneniu jej výkonnosti. Je potrebné poznamenať, že nebol zámer odvodzovať celkové indexy bezpečnosti, užívateľského pohodlia a vplyvov na životné prostredie na základe množstva faktorov mimo skúmanú oblasť, ale iba faktorov týkajúcich sa priamo vozovky.

Posledným krokom pri hodnotení stavu vozovky bolo na základe týchto kombinovaných ukazovateľov definovať „celkový (všeobecný) index výkonnosti (GPI)“, ktorý by slúžil na opis celkového stavu cestnej vozovky a mohol byť ďalej použitý pri optimalizačných procesoch. GPI je teda matematickou kombináciou jednotlivých a/alebo kombinovaných ukazovateľov, ktorý dáva prvotné informácie o celkovom stave vozovky v rámci siete a umožňuje identifikovať sekcie v zlom stave. Na základe takejto informácie sa môže potom odvodiť vhodná stratégia údržby. Celkový ukazovateľ je teda užitočný nástroj pre užívateľov, ktorí hodnotia celkový stav cestnej siete a určujú následné stratégie a s tým súvisiace požiadavky na financovanie.

Pre praktickú aplikáciu jednotlivých, kombinovaných a celkových ukazovateľov boli dané opisy spolu s metódami odvodenia pre každý PI, vrátane:

- výberu vstupných parametrov;
- prevodových funkcií a/alebo procesov kombinácie;
- zoznamu váhových koeficientov pre rôzne CPI a GPI.

Ako súčasť projektu bol vyvinutý tabuľkový nástroj na uľahčenie výpočtu jednotlivých, kombinovaných a celkových ukazovateľov, ktorý bol použitý na riadenie analýzy celkovej citlivosti na zistenie efektu zmien váhy vstupných parametrov na jednej strane a vplyvu zmien v odporúčaných procesoch kombinácií. Tento nástroj je poskytnutý ako súčasť CD-ROM-u a môže byť použitý na implementáciu príkladov výpočtu ukazovateľov (PI, CPI, GPI) s použitím aktuálnych dát správcu ciest podľa procesov vyvinutých v rámci projektu COST 354.

### 2.1.1 Definície

**Technický parameter (TP)** – fyzikálna charakteristika stavu cestnej vozovky odvodená z rôznych meraní alebo zozbieraných dát rôznou formou diagnostiky.

**Prevodová funkcia** – matematická funkcia používaná na transformáciu technického parametra na bezrozmerný ukazovateľ výkonnosti.

**Ukazovateľ výkonnosti (PI)** – stanovený bezrozmerný technický parameter cestnej vozovky udaný číslom alebo písmenom v škále od 0 do 5, ktorým sa hodnotí daný technický parameter (hĺbka koľají, koeficient drsnosti...), kde 0 predstavuje veľmi dobrý stav a 5 veľmi zlý stav.

**Jednoduchý ukazovateľ výkonnosti** – číslo opisujúce jedinú technickú charakteristiku cestnej vozovky, indikujúce jej stav z hľadiska tejto charakteristiky.

**Pred-kombinovaný ukazovateľ výkonnosti** – číslo závisiace od dvoch alebo viacerých charakteristík rovnakého druhu (líniové, sieťové a iné trhliny) kombinovaných do jednej charakteristiky využívanej pri ďalšom spracovaní.

**Kombinovaný ukazovateľ výkonnosti** - číslo závisiace od dvoch alebo viacerých charakteristík rôzneho druhu, indikujúce stav vozovky z hľadiska všetkých zahrnutých charakteristík (Index stavu vozovky).

**Všeobecný ukazovateľ výkonnosti (GPI)** – matematické vyjadrenie kombinácie jednoduchých a kombinovaných ukazovateľov, ktoré opisuje stav vozovky z hľadiska rôznych aspektov, ako bezpečnosť, pohodlie jazdy, konštrukcia vozovky a vplyv na životné prostredie (tiež nazývaný celkový ukazovateľ výkonnosti).

V prvom kroku riešenia projektu sa zbierali informácie o charakteristikách zbieraných a hodnotených v jednotlivých krajinách Európy. Na vytvorené dotazníky odpovedalo 24 krajín, kde sa celkovo objavilo 209 rôznych jednoduchých ukazovateľov výkonnosti a 46 kombinovaných či všeobecných ukazovateľov.

### 2.1.2 Výber a hodnotenie jednoduchých PI

Zhodnotenie a výber jednoduchých PI bolo úlohou, ktorá v sebe zahŕňala:

- výber vhodných PI;
- definovanie hraničných hodnôt;
- vývoj prevodových funkcií z TP na PI;
- vytvorenie metodiky pre výpočet PI.

Ako bolo uvedené vyššie, bolo študovaných 5 jednoduchých PI:

- pozdĺžna nerovnosť – PI\_E;
- priečna nerovnosť – PI\_R;
- makrotextúra – PI\_T;
- drsnosť – PI\_F;
- únosnosť – PI\_B.

Prevodové funkcie boli na určenie jednoduchých PI definované nasledovne:

- **Pre pozdĺžnu nerovnosť charakterizovanú pomocou IRI v m/km**

$$PI\_E = \text{Max}(0; \text{Min}(5; (0.1733 * IRI^2 + 0.7142 * IRI - 0.0316))) \quad (1)$$

$$PI\_E = \text{Max}(0; \text{Min}(5; 0.816 * IRI)) \quad (2)$$

Transformácia (1) predstavuje viac obmedzujúci interval ako transformácia (2), pričom výber prevodovej funkcie by mal zodpovedať podmienkam cestnej siete. Obe prevodové funkcie sú vhodné pre všetky typy vozoviek (tuhé, polotuhé, netuhé) a tiež aj pre diaľnice a cesty prvej triedy. Rozsahy hodnôt a citlivosti uvádza tabuľka 1.

Tabuľka 1 Rozsahy hodnôt a citlivosti pre IRI

	Veľmi dobrá		————>	Veľmi zlá	
Pozdĺžna nerovnosť, PI_E	0 až 1	1 až 2	2 až 3	3 až 4	4 až 5
IRI /m/km/ – transformácia 1	0,0 – 1,1	1,1 – 1,9	1,9 – 2,6	2,6 – 3,2	3,2 – 3,7
IRI /m/km/ – transformácia 2	0,0 – 1,2	1,2 – 2,5	2,5 – 3,7	3,7 – 4,9	4,9 – 6,1

- **Pre vyjazdené koľaje charakterizované hĺbkou koľaje RD v mm**

$$PI\_R = \text{Max}(0; \text{Min}(5; (-0.0016 * RD^2 + 0.2187 * RD))) \quad (3)$$

$$PI\_R = \text{Max}(0; \text{Min}(5; (-0.0015 * RD^2 + 0.2291 * RD))) \quad (4)$$

$$PI\_R = \text{Max}(0; \text{Min}(5; (-0.0023 * RD^2 + 0.2142 * RD))) \quad (5)$$

Transformácia (3) môže byť použitá pre všetky kategórie ciest. Transformácia (4) môže byť použitá len pre diaľnice a cesty I. triedy. Transformácia (5) môže byť použitá len pre cesty II. a III. triedy a pre miestne komunikácie, pričom všetky prevodové funkcie sú tiež vhodné pre všetky typy vozoviek (tuhé, polotuhé, netuhé). Rozsahy hodnôt a citlivosti uvádza tabuľka 2.

Tabuľka 2 Rozsahy hodnôt a citlivosti pre RD

	Veľmi dobrá		————>	Veľmi zlá	
Priečna nerovnosť, PI_R	0 až 1	1 až 2	2 až 3	3 až 4	4 až 5
RD /mm/ – transformácia 1	0,0 – 4,7	4,7 – 9,9	9,9 – 15,5	15,5 – 21,8	21,8 – 29,0
RD /mm/ – transformácia 2	0,0 – 4,5	4,5 – 9,3	9,3 – 14,5	14,5 – 20,1	20,1 – 26,4
RD /mm/ – transformácia 3	0,0 – 4,9	4,9 – 10,5	10,5 – 17,2	17,2 – 25,8	25,8 – 46,6

- **Na hodnotenie makrotextúry charakterizovanej pomocou MPD v mm**

$$PI\_T = \text{Max}(0; \text{Min}(5; (6.6 - 5.3 * MPD))) \quad (6)$$

$$PI\_T = \text{Max}(0; \text{Min}(5; (7.0 - 6.9 * MPD))) \quad (7)$$

Transformácia (6) môže byť použitá len pre diaľnice a cesty I. triedy. Transformácia (7) môže byť použitá len pre cesty II. a III. triedy a pre miestne komunikácie, pričom obe prevodové funkcie sú vhodné pre všetky typy vozoviek (tuhé, polotuhé aj netuhé). Rozsahy hodnôt a citlivosti uvádza tabuľka 3.

Tabuľka 3 Rozsahy hodnôt a citlivosti pre MPD

	Veľmi dobrá ———>			Veľmi zlá	
Makrotextúra, PI_T	0 až 1	1 až 2	2 až 3	3 až 4	4 až 5
MPD /mm/ – transform. 1	1,25 – 1,06	1,06 – 0,87	0,87 – 0,68	0,68 – 0,49	0,49 – 0,30
MPD /mm/ – transform. 2	1,01 – 0,87	0,87 – 0,72	0,72 – 0,58	0,58 – 0,43	0,43 – 0,29

- **Pre drsnosť charakterizovanú pozdĺžnym koeficientom trenia**

$$PI\_F = \text{Max}(0; \text{Min}(5; (-13.875 * LFC + 9.338))) \quad /8/$$

Uvedená transformácia platí pre zariadenia merajúce pozdĺžny koeficient trenia pri rýchlosti **50 km/h<sup>1</sup>** a môže byť použitá len pre diaľnice a cesty I. triedy pre všetky typy vozoviek (tuhé, polotuhé, netuhé). Rozsahy hodnôt a citlivosti uvádza tabuľka 4.

Tabuľka 4 Rozsahy hodnôt a citlivosti pre drsnosť

	Veľmi dobrá ———>			Veľmi zlá	
Drsnosť, PI_F	0 až 1	1 až 2	2 až 3	3 až 4	4 až 5
LFC (50 km/h)	0,67 – 0,60	0,60 – 0,53	0,53 – 0,46	0,46 – 0,38	0,38 – 0,31

- **Pre únosnosť charakterizovanú pomerom zvyšková životnosť / návrhová životnosť (R/D), alebo indexom zakrivenia povrchu SCI<sub>300</sub> v μm**

$$PI\_B = \text{Max}(0; \text{Min}(5; 5 * (1 - R/D))) \quad (9)$$

$$PI\_B = \text{Max}(0; \text{Min}(5; (SCI300 / 129))) \quad (10)$$

<sup>1</sup> ak bude vykonané meranie pri iných rýchlostiach, je nutné použiť vlastnú prevodovú funkciu, rozsahy hodnôt a citlivostí



$$PI\_B = \text{Max}(0; \text{Min}(5; (SCI/300 / 253))) \quad (11)$$

Transformácia (10) sa môže použiť len pre vozovky s neúnosným podložíom a transformácia (11) sa môže použiť pre vozovky s únosným podložíom. Transformácia (9) sa môže použiť pre všetky typy vozoviek (tuhé, polotuhé, netuhé). Transformácia (10) a (11) sa môže použiť pre netuhé a polotuhé vozovky. Všetky transformácie sú vhodné pre diaľnice a cesty I. triedy. Rozsahy hodnôt a citlivosti uvádza tabuľka 5.

Tabuľka 5 Rozsahy hodnôt a citlivosti pre únosnosť

	Veľmi dobrá ———>			Veľmi zlá	
Únosnosť, PI_B	0 až 1	1 až 2	2 až 3	3 až 4	4 až 5
R/D – transformácia /1/	1,0 – 0,8	0,8 – 0,6	0,6 – 0,4	0,4 – 0,2	0,2 – 0,0
SCI <sub>300</sub> /μm/ – transform./2/	0 – 129	129 – 258	258 – 387	387 – 516	516 – 645
SCI <sub>300</sub> /μm/ – transform./3/	0 – 253	253 – 506	506 – 759	759 – 1012	1012 - 1265

Pre stav porušenia povrchu sú uvedené dva pred-kombinované ukazovatele a to na trhliny (PI\_CR) a poruchy povrchu (PI\_SD), ktoré sa previedli prevodovými funkciami z technických parametrov TPcr a TPsd, skombinovanými do jedného technického parametra z troch rôznych typov TP na základe definovaných vzťahov a váhových koeficientov.

### 2.1.3 Kombinovaný ukazovateľ výkonnosti

Ako bolo uvedené vyššie, cieľom bolo vytvoriť 4 kombinované ukazovatele (CPI) reprezentujúce dôležité aspekty výkonnosti vozovky z hľadiska užívateľov ciest i ich správcov:

- index bezpečnosti;
- index pohodlia jazdy;
- index konštrukcie;
- index vplyvu na životné prostredie.

Predpokladá sa, že CPI budú implementované v rámci systému hospodárenia na podporu rozhodnutí:

- umožnením kvantifikácie rôznych aspektov výkonnosti vozovky;
- zavedením výkazov výkonnosti na úrovni siete;
- uľahčením porovnania s inými správcami ciest;
- identifikovaním možných schém úprav.

Kombinácia jednotlivých PI do CPI je založená na rozšírených maximálnych kritériách. Berie do úvahy PI s najväčšou váhou, ktorý je ovplyvnený ostatnými hodnotami PI s inou váhou. Použitím tejto metódy je možné kombinovať rôzne ukazovatele za rôznych podmienok.

Táto metóda sa vybrala za účelom zaistiť, aby výsledok bol silne ovplyvnený hodnotou PI s maximálnou váhou. Boli vyvinuté alternatívy, ktoré dávajú používateľovi možnosť zohľadniť vplyv ostatných PI nasledovne:

Alternatíva 1 – popri PI s maximálnou váhou uvažuje strednú hodnotu ostatných ukazovateľov upravených faktorom vplyvu  $p$ .

$$CPI_i = \min \left[ 5; l_1 + \frac{p}{100} \cdot \overline{(l_2, l_3, \dots, l_n)} \right] \quad (12)$$

kde  $l_1 \geq l_2 \geq l_3 \geq \dots \geq l_n$

a  $l_1 = W_1 \times PI_1$ ;  $l_2 = W_2 \times PI_2$ ; .....  $l_n = W_n \times PI_n$ .

Alternatíva 2 – uvažuje popri PI s maximálnou váhou iba s parametrom s druhou maximálnou váhou upraveným faktorom vplyvu  $p$ . Všetky ostatné parametre nie sú brané do úvahy.

$$CPI_i = \min \left[ 5; l_1 + \frac{p}{100} \cdot l_2 \right] \quad (13)$$

kde  $l_1 \geq l_2 \geq l_3 \geq \dots \geq l_n$

a  $l_1 = W_1 \times PI_1$ ;  $l_2 = W_2 \times PI_2$ ; .....  $l_n = W_n \times PI_n$ .

Odporúčaná je Alternatíva 1, nakoľko berie do úvahy všetky relevantné vstupné hodnoty.

Faktor vplyvu  $p$  umožňuje kontrolu celkového vplyvu jednotlivých ukazovateľov výkonnosti vzhľadom na ich závažnosť. Na základe výskumov vykonaných v Nemecku by sa mala hodnota faktoru vplyvu pohybovať v rozmedzí medzi 10 % až 20 %.

Maximálna hodnota váhy všetkých jednotlivých (pred-kombinovaných) ukazovateľov musí byť 1,0.

