



Rozborová úloha

Vyhodnotenie meraní únosnosti vozoviek, výber vhodných úsekov a odvodenie funkcií degradácie

Základné údaje

Názov úlohy: *Vyhodnotenie meraní únosnosti vozoviek, výber vhodných úsekov a odvodenie funkcií degradácie*

Zhotoviteľ: *VUIS-CESTY spol. s r. o
Lamačská cesta 8
811 04 Bratislava*

Riešiteľ: *Ing. Vladimír Říkovský, CSc.*

Obsah

1	VŠEOBECNE	7
2	ZÁKLADNÉ POJMY	7
3	URČENIE ÚNOSNOSTI VOZOVIEK PODĽA INDEXOV SCI, BCI A ODVODENIE MODELU DEGRADÁCIE A DEGRADAČNÝCH FUNKCIÍ PRE ÚNOSNOSŤ PODĽA INDEXOV A PODĽA HODNOTY MODULU PRUŽNOSTI E	9
3.1	VŠEOBECNE	9
3.2	VSTUPNÉ ÚDAJE PRE HODNOTENIE ÚSEKOV	9
3.3	EKVIVALENTNÝ MODUL PRUŽNOSTI E_{EKV}	9
3.4	POVRCHOVÝ A PODKLADOVÝ INDEX KRIVOSTI SCI, BCI	10
3.5	TEORETICKÝ MODEL A DEGRADAČNÉ FUNKCIE	10
3.6	DEGRADAČNÉ FUNKCIE PRE JEDNOTLIVÉ DLHODOBO SLEDOVANÉ ÚSEKY	12
4	ÚSEK 1 ROVENSKO - SENICA	13
4.1	VŠEOBECNE	13
4.1.1	<i>Vozovka</i>	13
4.1.2	<i>Doba výstavby a životnosť</i>	14
4.1.3	<i>Dopravné zaťaženie</i>	14
4.2	ÚNOSNOSŤ VYJADRENÁ EKVIVALENTNÝM MODULOM PRUŽNOSTI	14
4.3	ÚNOSNOSŤ VYJADRENÁ INDEXMI KRIVOSTI	16
4.4	ZÁVER – ÚSEK 1 ROVENSKO - SENICA	18
5	ÚSEK 2 KOVÁLOV - ČÁČOV	19
5.1	VŠEOBECNE	19
5.1.1	<i>Vozovka</i>	19
5.1.2	<i>Doba výstavby a životnosť</i>	20
5.1.3	<i>Dopravné zaťaženie</i>	20
5.2	ÚNOSNOSŤ VYJADRENÁ EKVIVALENTNÝM MODULOM PRUŽNOSTI	20
5.3	ÚNOSNOSŤ VYJADRENÁ INDEXMI KRIVOSTI	21
5.4	ZÁVER – ÚSEK 2 KOVÁLOV - ČÁČOV	23
6	ÚSEK 3 PERNEK - MALACKY	24
6.1	VŠEOBECNE	24
6.1.1	<i>Vozovka</i>	24
6.1.2	<i>Doba výstavby a životnosť</i>	25
6.1.3	<i>Dopravné zaťaženie</i>	25
6.2	ÚNOSNOSŤ VYJADRENÁ EKVIVALENTNÝM MODULOM PRUŽNOSTI	25
6.3	ÚNOSNOSŤ VYJADRENÁ INDEXMI KRIVOSTI	26
6.4	ZÁVER - ÚSEK 3 PERNEK – MALACKY	28
7	ÚSEK 4 BAJKALSKÁ (DZM) - MIEROVÁ	28
7.1	VŠEOBECNE	28
7.1.1	<i>Vozovka</i>	29
7.1.2	<i>Doba výstavby a životnosť</i>	29
7.1.3	<i>Dopravné zaťaženie</i>	29
7.2	ÚNOSNOSŤ VYJADRENÁ EKVIVALENTNÝM MODULOM PRUŽNOSTI	29
7.3	ÚNOSNOSŤ VYJADRENÁ INDEXMI KRIVOSTI	30
7.4	ZÁVER - ÚSEK 4 BAJKALSKÁ (DZM) - MIEROVÁ	32
8	ÚSEK 5 ZELENÉČ, SENEC - TRNAVA	33
8.1	VŠEOBECNE	33
8.1.1	<i>Doba výstavby a životnosť</i>	33
8.1.2	<i>Dopravné zaťaženie</i>	34
8.2	ÚNOSNOSŤ VYJADRENÁ EKVIVALENTNÝM MODULOM PRUŽNOSTI	34
8.3	ÚNOSNOSŤ VYJADRENÁ INDEXMI KRIVOSTI	35

8.4	ZÁVER 5 - ÚSEK ZELENÉČ, SENEC - TRNAVA	37
9	ÚSEK 6 PIEŠTANY - HORNÁ STREDA	38
9.1	VŠEOBECNE	38
9.1.1	<i>Doba výstavby a životnosť</i>	39
9.1.2	<i>Dopravné zaťaženie</i>	39
9.2	ÚNOSNOSŤ VYJADRENÁ EKVIVALENTNÝM MODULOM PRUŽNOSTI	39
9.3	ÚNOSNOSŤ VYJADRENÁ INDEXMI KRIVOSTI	41
9.4	ZÁVER - ÚSEK 6 PIEŠTANY - HORNÁ STREDA	43
10	ÚSEK 7 BRUNOVCE	43
10.1	VŠEOBECNE	43
10.1.1	<i>Doba výstavby a životnosť</i>	44
10.1.2	<i>Dopravné zaťaženie</i>	44
10.2	ÚNOSNOSŤ VYJADRENÁ EKVIVALENTNÝM MODULOM PRUŽNOSTI	44
10.3	ÚNOSNOSŤ VYJADRENÁ INDEXMI KRIVOSTI	46
10.4	ZÁVER - ÚSEK 7 BRUNOVCE	49
11	ÚSEK 8 BÁB - KYNEK	49
12	ÚSEK 9 ZLATÉ MORAVCE	49
13	ÚSEK 10 ZVOLEN - B. BYSTRICA	50
13.1	VŠEOBECNE	50
13.1.1	<i>Vozovka</i>	50
13.1.2	<i>Doba výstavby a životnosť</i>	51
13.1.3	<i>Dopravné zaťaženie</i>	51
13.2	ÚNOSNOSŤ VYJADRENÁ EKVIVALENTNÝM MODULOM PRUŽNOSTI	51
13.3	ÚNOSNOSŤ VYJADRENÁ INDEXMI KRIVOSTI	52
13.4	ZÁVER - ÚSEK 10 ZVOLEN - B. BYSTRICA	56
14	ÚSEK 11 ŠÁŠOV - JALNÁ	56
14.1	VŠEOBECNE	56
14.1.1	<i>Vozovka</i>	57
14.1.2	<i>Doba výstavby a životnosť</i>	57
14.1.3	<i>Dopravné zaťaženie</i>	57
14.2	ÚNOSNOSŤ VYJADRENÁ EKVIVALENTNÝM MODULOM PRUŽNOSTI	57
14.3	ÚNOSNOSŤ VYJADRENÁ INDEXMI KRIVOSTI	59
14.4	ZÁVER - ÚSEK 11 ŠÁŠOV - JALNÁ	60
15	ÚSEK 12 ŽILINA, ŽILINA - MOJŠOVA LÚČKA	61
15.1	VŠEOBECNE	61
15.1.1	<i>Doba výstavby a životnosť</i>	62
15.1.2	<i>Dopravné zaťaženie</i>	62
15.2	ÚNOSNOSŤ VYJADRENÁ EKVIVALENTNÝM MODULOM PRUŽNOSTI	62
15.3	ÚNOSNOSŤ VYJADRENÁ INDEXMI KRIVOSTI	64
15.4	ZÁVER - ÚSEK 12 ŽILINA, ŽILINA - MOJŠOVA LÚČKA	67
16	ÚSEK 13 BRODNO - ŽILINA	67
16.1	VŠEOBECNE	67
16.1.1	<i>Doba výstavby a životnosť</i>	68
16.1.2	<i>Dopravné zaťaženie</i>	68
16.2	ÚNOSNOSŤ VYJADRENÁ EKVIVALENTNÝM MODULOM PRUŽNOSTI	68
16.3	ÚNOSNOSŤ VYJADRENÁ INDEXMI KRIVOSTI	69
16.4	ZÁVER - ÚSEK 13 BRODNO - ŽILINA	71
17	ÚSEK 14 POLUVSIE - PORÚBKA	72

17.1	VŠEOBECNE	72
17.1.1	Vozovka	72
17.1.2	Doba výstavby a životnosť	73
17.1.3	Dopravné zaťaženie	73
17.2	ÚNOSNOSŤ VYJADRENÁ EKVIVALENTNÝM MODULOM PRUŽNOSTI	73
17.3	ÚNOSNOSŤ VYJADRENÁ INDEXMI KRIVOSTI	73
17.4	ZÁVER - ÚSEK 14 POLUVSIE - PORÚBKA	76
18	ÚSEK 15 LIPTOVSKÝ HRÁDOK - HYBE	76
18.1	VŠEOBECNE	76
18.1.1	Vozovka	77
18.1.2	Doba výstavby a životnosť	77
18.1.3	Dopravné zaťaženie	77
18.2	ÚNOSNOSŤ VYJADRENÁ EKVIVALENTNÝM MODULOM PRUŽNOSTI	77
18.3	ÚNOSNOSŤ VYJADRENÁ INDEXMI KRIVOSTI	78
18.4	ZÁVER - ÚSEK 15 LIPTOVSKÝ HRÁDOK - HYBE	80
19	ÚSEK 16 SMOKOVCE	81
19.1	VŠEOBECNE	81
19.1.1	Vozovka	81
19.1.2	Doba výstavby a životnosť	82
19.1.3	Dopravné zaťaženie	82
19.2	ÚNOSNOSŤ VYJADRENÁ EKVIVALENTNÝM MODULOM PRUŽNOSTI	82
19.3	ÚNOSNOSŤ VYJADRENÁ INDEXMI KRIVOSTI	83
19.4	ZÁVER - ÚSEK 16 SMOKOVCE	85
20	ÚSEK 17 TATRANSKÁ LOMNICA – TATRANSKÁ KOTLINA	86
20.1	VŠEOBECNE	86
20.1.1	Vozovka	86
20.1.2	Doba výstavby a životnosť	87
20.1.3	Dopravné zaťaženie	87
20.2	ÚNOSNOSŤ VYJADRENÁ EKVIVALENTNÝM MODULOM PRUŽNOSTI	87
20.3	ÚNOSNOSŤ VYJADRENÁ INDEXMI KRIVOSTI	89
20.4	ZÁVER - ÚSEK 17 TATRANSKÁ LOMNICA – TATRANSKÁ KOTLINA	90
21	ÚSEK 18 POPRAD - GÁNOVCE	91
21.1	VŠEOBECNE	91
21.1.1	Vozovka	91
21.1.2	Doba výstavby a životnosť	92
21.1.3	Dopravné zaťaženie	92
21.2	ÚNOSNOSŤ VYJADRENÁ EKVIVALENTNÝM MODULOM PRUŽNOSTI	92
21.3	ÚNOSNOSŤ VYJADRENÁ INDEXMI KRIVOSTI	93
21.4	ZÁVER - ÚSEK 18 POPRAD - GÁNOVCE	95
22	ÚSEK 19 ZDOBA – HRANICA OKRESU KE/KS	96
22.1	VŠEOBECNE	96
22.1.1	Vozovka	96
22.1.2	Doba výstavby a životnosť	97
22.1.3	Dopravné zaťaženie	97
22.2	ÚNOSNOSŤ VYJADRENÁ EKVIVALENTNÝM MODULOM PRUŽNOSTI	97
22.3	ÚNOSNOSŤ VYJADRENÁ INDEXMI KRIVOSTI	99
22.4	ZÁVER - ÚSEK 19 ZDOBA – HRANICA OKRESU KE/KS	100
23	ÚSEK 20 OKRES KS/KE	101
23.1	VŠEOBECNE	101
23.1.1	Vozovka	101

23.1.2	Doba výstavby a životnosť	102
23.1.3	Dopravné zaťaženie	102
23.2	ÚNOSNOSŤ VYJADRENÁ EKVIVALENTNÝM MODULOM PRUŽNOSTI	102
23.3	ÚNOSNOSŤ VYJADRENÁ INDEXMI KRIVOSTI	103
23.4	ZÁVER - ÚSEK 20 OKRES KS/KE	105
24	ÚSEK 21 D1 LIČARTOVCE - BUDIMÍR	106
24.1	VŠEOBECNE	106
24.1.1	Vozovka	106
24.1.2	Doba výstavby a životnosť	107
24.1.3	Dopravné zaťaženie	107
24.2	ÚNOSNOSŤ VYJADRENÁ EKVIVALENTNÝM MODULOM PRUŽNOSTI	107
24.3	ÚNOSNOSŤ VYJADRENÁ INDEXMI KRIVOSTI	108
24.4	ZÁVER - ÚSEK 21 D1 LIČARTOVCE - BUDIMÍR	110
25	ÚSEK 22 SSUD ZLATOVCE	111
25.1	VŠEOBECNE	111
25.1.1	Vozovka	111
25.1.2	Doba výstavby a životnosť	112
25.1.3	Dopravné zaťaženie	112
25.2	ÚNOSNOSŤ VYJADRENÁ EKVIVALENTNÝM MODULOM PRUŽNOSTI	112
25.3	ÚNOSNOSŤ VYJADRENÁ INDEXMI KRIVOSTI	113
25.4	ZÁVER - ÚSEK 22 SSUD ZLATOVCE	115
26	ÚSEK 23 CHOCHOLNÁ	116
26.1	VŠEOBECNE	116
26.1.1	Vozovka	116
26.1.2	Doba výstavby a životnosť	117
26.1.3	Dopravné zaťaženie	117
26.2	ÚNOSNOSŤ VYJADRENÁ EKVIVALENTNÝM MODULOM PRUŽNOSTI	117
26.3	ÚNOSNOSŤ VYJADRENÁ INDEXMI KRIVOSTI	118
26.4	ZÁVER ÚSEK 23 CHOCHOLNÁ	120
27	ZÁVER	121
28	SÚVISIACE A CITOVANÉ PRÁVNE PREDPISY	127
29	SÚVISIACE A CITOVANÉ TECHNICKÉ PREDPISY A PODMIENKY	127
30	LITERATÚRA	127

1 Všeobecne

Vozovka je dôležitou súčasťou cestnej komunikácie. Od jej kvality závisí bezpečnosť, plynulosť a hospodárnosť cestnej dopravy. V prvom rade je veľmi dôležité vozovku správne navrhnuť. Cieľom návrhu konštrukcie vozovky je efektívne usporiadať jednotlivé vrstvy vozovky, tak aby konštrukcia vozovky vyhovovala miestnym podmienkam, dopravnému zaťaženiu a prevádzke. Vozovka počas jej životnosti musí spĺňať požiadavky, ktoré sú na ňu kladené. V priebehu rokov však dochádza k strate funkčných vlastností vozovky a tým vozovka stráca svoje pôvodné vlastnosti a degraduje.

Slovenská správa ciest (SSC) sleduje technický stav vozoviek jednotlivých komunikácií a údaje z meraní archivuje pre ďalšie spracovanie. Na území Slovenskej republiky (SR) je vytypovaných niekoľko úsekov, ktoré sa každoročne a pravidelne sledujú. Sú to tzv. dlhodob sledované úseky (DSÚ). Na týchto úsekoch sú každoročne zabezpečované merania diagnostickou technikou – zariadeniami na meranie únosnosti, nerovností a drsnosti. Tieto merania slúžia na odvodenie degradačných funkcií a sú podkladom pre rozhodovanie v rámci systému hospodárenia s vozovkami (SHV).

Táto rozborová úloha nadväzuje na úlohu riešenú v roku 2015 s názvom „Analýza výstupov meraní premenných parametrov vozoviek na dlhodob sledovaných úsekoch“. Na rozdiel od predchádzajúcej úlohy sa zameriava na konkrétny parameter únosnosti vozoviek a dopĺňa závery z predchádzajúcej úlohy týkajúcej sa únosnosti vozoviek.

Cieľom predloženej rozborovej úlohy bolo určenie únosnosti vozoviek podľa indexov SCI, BCI a odvodenie modelu degradácie a degradačných funkcií pre únosnosť podľa indexov a podľa hodnoty modulu pružnosti E na vozovkách dlhodob sledovaných úsekoch v zmysle metodiky použitej vo vyššie citovanej rozborovej úlohe s názvom „Analýza výstupov meraní premenných parametrov vozoviek na dlhodob sledovaných úsekoch“.

Ďalšou úlohou bolo porovnať zadaných skladiet vozoviek a údajov nameraných GEORADAROM na sledovaných úsekoch.

Na základe výsledkov spracovať výber úsekov na pokračovanie meraní s určením periodicity a výber úsekov, kde je nutné stanoviť konštrukciu vozovky vŕtaním.

2 Základné pojmy

V tejto kapitole sú definované základné pojmy pre účely tejto Rozborovej úlohy (RÚ):

Systém hospodárenia s vozovkou (SHV) - je vývojový proces sledujúci efektívne využívanie vozoviek cestnej a diaľničnej siete v daných úsekoch v určitých prevádzkových podmienkach, zahrňujúcich dôležitú, sústavne organizovanú údržbu, opravy a obnovu vozoviek z hľadiska čo najhospodárnejšieho vynakladania finančných, materiálových a energetických prostriedkov.