#### 2.1.4 Vstupné parametre a váhy pre jednotlivé CPI

Ako bolo vyššie uvedené, kombinované ukazovatele výkonnosti sú rozdelené do štyroch kategórií reprezentujúcich rôzne oblasti aplikácie. Vplyv jednotlivých vstupných parametrov je daný na jednej strane parametrom samotným a na strane druhej aj váhou, ktorá mu prislúcha. Každý

z jednotlivých vstupných PI sa môže použiť na výpočet jedného, ale aj viacerých CPI. Tabuľka 6 ukazuje odporúčania, ktoré PI by mali byť použité pre jednotlivé CPI.

Tabuľka 6 Použitie PI

<b>PI</b> \ <b>CPI</b>	<b>Index pohodlia jazdy</b>	<b>Index bezpečnosti</b>	<b>Index konštrukcie</b>	<b>Index vplyvu na živ. prostredia</b>
<b>Minimum</b>	PI_E	PI_F	PI_B	-
<b>Štandard</b>	PI_E, PI_SD, PI_R	PI_F, PI_R, PI_T	PI_B, PI_CR	-
<b>Optimum</b>	PI_E, PI_SD, PI_R, PI_T, PI_CR	PI_F, PI_R, PI_T, PI_SD <sub>cat1*</sub> , PI_SD <sub>cat2</sub>	PI_B, PI_CR, PI_R, PI_E	PI_E, alebo znečistenie ovzdušia, PI_T or Emisia hluku PI_SD <sub>cat2</sub>
PI_E...PI rovnosti, PI_R...PI koľají, PI_F...PI drsnosti, PI_T...PI makrotextúry, PI_B...PI únosnosti PI_CR...PI trhlín, PI_SD...PI porúch povrchu (všetky kategórie) - vhodné nahradiť PI_IPSV				

Vzhľadom na skutočnosť, že počas projektu boli nedostatočné dáta týkajúce sa hluku a znečistenia vzduchu, boli k tejto téme zaujaté len slovné komentáre, pričom na nepriame zhodnotenie znečistenia vzduchu bol odporúčaný parameter rovnosti PI\_E a na nepriame zhodnotenie hluku parameter textúry PI\_T. Pre nepriame zhodnotenie vibrácií sa môže použiť parameter porúch povrchu PI\_SD.

Na základe štatistického spracovania informácií o váhach získaných od expertov, ktorí sa zúčastnili projektu, boli navrhnuté nasledovné váhy parametrov.

Tabuľka 7 Váhy parametrov 1

<b>PI</b>	<b>Index pohodlia jazdy</b>			
	Váhy W (0 – 1), kde 0 je najnižšia dôležitosť a 1 je najvyššia dôležitosť			
	min <sup>*)</sup>	max <sup>*)</sup>	medián	priemer
Rovnosť – PI_E	1,0	1,0	1,0	1,0
Koľaje – PI_R	0,6	0,8	0,8	0,7
Textúra – PI_T	0,3	0,5	0,5	0,4
Poruchy – PI_SD	0,3	0,8	0,8	0,6
Trhliny – PI_CR	0,3	0,8	0,6	0,5
*) druhá najväčšia a druhá najmenšia hodnota zo štatistického súboru				

Tabuľka 8 Váhy parametrov 2

PI	Index bezpečnosti jazdy			
	Váhy W (0 – 1), kde 0 je najnižšia dôležitosť a 1 je najvyššia dôležitosť			
	min <sup>*)</sup>	max <sup>*)</sup>	medián	priemer
Koľaje – PI_R	0,8	1,0	1,0	0,9
Drsnosť – PI_F	0,4	1,0	1,0	0,9
Textúra – PI_T	0,4	0,9	0,5	0,6
Poruchy – PI_SD	0,2	0,8	0,7	0,6

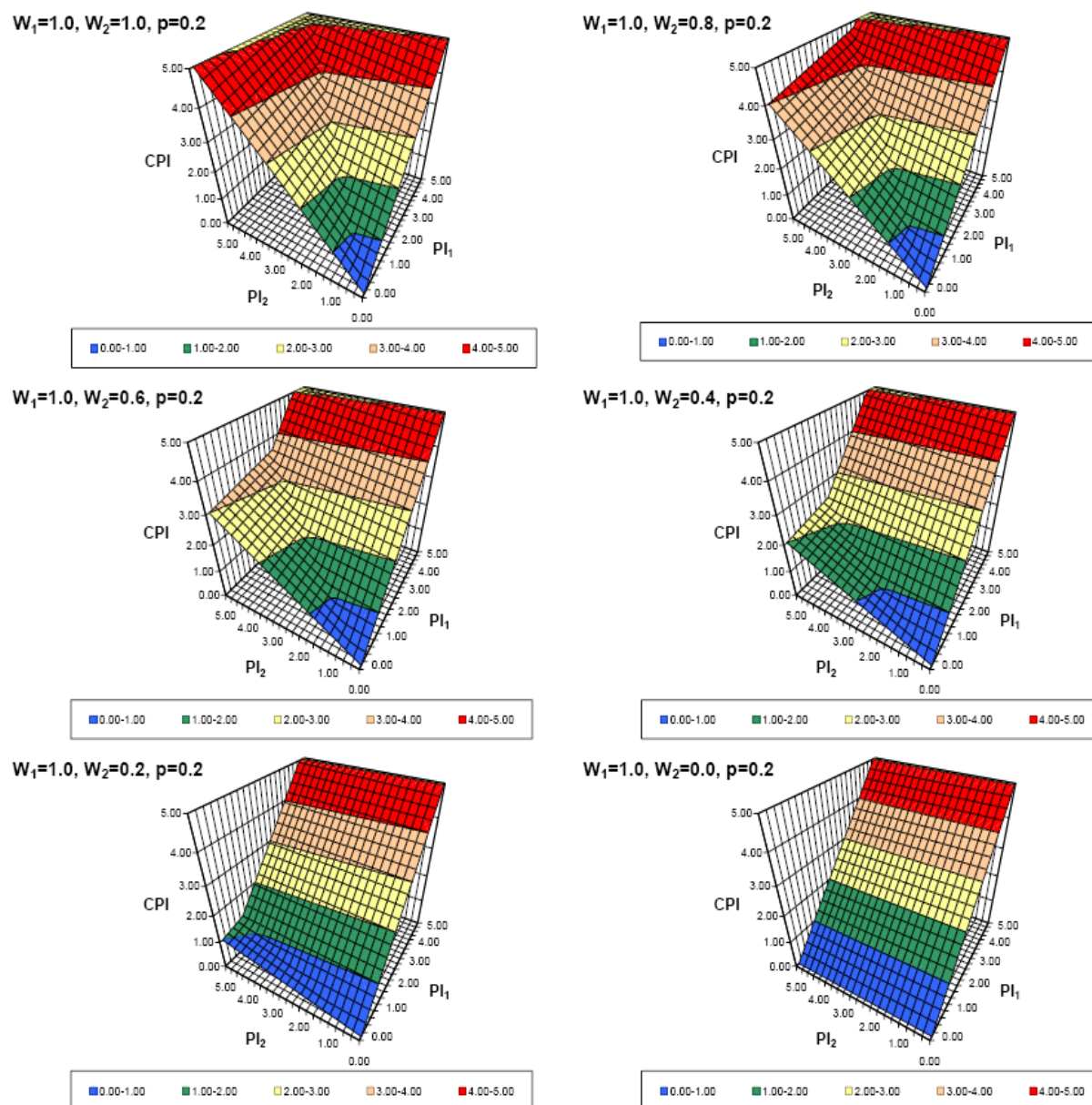
<sup>\*)</sup> druhá najväčšia a druhá najmenšia hodnota zo štatistického súboru

Tabuľka 9 Váhy parametrov 2

PI	Index koštrukcie			
	Váhy W (0 – 1), kde 0 je najnižšia dôležitosť a 1 je najvyššia dôležitosť			
	min <sup>*)</sup>	max <sup>*)</sup>	medián	priemer
Rovnosť – PI_E	0,5	0,8	0,7	0,6
Koľaje – PI_R	0,4	0,8	0,5	0,5
Trhliny – PI_CR	0,8	1,0	0,9	0,9
Únosnosť – PI_B	1,0	1,0	1,0	1,0

<sup>\*)</sup> druhá najväčšia a druhá najmenšia hodnota zo štatistického súboru

Tabuľky obsahujú škálu váhových koeficientov (minimum a maximum), medián a strednú hodnotu, pričom škála bola určená z druhej najväčšej a druhej najmenšej hodnoty z celého súboru dát. Tieto návrhy môžu byť použité ako prvé odporúčanie v rámci výpočtu kombinovaných ukazovateľov výkonnosti. Obrázok 1 ukazuje efekt zmeny váhových koeficientov dvoch PI na CPI vypočítaný pomocou alternatívy 1.



Obrázok 1 Efekt zmeny váhových koeficientov

### 2.1.5 Všeobecný ukazovateľ výkonnosti

Všeobecný ukazovateľ je matematickou kombináciou jednotlivých kombinovaných ukazovateľov, ktoré opisujú vozovku so zohľadnením rôznych aspektov ako bezpečnosť, konštrukcia vozovky, pohodlie jazdy a vplyv na životné prostredie. Na základe tohto ukazovateľa by malo byť možné odvodiť stratégiu údržby, čím sa tento ukazovateľ stáva užitočným nástrojom pre zodpovedných pracovníkov na zhodnotenie celkového stavu cestnej siete a návrh budúcich stratégií a financovania.

Všeobecný ukazovateľ výkonnosti GPI kombinuje kombinované ukazovatele výkonnosti CPI prezentované vyššie.

Kombinácia jednotlivých CPI do GPI je založená na rozšírených maximálnych kritériách, pričom sa berie do úvahy CPI s najväčšou váhou, ktorý je ovplyvnený ostatnými hodnotami CPI s inou váhou. Použitím tejto metódy je možné kombinovať rôzne ukazovatele za rôznych podmienok.

Táto metóda bola vybraná za účelom zaistiť, že výsledok je silne ovplyvnený hodnotou CPI s maximálnou váhou. Boli vyvinuté dve alternatívy, ktoré dávajú používateľovi možnosť zohľadniť vplyv ostatných CPI nasledovne:

- Alternatíva 1 –

$$GPI = \min \left[ 5; l_1 + \frac{p}{100} \cdot (l_2, \dots, l_n) \right] \quad (14)$$

kde  $l_1 \geq l_2 \geq l_3 \geq \dots \geq l_n$

a  $l_1 = W_1 \times CPI_1$ ;  $l_2 = W_2 \times CPI_2$ ; .....  $l_n = W_n \times CPI_n$ .

- Alternatíva 2 –

$$GPI = \min \left[ 5; l_1 + \frac{p}{100} \cdot l_2 \right] \quad (15)$$

kde  $l_1 \geq l_2 \geq l_3 \geq \dots \geq l_n$

a  $l_1 = W_1 \times CPI_1$ ;  $l_2 = W_2 \times CPI_2$ ; .....  $l_n = W_n \times CPI_n$ .

Odporúčaná je Alternatíva 1, nakoľko berie do úvahy všetky relevantné vstupné hodnoty.

Faktor vplyvu  $p$  umožňuje kontrolu celkového vplyvu jednotlivých ukazovateľov výkonnosti vzhľadom na ich závažnosť. Na základe výskumov vykonaných v Nemecku by sa mala hodnota faktoru vplyvu pohybovať v rozmedzí medzi 10 % až 20 %.

Maximálna hodnota váhy všetkých jednotlivých CPI musí byť 1,0. Ak je maximálny váhový koeficient menší ako 1,0, je potrebné prepočítať váhy na základe nasledujúcej rovnice:

$$x = \frac{1}{\max(W'_1; W'_2; \dots; W'_n)}$$

$$W_1 = x \cdot W'_1; W_2 = x \cdot W'_2; \dots; W_n = x \cdot W'_n \quad (16)$$

Na výpočet GPI s použitím uvedených funkcií je teda potrebné stanoviť vhodné váhy pre každý kombinovaný ukazovateľ, pričom každý užívateľ (tohto návodu) je schopný si vybrať zostavu

váhových koeficientov, ktorá zodpovedá jeho vlastným podmienkam, pričom tieto priority môžu byť tiež rôzne pre rôzne typy ciest.

Každý člen riadiaceho výboru tohto projektu bol požiadaný zozbierať informácie o názore na relatívnu dôležitosť každého typu CPI od nasledovných kategórií respondentov:

- cestné úrady <sup>2</sup>;
- správca ciest <sup>2</sup>;
- výskumníci;
- užívatelia ciest.

Každý respondent bol požiadaný poskytnúť relatívny faktor vplyvu (od 0 do 1) pre každý CPI (vzhľadom na typ cesty), pričom suma faktorov pre daný typ cesty má byť rovná 1.

To, aby mohla byť potom aplikovaná kombinačná procedúra uvedená vyššie, museli byť následne váhové koeficienty z dotazníkov spracované a prepočítané na hodnoty s maximálnou hodnotou 1,0. Tabuľka 10 uvádza odporúčané hodnoty pre váhové koeficienty v závislosti od typu ciest.

Tabuľka 10 Hodnoty váhových koeficientov podľa typu ciest

<b>Diaľnice</b>			
<b>Bezpečnosť</b>	<b>Pohodlie jazdy</b>	<b>Konštrukcia</b>	<b>Životné prostredie</b>
1,00	0,70	0,65	0,25
<b>Cesty I. triedy</b>			
<b>Bezpečnosť</b>	<b>Pohodlie jazdy</b>	<b>Konštrukcia</b>	<b>Životné prostredie</b>
1,00	0,70	0,80	0,30
<b>Ostatné cesty</b>			
<b>Bezpečnosť</b>	<b>Pohodlie jazdy</b>	<b>Konštrukcia</b>	<b>Životné prostredie</b>
1,00	0,65	1,00	0,35

## 2.2 Projekt ELLPAG

Na žiadosť CEDR (Conference of European Directors of Roads) bola pri FEHRL (Forum of European National Highway Research Laboratories) zriadená pracovná skupina ELLPAG (European

<sup>2</sup> Bolo známe, že cestné úrady a správcovia ciest sú často spojení v rámci jednej organizácie

Long-Life Pavement Group). Pracovná skupina mala stanovené tri ciele, ktoré z časového hľadiska zodpovedali trom etapám riešenia a trom výstupom:

- krátkodobý (etapa 1, výstup 1) – prehľad súčasných poznatkov o navrhovaní a údržbe netuhých vozoviek s dlhou životnosťou;
- strednodobý (etapa 2, výstup 2) - prehľad súčasných poznatkov o navrhovaní a údržbe iných typov vozoviek (najmä polotuhých) s dlhou životnosťou;
- strednodobý (etapa 3, výstup 3) - prehľad súčasných poznatkov o navrhovaní a údržbe tuhých vozoviek s dlhou životnosťou;
- dlhodobý (etapa 4, výstup 4) – vytvoriť odporúčania na navrhovanie a údržbu všetkých bežných typov vozoviek používaných v Európe, ktoré by boli zrozumiteľné a jednoducho použiteľné.