Vozovka - je v zmysle mechaniky vozovky stavebná konštrukcia skladajúca sa z viacerých vrstiev, ktorá je vybudovaná na cestnom podloží alebo inej podpornej konštrukcii.

Podložie - predstavuje vrchnú časť zemného telesa násypu alebo výkopu, ktorá vytvára nosný podklad resp. podpornú konštrukciu pre stavbu.

Degradácia vozovky – je postupné zhoršovanie vlastností materiálov a celej konštrukcie vozovky vplyvom dopravného zaťaženia, podmienok v podloží a klimatických podmienok, ktoré sa prejavuje zhoršovaním jednotlivých parametrov funkčnej spôsobilosti vozovky a jej celkového stavu.

Degradačný model - je model skutočného priebehu degradácie vozovky alebo zmien jednotlivých parametrov funkčnej spôsobilosti v závislosti na čase alebo počte opakovaní zaťaženia.

Pre vyjadrenie skutočného priebehu degradácie vozovky v reálnom čase sa používa vzťah absolútnych hodnôt parametrov vozovky a času (alebo počtu opakovaní zaťaženia).

Degradačná funkcia - je matematické vyjadrenie zmien parametrov vozovky alebo celkového stavu vozovky podľa určitého degradačného modelu a to v závislosti na čase alebo počte opakovaní zaťaženia. Pre matematické vyjadrenie zmien parametrov vozovky na čase (alebo

opakovanom zaťažení) sa používajú vzťahy medzi relatívne vyjadrenými hodnotami premenlivých veličín.

Varovná hodnota – je hodnota premenného parametra vozovky charakterizujúca upozorňujúci stav, že v relatívne krátkom čase užívania vozovky dôjde u parametra k dosiahnutiu kritickej hodnoty.

Kritická hodnota - je hodnota premenného parametra vozovky, ktorá vyjadruje kritický stav t. j. v relatívne krátkom čase užívania vozovky dôjde u parametra k dosiahnutiu medznej hodnoty.

Medzná hodnota – je hodnota premenného parametra, ktorá je pre daný parameter stanovená ako hraničná. Stanovená býva na základe predpisov, zákonov a iných legislatívnych noriem a nikdy nesmie byť prekročená, aby nedošlo k deštrukcii celej vozovky.

Hraničná hodnota je hodnota parametra, kedy po jej prekročení:

- a) spôsobí z hľadiska požiadavky na mechanickú odolnosť nestabilitu stavby;
- b) spôsobí zrútenie stavby alebo jej časti,
- c) spôsobí neprípustnú deformáciu stavby,
- d) spôsobí poškodenie iných častí stavby alebo zariadení pripojených k nosnej konštrukcii stavby, ani inštalovaných zariadení ako následok deformácie nosnej konštrukcie stavby.

Prevádzková výkonnosť - je miera schopnosti vozovky odolávať namáhaniu do dosiahnutia medzneho stavu únosnosti; vyjadruje sa spravidla počtom opakovaných zaťažení návrhovou nápravou.

Zvyšková doba životnosti vozovky - je doba od poslednej opravy alebo dostavby, prípadne od diagnostiky prevádzkovej spôsobilosti vozovky do ukončenia jej zvyčajného užívania (potreba ďalšej opravy, rekonštrukcie a pod.).

Únosnosť vozovky - je schopnosť vozovky plniť požiadavky bezpečnosti konštrukcie vozovky, charakterizovaná napätím resp. pretvorením v kritickej vrstve vozovky (vo vrstve ovplyvňujúcej bezpečnosť vozovky) alebo priehybovou čiarou a jej charakteristikami.

Deflektometer FWD - zariadenie na rázovú zaťažovaciu skúšku vozoviek generujúce zaťaženie.

Priehybová krivka - spojnice hodnôt priehybov povrchu konštrukcie vozovky, ktoré sa namerali v bodoch s rôznou vzdialenosťou od osi zaťaženia, pričom body ležia na spoločnej priamke pádom bremena na tlmiace podložky uložené na povrchu kruhovej zaťažovacej dosky, ktorá je v kontakte s podložíom alebo vozovkou.

Zaťaženie - vplyv spôsobujúci zmenu napätosti, pretvorenia alebo polohy konštrukcie. Do pojmu zaťaženia sa zahrňujú vonkajšie sily pôsobiace na konštrukciu, a tiež fyzikálne vplyvy vyvolávajúce silové a deformačné účinky (teplota, zmrašťovanie a pod.).

Doba životnosti - doba od realizácie objektu do ukončenia jeho obvyklého užívania.

Zostatková doba životnosti - doba od poslednej prestavby, poprípade od vyšetrenia prevádzky-schopnosti objektu do ukončenia jeho obvyklého užívania.

Životnosť vozovky – je podľa STN 73 6114 návrhové obdobie v rokoch, ktoré sa uvažuje pri navrhovaní vozovky, jej stavebnej údržbe, oprave alebo rekonštrukcii.

3 Určenie únosnosti vozoviek podľa indexov SCI, BCI a odvodenie modelu degradácie a degradačných funkcií pre únosnosť podľa indexov a podľa hodnoty modulu pružnosti E

3.1 Všeobecne

Merania priehybov vozoviek na dlhodobu sledovaných úsekov sú vykonávané od roku 1995 diagnostickým zariadením FWD KUAB. SSC má k dispozícii dva typy tohto zariadenia, KUAB 2m50 a KUAB 2m150, pričom rozdiel v zariadeniach je daný maximálnou možnou zaťažovacou silou, ktorú možno vyvodiť. V ostatných ďalších technických parametroch sa tieto zariadenia zhodujú. Pri meraní na dlhodobu sledovaných úsekoch bola použitá veľkosť zaťažovacej sily 50 kN. Z vyhodnotení boli vylúčené staršie merania (r.1995-96), ktoré boli realizované pri sile 64 kN. Vzhľadom na skutočnosť, že reálne pri meraní nie je možné dosiahnuť presne stanovených 50 kN, všetky priehyby namerané v intervale zaťažovacej sily 45-55 kN boli prepočítané na porovnávacu silu 50 kN. Dĺžka trvania zaťaženia bola 40-60 ms a pri meraniach boli použité segmentové zaťažovacie dosky priemeru 300 mm. Veľkosť priehybu bola zaznamenávaná v mikrometroch s presnosťou na 1 mikrometer.

3.2 Vstupné údaje pre hodnotenie úsekov

Na veľkosť priehybu vozovky a na tvar priehybovej krivky vplýva viacero faktorov. Nameraný priehyb je ovplyvňovaný najmä veľkosťou zaťaženia, dĺžkou silového impulzu, druhom zaťažovacej dosky, teplotou asfaltových vrstiev, stavom a druhom podložia, hrúbkou a druhom použitých materiálov. Pre hodnotenie je preto potrebné mať k dispozícii všetky dostupné informácie o danom úseku ako napr.: rok výstavby, resp. čas uvedenia vozovky do užívania, aktuálnu skladbu vozovky s druhom materiálu a hrúbkami konštrukčných vrstiev (konštrukcia vozovky), typ vozovky netuhá/polotuhá, dopravné zaťaženie na danom úseku, údaje z meraní – veľkosti nameraných priehybov, veľkosti zaťažovacej sily, teploty pri meraní.

3.3 Ekvivalentný modul pružnosti E_{ekv}

Pri hodnotení podľa ekvivalentného modulu pružnosti sa vychádzalo z hodnôt nameraných priehybov pod zaťažovacou doskou. Do hodnotenia boli zahrnuté len údaje vyhovujúce podmienkam stanovených v [T1]. Boli to priehyby namerané v požadovanom intervale zaťažovacej sily a v požadovanom teplotnom rozsahu. Priehyby boli prepočítané na silu 50 kN a na vzťažnú teplotu 20°C. Výpočet bol vykonaný v zmysle [T1], pričom modul pružnosti bol vypočítaný podľa vzťahu:

$$E_{ekv} = 2 \cdot (1 - \mu^2) \frac{\sigma \cdot a}{\gamma_{(50, T_{20})}} \quad (1)$$

kde E_{ekv} ekvivalentný modul pružnosti vozovky [MPa],
 $\gamma_{(50, 20)}$ je priehyb v strede zaťažovacej dosky prepočítaný na porovnávacu silu 50 kN a porovnávacu teplotu 20°C [m];
 σ kontaktné napätie, v našom prípade $\sigma = 0,707$ MPa;
 a polomer zaťažovacej dosky, v našom prípade $a = 0,150$ m;
 μ Poissonovo číslo, v našom prípade, $\mu = 0,35$.

Pre daný rok merania a daný úsek boli určené reprezentatívne hodnoty parametra E_{ekv} . Daný úsek bol z hľadiska únosnosti homogénny a tak sme pre ďalšie hodnotenie stanovili reprezentatívne hodnoty ako priemerné hodnoty E_{ekv} v danom roku.

Pri výpočte ekvivalentného modulu pružnosti sa na základe dostupných informácií o konštrukciách vozoviek určil typ vozovky (netuhá/polotuhá).

3.4 Povrchový a podkladový index krivosti SCI, BCI

Pre určenie únosnosti na základe indexov SCI, BCI treba brať do úvahy rozmiestnenie snímačov priehybu. Toto rozmiestnenie bolo nastavené konštantne počas rokov, pričom snímače priehybu boli rozmiestnené vo vzdialenostiach 0 mm, 300 mm, 450 mm, 600 mm, 900 mm, 1200 mm, 1500 mm od stredu zaťaženia.

Pre hodnotenie únosnosti na základe indexov krivosti boli použité vzťahy:

$$\text{Povrchový index krivosti: } \text{SCI} = y_0(50, T 20) - y_{300}(50, T 20) \quad (2)$$

$$\text{Podkladový index krivosti: } \text{BCI} = y_{450}(50, T 20) - y_{1200}(50, T 20) \quad (3)$$

kde: $y_0(50, T 20)$ je priehyb v strede zaťažovacej dosky prepočítaný na porovnávaciu silu 50 kN a porovnávaciu teplotu 20° C [mm],
 $y_{300}(50, T 20)$ priehyb vo vzdialenosti 300 mm od stredu zaťažovacej dosky prepočítaný na porovnávaciu silu 50 kN a porovnávaciu teplotu 20° C [mm],
 $y_{450}(50, T 20)$ priehyb vo vzdialenosti 450 mm od stredu zaťažovacej dosky prepočítaný na porovnávaciu silu 50 kN a porovnávaciu teplotu 20° C [mm],
 $y_{1200}(50, T 20)$ priehyb vo vzdialenosti 1200 mm od stredu zaťažovacej dosky prepočítaný na porovnávaciu silu 50 kN a porovnávaciu teplotu 20° C [mm]

3.5 Teoretický model a degradačné funkcie

Hodnotenie meraní premenných parametrov ukázali, že zmena jednotlivých parametrov sa môže s využitím pravdepodobnosti formulovať matematicky. Keď každý parameter vyjadríme relatívnou hodnotou v rozsahu 0 až 1, potom pre jeho zmenu v závislosti na čase od začiatku používania vozovky platí:

$$P(z) = 1 - A \left(\frac{t}{T} \right)^B \quad (4)$$

kde $P(z)$ je charakteristika premenného parametra P vozovky, ktorý vyjadrujeme inde-
 xom resp. relatívne,
 t je čas (napr. v rokoch) od začiatku používania vozovky do okamžiku hodno-
 tenia,
 T je predpokladaná životnosť vozovky v rokoch, respektíve čas do jej porušenia
 hodnoteného podľa premenného parametra,
 A je koeficient vyjadrujúci druh vozovky a materiály, má hodnoty $0 < A < 1$,
 B je exponent vyjadrujúci postup degradácie, pre jednotlivé parametre nadobú-
 da hodnoty 0,1 až 6,0.

Pokiaľ chceme hodnotiť degradáciu v relatívnom vyjadrení t. j. v percentách, získame ho zo vzťahu:

$$P(t)\% = 100 \cdot \left(1 - A \left(\frac{t}{T} \right)^B \right) \quad (5)$$

kde $P(t)$ je charakteristika degradácie premenného parametra P v závislosti na čase
 vyjadrená v percentách,
 t je čas (napr. v rokoch) od začiatku používania vozovky do okamžiku hodno-
 tenia,
 T je predpokladaná životnosť vozovky v rokoch, respektíve čas do jej porušenia
 hodnoteného podľa premenného parametra,
 A je koeficient vyjadrujúci druh vozovky a materiály, má hodnoty $0 < A < 1$,

B je exponent vyjadrujúci postup degradácie, pre jednotlivé parametre nadobúda hodnoty 2,5 až 6,5 respektíve 0,4 až 1,0.

Hodnotu parametra P vozovky vyjadrujeme indexom respektíve relatívne. Pre ktorýkoľvek parameter vyčíslujeme pomer:

$$P(t) = \frac{P_t}{P_{\max}} \quad (6)$$

kde $P(t)$ je charakteristika degradácie premenného parametra P v závislosti na čase,
t je čas (napr. v rokoch) od začiatku používania vozovky do okamžiku hodnotenia,
 P_t je číselná hodnota sledovaného parametra nameraného v čase t,
 $P_{\max}$ je číselná medzná hodnota parametra, dosiahnutá v čase $t = 0$.

Po postavení vozovky sa hodnota $P(t) = 1$, t. j. je to v čase kedy sa degradácia vozovky ešte nezačala prejavovať, a vtedy platí

$$P_t = P_{\max} \quad (7)$$

Hodnotu $P(t) = 0$ je v čase kedy parameter P_t má nulovú hodnotu t. j. na konci životnosti v závislosti na tomto parametre.

Pomer t/T sa nazýva časový index. Má hodnoty v rozsahu 0 až 1. Životnosť T v rokoch sa berie buď podľa teoretických výpočtov, alebo podľa poznatkov o trvaní určitého parametra do dosiahnutie jeho medznej hodnoty.

Parameter A je koeficient vyjadrujúci druh vozovky a materiály, má hodnoty $0 < A < 1$. Vzhľadom na nedostatok podkladov z dlhodobých meraní na rôznych vozovkách a súčasne vedľajší význam koeficienta A zjednodušíme vzorec pre degradačný model a koeficient A uvažujem 1,0.

Parameter B je exponent vyjadrujúci postup degradácie, pre jednotlivé parametre nadobúda hodnoty 0,1 až 6,0.

Pre degradačné modely s aplikáciou v SHV navrhujeme vyjadrenie zmien únosnosti vozovky degradačnou funkciou vo všeobecnom zjednodušenom tvare.

Pre zjednodušenie sme uvažovali hodnotu $A = 1,0$ dosadením do vzorca (4) získame degradačnú funkciu pre daný parameter v obecnom tvare:

$$P(x) = 1 - \left(\frac{t}{T}\right)^B \quad (8)$$

Relatívna hodnota parametra x vozovky môže byť ukazovateľom potreby obnovy vozovky - alebo len určitej vlastnosti a tiež ukazovateľom kritického stavu. Pre využívanie degradačných modelov v SHV pre plánovanie opráv a obnovy vozovky treba stanoviť tieto dve úrovne hodnoty parametrov "x" signalizujúce potrebu obnovy a kritickú hodnotu.

Základnými vstupnými údajmi pre stanovenie degradačnej funkcie daného parametra, ktoré treba určiť sú:

- x-ová os

- o t_0 je čas výstavby respektíve čas od začiatku používania vozovky (napríklad vyjadrený v rokoch),
- o $T = t_{\max}$ je časová hodnota kedy sa predpokladá, že je daný parameter dosiahne medznú hodnotu.

- y-ová os
 - o nulová respektíve najnižšia (najvyššia) hodnotu meraného parametra. U niektorých parametroch ju môže určovať legislatíva TP, TKP normy a iné technické predpisy);
 - o medznú najväčšiu (najmenšiu) hodnotu meraného parametra. Môže ju určovať legislatíva TP, TKP normy a iné technické predpisy.

Najvyššia respektíve najnižšia sa určuje na základe toho či hodnoty sledovaného parametra pri degradácii rastú alebo klesajú.

Rozdiel medzi medznou a nulovou najnižšou (najvyššou) hodnotou stanovuje rozsah, v ktorom sa daný parameter degraduje. V čase uvedenia vozovky do premávky musí byť hodnota $P(x) = 1$ a v čase dosiahnutia medznej hodnoty musí mať parameter hodnotu $P(x) = 0$.

3.6 Degradáčne funkcie pre jednotlivé dlhodob sledované úseky

V nasledujúcich kapitolách sú hodnotené jednotlivé dlhodob sledované úseky ciest. Hodnotené boli všetky úseky. Pre každý úsek je uvedený stručný popis úseku, na základe ktorej je možné úsek na ceste lokalizovať. Tento popis je doplnený prehľadnou mapkou úseku. Každý úsek obsahuje informáciu o vozovke. Údaje o konštrukciách vozoviek boli poskytnuté SSC, ktorá ich získala od jednotlivých správco ciest. Mnohé z týchto údajov pochádzajú z dostupných technických dokumentácií, projektov, pri starších úsekoch boli údaje získané z archívu prípadne boli zistené vývrtmi. Údaje o konštrukciách boli doplnené meraniami GEORADAROM hrúbok konštrukčných vrstiev vozoviek.

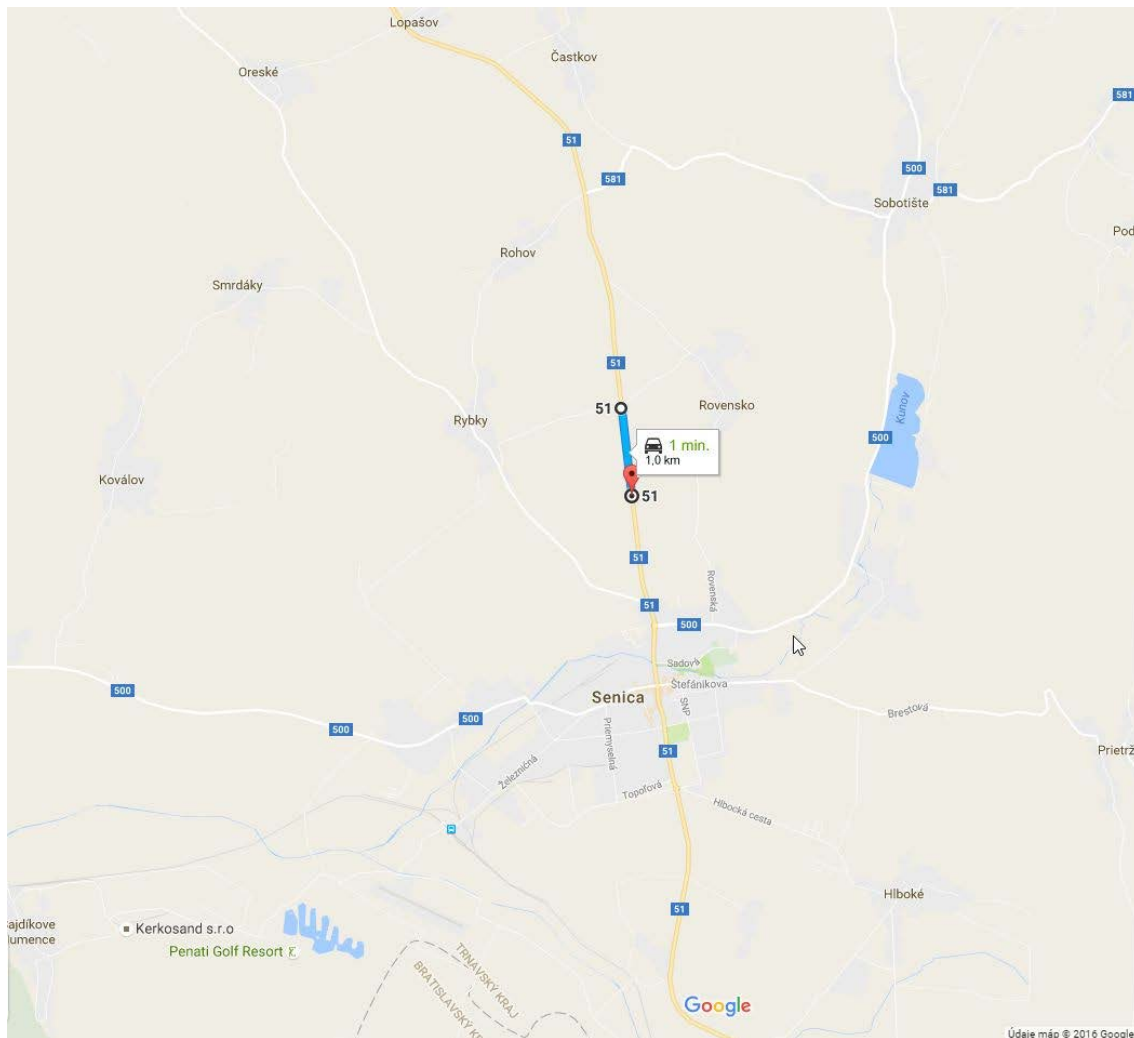
Dôležitý vstupný údaj je doba výstavby vozovky a jej životnosť. Údaje o výstavbe boli získavané taktiež od správco CK a z dostupných odborných publikácií. Údaje dopravného zaťaženia sú z celoštátneho sčítania dopravy z r.2010. Vyhodnotenie obsahuje vyjadrenie zmeny E_{ekv} a zmeny indexov SCI a BCI v priebehu rokov a určenú degradačnú funkciu pre moduly pružnosti E_{ekv} a indexy SCI a BCI. Pre každý úsek je uvedený záver z hodnotenia.

V záverečnej kapitole tejto rozborovej úlohy sú v tabuľkách zosumarizované vstupné údaje, charakteristiky vozovky a výsledky hodnotenia s uvedenými exponentmi degradačnej funkcie.

4 Úsek 1 Rovensko - Senica

4.1 Všeobecne

Úsek sa nachádza na ceste I/51 a začína na križovatke ciest I/51 a III/1158 (odbočka na Rovensko). Koniec úseku je 1000 m od začiatku úseku smerom na mesto Senica – v smere staničenia cesty.



Obrázok 4.1

4.1.1 Vozovka

Vozovka podľa dostupných informácií má skladbu

1.	AB	30	mm
2.	AB	30	mm
3.	KAZ	60	mm
4.	OŠP	100	mm
5.	OŠP	80	mm
Spolu		300	mm

Spolu stmelené vrstvy 300 mm

Štatisticky spracované výsledky merania hrúbok vozovky GEORADAROM sú uvedené v tabuľke 4.1.

Tabuľka 4.1

I/51 ROVENSKO								
	Pravý pruh (PP)				Ľavý pruh (LP)			
	Stmelené vrstvy PP (mm)	Nestmelené vrstvy PP (mm)	Celková hrúbka vozovky PP (mm)	Poznámka	Stmelené vrstvy LP (mm)	Nestmelené vrstvy LP (mm)	Celková hrúbka vozovky LP (mm)	Poznámka
Priemer	286	418	704		304	384	688	
Min.	217	246	553		227	203	498	
Max.	355	695	932		409	617	889	
Sigma	33	99	96		75	122	176	
cv	11,47%	23,55%	13,66%		24,55%	31,63%	25,51%	

Výsledky merania GEORADAROM sa zhodujú s danou skladbou vozovky 300 mm stmelených vrstiev v skladbe vozovky s cca 300 mm stmelených vrstiev zistených GEORADAROM.

Hrúbka vozovky meraná GEORADAROM je cca 700 mm ako aj jednotlivé stmelené a nestmelené časti vozovky majú veľmi rovnomerne rozdelené hodnoty $cv < 25\%$ úsek z hľadiska vozovky je homogénny.

4.1.2 Doba výstavby a životnosť

Vozovka bola postavená v roku 1971.

Pre stanovenie degradačných funkcií bola uvažovaná životnosť je uvažovaná na 50 rokov.

4.1.3 Dopravné zaťaženie

Počet nákladných vozidiel za 24 h v oboch smeroch je 1 644. Za celé návrhové obdobie to je 14,31 mil. návrhových náprav. Doteraz sa zrealizovalo 12,88 mil. návrhových náprav.

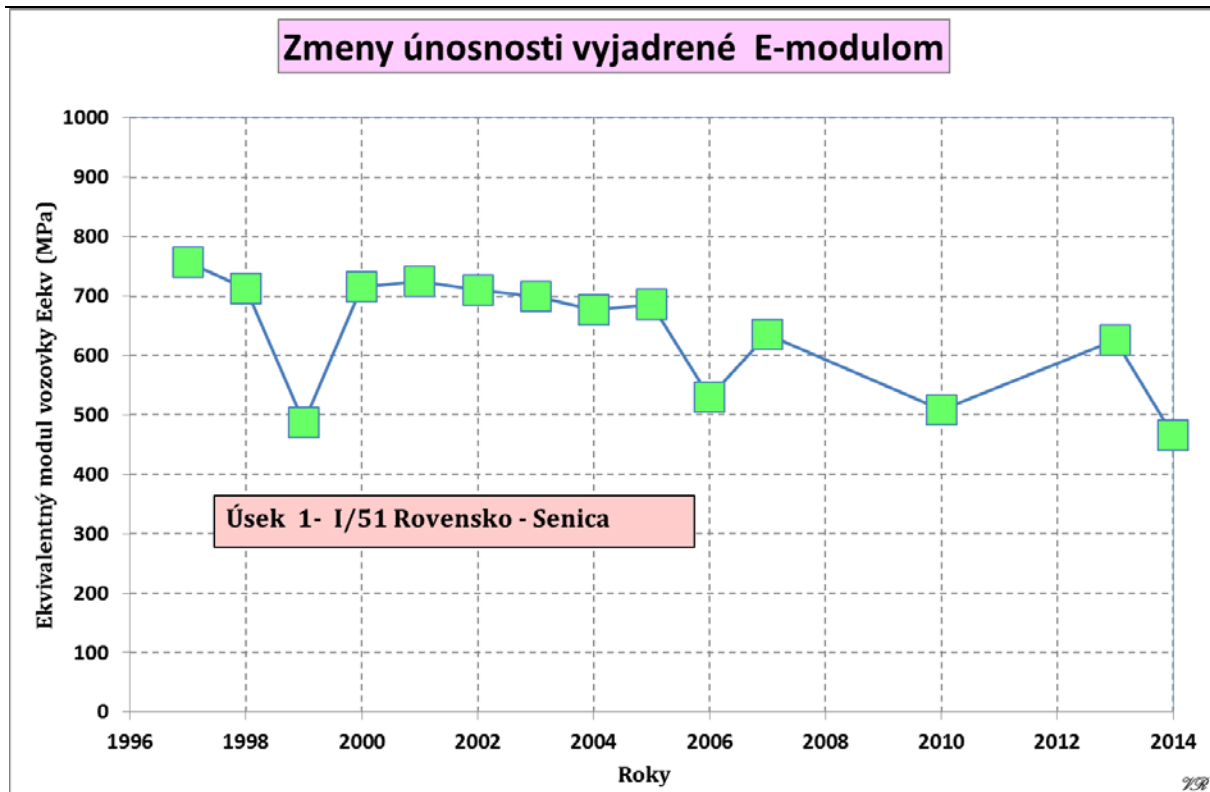
4.2 Únosnosť vyjadrená ekvivalentným modulom pružnosti

Na obrázku 4.2 sú vykreslené zmeny únosnosti vyjadrené ekvivalentným modulom pružnosti. Z obrázku je zrejmé, že merania v rokoch 1999 a 2006 sú nereálne a z toho dôvodu sme ich pre stanovenie degradačných funkcií neuvažovali. Zmeny únosnosti po vyradení meraní sú zobrazené na obrázku 4.3.

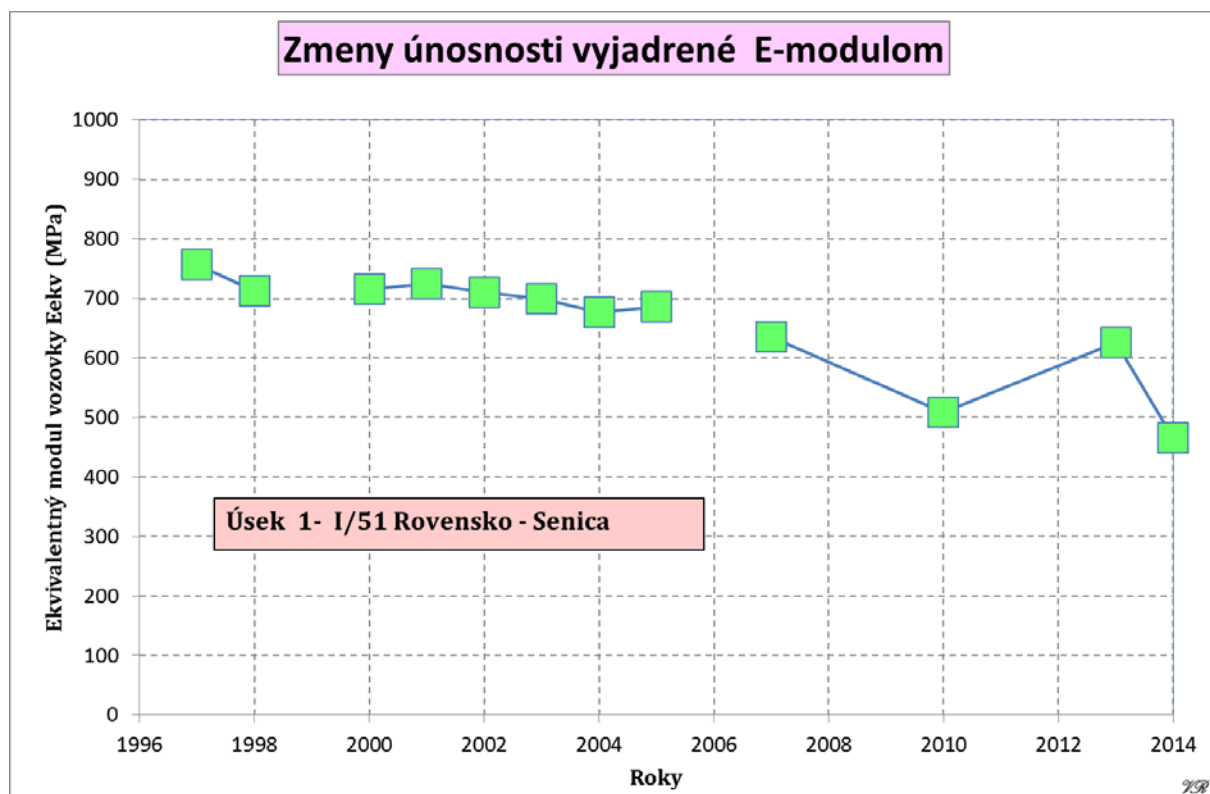
Degradačná funkcia únosnosti zisťovaná prostredníctvom ekvivalentného modulu pružnosti je zobrazená na obrázku 4.4.

Vozovka sa blíži ku koncu životnosti, jednoznačne to ukazuje degradačná funkcia približujúca sa k nulovým hodnotám.

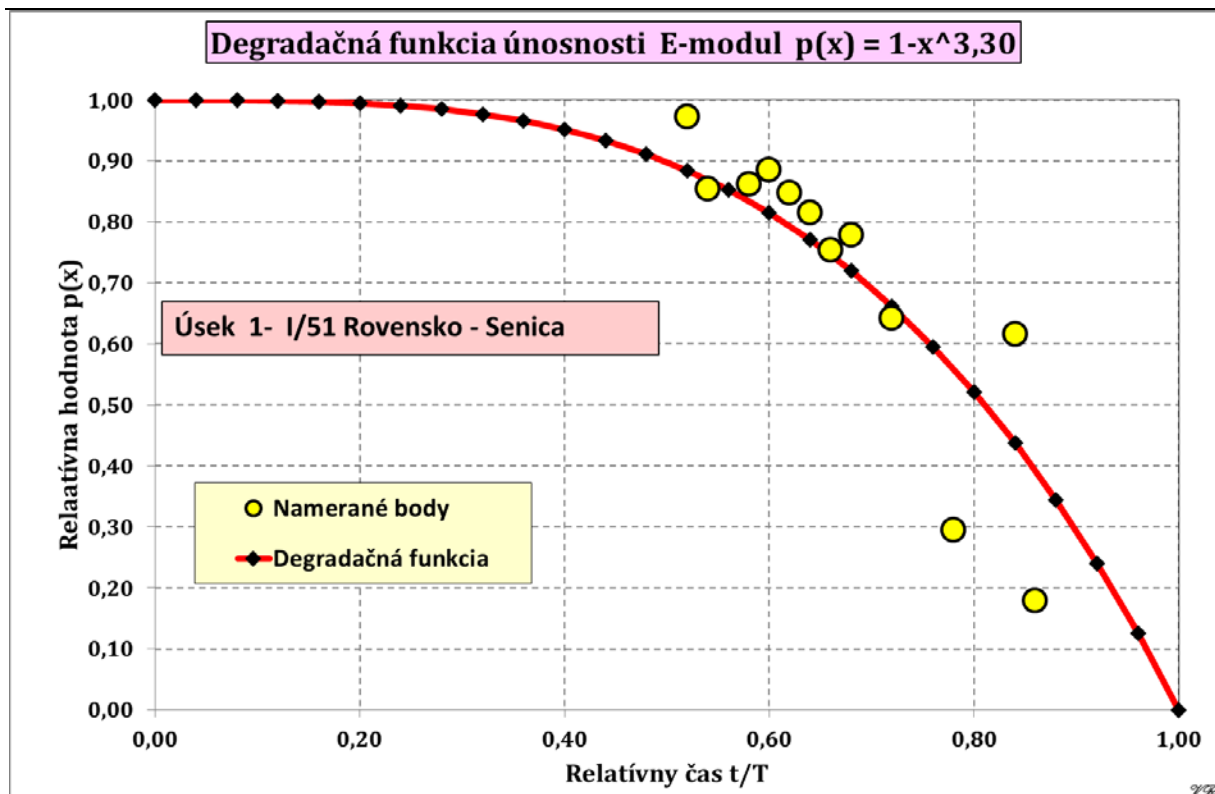
Zmeny indexov krivosti počas meraného obdobia sú zobrazené na obrázku 4.5. Aj v tomto prípade je potrebné vyradiť merania niektorých rokov. Výsledky vstupujúce do hodnotenia degradácie indexov krivosti sú zobrazené na obrázku 4.6.