### 2.2.1 Etapa 1 – netuhé vozovky

Táto etapa bola riešená v rokoch 2002 až 2003 a výstupom bola správa pokrývajúca 6 oblastí (definícia, nové vozovky, hodnotenie a obnova, údržba, ekonomické analýzy, potreba ďalšieho výskumu). Obsahové zameranie jednotlivých oblastí bolo takéto:

**Definícia** - hlavným cieľom bolo dosiahnuť zhodu pri definícii vozovky s dlhou životnosťou. Bolo dohodnuté, že definícia má súvisieť skôr s očakávanou výkonnosťou vozovky a nie s jej návrhovými parametrami. Na základe podkladov a diskusie bola vozovka s dlhou životnosťou definovaná ako „typ vozovky, pri ktorom nevznikne v podloží a podkladových vrstvách žiadne významné poškodenie, ak sa správne vykonáva údržba jej povrchu“. Za „poškodenie“ sa v tomto prípade (netuhé vozovky) považuje čokoľvek, čo je podľa správcu dôležité (napr. trhliny s veľkou hustotou, deformácie v konštrukčných vrstvách a pod.). Pri iných typoch vozoviek môže byť obsah pojmu „poškodenie“ celkom iný.

**Nové vozovky** – na základe analýzy stavu hrubých konštrukcií vozoviek navrhovaných podľa nových prístupov pre dopravu s veľkou intenzitou a vysokým podielom ťažkých nákladných vozidiel bolo konštatované, že pri týchto vozovkách sa nevyskytujú poruchy, ktoré by súviseli s porušovaním podložia a podkladových vrstiev vozovky. Z toho vyplynulo konštatovanie, že v mnohých krajinách Európy sa už používajú netuhé vozovky s dlhou životnosťou. Krajinám, ktoré ešte nemali vyvinutú metodiku návrhu vozoviek s dlhou životnosťou, bol poskytnutý všeobecný model na vývoj metodiky návrhu využívajúci vylepšené materiály (napr. asfaltové zmesi so spojivom modifikovaným polymérom s vysokým modulom) a nový prístup k navrhovaniu.

**Hodnotenie a obnova** – táto časť je venovaná prehľadu metód na hodnotenie takých vozoviek, ktoré majú potenciál byť vozovkami s dlhou životnosťou a taktiež postupom umožňujúcim obnoviť vozovku tak, aby mohla byť považovaná za vozovku s dlhou životnosťou.



Pri metódach hodnotenia bolo často konštatované, že metódy umožňujú stanoviť zvyškovú životnosť vozovky, ale táto je podhodnotená, čo je spôsobené kritériami hodnotenia pochádzajúcimi z pred mnohých rokov, kedy bola výrazne nižšia intenzita dopravy.

V rámci tejto kapitoly boli na základe pozitívnych praktických skúseností vypracované tieto odporúčania na hodnotenie vozoviek a ich obnovu:

- vždy porovnať vypočítanú zvyškovú životnosť a potrebné zosilnenie s hodnotením stavu povrchu vozovky;
- pri hrubých vozovkách s dobrým povrchom a dobrými modulmi vrstiev vozovky sa musí veľmi obozretne pristupovať k návrhu akýchkoľvek odporúčaní na technológiu zosilnenia najmä v prípadoch, kedy je vizuálny stav vozovky lepší, než by sa očakávalo na základe hodnotenia;
- ak sú evidentné charakteristiky dlhodobej životnosti, zosilnenie nemusí byť nutné a bolo by skôr vhodné napláňovať iné hodnotenie na overenie, či je stav konštrukcie stabilný, než okamžite zosilniť vozovku;
- na úrovni cestnej siete, ak vozovka spĺňa kritéria dlhodobej životnosti a nevyskytujú sa znaky poškodenia konštrukcie, môže sa požadovať menej časté hodnotenie stavu vozovky;
- vozovky bez porúch konštrukcie, s malými hodnotami priehybu sa môžu zosilnením nevelkej hrúbky upraviť do stavu, kedy budú spĺňať kritéria prisudzované vozovkám s dlhou životnosťou.

V rámci riešenia nebol dosiahnutý jednotný názor na problém trhlín prechádzajúcich cez celú hrúbku vozovky a neboli zistené žiadne špeciálne materiály a postupy výstavby používané v tomto prípade.

**Údržba** – vzhľadom k tomu, že pri vozovkách s dlhou životnosťou sa nepredpokladá žiadny technologický zásah do nosných vrstiev vozovky (aj keď tieto zásahy do konštrukcie môžu byť aktuálne pri vozovkách, ktoré majú potenciál stať sa vozovkami s dlhou životnosťou), sú v kapitole opisované iba technológie určené na údržbu povrchových asfaltových vrstiev s cieľom udržiavať charakteristiky prevádzkovej spôsobilosti (drsnosť, rovnosť). Ich výber závisí od stavu jednotlivých charakteristík povrchu vozovky, pričom je uvedené, že ich zisťovanie sa na úrovni cestnej siete obvykle vykonáva vysokorýchlostnými, multifunkčnými zariadeniami na hromadný zber údajov a vizuálnou prehliadkou a na úrovni projektu môžu byť okrem vizuálnej prehliadky použité aj menej výkonné zariadenia stanovujúce povrchové charakteristiky v jednotlivých bodoch.

Skonštatovalo sa, že stanovenie druhu technológie údržby v krátkodobom a strednodobom časovom horizonte závisí od použitých modelov a rozhodovacích kritérií, pričom nevyhnutným vstupom sú výsledky meraní získaných obvykle zariadeniami na hromadný zber dát. Taktiež je

uvedené, že prvotná stratégia spôsobu údržby stanovená na základe algoritmov a kritérií môže byť zmenená v dôsledku miestnych podmienok.

**Ekonomika** – boli identifikované tri modely, ktoré by bolo možné upraviť na ekonomické hodnotenie vozoviek s dlhou životnosťou:

- model vyvinutý a používaný vo Veľkej Británii na analýzu ekonomických prínosov (CBA model – Cost Benefit Analysis) vozoviek s dlhou životnosťou (LPP – Long Life Pavements);
- model vyvíjaný OECD s názvom PASI (Project Analysis System International);
- model vyvíjaný v rámci projektu FORMAT.

Žiaden z týchto projektov však neberie do úvahy všetky podstatné parametre na ekonomické hodnotenie vozoviek s dlhou životnosťou a preto bolo konštatované, že je potrebné vyvinúť špecifický model prispôbený osobitným potrebám vozoviek tohto typu.

Pri ekonomickom porovnaní vozoviek navrhnutých klasicky a vozoviek navrhnutých metodikou pre vozovky s dlhou životnosťou sa zistilo, že počas posudzovaného obdobia boli pri vozovkách s dlhou životnosťou celkové náklady (stavba a údržba) o 10 % nižšie ako pri vozovkách navrhnutých klasicky.

**Potreba ďalšieho výskumu** – boli navrhnuté odporúčania pre možný výskumný program zameraný na navrhovanie, výstavbu a údržbu vozoviek s dlhou životnosťou. Oblasť spoločného európskeho výskumu sa definovali takto:

- sledovanie spôsobu poškodzovania vozoviek s dlhou životnosťou;
- zlepšiť postupy hodnotenia zvyškovej životnosti vozoviek, vrátane vozoviek s dlhou životnosťou;
- overenie metodiky používanej vo Veľkej Británii na európskej úrovni;
- vyvinúť optimálnu stratégiu na limitovanie povrchových porúch;
- vyvinúť komplexný model hodnotenia ekonomických prínosov vozoviek s dlhou životnosťou, ktorý by bol záväzný.

## 2.2.2 Etapa 2 – polotuhé vozovky

Táto etapa bola venovaná strednodobému cieľu pracovnej skupiny ELLPAG – vypracovaniu prehľadu súčasných poznatkov o navrhovaní a údržbe polotuhých vozoviek s dlhou životnosťou. Podobne ako v prvej etape bola výstupom záverečná správa rozčlenená do jednotlivých oblastí, pričom v každej z nich boli na základe pozitívnych praktických skúseností uvedené odporúčania.

**Navrhovanie a stavba** – pri navrhovaní musia byť do hydraulicky stmelenej vrstvy navrhnuté materiály s vyhovujúcimi vlastnosťami (dlhodobá pevnosť a tuhosť, trvanlivosť). V rámci návrhu sa musí uvažovať s prirodzeným vznikom a vývojom trhlin v tejto vrstve a má sa stanoviť postup ich

eliminovania počas výstavby. Pri výstavbe sa musia dodržiavať technologické postupy a predpisy, aby sa zhotovila vozovka s homogénnymi vlastnosťami po celej dĺžke, zabezpečujúca potrebnú výkonnosť. Za takýchto predpokladov nebude poškodzovanie polotuhej vozovky súvisieť s chybami v konštrukcii a obvykle sa bude prejavovať vznikom koľají v asfaltových vrstvách, prípadne reflexnými trhlinami.

V každom prípade je potrebné v pravidelných intervaloch kontrolovať stav vozovky a včas použiť adekvátne úpravy na zamedzenie takých spôsobov porušovania vozovky, ktoré súvisia s celistvosťou jej konštrukcie.

**Hodnotenie a obnova** – predmetom tejto časti bol najmä rozbor metód a postupov hodnotenia únosnosti polotuhých vozoviek. Na úrovni cestnej siete sa pri hodnotení únosnosti polotuhých vozoviek využívajú merania priehybu jej povrchu, ktoré umožnia odhaliť menej únosné miesta alebo vytipovať úseky, ktoré by mohli potencionálne spĺňať kritéria pre vozovky s dlhou životnosťou. Bolo uvedené, že kľúčovým je sledovanie, či sa postupne neznižuje únosnosť vozovky a kvôli tomu je potrebné vykonávať opakované merania a sledovať zmenu priehybu v čase. Na meranie možno použiť rôzne zariadenia na diagnostiku únosnosti vozovky, vrátane deflektometrov typu FWD. Merania únosnosti sú obvykle dopĺňované vizuálnymi prehliadkami stavu vozovky.

V rámci prehľadu bolo zistené, že žiadna z krajín nepoužíva technológiu obnovy vytvárajúcu predpoklad na vytvorenie vozovky s dlhou životnosťou. Voľba technológie obnovy závisí od rozhodnutia, či hydraulicky stmelenú vrstvu je alebo nie je možné využiť na obnovu, prípadne rekonštrukciu a od hrúbky a stavu asfaltových vrstiev.

**Údržba** – na správny výber technológie údržby sú nevyhnutné údaje o povrchových charakteristikách vozovky. Na úrovni cestnej siete sa tieto údaje získavajú zariadeniami na hromadný zber údajov a vizuálnymi prehliadkami. Na úsekoch, kde bol zistený zhoršený stav, môžu byť použité detailnejšie metódy zberu údajov a ich hodnotenia. Na stanovenie intervalu monitoringu stavu povrchu sa odporúča využiť skôr dostupné predikčné modely ako systém s pravidelnými intervalmi. Čas vykonania technológie údržby sa stanovuje na základe hraničných hodnôt definovaných v predpovedných modeloch. Jej skutočná realizácia však môže byť ovplyvnená dostupnosťou finančných prostriedkov. Odporúčania uvedené v tejto časti sú takéto:

- každý sledovaný parameter monitorovať v intervaloch zodpovedajúcich rýchlosti zhoršovania;
- čas vykonania technológie údržby stanoviť vo vzťahu k varovnej a kritickej hodnote parametra;
- druh technológie voliť s prihliadnutím na pôvod trhlín vo vozovke (iba povrchové alebo cez celú konštrukciu – určiť na základe vývrtov).

**Ekonomika** – aj v tejto etape (podobne ako pri netuhých vozovkách) bolo konštatované, že nie je k dispozícii vhodný model na analýzu ekonomických prínosov polotuhých vozoviek s dlhou životnosťou. Vývoj tohto modelu je hlavným cieľom tejto časti projektu.

**Potreba ďalšieho výskumu** – analýza výskumných zámerov v oblasti polotuhých vozoviek viedla k identifikácii nasledujúcich piatich najčastejšie sa vyskytujúcich okruhov tém, ktoré boli odporúčané na riešenie:

- skúmanie príčin vzniku reflexných trhlín v polotuhých vozovkách;
- hodnotenie technologických postupov na obmedzenie vzniku trhlín;
- hodnotenie účinku dopravy na polotuhé vozovky;
- vývoj nástroja na ekonomickú analýzu;
- optimalizácia stratégií údržby pre vozovky s dlhou životnosťou.

### 2.2.3 Etapa 3 – tuhé vozovky

Záverečná správa z tejto etapy ešte nebola spracovateľmi publikovaná. Z čiastkových priebežných správ je známa iba obsahová náplň, ktorá je rozdelená do podobných oblastí, ako pri netuhých a polotuhých vozovkách (navrhovanie a stavba, hodnotenie a obnova, údržba ....). Z pohľadu zastúpenia cementobetónových vozoviek v cestnej sieti SR nie sú informácie uvedené v tejto časti podstatné z hľadiska systému hospodárenia s vozovkami v SR.

## 2.3 Projekt SPENS

Projekt Sustainable Pavements for European New member States (SPENS) bol jedným z projektov pripravených FEHRL. Jeho zameraním bola koordinácia aktivít nových členských štátov v oblasti udržateľných vozoviek a zároveň ich začlenenie do spoločného európskeho výskumného rámca. Koordinátorom projektu bol ZAG zo Slovinskej Ljubljany, riešenie bolo v rokoch 2006-2009.

Cieľom projektu bol vývoj nástrojov a procedúr na rýchle a finančne efektívne opravy a údržbu vozoviek v nových členských štátoch EÚ. Jednotlivé pracovné skupiny pracovali na nasledovných problémoch:

- diagnostika a hodnotenie vozoviek;
- zvýšenie kvality konštrukcie vozovky;
- materiály na výstavbu a opravy vozoviek;
- hodnotenie vplyvu ciest na životné prostredie.

V správe sa budeme venovať problematike diagnostiky a hodnotenia vozoviek, ktorá priamo súvisí so systémom hospodárenia s vozovkami a ktorej súčasťou bolo aj riešenie algoritmov na rozhodovacie

procesy SHV. Hlavným cieľom bolo definovať postupy údržby a rekonštrukcie asfaltových vozoviek, ktoré by sa v nových členských štátoch využívali ekonomicky efektívnejšie ako v súčasnosti.

### 2.3.1 Meranie povrchových vlastností

Efektívne opravy a údržba sú založené na kvalitnej diagnostike vozoviek. Projekt sa zaoberal nedeštruktívnymi diagnostickými metódami. Hlavnou náplňou boli harmonizačné merania základných vlastností vozoviek, ktoré sa uskutočnili vo Viedni. Meraní sa zúčastnili všetky štáty začlenené v projekte, vrátane SR. V rámci harmonizačných meraní boli realizované merania drsnosti, pozdĺžnych nerovností a únosnosti vozoviek. Tabuľka 11 uvádza zúčastnené zariadenia jednotlivých krajín.

Tabuľka 11 Meracie zariadenia projektu SPENS

Číslo	Organizácia	Zariadenie - drsnosť	Krajina
101	Arsenal research	RoadSTAR	AT
102	TU Vienna, Institute for Road Construction and Maintenance	GripTester	AT
103	CDV	TRT device	CZ
104	CONSULTEST s.r.o.	GripTester	CZ
105	Colas Hungaria Ltd.	ASFT friction tester	HU
106	Pon Equipement AS	TWO	NO
107	IBDiM	SRT-3	PL
108	ZAG	SCRIMTEX	SI
109	Slovak Road Administration	Skiddometer BV 11	SK
Číslo	Organizácia	Zariadenie - nerovnosti	Krajina
201	Arsenal Research	RoadSTAR	AT
202	Měření PVV	TRT device	CZ
203	Colas Hungaria Ltd.	RST Portable System	HU
204	Ramböll RST	RST22	S
205	ZAG	ZAG VP	SI
206	Slovak Road Administration	Profilograph GE	SK
Číslo	Organizácia	Zariadenie - únosnosť	Krajina
301	Slovak Road Administration	FWD KUAB	SK
302	DDC	FWD Dynatest	SI
303	IBDiM	FWD Dynatest	PL

304	TPA Hungary	FWD Dynatest	HU
305	Hung. Roads Management Company	KUAB FWD	HU
306	TU Vienna, Institute for Road Construction and Maintenance	FWD Dynatest	AT
307	IMOS Brno	FWD Carl Bro 2100	CZ

### ***Merania drsnosti***

Meranie sa uskutočnilo podľa návrhu EN13036-X “Surface Characteristics of road and airfield pavements; Test Methods – Part X; Assessment of the skid resistance of a road pavement surface by the use of dynamic measurement systems” [Povrchové charakteristiky cestných a letiskových vozoviek; testovacie metódy – časť X; Hodnotenie drsnosti povrchu vozoviek pomocou dynamických meracích systémov]. Merania sa zúčastnilo 9 zariadení, z ktorých 8 pracovalo na princípe merania pozdĺžneho trenia a 1 na základe merania bočného trenia.

Meranie prebiehalo pri troch rýchlostiach – 30 km/h, 60 km/h a 90 km/h, minimálne 3 krát pre každú rýchlosť. Meraná bola aj makrotextúra povrchov. Analýza spočívala vo výpočte hodnoty SRI (Skid Resistance Index) a výpočte krížových korelácií všetkých zariadení.

### ***Výpočet SRI***

Pre všetky zariadenia bol vypočítaný SRI. Index je ekvivalentom EFI - (European Friction Index), ktorý bol vyvinutý v rámci predchádzajúceho projektu EU HERMES. Výpočet SRI sa realizoval podľa vzťahu:

$$SRI = BF e^{[(S-30)/S_0]}, \quad (17)$$

kde: B – výpočtová konštanta

F – trenie

S – rýchlosť, m/s

$$S_0 = aMPD^b$$

MPD – Mean Profile Depth – hĺbka textúry, mm

a, b – koeficienty.

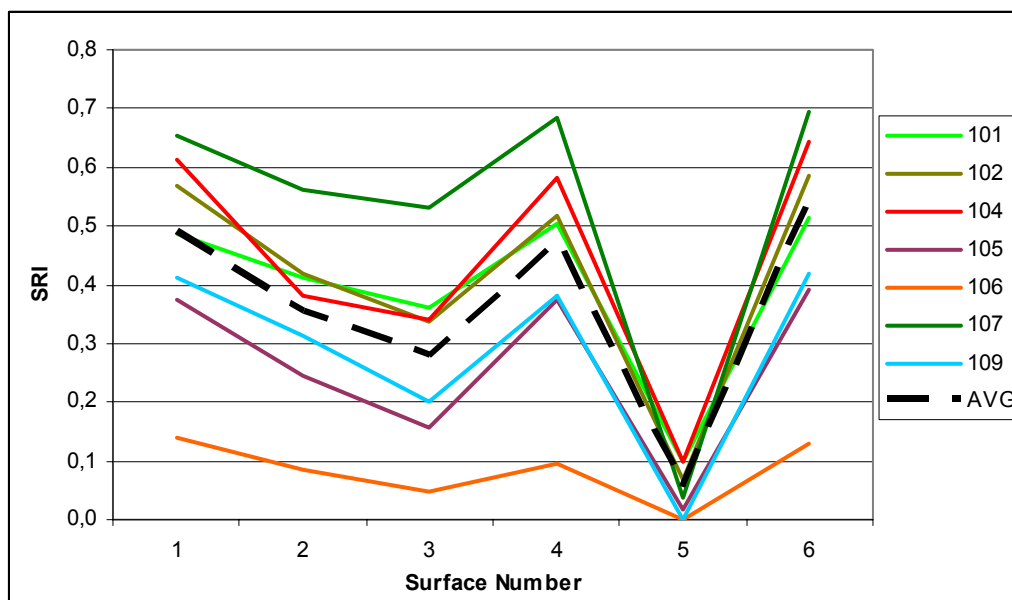
Výsledkom merania bola krížová korelácia medzi jednotlivými zariadeniami (tabuľka 12), rozsah nameraných hodnôt prezentuje obrázok 2.

Tabuľka 12 Krížová korelácia

R <sup>2</sup>	km/h	101			102			103			104			105			106			107			109			R <sup>2</sup> per speed	avg(R <sup>2</sup> )	
		30	60	90	30	60	90	30	60	90	30	60	90	30	60	90	30	60	90	30	60	90	30	60	90			
101	30																									0,92	0,93	
	60	0,99	0,99	1,00	0,97	0,99	0,98	0,95	0,30	0,05	0,88	0,91	0,93	0,91	0,89	0,90	0,91	0,82	0,73	0,99	0,99	0,99	0,94	0,96	0,94	0,92		0,94
	90	0,99	1,00		0,95	0,97	0,96	0,95	0,30	0,05	0,89	0,91	0,92	0,92	0,91	0,93	0,90	0,82	0,73	0,98	0,98	0,98	0,94	0,97	0,96	0,92		0,92
102	30	0,95	0,97	0,95		0,99	0,99	0,90	0,28	0,04	0,92	0,97	0,96	0,98	0,97	0,94	0,97	0,95	0,88	0,92	0,91	0,91	0,98	1,00	0,98	0,95	0,95	
	60	0,97	0,99	0,97	0,99		1,00	0,94	0,34	0,02	0,93	0,98	0,98	0,97	0,96	0,95	0,93	0,91	0,85	0,94	0,94	0,94	0,95	0,99	0,98	0,95		0,95
	90	0,97	0,98	0,96	0,99	1,00		0,92	0,32	0,03	0,91	0,97	0,98	0,95	0,95	0,94	0,93	0,92	0,87	0,93	0,93	0,93	0,95	0,99	0,98	0,95		0,95
103	30	0,95	0,95	0,95	0,90	0,94	0,92		0,44	0,01	0,95	0,91	0,93	0,91	0,91	0,94	0,84	0,76	0,68	0,91	0,93	0,92	0,86	0,91	0,92			
	60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,44		0,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
	90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,47		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
104	30	0,88	0,91	0,89	0,92	0,93	0,91	0,95	0,47	0		0,99	0,94	0,96	0,97	0,95	0,88	0,85	0,80	0,82	0,83	0,83	0,86	0,91	0,93	0,89	0,92	
	60	0,91	0,93	0,91	0,97	0,98	0,97	0,91	0,41	0	0,96		0,99	0,97	0,98	0,96	0,91	0,94	0,91	0,85	0,86	0,85	0,91	0,96	0,97	0,93		0,93
	90	0,93	0,94	0,92	0,96	0,98	0,98	0,93	0,45	0	0,94	0,99		0,95	0,95	0,96	0,87	0,90	0,88	0,87	0,89	0,88	0,88	0,95	0,97	0,93		0,93
105	30	0,91	0,93	0,93	0,98	0,96	0,94	0,91	0,41	0,00	0,96	0,98	0,96		1,00	0,97	0,94	0,94	0,88	0,85	0,85	0,85	0,94	0,98	0,98	0,93	0,92	
	60	0,91	0,93	0,93	0,98	0,96	0,94	0,91	0,41	0,00	0,96	0,98	0,96	1,00		0,98	0,92	0,93	0,88	0,83	0,83	0,83	0,92	0,96	0,98	0,92		0,92
	90	0,91	0,93	0,93	0,98	0,96	0,94	0,91	0,41	0,00	0,96	0,98	0,96	0,97	0,98		0,85	0,87	0,83	0,84	0,85	0,85	0,88	0,95	0,98	0,91		0,91
106	30	0,91	0,92	0,90	0,97	0,93	0,93	0,84	0,16	0,11	0,88	0,91	0,87	0,94	0,92	0,85		0,93	0,83	0,89	0,86	0,88	0,98	0,95	0,91	0,91	0,86	
	60	0,82	0,86	0,82	0,95	0,91	0,92	0,76	0,25	0,02	0,85	0,94	0,90	0,94	0,93	0,87	0,93		0,98	0,77	0,75	0,76	0,91	0,94	0,92	0,88		0,88
	90	0,73	0,77	0,73	0,88	0,85	0,87	0,68	0,31	0,00	0,80	0,91	0,88	0,88	0,88	0,83	0,83	0,98		0,66	0,65	0,65	0,82	0,87	0,87	0,81		0,81
107	30	0,99	0,98	0,98	0,92	0,94	0,93	0,91	0,20	0,11	0,82	0,85	0,87	0,85	0,83	0,84	0,89	0,77	0,66		0,99	1,00	0,93	0,93	0,89	0,88	0,88	
	60	0,99	0,97	0,98	0,91	0,94	0,93	0,93	0,25	0,01	0,83	0,86	0,89	0,85	0,83	0,85	0,86	0,75	0,65	0,99		1,00	0,90	0,91	0,89	0,88		0,88
	90	0,99	0,98	0,98	0,91	0,94	0,93	0,92	0,22	0,10	0,83	0,85	0,88	0,85	0,83	0,85	0,88	0,76	0,65	1,00	1,00		0,92	0,92	0,89	0,88		0,88
109	30	0,94	0,96	0,94	0,98	0,95	0,95	0,86	0,18	0,11	0,86	0,91	0,88	0,94	0,92	0,88	0,98	0,91	0,82	0,93	0,90	0,92	0,98	0,94	0,94	0,92	0,94	
	60	0,96	0,98	0,97	1,00	0,99	0,99	0,91	0,29	0,04	0,91	0,96	0,95	0,98	0,96	0,95	0,95	0,94	0,87	0,93	0,91	0,92	0,98	0,99	0,99	0,95		0,95
	90	0,94	0,97	0,96	0,98	0,98	0,98	0,92	0,38	0,01	0,93	0,97	0,97	0,98	0,98	0,98	0,91	0,92	0,87	0,89	0,89	0,89	0,94	0,99	0,94	0,94		0,94

Kódy farieb:

R <sup>2</sup>	
	< 0.85
	0.85 – 0.90
	0.90 – 0.95
	> 0.95



Obrázok 2 Rozsah hodnôt SRI pre jednotlivé zariadenia

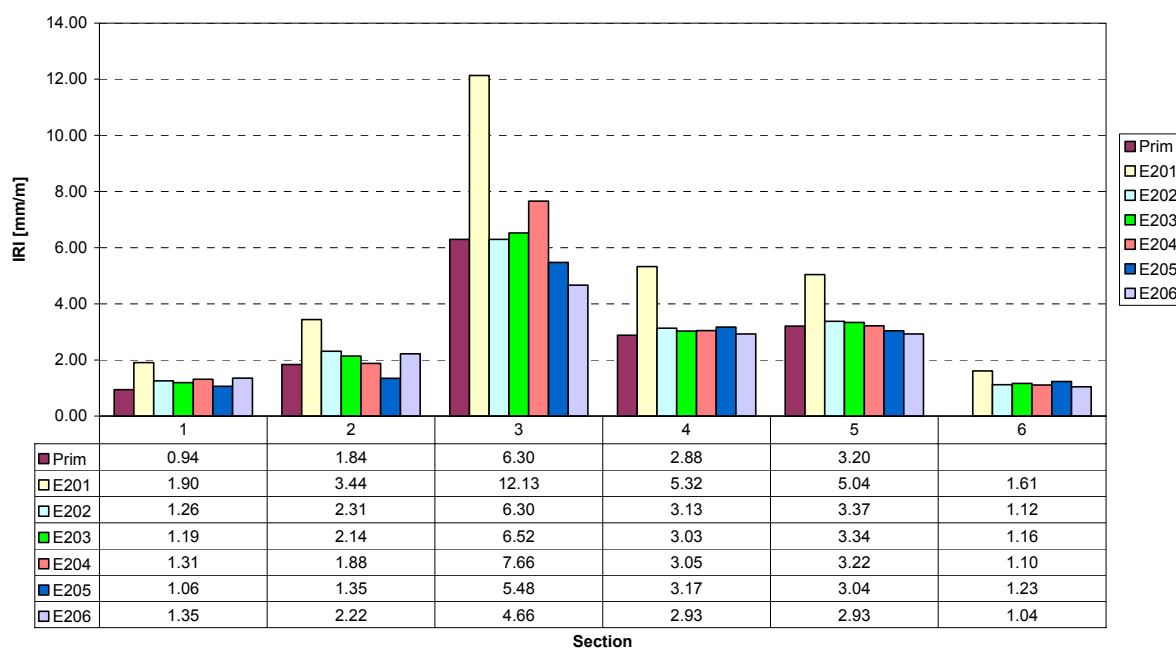
Vyhodnotenie preukázalo možnosti využiteľnosti testovaných zariadení a ich vzájomnú koreláciu. Navyše sa testu zúčastnilo aj zariadenie projektu HERMES, čím sa dosiahla využiteľnosť ostatných zariadení v rámci EU, vrátane možnosti prepočtu nameraných hodnôt.

### *Merania pozdĺžnych nerovností*

Základným cieľom analýzy boli porovnávacie merania zúčastnených zariadení pri meraní pozdĺžnych nerovností vozoviek, hodnotených parametrom IRI. Merania sa uskutočnili na 6 sekciách nasledovne:

- 3 merania pri rýchlosti 30 km/h na všetkých meracích sekciách,
- 3 merania pri rýchlosti 60 km/h na všetkých meracích sekciách,
- 3 merania pri rýchlosti 90 km/h na sekcii 6.

Vyhodnotenie meraní neprinieslo očakávané výsledky. Značné odchýlky boli zapríčinené pravdepodobne nehomogénnosťou meracích sekcií a nedôsledným dodržiavaním meracej stopy. Dobrá reprodukovateľnosť výsledkov bola pre vlnové dĺžky 0,5 m – 5 m, ale horšia pre väčšie vlnové dĺžky. Korelácie medzi jednotlivými prístrojmi boli veľmi dobré, pohybovali sa v rozsahu 0,8 – 0,98.



Obrázok 3 Priemerné namerané hodnoty IRI

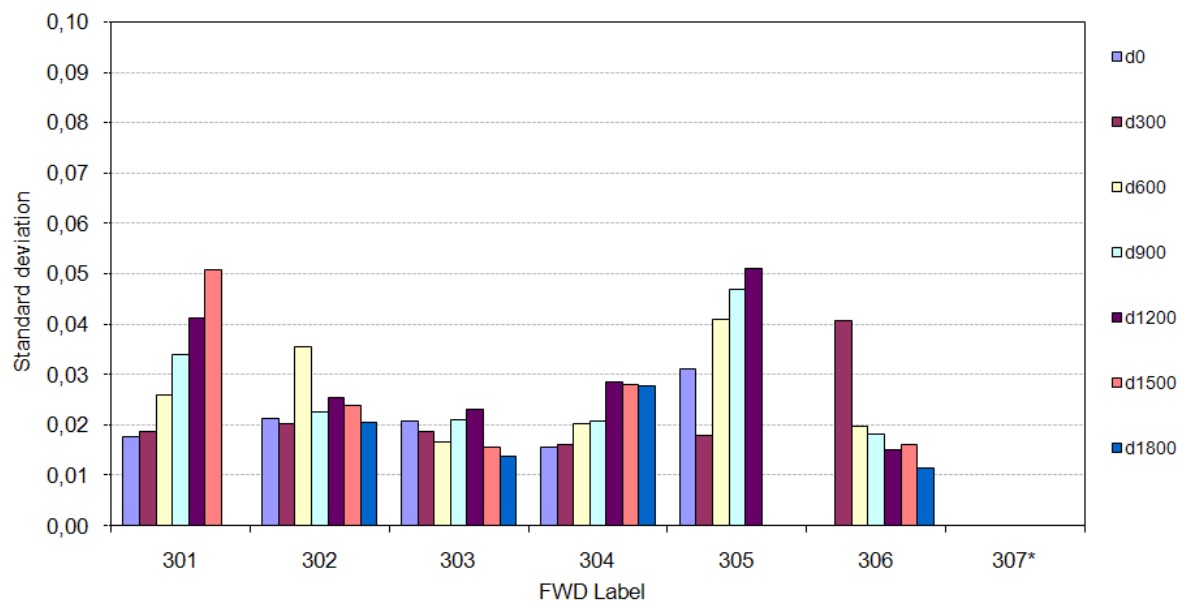
### *Merania únosnosti*

Harmonizačný test sa uskutočnil podľa COST 336 “Insitu FWD Harmonisation Procedure”. 12 meracích sekcií bolo rozdelených na 6 asfaltových a 6 betónových povrchov. Vzhľadom na SHV



používaný v SR sa budeme venovať len vozovkám asfaltovým. Merania ukázali rozdiely princípov merania zariadeniami KUAB a Dynatest, kde KUAB vykazoval väčšie tuhosti asfaltových vozoviek.