Obrázok 4.2

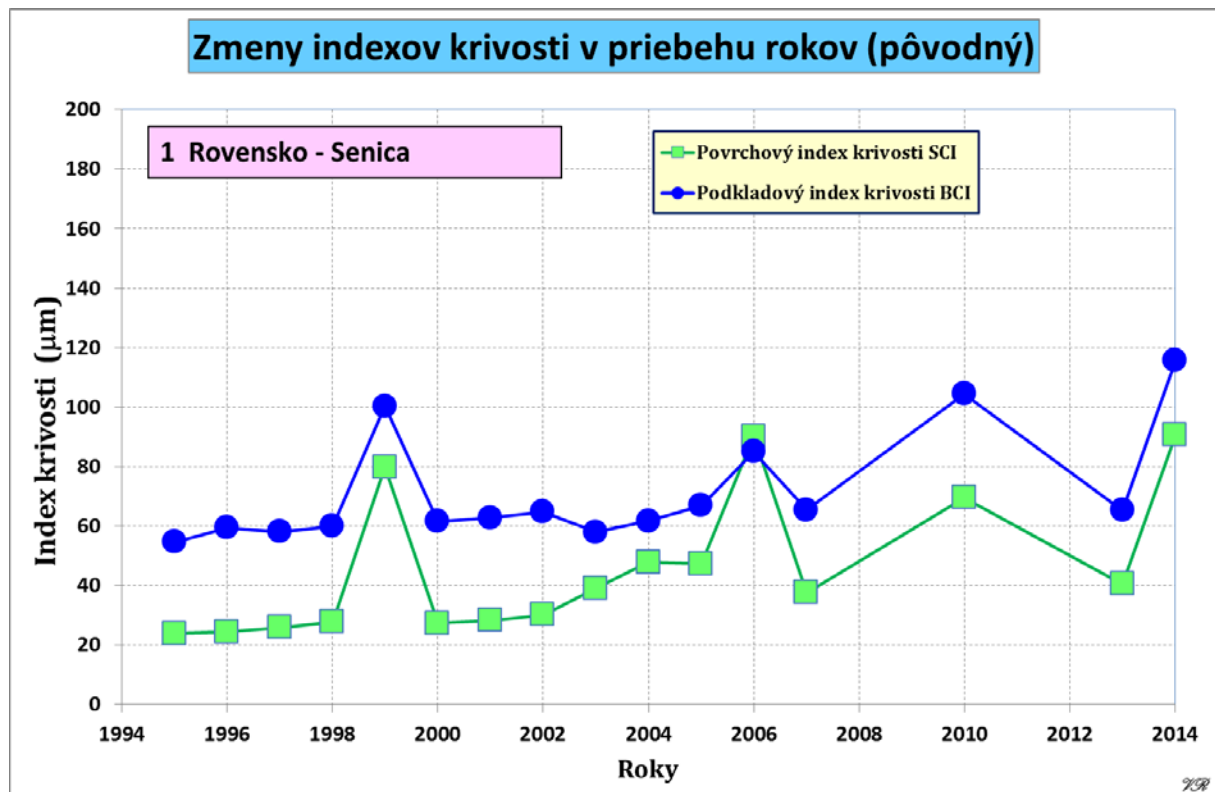


Obrázok 4.3

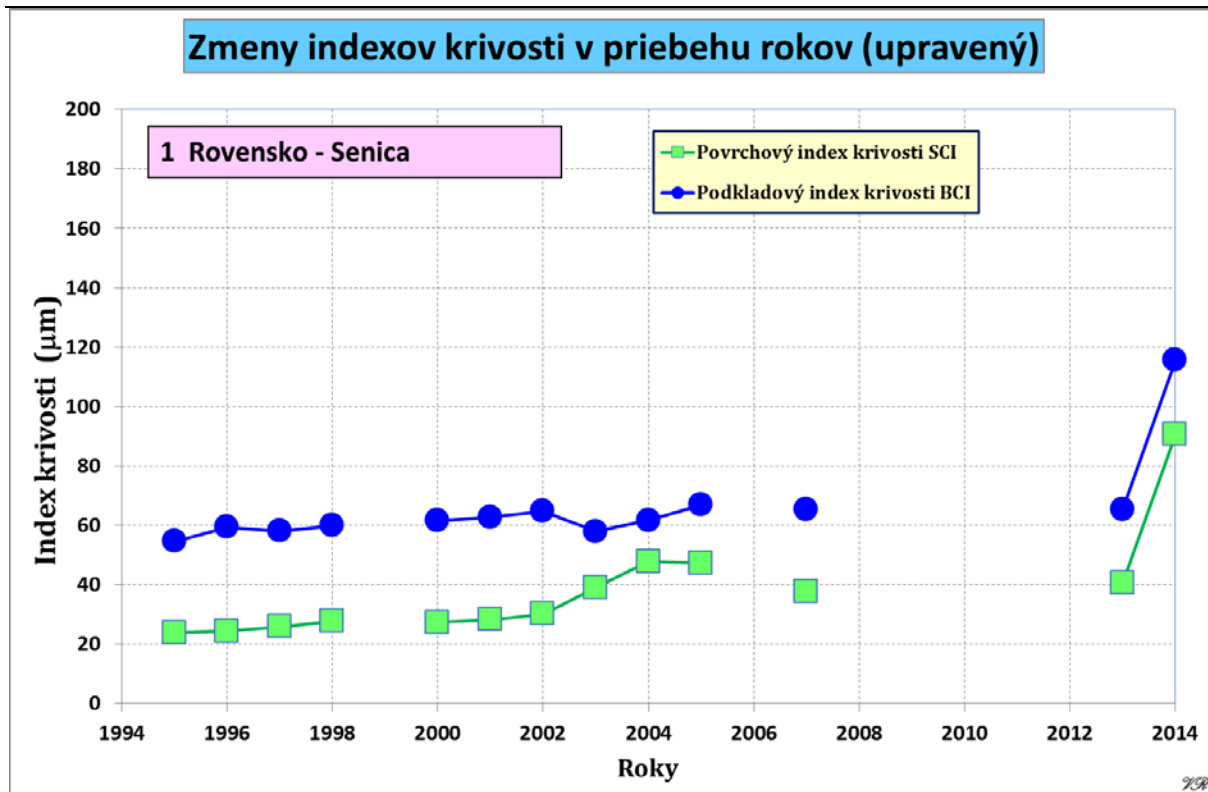


Obrázok 4.4

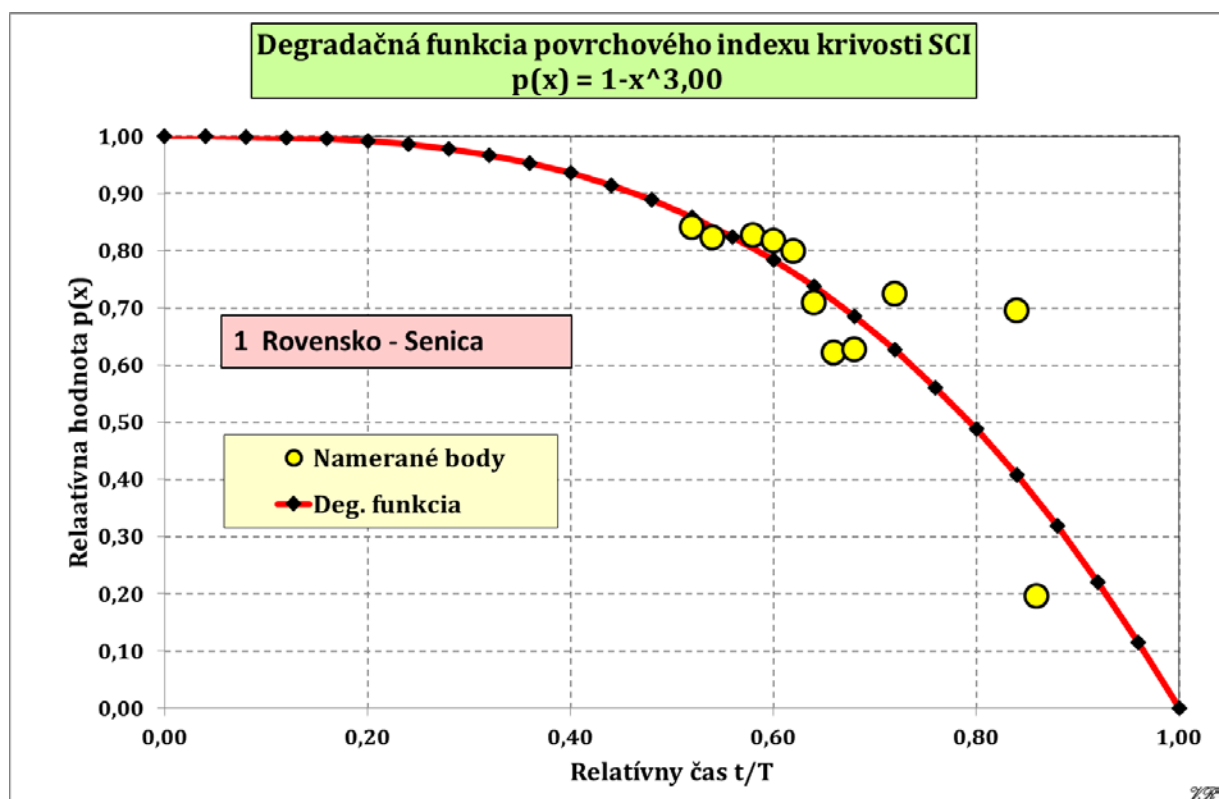
4.3 Únosnosť vyjadrená indexmi krivosti



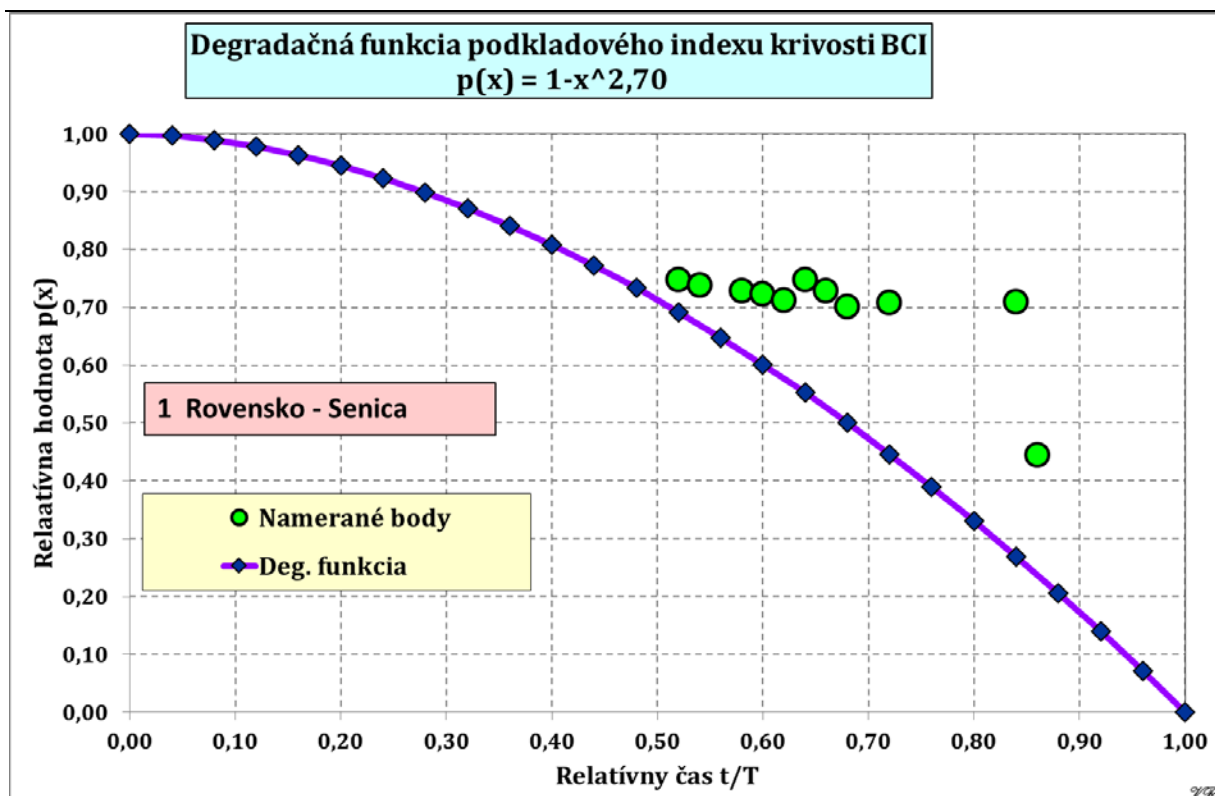
Obrázok 4.5



Obrázok 4.6



Obrázok 4.7



Obrázok 4.8

Degradácia povrchového indexu krivosti SCI je zobrazená na obrázku 4.7 a degradácia podkladového indexu krivosti BCI je zobrazená na obrázku 4.8.

4.4 Záver – úsek 1 Rovensko - Senica

Vozovka bola doteraz zaťažená 12,88 mil. prejazdmi návrhových náprav. Zmeny únosnosti a zmeny indexov krivosti naznačujú, že vozovka sa blíži k hraničným hodnotám únosnosti. Potvrdzujú to aj degradačné funkcie únosnosti a indexov krivosti.

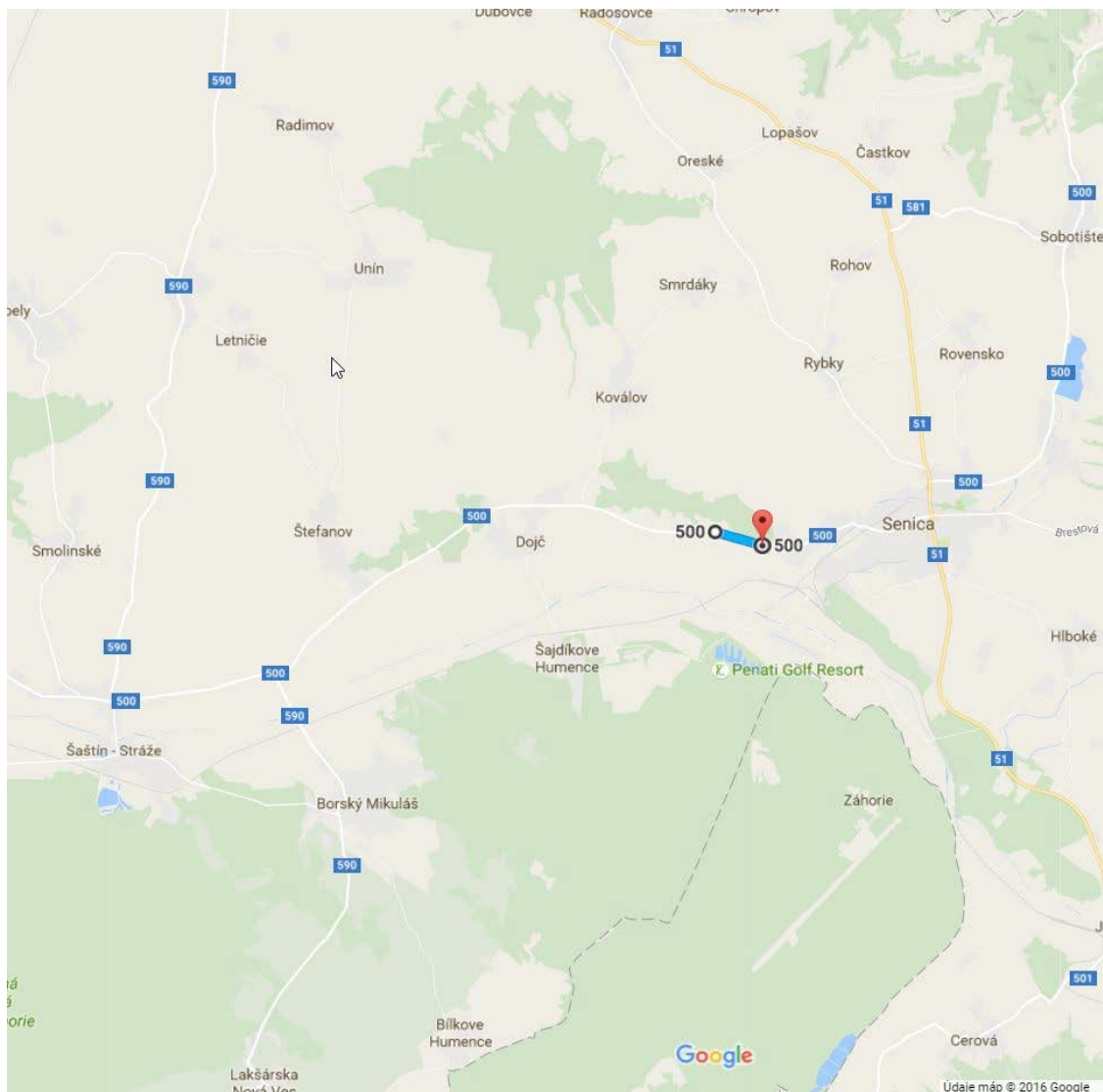
Exponent v degradačnej funkcii je väčší ako 1 čo platí pre únosnosť obecné. Hodnoty exponenta pre $E_{E_{kv}}$ sú $B=3,3$, pre SCI $B=3,0$ a pre BCI $B=2,7$.

Túto vozovku je potrebné sledovať a merať únosnosť každý rok. Vychádzajúc z degradačných funkcií pri takejto intenzite dopravy je predpoklad, že vozovka za necelých 5 rokov ($0,1 \cdot 50$) dosiahne najmenšie hraničné hodnoty únosností a indexov krivosti.

5 Úsek 2 Koválov - Čáčov

5.1 Všeobecne

Úsek sa nachádza na ceste II/500 medzi obcami Dojč a Čáčov. Začiatok úseku je 10 m za mostom č.500-009. Koniec úseku je 1000 m od začiatku úseku smerom na mesto Senica – v smere staničenia cesty.



Obrázok 5.1

5.1.1 Vozovka

Vozovka podľa dostupných informácií má skladbu

1.	AB II	60	mm
2.	AB III	70	mm
3.	OŠP	65	mm
4.	makadam	130	mm
5.	ŠP	600	mm
Spolu		925	mm

Stmelené vrstvy majú hrúbku 325 mm.

Štatisticky spracované výsledky merania hrúbok vozovky GEORADAROM sú uvedené v tabuľke 5.1.

Tabuľka 5.1

II/500 KOVÁLOV								
	Pravý pruh (PP)				Ľavý pruh (LP)			
	Stmelené vrstvy PP (mm)	Nestmelené vrstvy PP (mm)	Celková hrúbka vozovky PP (mm)	Poznámka	Stmelené vrstvy LP (mm)	Nestmelené vrstvy LP (mm)	Celková hrúbka vozovky LP (mm)	Poznámka
Priemer	325	460	785		310	454	765	
Min.	229	248	581		232	193	554	
Max.	435	701	1008		404	659	995	
Sigma	46	113	136		48	107	128	
cv	14,21%	24,57%	17,33%		15,40%	23,55%	16,69%	

Výsledky merania GEORADAROM sa zhodujú so zadanou skladbou vozovky v stmelených vrstvách 325 mm. V celkovej hrúbke vozovky sa výsledky nezhodujú

Stmelené vrstvy vozovky majú veľmi rovnomerne rozdelené hodnoty cv < 25 % úsek je z hľadiska stmelených vrstiev vozovky homogénny.

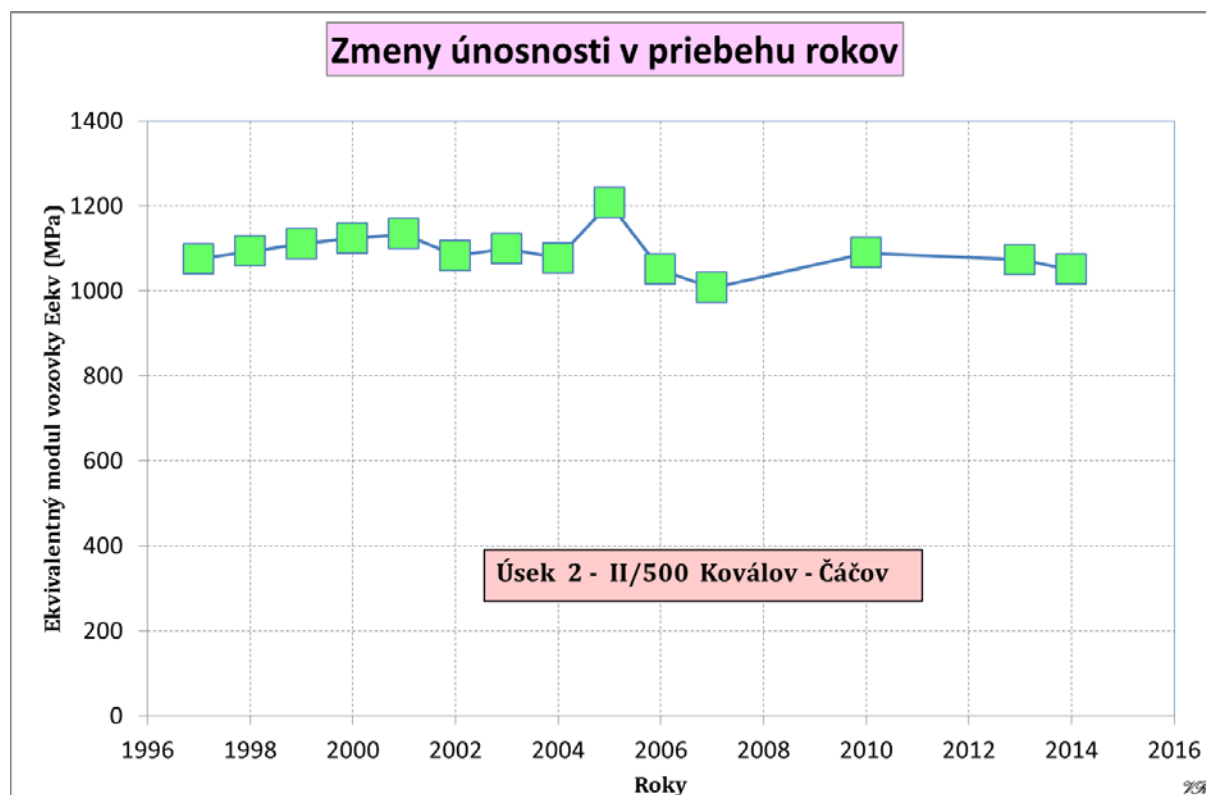
5.1.2 Doba výstavby a životnosť

Vozovka bola postavená v roku 1970. Pre stanovenie degradačných funkcií bola uvažovaná životnosť 50 rokov t.j. do roku 2020.

5.1.3 Dopravné zaťaženie

Počet nákladných vozidiel za 24 h v oboch smeroch je 2 076. Za celé návrhové obdobie to je 18,07 mil. návrhových náprav. Doteraz sa zrealizovalo 16,63 mil. návrhových náprav.

5.2 Únosnosť vyjadrená ekvivalentným modulom pružnosti



Obrázok 5.2

Na obrázku 5.2 sú vykreslené zmeny únosnosti vyjadrené ekvivalentným modulom pružnosti.

Z obrázku 5.2 je zrejmé, že hodnoty ekvivalentného modulu z meraní v rokoch 1997 až 2014 sa výrazne nemenili. Únosnosť nevyjadrovala klesajúcu tendenciu

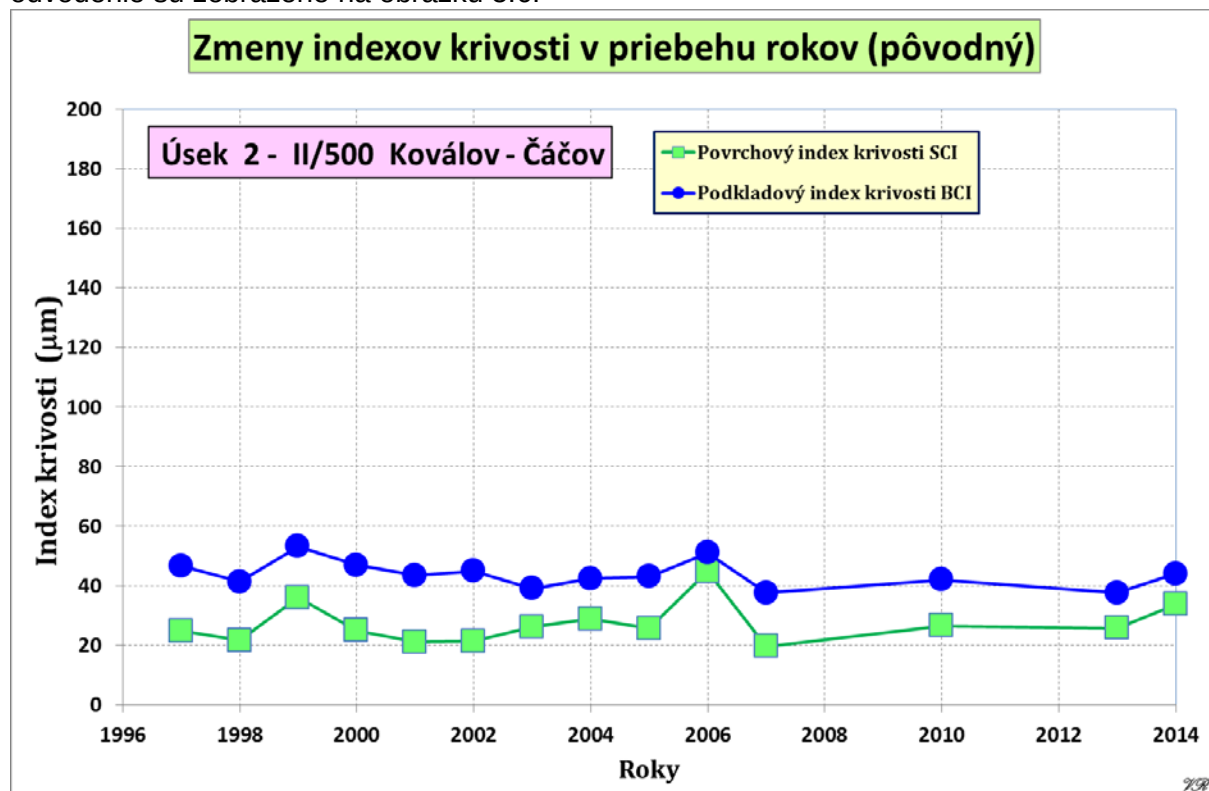
Degradácia funkcia únosnosti zisťovaná prostredníctvom ekvivalentného modulu pružnosti sa nedala odvodiť a zobraziť. Body v degradačnej závislosti sú zobrazené na obrázku 5.3.

5.3 Únosnosť vyjadrená indexmi krivosti

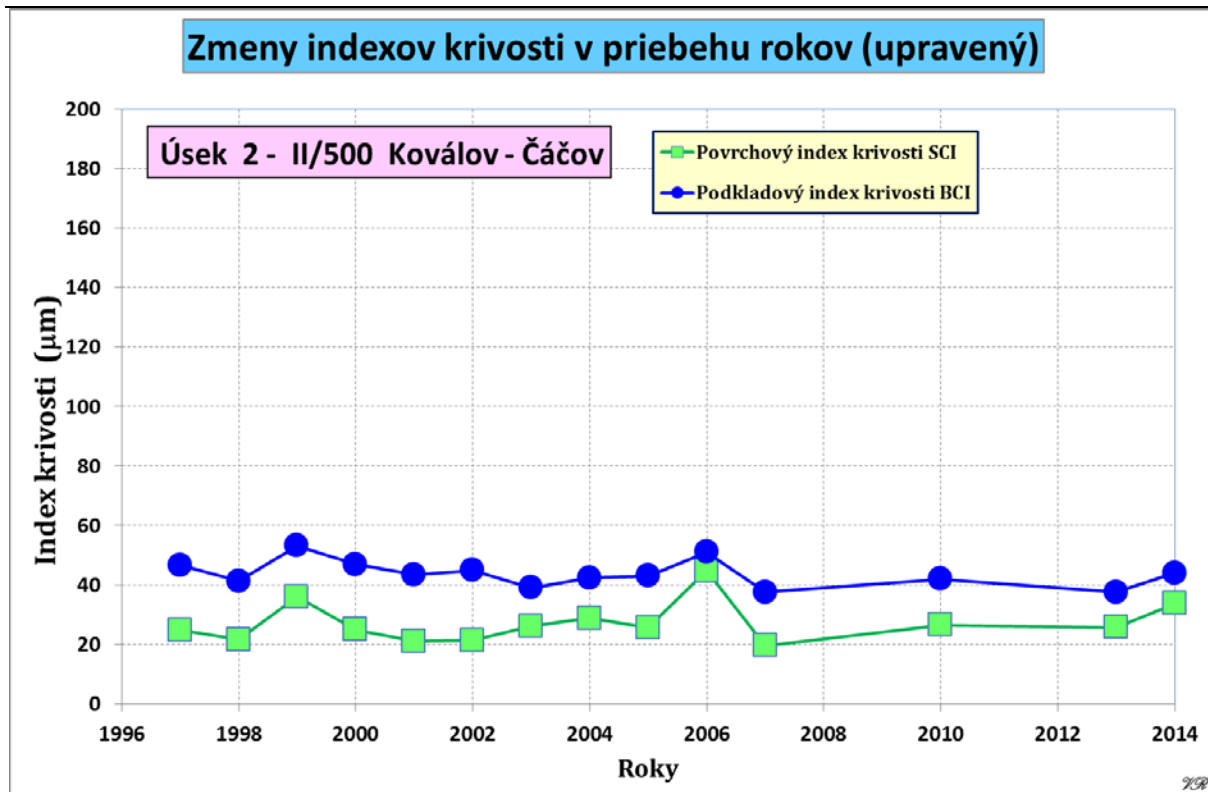
Zmeny indexov krivosti počas meraného obdobia sú zobrazené na obrázku 5.4. Zmeny indexov SCI a BCI nevykazujú žiadnu výraznú zmenu.

Degradácia povrchového indexu krivosti SCI sa nedala odvodiť. Jednotlivé body pre odvodenie sú zobrazené na obrázku 5.5.

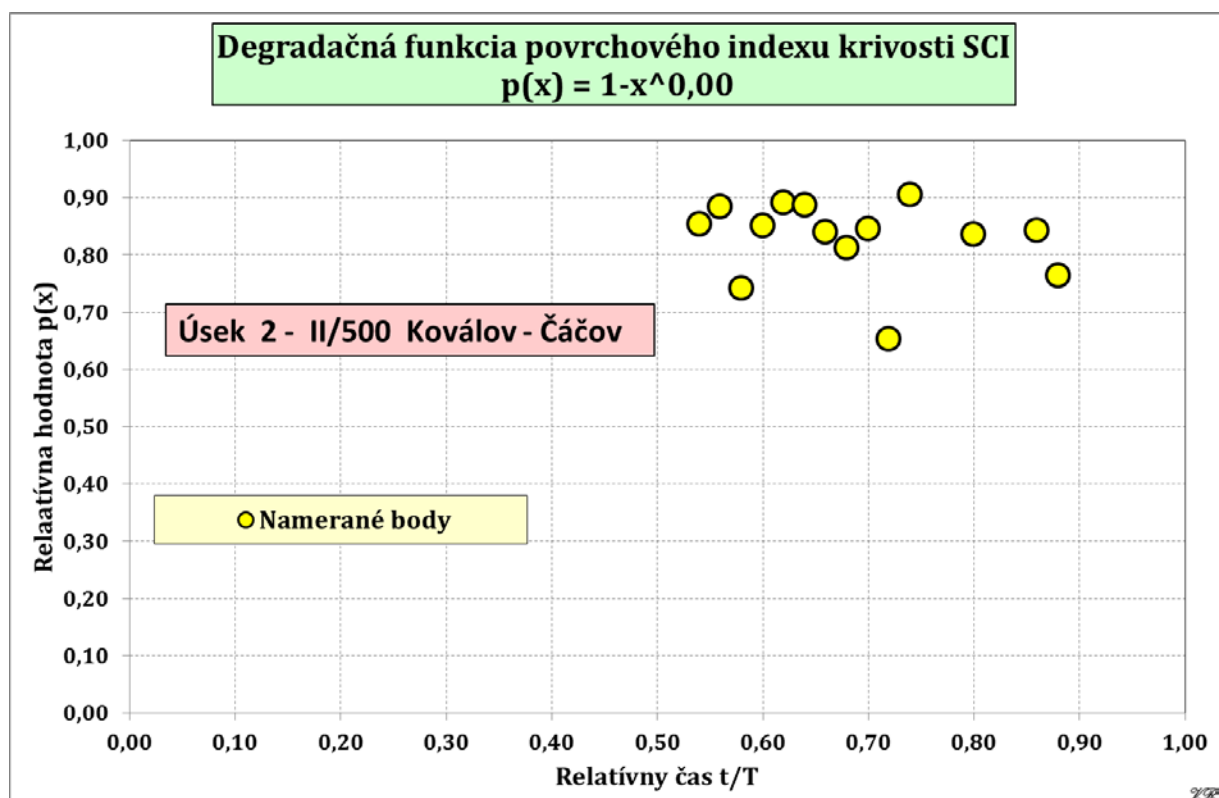
Degradácia povrchového indexu krivosti BCI sa nedala odvodiť. Jednotlivé body pre odvodenie sú zobrazené na obrázku 5.6.



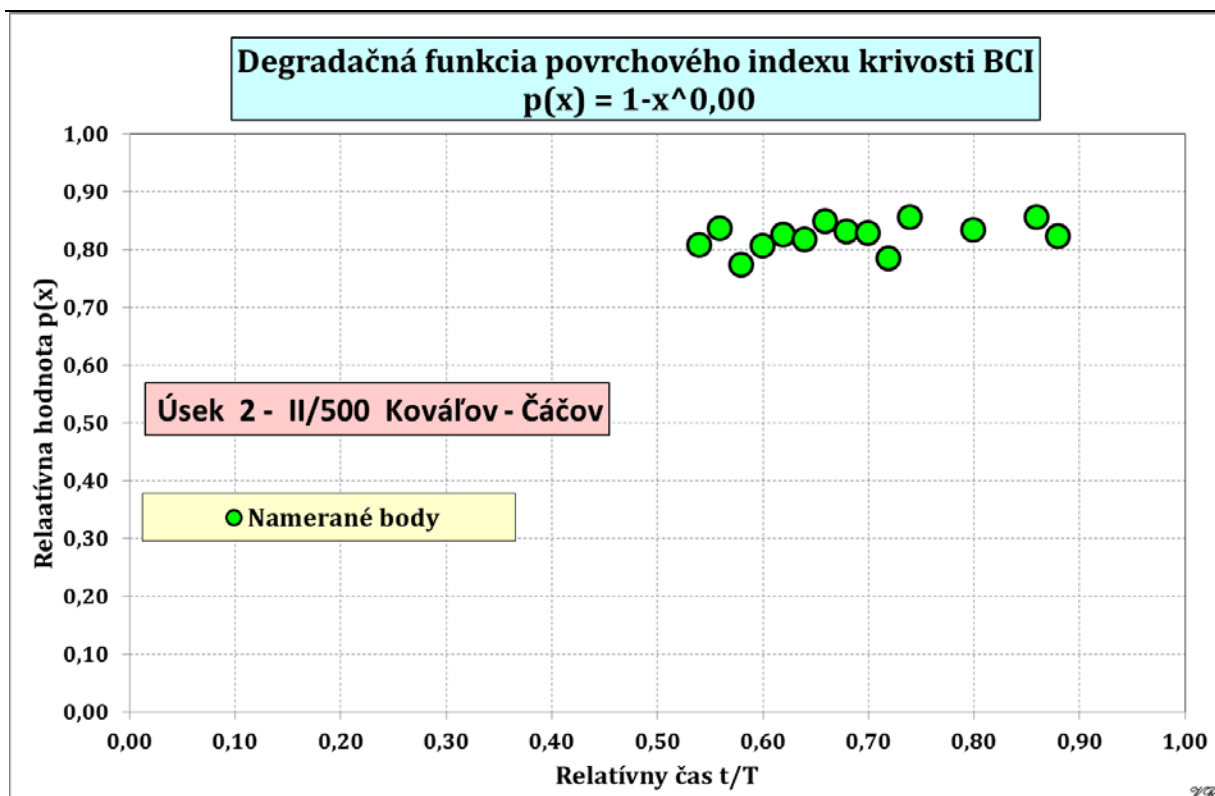
Obrázok 5.3



Obrázok 5.4



Obrázok 5.5



Obrázok 5.6

5.4 Záver – Úsek 2 Kovalov - Čáčov

Vozovka bola doteraz zaťažená 16,63 mil. prejazdmi návrhových náprav. Zmeny únosnosti a zmeny indexov krivosti sa doteraz neprejavili.