Hodnotenie reprodukovateľnosti zariadení bolo na základe metódy štandardnej odchýlky, pre korelačné vzťahy jednotlivých zariadení bol použitý harmonizačný faktor. Obrázok 4 ukazuje štandardnú odchýlku priehybu, tabuľka 13 a obrázok 5 ukazujú harmonizačný faktor pre jednotlivé zariadenia. Vyhodnotené priehyby namerané jednotlivými zariadeniami ukazujú priehybové krivky (obrázok 6, obrázok 7).



Obrázok 4 Štandardná odchýlka priemerného priehybu

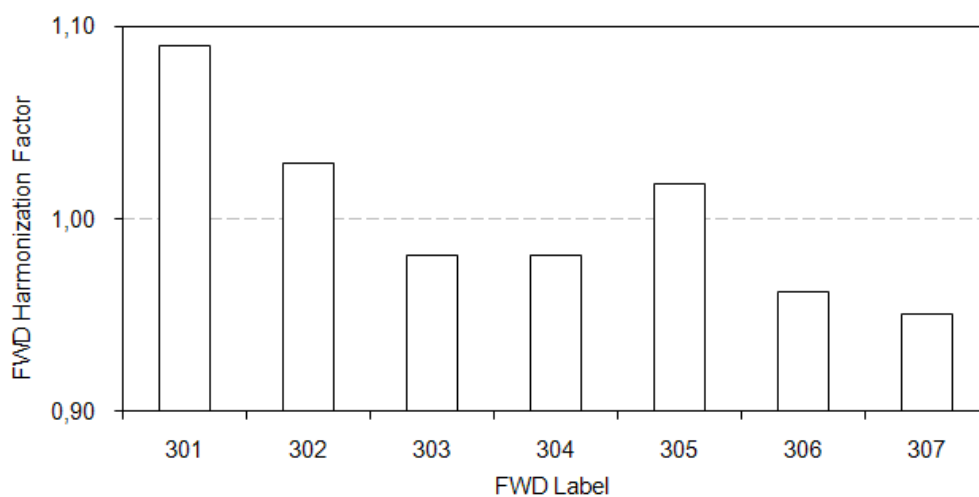
Tabuľka 13 In-situ harmonizačný faktor

FWD Number:	301	302	303	304	305	306	307*
FWD type:	KUAB	Dynatest	Dynatest	Dynatest	KUAB	Dynatest	Carl Bro
všetky skúšobné sekcie (betónové a asfaltové)	1,058	1,030	0,982	<b>1,002</b>	0,992	0,974	1,011
iba asfaltové skúšobné sekcie	1,090	1,029	0,981	0,981	1,018	0,962	0,950

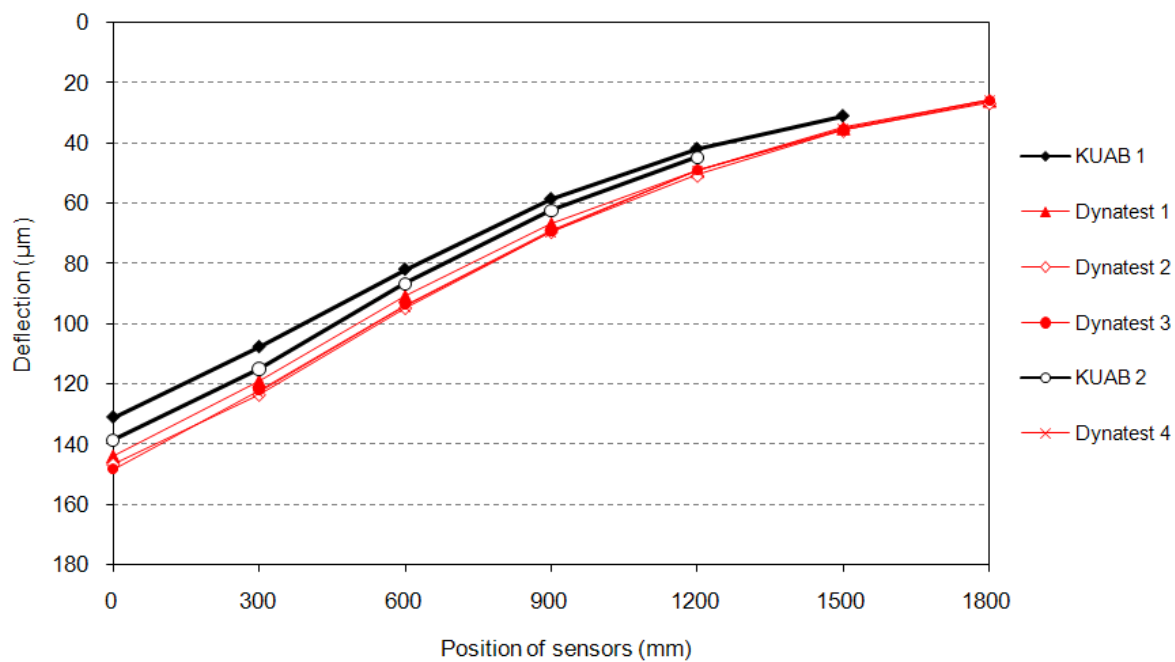
Priehyb v osi zaťaženia pri asfaltových skúšobných sekciách bol vylúčený z dôvodu vysokej teploty povrchu vozovky

307\*

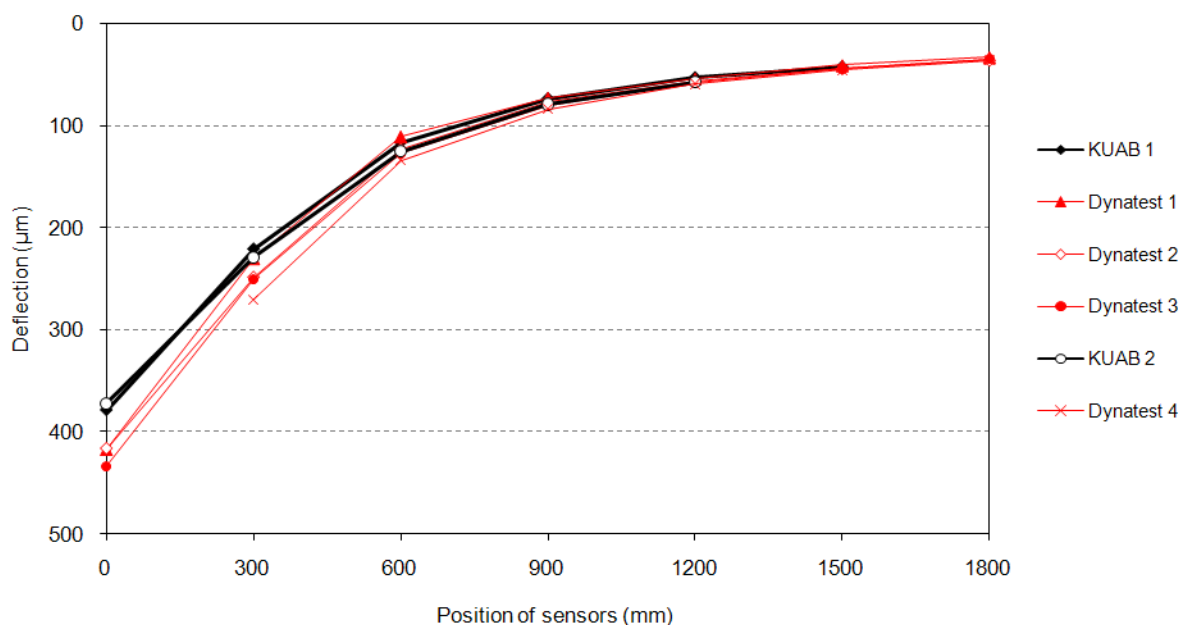
Zariadením označeným ako FWD 307 bola meraná iba jedna sekcia na asfaltových vozovkách a tri sekcie na betónových vozovkách



Obrázok 5 Harmonizačný faktor



Obrázok 6 Priehybová krivka sekcie B4-2



Obrázok 7 Priehybová krivka sekcie B3-1

Výsledky preukázali rozdielnosť zariadení KUAB a Dynatest, reprodukovateľnosť zariadení zodpovedala požiadavkám, všetky zúčastnené zariadenia typu FWD vyhovujú podmienkam COST 336.

### 2.3.2 Algoritmus

V rámci projektu sa venovala zvýšená pozornosť systémom hospodárenia s vozovkami. Bol spracovaný dotazník, ktorý sa zaoberal spôsobom diagnostiky charakteristík vozoviek v jednotlivých štátoch, spôsobom hodnotenia jednotlivých parametrov prevádzkovej spôsobilosti a výkonnosti a tiež spôsobom využitia týchto dát v systémoch riadenia údržby a opráv.

Dotazníkového prieskumu, venovaného rozhodovacím procesom rehabilitácie vozoviek, sa zúčastnili experti zo Slovinska, Maďarska, Českej republiky, Slovenska, Poľska, Rakúska a Bulharska. Po zhodnotení získaných výsledkov bol pre konečný návrh použitý algoritmus vychádzajúci z algoritmu používaného v Slovinsku. Pri implementácii sa vychádzalo zo zásad COST 354, uvažujúcich s nasledovnými technológiami údržby a opráv: oprava krytu (nátery, kalové zákryty, tenké úpravy), zosilnenie, zosilnenie s recykláciou, rekonštrukcia.

Odporúčaný algoritmus riešitelia overili niekoľkými príkladovými štúdiami pre rôzne typy opravy a údržby vozoviek.

***Analýza kompilačných procedúr pre rozhodovacie procesy***

Kompilačné procedúry vychádzali zo skúseností v rámci SHV v Slovinsku, Maďarsku, Slovensku, Česku a Poľsku. Každá z uvedených krajín pripravila sumarizáciu aktivít v rámci SHV prostredníctvom dotazníka a národnú správu o rozhodovacích procesoch.

Charakteristiky vozovky zahrňovali nasledovné parametre:

- drsnosť (skid resistance) – SR;
- priečne nerovnosti – koľaje (transverse evenness - rut depth) – RUT;
- poruchy povrchu (surface defects) – SD;
- pozdĺžne nerovnosti (longitudinal evenness) – IRI;
- únosnosť (bearing capacity) – BC.

Na opravy a údržbu sa prijali nasledovné technológie:

- tenké úpravy (nátery, kalové zákryty, tenké koberce);
- výmena krytu;
- zosilnenie (vrátane recyklácie);
- rekonštrukcia.

Výber z dotazníkového prieskumu prezentuje tabuľka 15.

***Hodnotenie povrchových vlastností***

Hodnotenie vychádzalo z vyššie popísaného harmonizačného experimentu, realizovaného v rámci projektu. V tejto časti doplníme len diagnostiku porúch krytu vozovky, ktorá nebola v predošlej časti uvedená. Zariadenia na záznam a hodnotenie porúch uvádza tabuľka 14.

Tabuľka 14 Zariadenia na sledovanie porúch povrchu vozovky

Krajina	Zariadenie
Austria	Video
Bulgaria	Visual inspection, Video Recording
Czech Republic	Visual inspection, Video Recording (ARAN, ARGUS)
Hungary	Visual inspection
Poland	Visual inspection, Video Recording (ARGUS)
Slovakia	Visual inspection, Video Recording (VIDEOCAR)
Slovenia	Visual inspection