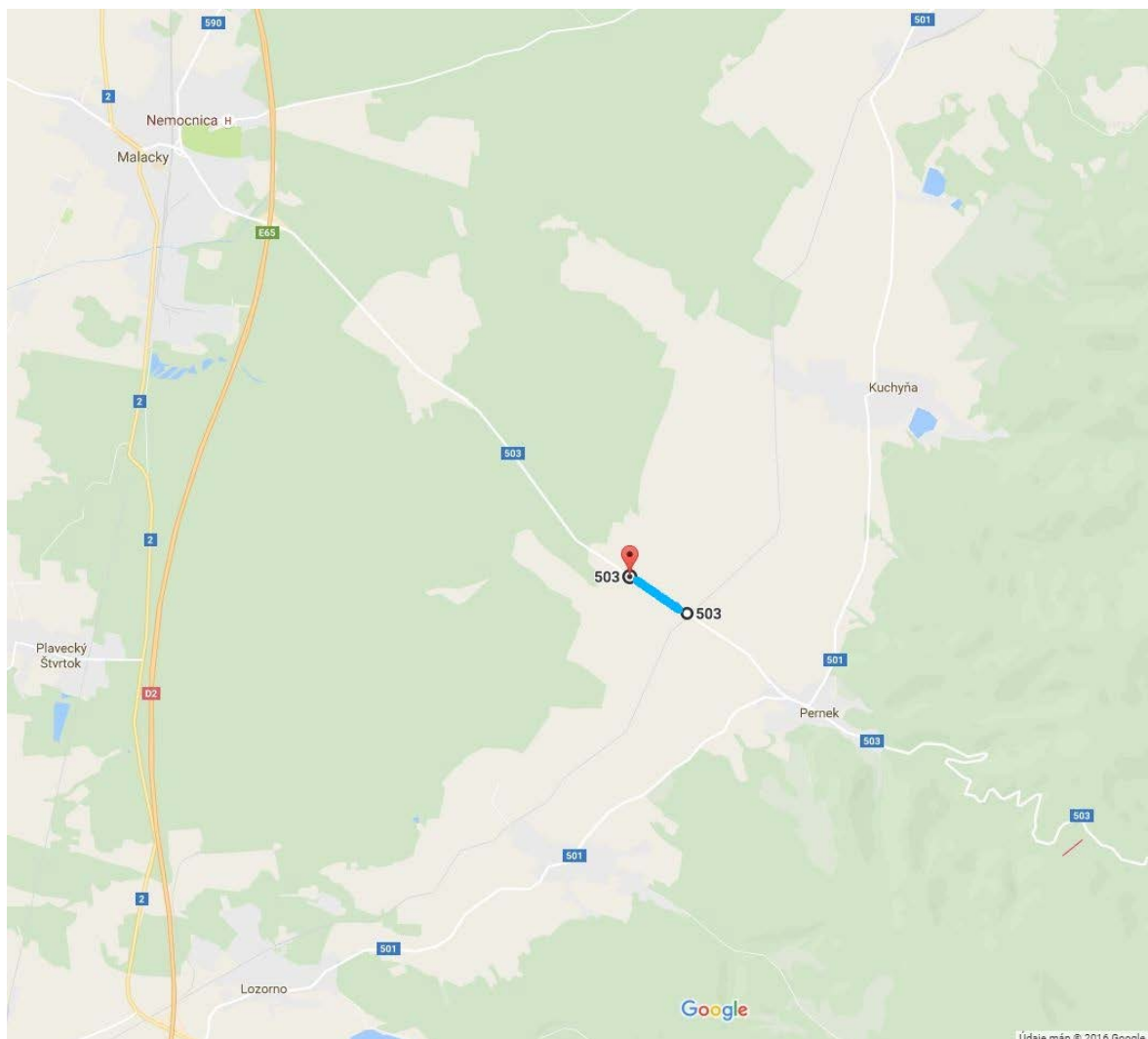
Vozovka má stále únosnosť vyjadrenú v ekvivalentnom module väčšiu ako 1000 MPa. Degradačné funkcie sa nedali odvodiť.

Túto vozovku je potrebné sledovať a merať únosnosť každý tretí rok.

6 Úsek 3 Pernek - Malacky

6.1 Všeobecne

Úsek sa nachádza na ceste II/503 za obcou Pernek smerom na Malacky. Začiatok úseku je 25 m za železničnou traťou. Koniec úseku je 1000 m od začiatku úseku smerom na mesto Malacky – v smere staničenia cesty.



Obrázok 6.1

6.1.1 Vozovka

Informácie o skladbe vozovky nie sú dostupné. Uskutočnilo sa len meranie hrúbok GEORADAROM.

Štatisticky spracované výsledky merania hrúbok vozovky GEORADAROM sú uvedené v tabuľke 6.1.

Tabuľka 6.1

II/503 PERNEK								
	Pravý pruh (PP)				Ľavý pruh (LP)			
	Stmelené vrstvy PP (mm)	Nestmelené vrstvy PP (mm)	Celková hrúbka vozovky PP (mm)	Poznámka	Stmelené vrstvy LP (mm)	Nestmelené vrstvy LP (mm)	Celková hrúbka vozovky LP (mm)	Poznámka
Priemer	366	359	726		349	383	734	
Min.	196	146	509		149	159	548	
Max.	495	1418	1696		480	879	1103	
Sigma	52	119	114		47	101	104	
cv	14,31%	33,19%	15,72%		13,40%	26,42%	14,14%	

Hrúbka stmelených vrstiev je cca 350 mm a celková hrúbka cca je 730 mm.

6.1.2 Doba výstavby a životnosť

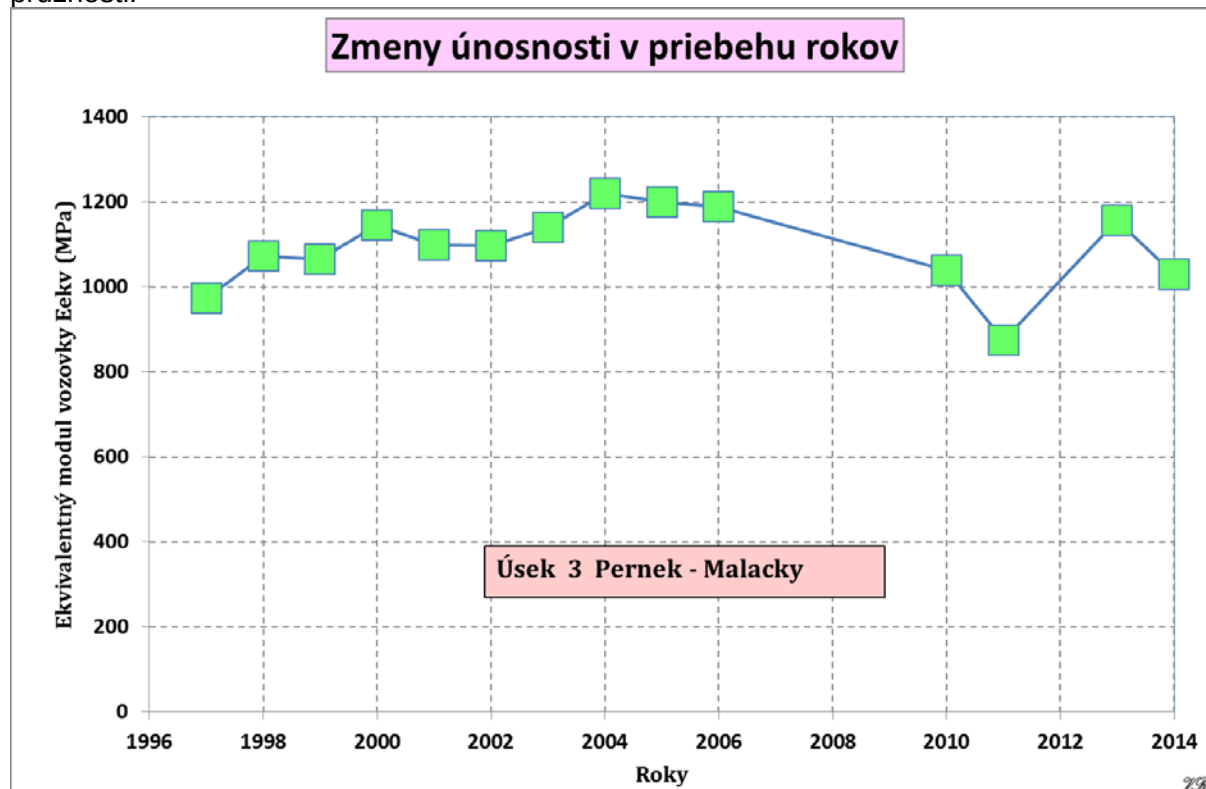
Vozovka bola postavená v roku 1970. Pre stanovenie degradačných funkcií bola uvažovaná životnosť je uvažovaná na 50 rokov.

6.1.3 Dopravné zaťaženie

Počet nákladných vozidiel za 24 h v oboch smeroch je 459. Za celé návrhové obdobie to je 4,0 mil. návrhových náprav. Doteraz sa zrealizovalo 3,68 mil. návrhových náprav.

6.2 Únosnosť vyjadrená ekvivalentným modulom pružnosti

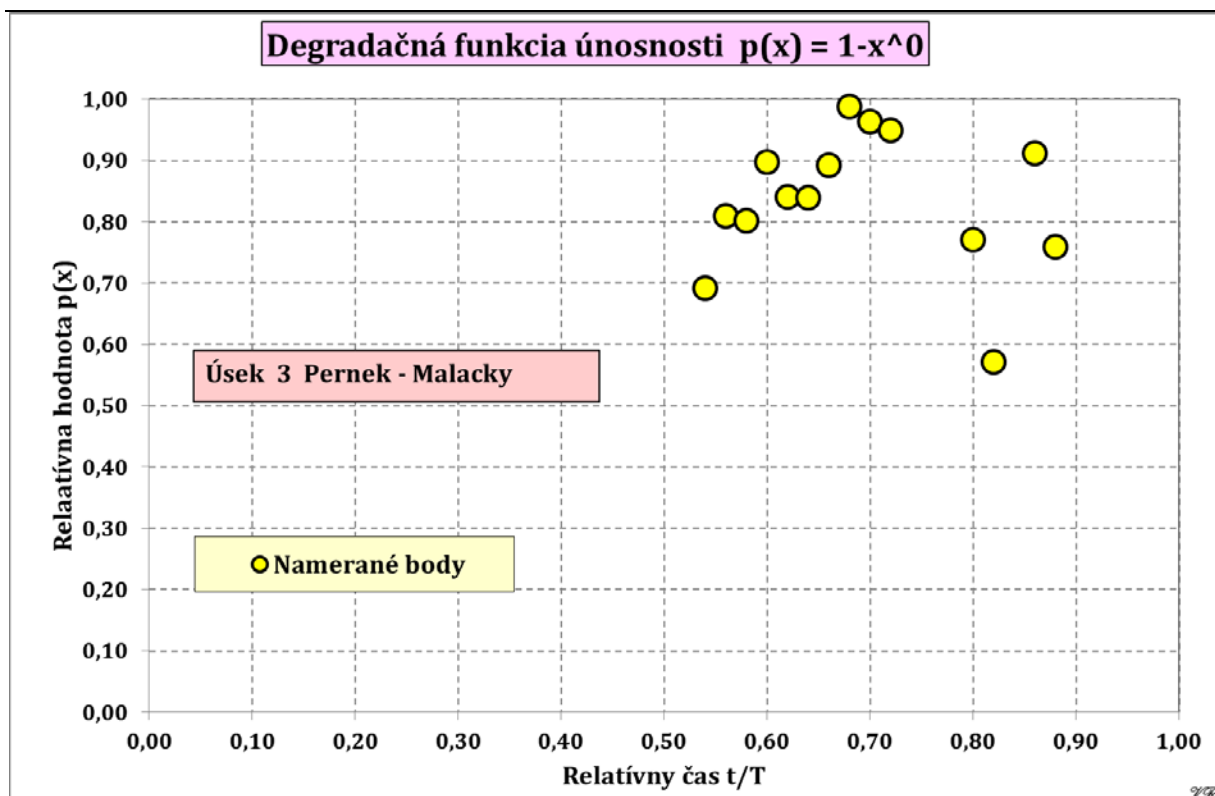
Na obrázku 6.2 sú vykreslené zmeny únosnosti vyjadrené ekvivalentným modulom pružnosti.



Obrázok 6.2

Z obrázku 6.2 je zrejmé, že hodnoty ekvivalentného modulu z meraní v rokoch 1997 až 2010 sa výrazne nemenili. V roku 2011 a v roku 2013 sú extrémne pre ktoré nemáme informácie o stavebných zásahoch.

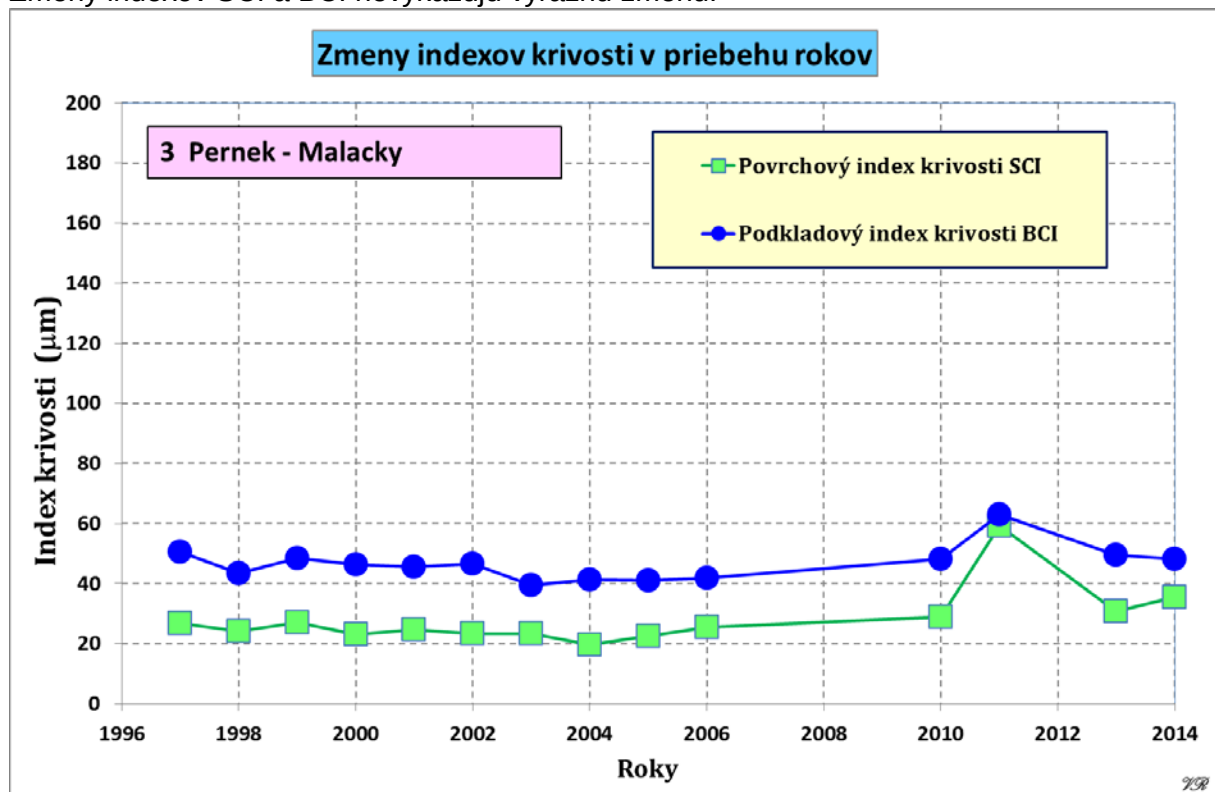
Degradačná funkcia únosnosti zisťovaná prostredníctvom ekvivalentného modulu pružnosti sa nedala odvodiť a zobraziť. Body sú zobrazené na obrázku 6.3.