Tabuľka 15 Porovnanie sledovaných parametrov v jednotlivých krajinách

Topic		Country	Austria	Bulgaria	Czech Republic	Hungary	Poland	Serbia	Slovakia	Slovenia			
1	Road network length (km)	1.1	2.080	1.1	568	1.1	804	1.1	411	1.1	481		
		1.2	10.000	1.2	3.021	1.2	6.107	1.2	70	1.2	3.263		
		1.3	23.900	1.3	4.011	1.3	14.614	1.3	17.352	1.3	3.724		
		1.4	73.000	1.4	11.719	1.4	34.070	1.4	10.401	1.4	4.847		
		1.5	108.980	1.5	18.251	1.5	55.359	1.5	18.257	1.5	17.809		
2	AADT	2.1	-	2.1	13.165	2.1	32.000	2.1	-	2.1	22.500		
		2.2	-	2.2	4.781	2.2	10.000	2.2	-	2.2	7.500		
		2.3	-	2.3	1.237	2.3	7.500	2.3	8.998	2.3	3.000		
		2.4	-	2.4	-	2.4	700	2.4	-	2.4	1.600		
3	Collection of traffic information	3	Counting	3	Counting	3	WIM, Counting	3	Counting	3	WIM, Counting		
4	Allowed Gross Vehicle Mass (tons)	4	40	4	-	4	48	4	42	4	44		
5	Maximum Single Axle Load (tons)	5	11.5	5	11.5	5	11.5	5	11.5	5	11.5		
6	Reference Axle Load	6	100 kN	6	115	6	100 kN	6	80 kN, 82 kN	6	100 kN		
7	The power of the equivalency factor formula	7	-	7	-	7	3-10	7	-	7	3.5		
8	Sum of the good and very good pavement condition (% of length)	8.1	46	8.1	-	8.1	69	8.1	-	8.1	83		
8.2	Primary Roads	8.2	-	8.2	-	8.2	14	8.2	-	8.2	36		
8.3	Secondary Roads	8.3	-	8.3	-	8.3	9	8.3	-	8.3	24		
9	Condition determined by	9	pavement characteristics ( Transverse, Longitudinal Evenness, Skid Resistance, Surface Defects), Structural Characteristics	9	Evaluation by longitudinal unevenness and rut depth. 3rd class roads evaluated by Deterioration Index from Visual Inspections.	9	Visual condition evaluation aided by a keyboard-type device	9	SOSN (Pavement Condition Evaluation System, Evaluation by cracks, longitudinal evenness, rut depth, visual inspection, skid resistance)	9	Visual pavement condition index		
10	Measuring Device	10.1	Deflectometer FWD	10.1	Deflectometer FWD, Deflectograph LaCrox	10.1	Deflectometer FWD	10.1	Deflectometer FWD	10.1	Deflectometer FWD, Benkelman beam		
		10.2	Transverse Evenness	10.2	Profilometer, 4-m Straight Edge	10.2	Dipstick Road Profiler, 4-m Straight Edge	10.2	2-m Straight Edge, ARAN Automatic Road Analyzer, ARGUS-Automatic Road Condition Graphting Unit System	10.2	3-m Straight Edge (occasionally), RST Road Survey Tester		
		10.3	Longitudinal Evenness	10.3	Profilometer, 4-m Straight Edge	10.3	Profilograph, 4-m Straight Edge, APL	10.3	Profilograph, 4-m Straight Edge, RST Road Survey Tester	10.3	Profilograph, APL		
		10.4	Skid Resistance	10.4	BoardSTAR	10.4	Skid Resistance Tester (SRT)	10.4	SCRIM, Skid Resistance Tester (SRT)	10.4	Skidometer BV 11		
		10.5	Texture	10.5	Laser	10.5	Sand Patch Test/Volumetric method	10.5	Laser based measurement - ARAN, ARGUS, Sand Patch Test/Volumetric method	10.5	Sand Patch Test		
		10.6	Surface Defects	10.6	Video	10.6	Visual inspection, Video Recording	10.6	Visual inspection, Video Recording (ARAN, ARGUS)	10.6	Visual inspection, Video Recording - VIDEOCAR		
		10.7	Typical Flexible Pavement Structure	11.1	SMA-Stone Mastic Asphalt, Asphalt Concrete	11.1	SMA, Dense asphalt, Surface dressing, Microsurfacing, Slurry Seal	11.1	SMA or AC	11.1	SMA-Stone Mastic Asphalt, ACsurf Asphalt Concrete	11.1	SMA-Stone Mastic Asphalt, ACsurf Asphalt Concrete
11.2	Base Course 1	11.2	Asphalt Concrete	11.2	Dense asphalt	11.2	AC <sub>100</sub> -Asphalt Concrete	11.2	AC <sub>100</sub> -Asphalt Concrete	11.2	AC <sub>100</sub> -Asphalt Concrete		
11.3	Base Course 2	11.3	unbound crushed or round stone	11.3	Bitumen covered crushed stone	11.3	AC <sub>200</sub>	11.3	bituminous base	11.3	AC <sub>200</sub>		
11.4	Sub-base	11.4	unbound sub - base according to RVS 03.08.63	11.4	Crushed stone	11.4	Upper and lower sub-base - Crushed Stone or Gravel (mechanically compacted aggregate)	11.4	Crushed Stone	11.4	crushed stone, sandy gravel		
11.5	Caping	11.5	-	11.5	-	11.5	-	11.5	-	11.5	-		
11.6	Protection layer	11.6	-	11.6	crushed stone	11.6	Rock Material Resistant to Freezing	11.6	Rock Material Resistant to Freezing	11.6	Rock Material Resistant to Freezing		
11.7	Stabilized subgrade	11.7	-	11.7	hydrated lime, cement and chemical additives stabilized soils	11.7	occasionally	11.7	-	11.7	-		
12	Typical Semi-Rigid Pavement Structure	12.1	Surface layer	12.1	SMA-Stone Mastic Asphalt, Asphalt Concrete	12.1	SMA, Dense asphalt, Surface dressing, Microsurfacing, Slurry Seal	12.1	SMA or AC	12.1	SMA-Stone Mastic Asphalt, ACsurf Asphalt Concrete	12.1	SMA, AC
		12.2	Base Course 1	12.2	Asphalt Concrete	12.2	Dense asphalt	12.2	AC <sub>100</sub> -Asphalt Concrete	12.2	AC <sub>100</sub> -Asphalt Concrete	12.2	AC <sub>100</sub> -Asphalt Concrete
		12.3	Base Course 2	12.3	stabilized base layer	12.3	Cement stabilized crushed stone	12.3	AC <sub>200</sub>	12.3	bituminous base	12.3	AC <sub>200</sub>
		12.4	Sub-base	12.4	unbound sub - base according to RVS 03.08.63	12.4	Crushed stone	12.4	Cement stabilisation	12.4	CS-Cement Stabilization	12.4	CS-Cement Stabilization
		12.5	Caping	12.5	-	12.5	Crushed stone	12.5	Crushed Stone	12.5	Crushed Stone	12.5	Crushed Stone, Gravel
		12.6	Protection layer	12.6	-	12.6	crushed stone	12.6	Rock Material Resistant to Freezing	12.6	Rock Material Resistant to Freezing	12.6	Rock Material Resistant to Freezing
		12.7	Stabilized subgrade	12.7	-	12.7	hydrated lime, cement and chemical additives stabilized soils	12.7	occasionally	12.7	-	12.7	-
13	Typical Rigid Pavement Structure	13.1	Surface layer	13.1	concrete pavement according to RVS 85.06.32	13.1	CC-Cement Concrete	13.1	jointed cement concrete pavement	13.1	CC-Cement Concrete	13.1	concrete
		13.2	Base Course 1	13.2	surface treatment	13.2	CC-Cement Concrete	13.2	AC-type	13.2	CC-Cement Concrete	13.2	CC-Cement Concrete
		13.3	Base Course 2	13.3	-	13.3	CC-Cement Concrete	13.3	CC-Cement Concrete	13.3	CC-Cement Concrete	13.3	CC-Cement Concrete
		13.4	Sub-base	13.4	-	13.4	CC-Cement Concrete	13.4	CC-Cement Concrete	13.4	CC-Cement Concrete	13.4	CC-Cement Concrete
		13.5	Caping	13.5	stabilized or unstabilized sub-base	13.5	Upper and lower sub-base - Crushed Stone or Gravel (mechanically compacted aggregate)	13.5	Upper and lower sub-base - Crushed Stone or Gravel (mechanically compacted aggregate)	13.5	Crushed Stone	13.5	crushed stone or sandy gravel
		13.6	Protection layer	13.6	-	13.6	Rock Material Resistant to Freezing	13.6	Rock Material Resistant to Freezing	13.6	Rock Material Resistant to Freezing	13.6	Rock Material Resistant to Freezing
		13.7	Stabilized subgrade	13.7	-	13.7	hydrated lime, cement and chemical additives stabilized soils	13.7	occasionally	13.7	-	13.7	-
14	Choosing a Treatment Type	14.1	Pavement Condition	14.1	Cracks, Transverse Evenness, Longitudinal Evenness, Skid Resistance, Structure, Theoretical Water Film Thickness	14.1	-	14.1	Cracks, Bearing Capacity, Transverse Evenness, Longitudinal Evenness, Skid Resistance, Laboratory tests of existing pavement materials	14.1	Cracks, Bearing Capacity, Transverse Evenness, Longitudinal Evenness, Skid Resistance, Laboratory tests of existing pavement materials		
		14.2	Traffic Loading in Project Period	14.2	Yes	14.2	Yes	14.2	Yes	14.2	Yes		
		14.3	Climatic Conditions	14.3	Yes	14.3	Yes	14.3	Frost Depth	14.3	Freezing Depth		
		14.4	Urban Environment Demands	14.4	Yes	14.4	Yes	14.4	Noise	14.4	Noise		
		14.5	Bearing Capacity of Subbase	14.5	Yes	14.5	Yes	14.5	Yes	14.5	Yes		
		14.6	Other, please specify	14.6	-	14.6	-	14.6	GBR	14.6	-		
15	Maintenance Treatment Type	15	Resurfacing, Surface Dressing, Overlay < 4 cm, Strengthening, Pavement Reconstruction, Recycling, Mill & Replace of bound courses	15	Resurfacing, Surface Dressing, Overlay < 4 cm, Strengthening, Pavement Reconstruction, Mill & Replace of bound courses, Bituminous Overlay > 4cm	15	Resurfacing, Surface Dressing, Overlay < 4 cm, Strengthening, Pavement Reconstruction, Recycling, Mill & Replace of bound courses	15	Resurfacing, Strengthening, Pavement Reconstruction, Mill & Replace of bound courses	15	Surface Dressing, Bituminous Overlay, Pavement Reconstruction, Recycling, Mill & Replace of bound courses		
16	Pavement Design Procedure	16.1	Theoretical Procedure	16.1	Basissimule, Westergaard, Software	16.1	Software: BISAB-SPDM, Laves, Laves	16.1	Software: Laves, OPMEKO	16.1	Software: Laves, OPMEKO		
16.2	Empirical Procedure	16.2	-	16.2	AASHTO, National Specification	16.2	AASHTO	16.2	-	16.2	AASHTO		
16.3	Standardized Procedure	16.3	National Standard RVS 03.08.63	16.3	-	16.3	Czech Catalogue	16.3	Slovak catalogue	16.3	-		

### ***Rozhodovacie procedúry pre vozovky s nízkym zaťažením***

Hlavným výsledkom projektu v uvedenej oblasti bola metodológia rozhodovacích procesov údržby a opráv pre vozovky s nízkym dopravným zaťažením. Problémom projektu bolo stanovenie úrovne pre „nízke zaťaženie“, za ktoré bolo v každej krajine považované iné zaťaženie. Nakoniec bolo zvolené zaťaženie 300 ESAL/deň.

Pre rozhodovací proces bola za hlavnú prioritu zvolená bezpečnosť dopravy. Z toho vyplynulo, že prvým parametrom na rozhodovanie sa stala drsnosť vozovky a až po jej zhodnotení sa sledovali ostatné parametre prevádzkovej spôsobilosti a výkonnosti. Odporúčaný vývojový diagram je určený len pre netuhé vozovky, ale pre všetky typy dopravného zaťaženia, t.j. nielen pre vozovky s nízkym zaťažením.

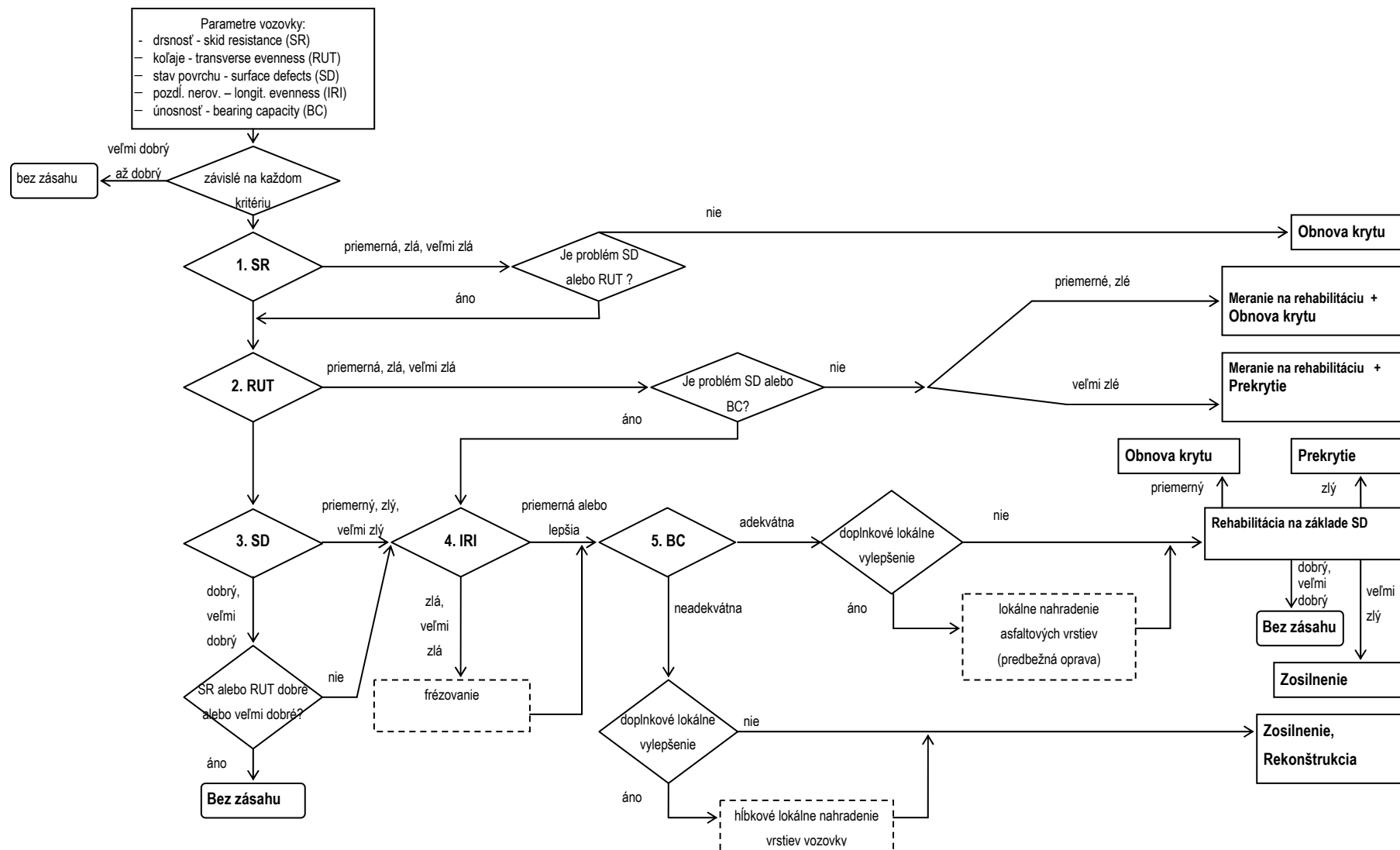
Parametre sú hodnotené v škále 1-5, od najlepšieho stavu po najhorší, použiteľné sú však aj 3-parametrové hodnotenia. Vývojový diagram ukazuje obrázok 8.

### ***Postup riešenia***

Ak sú všetky parametre dobré alebo veľmi dobré – nie je realizovaná žiadna akcia. Ak je aspoň jeden parameter horší, pristupuje sa k nasledovným krokom:

- krok 1** – hodnotenie drsnosti;
- krok 2** – hodnotenie hĺbky koľají;
- krok 3** – hodnotenie stavu povrchu;
- krok 4** – hodnotenie pozdĺžnych nerovností;
- krok 5** – hodnotenie únosnosti.

Algoritmus rieši všetky varianty možných kombinácií povrchových vlastností s dôrazom na charakteristiky bezpečnosti. Dosiahnuté výsledky však v plnom rozsahu zodpovedajú výsledkom algoritmu, ktorý je používaný v SR, kde prvým (nosným) prvkom rozhodovania je hodnotenie únosnosti vozovky.



Obrázok 8 Vývojový diagram rozhodovacieho procesu

## **2.4 DIRECT\_MAT**

Dismantling and RECYcling Techniques for road MATerials (DIRECT\_MAT bol ďalším projektom EÚ zaoberajúcim sa znovupoužitím materiálov pre cestné vozovky. Koordinátorom projektu bolo LCPC Francúzsko.

Hlavným cieľom projektu bolo zvyšovanie životnosti vozoviek cez údržbové technológie, založené na celkovej alebo čiastočnej recyklácii. Uvedené technológie sú používané vo väčšine krajín EÚ, ale národné predpisy a normy nie sú všeobecne dostupné v iných krajinách. Európska databáza a pracovný manuál majú túto situáciu zmeniť. Projekt nemá priamy dopad na metodiku SHV v SR.

## **2.5 NR2C**

Projekt NR2C (New Road Construction Concepts) je inovatívnym projektom FEHRL, podporovaným EÚ v rámci 6. rámcového programu. Koordinátorom projektu bolo LCPC Francúzsko.

Projekt definuje budúce iniciatívy pre rozvoj cestnej infraštruktúry, založené na dialógu a spolupráci s externými partnermi. Medzi externých partnerov zahrňuje špeciálne záujmové skupiny, cestných expertov a užívateľov. Výsledkom projektu sú dlhodobé perspektívy, návrhy a ukážky, kde sa dlhodobé vízie premietajú do krátkodobých opatrení.

Projekt nemá priamy dopad na metodiku SHV v SR.

## **2.6 AMADEUS**

Advanced Models for Analytical Design of European Pavement Structures (AMADEUS) bol koordinovaný BRRC, Belgicko. Na riešení projektu s cieľom vývoja a integrácie metód na navrhovanie vozoviek v Európe sa podieľalo 15 krajín EÚ.

V rámci riešenia boli zhromaždené existujúce modely návrhu vozoviek a ich programové spracovanie. Na následnom expertnom paneli užívateľov boli metodiky zhodnotené na základe testov LTPP a monitorovania pokusných úsekov. Výsledkom riešenia bol plán vývoja komplexnej návrhovej metodiky, ktorý je však závislý na novej projektovej podpore EÚ.

## **2.7 Systém hospodárenia s vozovkami Spojeného kráľovstva (UK PMS)**

UK PMS je národný predpis (norma) pre systémy hospodárenia a hodnotenia cestnej siete a pre plánovanie investícií a údržby a opráv vozoviek ciest, ciest pre peších a cyklistických ciest v Spojenom kráľovstve (UK). Je schválený a odporúčaný cestným výborom a jeho použitie je



nariadené vládou, aby sa zabezpečila tvorba najlepšej úrovne výkonových indikátorov. Z dôvodu blízkeho vzťahu k SHV v SR ho uvádzame napriek tomu, že nie je výsledkom žiadneho projektu EU.

UK PMS zahŕňa široký záber funkcií manažmentu údržby ciest obsahujúci:

- polohu (umiestnenie) a referencie (vlastnosti) ciest, zahrňujúc cesty pre peších a cyklistické cesty;
- evidenciu majetku a aktív;
- evidenciu záznamov pomerov z rôznych vizuálnych prehliadok a výstupov meraní zariadeniami;
- predpokladanie stavu ciest a pomerov v budúcnosti založené na skúsenostiach (historické porušovanie) a postupnom porušovaní podľa inžinierskych degradačných modelov pre daný návrh, typ konštrukcie a životnosti vozovky;
- výber možností a požiadaviek na opravné práce;
- ocenenie potenciálnej práce;
- manažment rozpočtových zdrojov,
- analýzu rozpočtu a potrieb údržby pre cestnú sieť,
- prioritu možných prác na kvalitatívnom základe;
- prioritu možných zoznamov (projektov) prác používajúc ekonometrické princípy.

Vlastný systém sa skladá z troch častí:

### **Časť 1**

Prvý krok nastavuje databázy UK PMS. Zahŕňa všetky potrebné vstupy a overovanie programov pre nasledujúce dáta:

- nastavenie siete cestných komunikácií (klasifikácia, delenie na sekcie,...);
- diaľničná sieť (všetky kľúčové rozmery a vlastnosti);
- vizuálne pomery (používajúc rýchle vizuálne prehliadky a podrobné vizuálne prehliadky);
- prieskumy pomerov stanovené meracími zariadeniami (SCRIM, deflektograf, zariadenie na meranie koľají a SCANNER).

### **Časť 2**

Predstavuje analyzovanie zaznamenaných porúch a návrh odporúčaní na opravu, zohľadňujúc zásady a pravidlá dané v systéme. Tento proces je plne automatizovaný. Je to komplex nastavených funkcií na základe záznamov konštrukcie a úrovne porušenia na stanovenie opravy podľa potrieb a ceny, ktoré si práca vyžaduje. Aplikované pravidlá sú z národného nastavenia.

### **Časť 3**

V poslednej časti sú pridané dôležité funkcie:

- plán podmienok (condition projection) – degradačné krivky ako pružný model sú použité v závislosti od typu vozovky, hierarchie a tieto sú samostatne nastavené na jednotlivé sekcie cesty;
- ekonomická priorita (alternatívne princíp od najhoršieho k najlepšiemu, v ktorom priorita na údržbu je pridelená na základe najlepšej finančnej hodnoty).

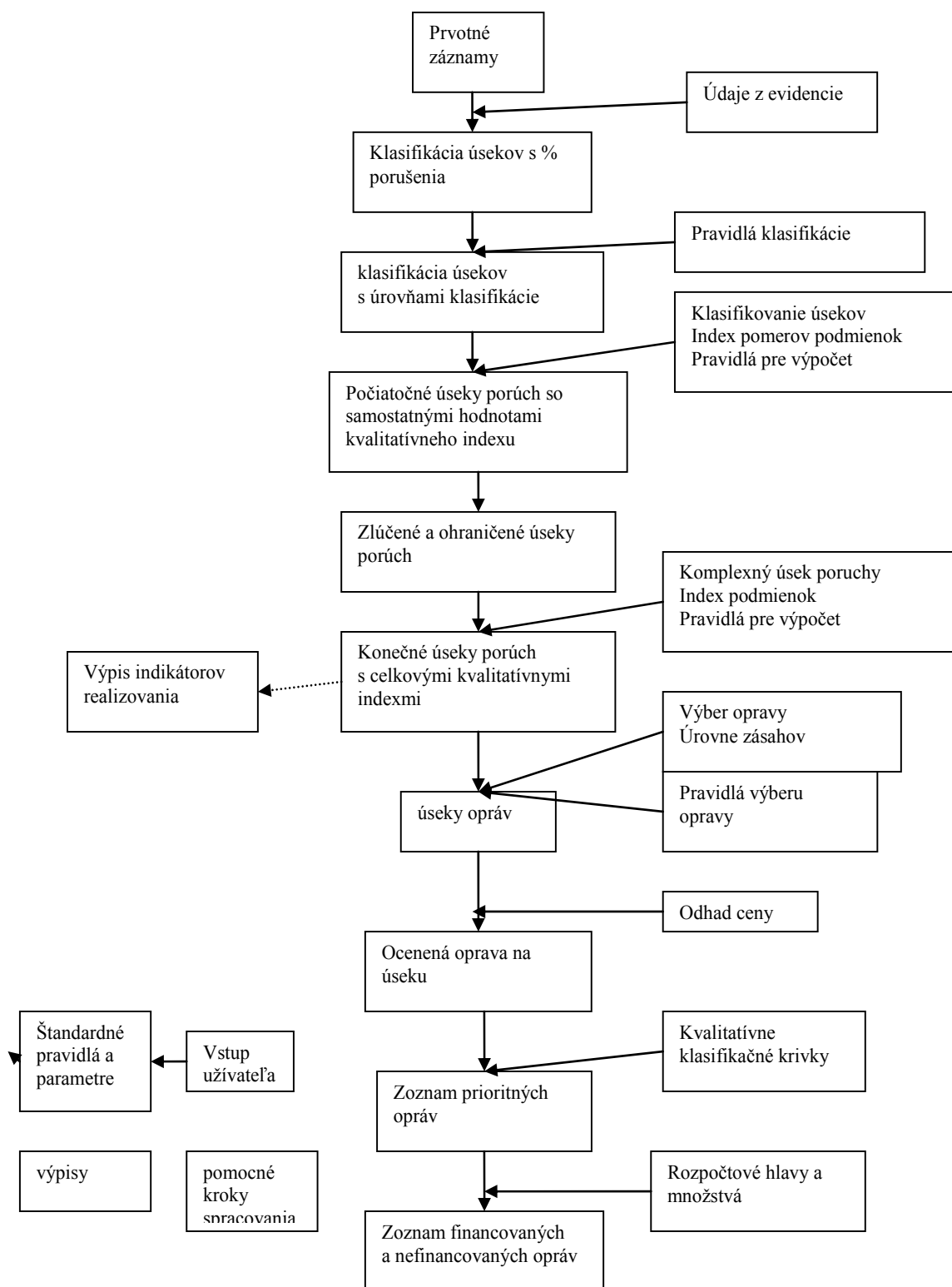
### **Pravidlá**

Pre systém platí jednotná zostava pravidiel, parametrov a dát, ktorá umožňuje všetkým užívateľom používať národné normy alebo miestne nastavené pravidlá.

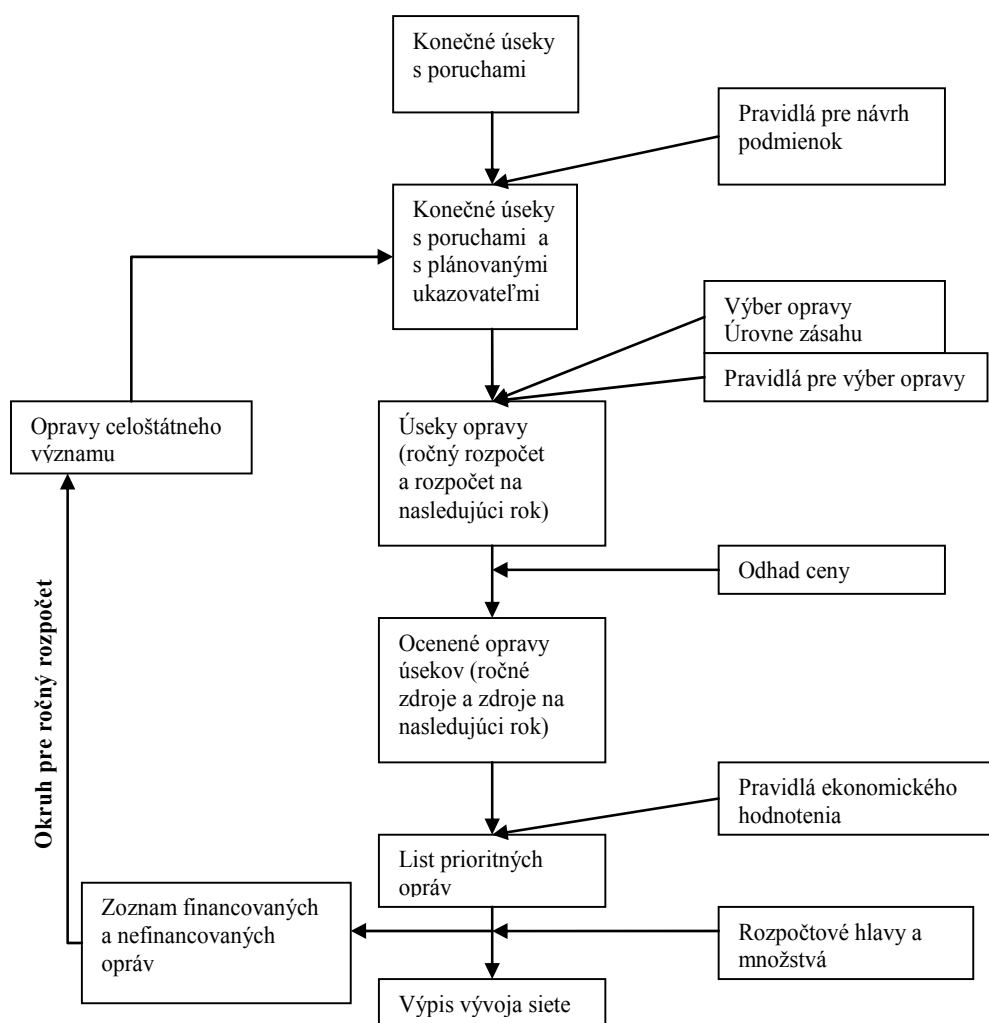
Súčasne nastavené pravidlá obsahujú:

- štandardné poruchy a pridružené parametre pre rýchlu aj podrobnú vizuálnu prehliadku a pre merania zariadeniami;
- platné nastavenia pre cesty;
- pravidlá klasifikácie, odvodené indexy pomerov, výber opravy a podmienky pre klasifikáciu týchto opráv.

Jednotlivé časti UK PMS ukazujú obrázok 9 a obrázok 10.



Obrázok 9 Schéma UK PMS – 1. časť



Obrázok 10 Schéma UK PMS – 2. časť

### 3 Porovnanie výsledkov projektov EÚ

#### 3.1 Porovnanie postupov hodnotenia technického stavu komunikácie v ostatných štátoch EÚ a v SR

Z analýzy projektov riešených v rámci EÚ je zrejmé, že hodnotenie technického stavu vozoviek je v celej Európe v podstate jednotné. Sledujú sa rovnaké parametre, rozdiely sú len v použitých zariadeniach. Jednotlivé realizované experimenty v rámci projektov významných cestných organizácií (FEHRL, LCPC a pod.) a rámcových projektov EÚ, ako boli EVEN, HERMES, FILTER, merania v rámci SPENSu slúžili na porovnanie jednotlivých zariadení a použiteľnosti a vzájomnej prepočítateľnosti výsledkov.

Výsledky uvedených projektov opísali možnosti vzájomnej využiteľnosti nameraných dát a ich použitia v jednotlivých systémoch opravy a údržby vozoviek. Z analýz vyplynulo, že všetky postupy hodnotenia technického stavu vozoviek na Slovensku sú plne v súlade s praxou v EÚ. Sú diagnostikované všetky premenné parametre, do hodnotenia vstupuje aj dopravné zaťaženie a zloženie dopravného prúdu. Z uvedeného je zrejmé, že súčasný systém v SR nie je potrebné meniť. Odporúčame zvážiť zmenu spôsobu získavania a vyhodnocovania dát o stave povrchu z vizuálnych prehliadok. V zahraničí sa často využívajú systémy založené na automatickom snímaní povrchu vozovky, ktoré sa následne počítačovo spracúvajú a vyhodnocujú (systém ARAN a pod.).

Veľmi pozitívnym prvkom je, že harmonizačných meraní v rámci projektu SPENS sa zúčastnili aj meracie zariadenia Slovenskej správy ciest – KUAB, Profilograph GE a Skiddometer BV 11. Získané korelačné závislosti medzi použitými zariadeniami umožňujú nielen vzájomný prepočet nameraných hodnôt, ale potvrdili aj opakovateľnosť meraní zariadení SSC a spoľahlivosť ich výsledkov.

Ďalším pozitívom účasti meracích zariadení SSC na experimente SPENSu je skutočnosť, že experimentu sa zúčastnilo minimálne jedno zariadenie, ktoré participovalo na predchádzajúcich experimentoch EÚ. Týmto sa zariadenia SSC dostali na úroveň ostatných diagnostických prístrojov aj z pohľadu vzájomnej využiteľnosti nameraných dát.

### 3.2 Porovnanie kritérií hodnotenia parametrov vozoviek na základe ich diagnostiky v štátoch EÚ a SR

Kritériá hodnotenia jednotlivých parametrov v EÚ sú spravidla založené na viacstupňovej klasifikačnej stupnici (3 – 6 úrovni) rovnako ako v SR. Rozdielne sú rozsahy a rozhrania medzi jednotlivými klasifikačnými stupňami a v niektorých prípadoch je iným spôsobom zohľadnený typ komunikácie a intenzita dopravy (počet vozidiel, počet náprav, zaťaženie na nápravu a pod.).

Rozdiely sú spôsobené mierou zhodnotenia vplyvu daného parametra na bezpečnosť dopravy a v neposlednej miere aj typom použitého diagnostického zariadenia. Ako príklad uvádzame hodnotenie parametra pozdĺžnej nerovnosti IRI v Slovinsku podľa ich TSC 06.610: 2003 TSC 06.610: 2003 Carriageway surface characteristics. Klasifikačné stupne hodnotenia rovnosti sú definované na základe limitných hodnôt IRI pri rýchlosti 100 km/h a na základe intenzity dopravy (tabuľka 16).