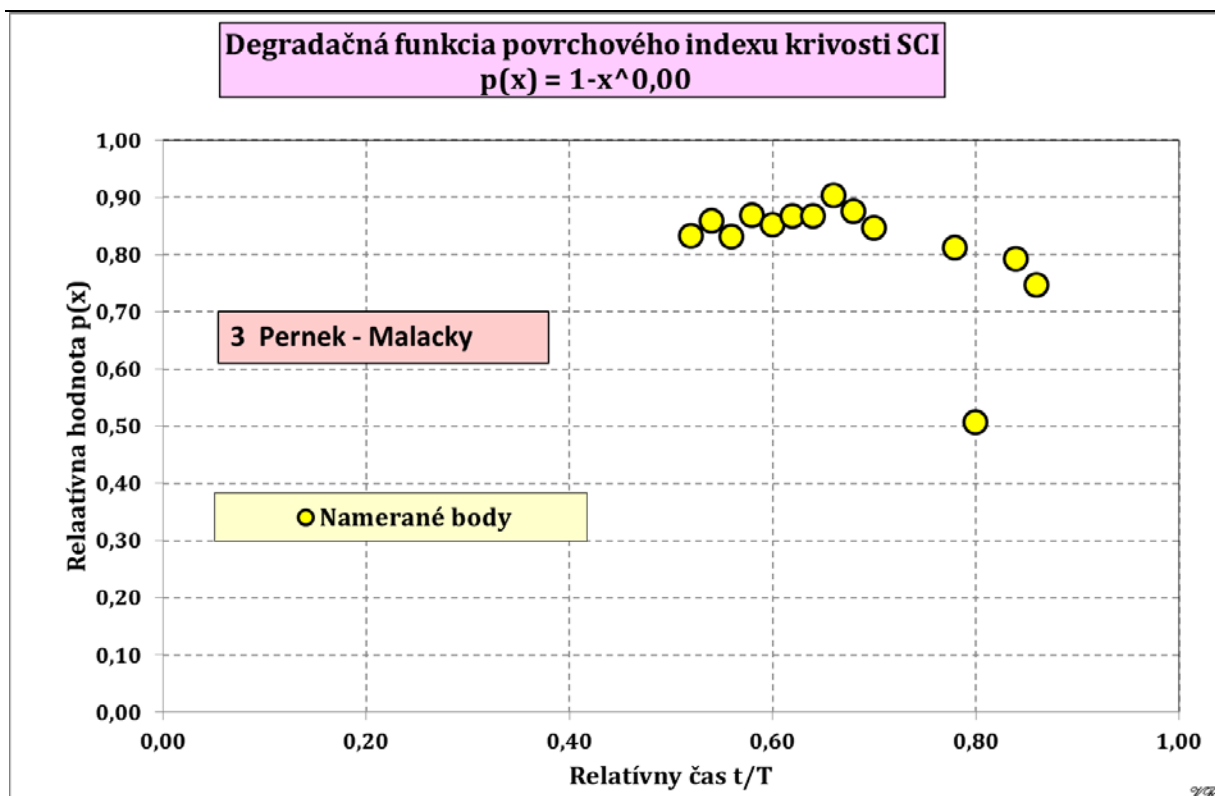
Obrázok 6.3

6.3 Únosnosť vyjadrená indexmi krivosti

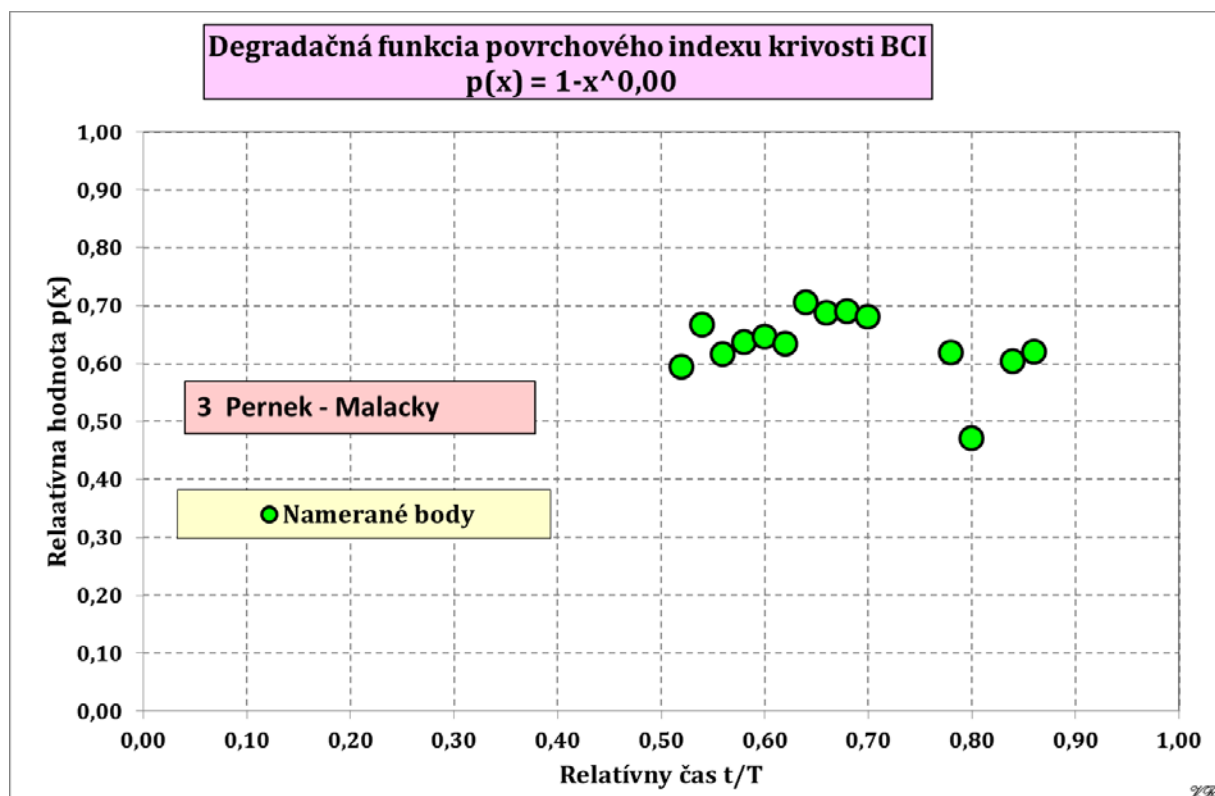
Zmeny indexov krivosti počas meraného obdobia sú zobrazené na obrázku 6.4. Zmeny indexov SCI a BCI nevykazujú výraznú zmenu.



Obrázok 6.4



Obrázok 6.5



Obrázok 6.6

Degradácia povrchového indexu krivosti SCI sa nedala odvodiť. Jednotlivé body pre odvodenie sú zobrazené na obrázku 6.5.

Degradácia povrchového indexu krivosti BCI sa nedala odvodiť. Jednotlivé body pre odvodenie sú zobrazené na obrázku 6.6.

6.4 Záver - úsek 3 Pernek – Malacky

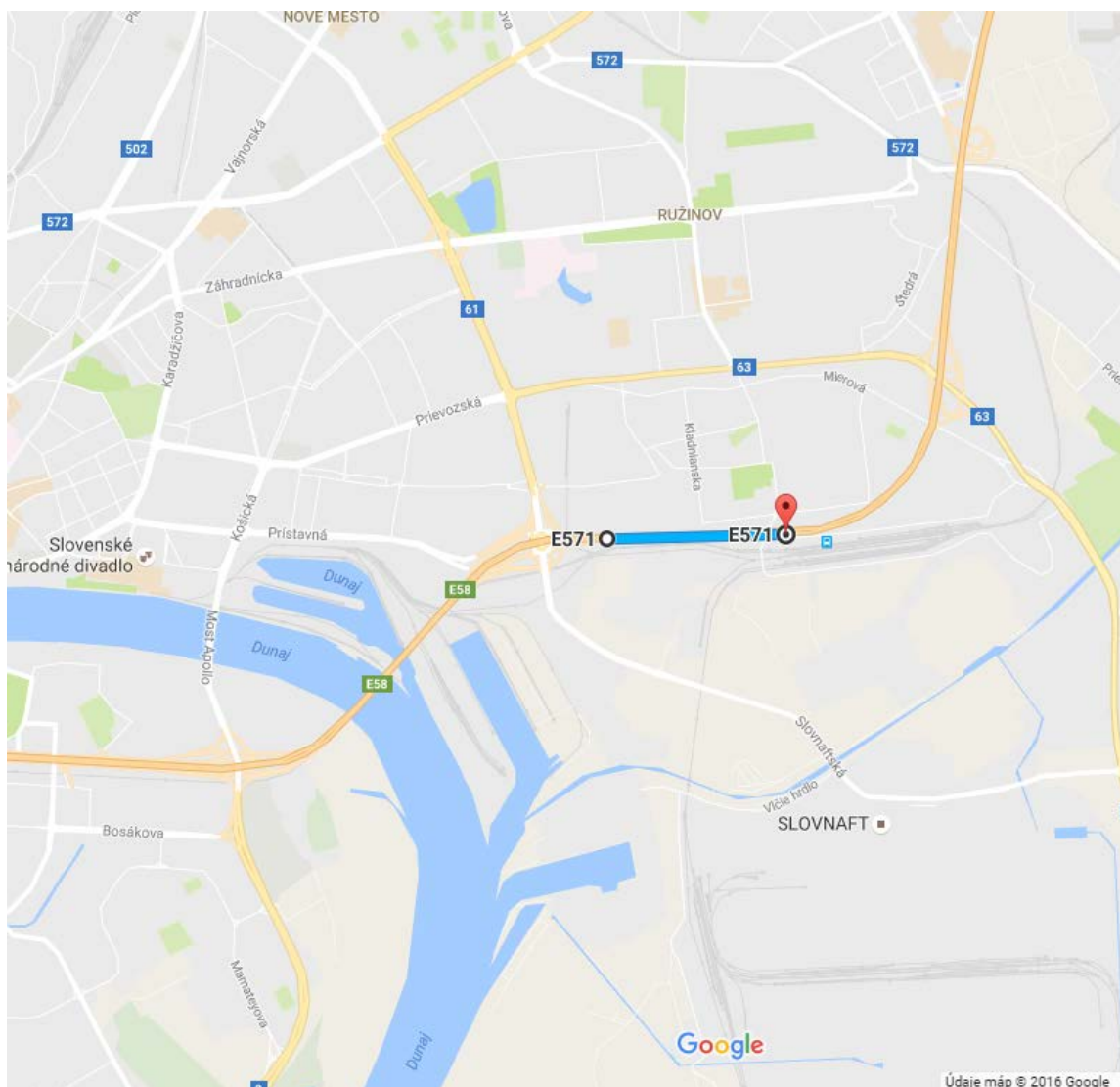
Vozovka bola doteraz zaťažená 3,68 mil. prejazdmi návrhových náprav. Zmeny únosnosti a zmeny indexov krivosti naznačujú, že vozovka pred meraním v roku 2013 bola stavebne zmenená. Degradáčne funkcie sa nedali odvodiť.

Túto vozovku je potrebné sledovať a merať únosnosť každý rok. Od roku 2013 vykazuje vozovka degradáciu z hľadiska únosnosti. Vzhľadom k tomu, že nie je známa skladba vozovky je potrebné urobiť vývrt z vozovky.

7 Úsek 4 Bajkalská (DZM) - Mierová

7.1 Všeobecne

Úsek sa nachádza na diaľnici D1 za Prístavným mostom a končí pri odbočení na Stredisko údržby diaľnic. Úsek je dĺžky 1000 m. Úsek po dokončení obchvatu Bratislavy sa od roku 2005 ďalej nemeria a dlhodobo nesleduje.



Obrázok 7.1

7.1.1 Vozovka

Vozovka podľa dostupných informácií má skladbu

1.	AB I	50	mm
2.	AB II	70	mm
3.	OK I	110	mm
4.	SC I	220	mm
5	ŠP	150	mm
Spolu		600	mm

Stmelené vrstvy majú hrúbku 450 mm.

Údaje z merania hrúbok vozovky GEORADAROM nie sú k dispozícii.

7.1.2 Doba výstavby a životnosť

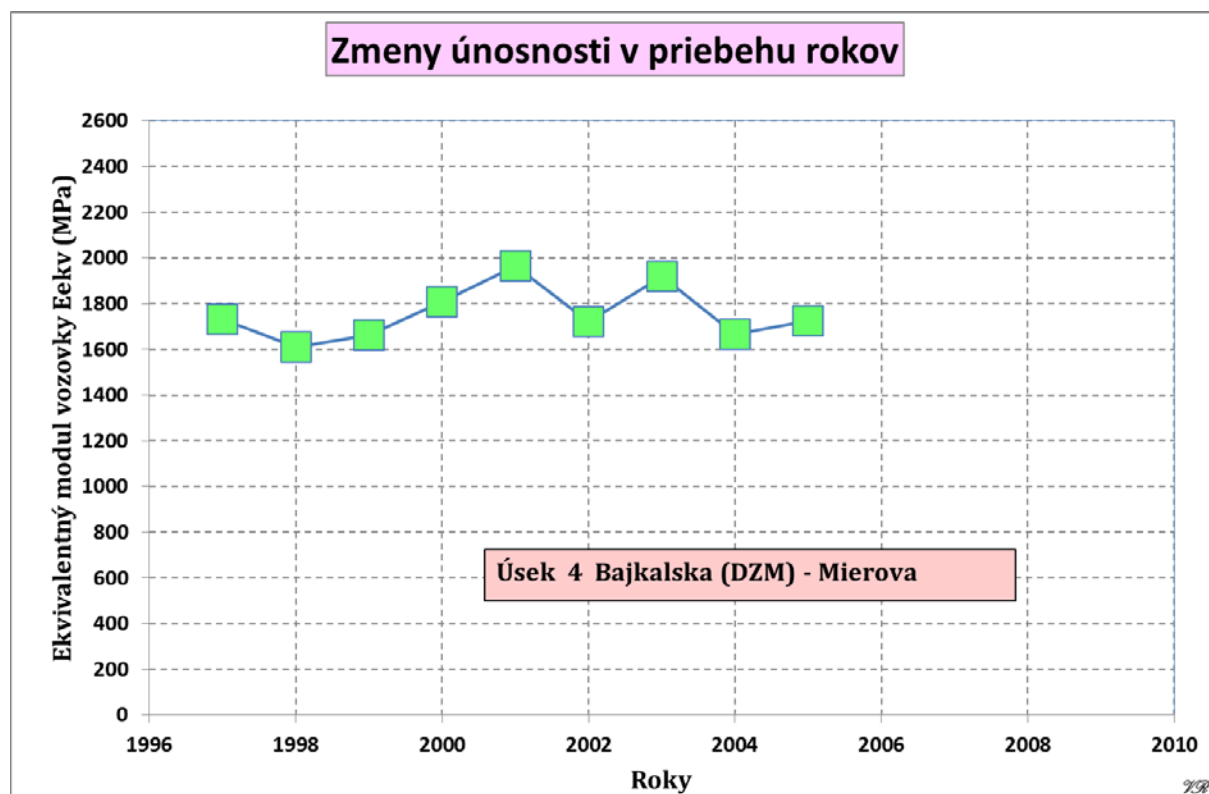
Vozovka bola postavená v roku 1991. Pre stanovenie degradačných funkcií bola uvažovaná životnosť na 50 rokov.

7.1.3 Dopravné zaťaženie

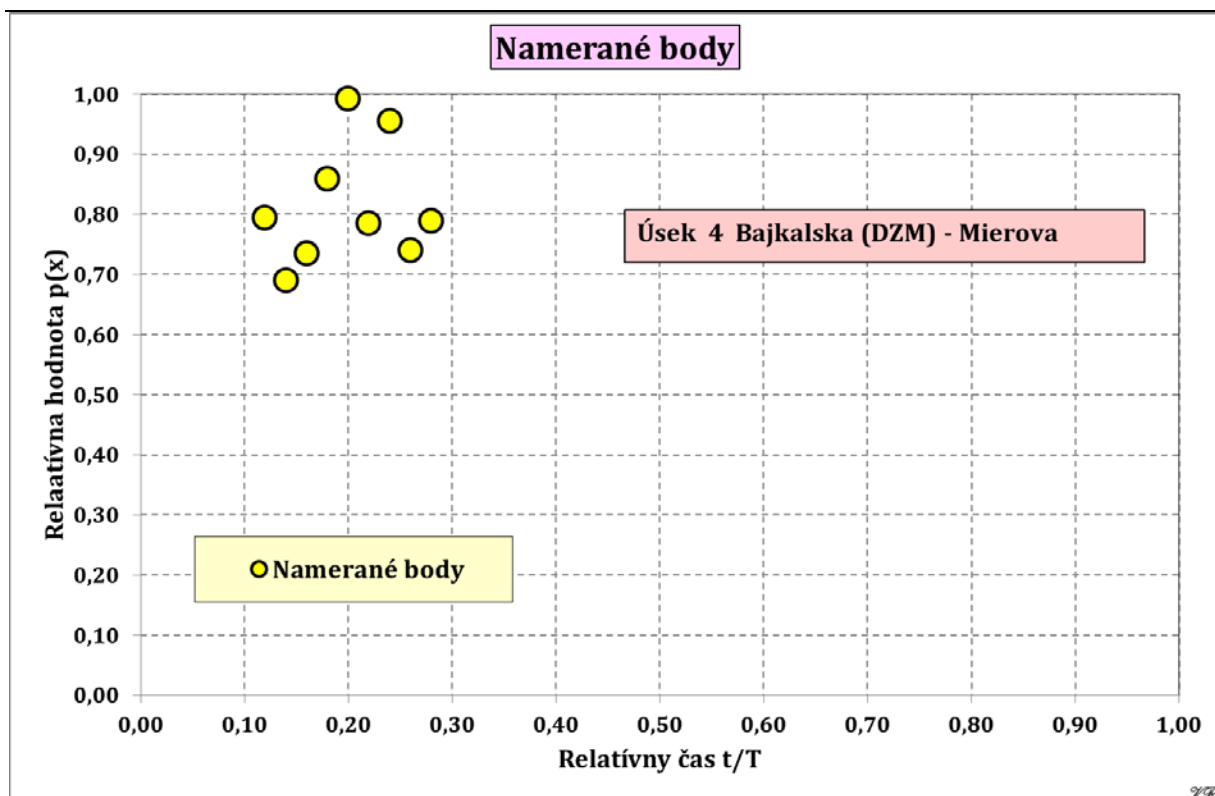
Počet nákladných vozidiel za 24 h v oboch smeroch je 114 943 čo je najväčšie dopravné zaťaženie zo všetkých úsekov. Za celé návrhové obdobie to je 145,18 mil. návrhových náprav. Doteraz sa zrealizovalo 72,59 mil. návrhových náprav.