Tabuľka 16 Hodnotenie IRI v Slovinsku

Klasifikácia dopravy	Klasifikácia stavu vozovky				
	veľmi dobrý	dobry	hraničný	zlý	veľmi zlý
	Hodnota $IRI_{100}$				
Stredná alebo vyššia intenzita (AADT > 2000 vozidiel) a stredné alebo vysoké dopravné zaťaženie (> 80 ESAL 82 kN/day)	< 1.2	1.2 to 1.5	1.5 to 2.2	2.2 to 3.1	> 3.1
Nižšia intenzita (AADT do 2000 vozidiel) a nižšie dopravné zaťaženie (do 80 ESAL 82 kN/day)	< 2.6	2.6 to 3.5	3.5 to 4.3	4.3 to 4.9	> 4.9

Tabuľka 17 Kritéria klasifikácie stavu vozovky ciest I. triedy na základe hodnôt IRI a hĺbky koľaje

Klasifikačný stupeň	Hodnota IRI ( $m \cdot km^{-1}$ )	Hĺbka koľaje (mm)
1	$\leq 1,9$	$\leq 5,0$
2	1,91 – 3,3	5,01 – 10,0
3	3,31 – 5,0	10,01 – 15,0
4	5,01 – 10,0	15,01 – 25,0
5	> 10,0	> 25,0

V porovnaní s hodnotením v SR (tabuľka 17) je zrejмый rozdiel v prístupe k hodnoteniu z pohľadu dopravného zaťaženia, kde v SR je definovaná trieda cesty, nie priamo zaťaženie. Výrazný rozdiel je aj v limitných hodnotách pre jednotlivé klasifikačné stupne. Treba konštatovať, že v tomto prípade sú kritériá v Slovinsku výrazne prísnejšie.

Obdobné rozdiely sa vyskytujú pri všetkých sledovaných parametroch vozoviek a zohľadňujú špecifiká, zvyklosti, ale aj mieru vplyvu politických rozhodnutí. Uvedený dôvod považujeme za hlavnú prekážku zjednotenia klasifikácie jednotlivých parametrov v rámci celej EÚ. Preto nepredpokladáme zmenu klasifikácie uvedených parametrov v rámci SR.

## 4 Zhodnotenie jednotných európskych indexov vozoviek – výstupy projektu COST 354

Jednotné európske indexy vozoviek sú výsledkom pokusu o harmonizáciu hodnotenia stavu cestnej siete v EÚ. Žiaľ, nedošlo k zhode v hodnotení jednotlivých parametrov technického stavu vozoviek, boli však navrhnuté indexy, pomocou ktorých sa dajú hodnotiť tieto vlastnosti:

- pohodlie jazdy;
- bezpečnosť;
- kvalita konštrukcie vozovky;
- vplyv na životné prostredie.

Každý z týchto indexov sa stanovuje na základe kombinácie viacerých premenných parametrov, čím vytvára kumulatívny index. Na jeho výpočet sú potrebné váhy jednotlivých parametrov (tabuľka 18), ktoré nie sú presne definované, ale každá krajina má možnosť si vybrať z odporúčaného rozsahu. To môže viesť k diametrálne iným hodnotám rovnakých indexov, napriek rovnakému technickému stavu vozovky.

Tabuľka 18 Parametre stanovenia indexov COST 354

<b>PI</b> \ <b>CPI</b>	<b>Index pohodlia jazdy</b>	<b>Index bezpečnosti</b>	<b>Index konštrukcie</b>	<b>Index vplyvu na živ. prostredia</b>
<b>Minimum</b>	PI_E	PI_F	PI_B	-
<b>Štandard</b>	PI_E, PI_SD, PI_R	PI_F, PI_R, PI_T	PI_B, PI_CR	-
<b>Optimum</b>	PI_E, PI_SD, PI_R, PI_T, PI_CR	PI_F, PI_R, PI_T, PI_SD <sub>cat1*</sub> , PI_SD <sub>cat2</sub>	PI_B, PI_CR, PI_R, PI_E	PI_E, alebo znečistenie ovzdušia, PI_T or Emisia hluku PI_SD <sub>cat2</sub>
PI_E...PI rovnosti, PI_R...PI koľají, PI_F...PI drsnosti, PI_T...PI makrotextúry, PI_B...PI únosnosti PI_CR...PI trhlín, PI_SD...PI porúch povrchu (všetky kategórie) - vhodné nahradiť PI_IPSV				

Poznámka: Pre stav porušenia povrchu sú uvedené dva pred-kombinované ukazovatele a to na trhlíny (PI\_CR) a na poruchy povrchu (PI\_SD), vypočítané prevodovými funkciami z technických parametrov TPer a TPsd, skombinovanými do jedného technického parametra z troch rôznych typov TP na základe definovaných vzťahov a váhových koeficientov.



Aj v prípade prijatia a aplikovania vytvorených indexov v rámci jednotlivých štátov EÚ bude dosiahnutá len jednotná interpretácia hodnotenia stavu cestnej siete, ktorá však nie využiteľná v systémoch hospodárenia s vozovkami, a vôbec nie v rozhodovacích procedúrach pre výber technológie údržby a opráv. Je to z dôvodu, že v každom indexe sú rovnaké parametre vozovky, ale vždy s inou váhou. Rozhodujúci vplyv parametra nie je možné exaktne definovať. Z toho vyplýva, že nie je možné objektívne určiť, ktorý parameter je potrebné opravovať.

Z tohto pohľadu prípadná aplikácia záverov COST 354 pre podmienky SR je možná len na hodnotenie kvality cestnej siete slúžiace na prezentačné a prípadne štatistické účely. Je nepoužiteľná v rámci slovenského SHV, čím je veľmi otázna miera efektivity vynaloženého úsilia pri aplikovaní záverov.

## **5 Zhodnotenie algoritmov rozhodovacích procesov v systémoch hospodárenia s vozovkami**

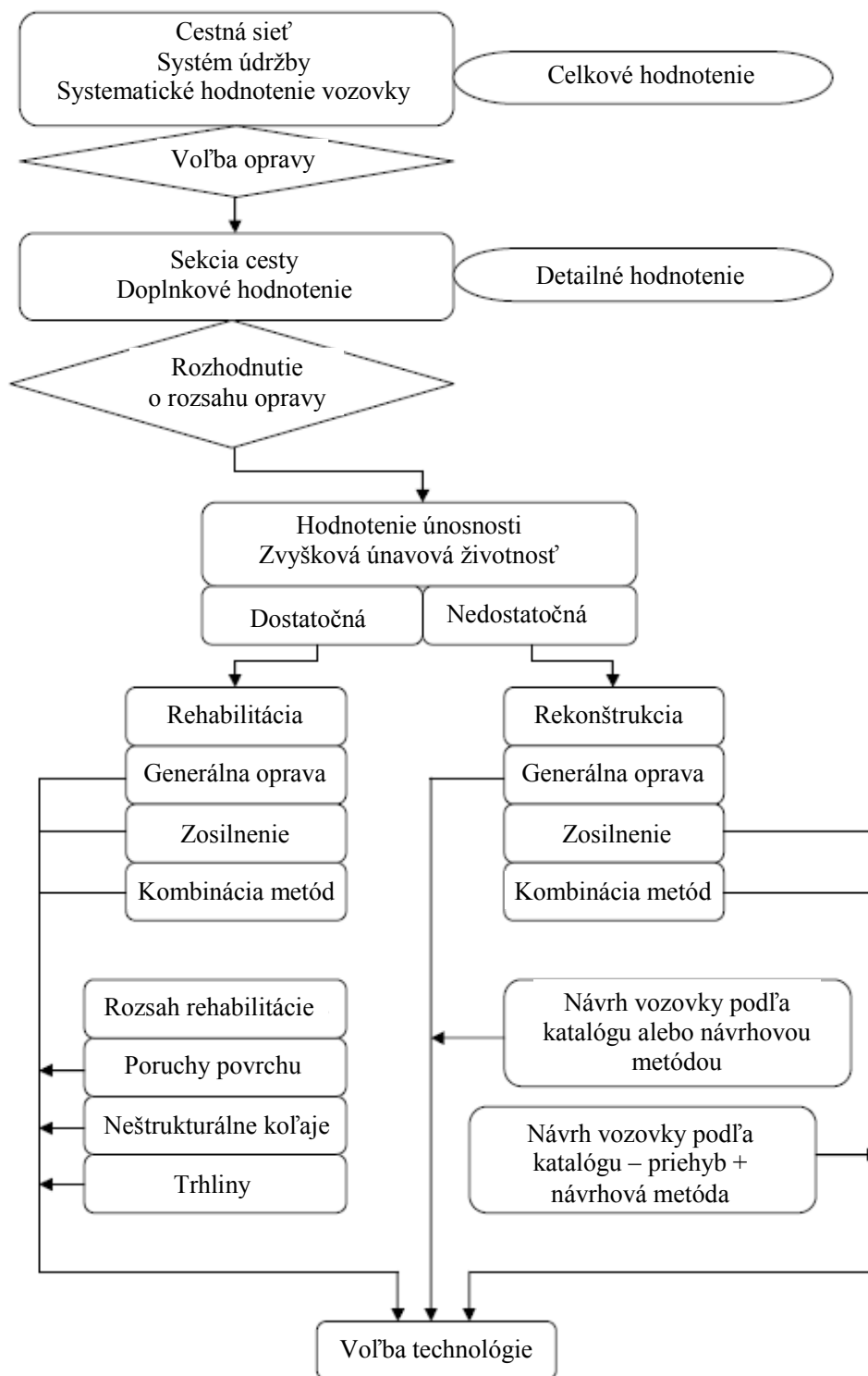
Analýza spočívala v zhodnotení algoritmov rozhodovacích procesov pre zásah do konštrukcie vozovky v procese jej rehabilitácie. Do všetkých rozhodovacích procesov vstupujú všetky parametre prevádzkovej spôsobilosti a výkonnosti. Rozdielna je filozofia prístupu k hodnoteniu. Na jednej strane sa uprednostňuje výkonnosť vozovky (napr. SR, Poľsko – obrázok 11), na druhej bezpečnosť a pohodlie jazdy (napr. Slovinsko – obrázok 8). V konečnom dôsledku sa však hodnotia všetky parametre a výsledná technológia zohľadní oba základné filozofické prístupy, t.j. bezpečnosť a pohodlie a zároveň aj prevádzkovú výkonnosť.

To znamená, že ak v prípade uprednostnenia bezpečnosti bude nevyhovujúce hodnotenie drsnosti, je nutné zhodnotiť aj ostatné parametre, vrátane únosnosti a výsledná technológia sa odvíja od potreby najzávažnejšieho zásahu do konštrukcie, ktorým nemusí byť riešenie problému drsnosti. Pokiaľ sú ostatné parametre v poriadku, rieši sa iba drsnosť.

V opačnom prípade sa odvíja rozhodovanie od potreby dosiahnutia požadovanej prevádzkovej výkonnosti. Pri jej dostatočnej úrovni sa hodnotia ďalšie parametre a riešia sa problémy nerovností, prípadne stavu povrchu, resp. drsnosti.

V rámci riešenia projektu SPENS sa realizovalo vyhodnotenie rovnakých úsekov vozoviek s rôznou mierou porušení. Po vyhodnotení týchto úsekov rôznymi algoritmi sa zistilo, že výsledný návrh technológie rehabilitácie vozovky bol rovnaký.

Z uvedeného vyplýva, že nie je dôvod zmeny algoritmu slovenského SHV, navyše väčšina algoritmov uprednostňuje prvotné hodnotenie únosnosti.



Obrázok 11 Poľský algoritmus rozhodovania o výbere technológie

## **6 Definovanie odporúčaní pre slovenský algoritmus SHV**

Na základe predchádzajúcich opisov projektov, analýz spôsobov hodnotenia a možností aplikácií výstupov zahraničných projektov do SHV v SR odporúčame nasledovné:

1. Zachovať súčasný systém diagnostiky vozoviek s prípadnou zmenou diagnostiky a hodnotenia stavu povrchu. Navrhujeme pri súčasnom stave prístrojového vybavenia SSC údaje o stave povrchu zbierať zariadením Line Scan.
2. Zachovať základný prístup v SHV, rozhodovacie procedúry a kritériá na klasifikáciu jednotlivých parametrov v prioritnom programe SHV. Do systému doplniť využitie zariadenia Line Scan a nahradiť údaje zo zariadenia VideoCar.
3. Aktualizovať degradačné funkcie jednotlivých parametrov vozoviek, zakomponované v optimalizačnom programe SHV.
4. V rámci optimalizačného programu SHV doplniť alternatívne stratégie rehabilitácie vozovky.

Na naplnenie uvedených odporúčaní je potrebné venovať pozornosť riešeniu nasledovných výskumných problémov:

1. Analyzovať možnosti zariadenia Line Scan – rozlišovacia schopnosť, kvalita, opakovateľnosť meraní, analýza záznamu, identifikácia porúch, možnosti výstupov a ich využiteľnosť na výpočet parametra stavu povrchu.
2. Stanoviť kritériá na hodnotenie stavu povrchu zariadením Line Scan pre hodnotenie podľa súčasnej metodiky.
3. Pokračovať v meraní dlhodobo sledovaných úsekov cestnej siete, vyhodnotiť podrobne doterajšie merania, stanoviť vývojové trendy jednotlivých parametrov a následne zhodnotiť adekvátnosť a exaktnosť v súčasnosti používaných degradačných funkcií.
4. Zhodnotiť výber technológií v súčasnom SHV, navrhnúť úpravu systému na výber optimálnej technológie, pričom bude potrebné rozšíriť súčasný stav o možné kombinácie nadväzujúcich technológií pri riešení rovnakého vývoja parametrov vozovky, a umožniť výber technológie v závislosti od ekonomických analýz a dostupnosti finančných zdrojov.

## **7 Použitá literatúra**

- [1] Spielhofer, R. - Gáspár, L. - Bencze, Z. - Lundberg, T. - Sjögren, L. - Andrén, P. - Stryk, J. - Erjavec, S.: Sustainable Pavements for European New Member States. Guidelines of a complex methodology for nondestructive pavement measuring techniques. Deliverable no. D11, SPENS project EU 031467. September 2009.
- [2] S. Henigman - J. Jamnik - L. Gáspár - J. Čelko - P. Harasim - J. Stryk - J. Komacka: Systematic decision making methodology on the pavement rehabilitation and upgrading of low volume roads. Deliverable no. D13, SPENS project EU 031467. September 2009.
- [3] COST Action 354. Performance Indicators for Road Pavements. FEHRL 2008. ISBN 978-3-200-01238-7
- [4] TP 10/2006 Systém hospodárenia s vozovkami. MDPT: 2006.
- [5] ELLPAG: A Guide to the Use of Long-Life Fully-Flexible Pavements. Phase 1 Report, FEHRL, 2004, ISSN 1362-6019
- [6] ELLPAG: A Guide to the Use of Long-Life Semi-Rigid Pavements. Phase 2 Report, FEHRL, 2006
- [7] ELLPAG: A Guide to the Use of Long-Life Rigid Pavements. Phase 3 Report - pracovná verzia, FEHRL, 2006
- [8] EN13036-X “Surface Characteristics of road and airfield pavements; Test Methods – Part X; Assessment of the skid resistance of a road pavement surface by the use of dynamic measurement systems”.
- [9] <http://www.fehrl.org/>
- [10] <http://direct-mat.fehrl.org/>
- [11] <http://nr2c.fehrl.org/>
- [12] <http://spens.fehrl.org>