7.2 Únosnosť vyjadrená ekvivalentným modulom pružnosti

Na obrázku 7.2 sú vykreslené zmeny únosnosti vyjadrené ekvivalentným modulom pružnosti. K dispozícii boli len merania z 9 rokov. Posledný rok merania bol 2005.



Obrázok 7.2



Obrázok 7.3

Z obrázku 7.2 je zrejmé, že hodnoty ekvivalentného modulu z meraní v rokoch 1997 až 2005 sa výrazne nemenili.

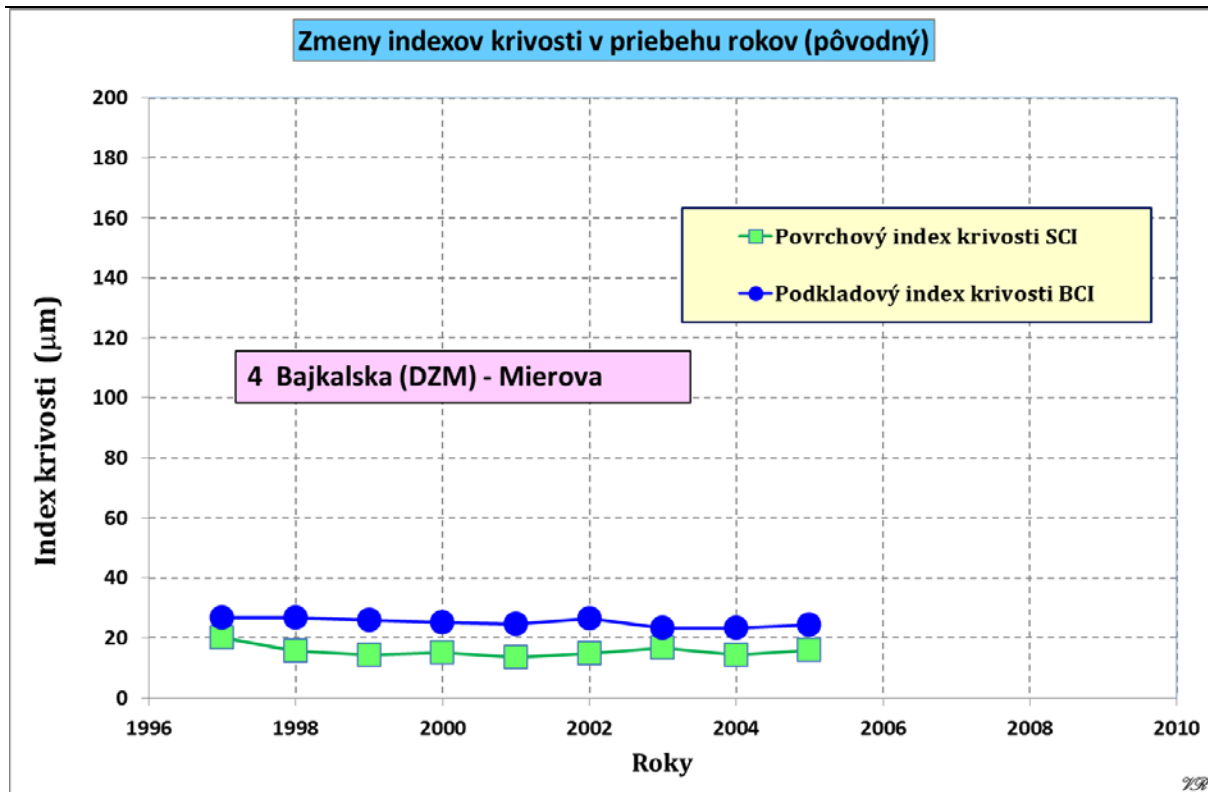
Degradačná funkcia únosnosti zisťovaná prostredníctvom ekvivalentného modulu pružnosti sa nedala odvodiť a zobraziť. Body sú zobrazené na obrázku 7.3.

7.3 Únosnosť vyjadrená indexmi krivosti

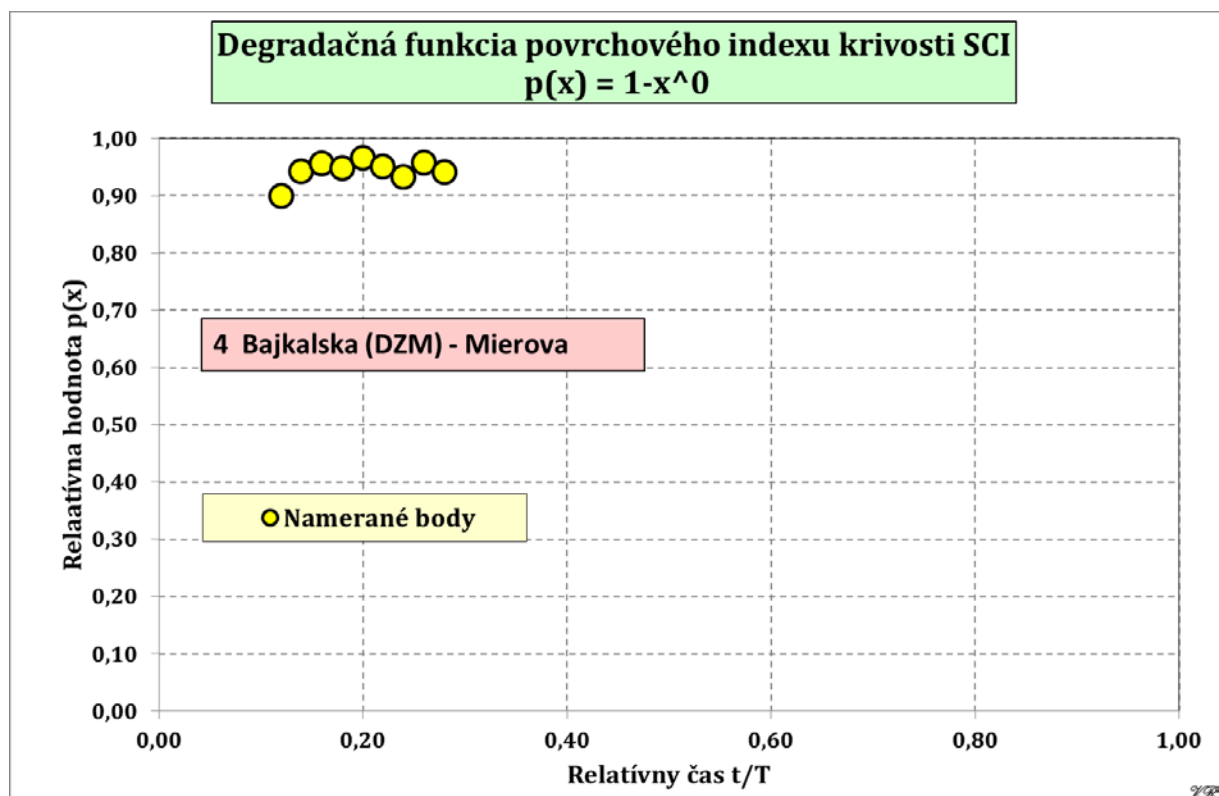
Zmeny indexov krivosti počas meraného obdobia sú zobrazené na obrázku 7.4. Zmeny indexov SCI a BCI nevykazujú žiadnu výraznú zmenu.

Degradácia povrchového indexu krivosti SCI sa nedala odvodiť. Jednotlivé body pre odvodenie sú zobrazené na obrázku 7.5.

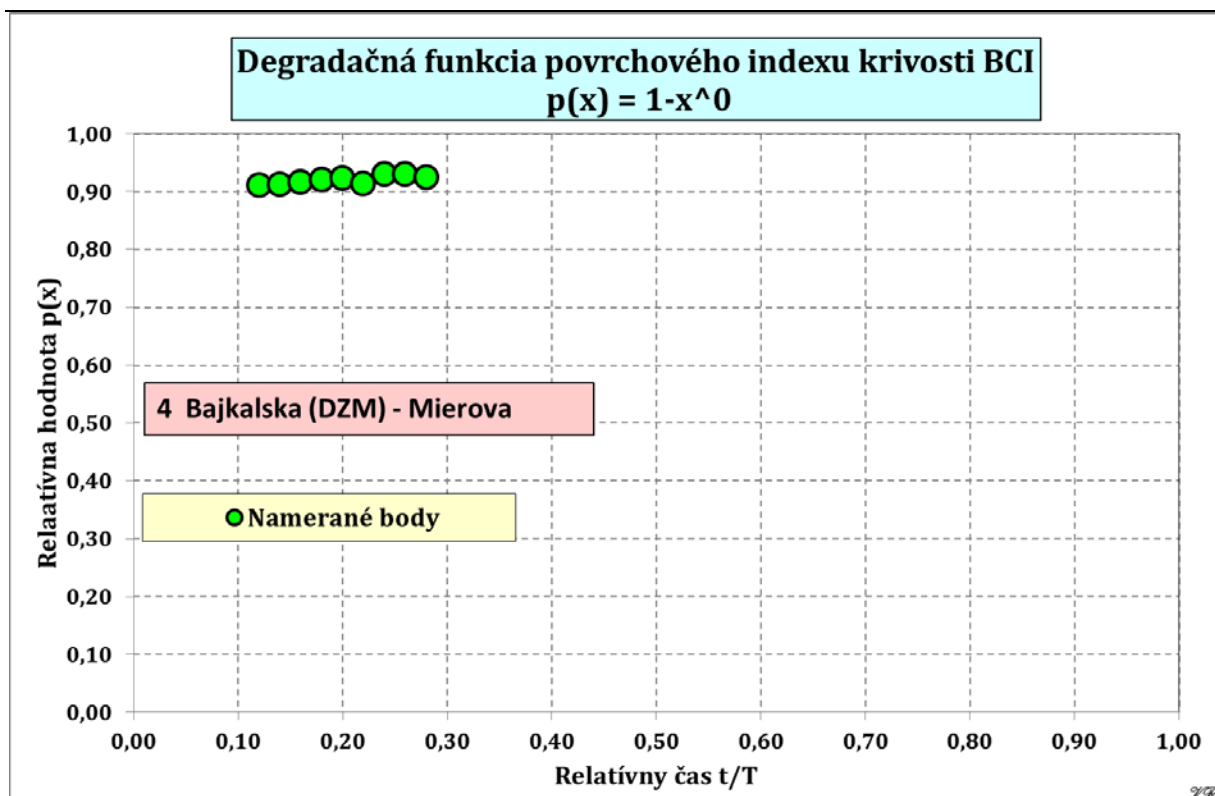
Degradácia povrchového indexu krivosti BCI sa nedala odvodiť. Jednotlivé body pre odvodenie sú zobrazené na obrázku 7.6.



Obrázok 7.4



Obrázok 7.5



Obrázok 7.6

7.4 Záver - úsek 4 Bajkalská (DZM) - Mierová

Najviac zaťažená vozovka, doteraz realizovaných 72,59 mil. návrhových náprav. Zmeny únosnosti a zmeny indexov krivosti sa zatiaľ neprejavili. Degradáčnej funkcie únosnosti a indexov krivosti sa nedali odvodiť.

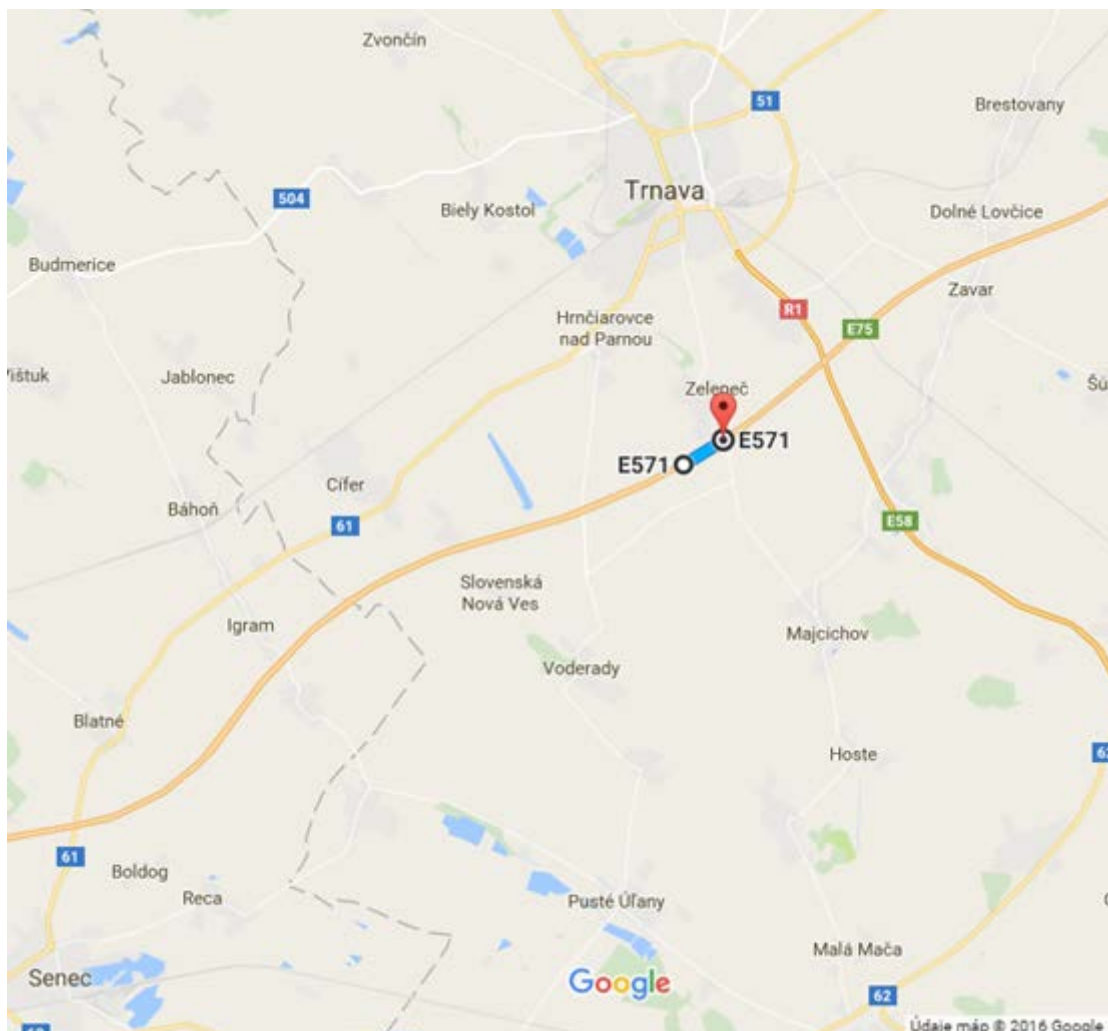
Merania boli ukončené v roku 2005. Bolo by dobré z technického hľadiska merania obnoviť. Napriek tomu, že nie sú známe výsledky z GEORADARU nepovažujeme za nutné realizovať vývrt.

Z bezpečnostného hľadiska a z hľadiska dopravy (vozovka bola rozšírená na tri pruhy) je pokračovanie meraní v súčasnosti na zváženie Slovenskej správy ciest.

8 Úsek 5 Zeleneč, Senec - Trnava

8.1 Všeobecne

Úsek sa nachádza na diaľnici D1 medzi Sencom a Trnavou pred pumpou Slovnaft na Zelenči. Začína na kilometrovníku 50,5 smerom na Trnavu. Úsek po rozšírení diaľnice na tri pruhy sa od roku 2007 ďalej nemeria a dlhodobo nesleduje.



Obrázok 8.1

Vozovka

Vozovka podľa dostupných informácií má skladbu:

1.	AB	100	mm
2.	OŠP	130	mm
3.	SC	200	mm
4.	ŠP	220	mm
Spolu		650	mm

Stmelené vrstvy majú hrúbku 430 mm.

Údaje z merania hrúbok vozovky GEORADAROM nie sú k dispozícii.

8.1.1 Doba výstavby a životnosť

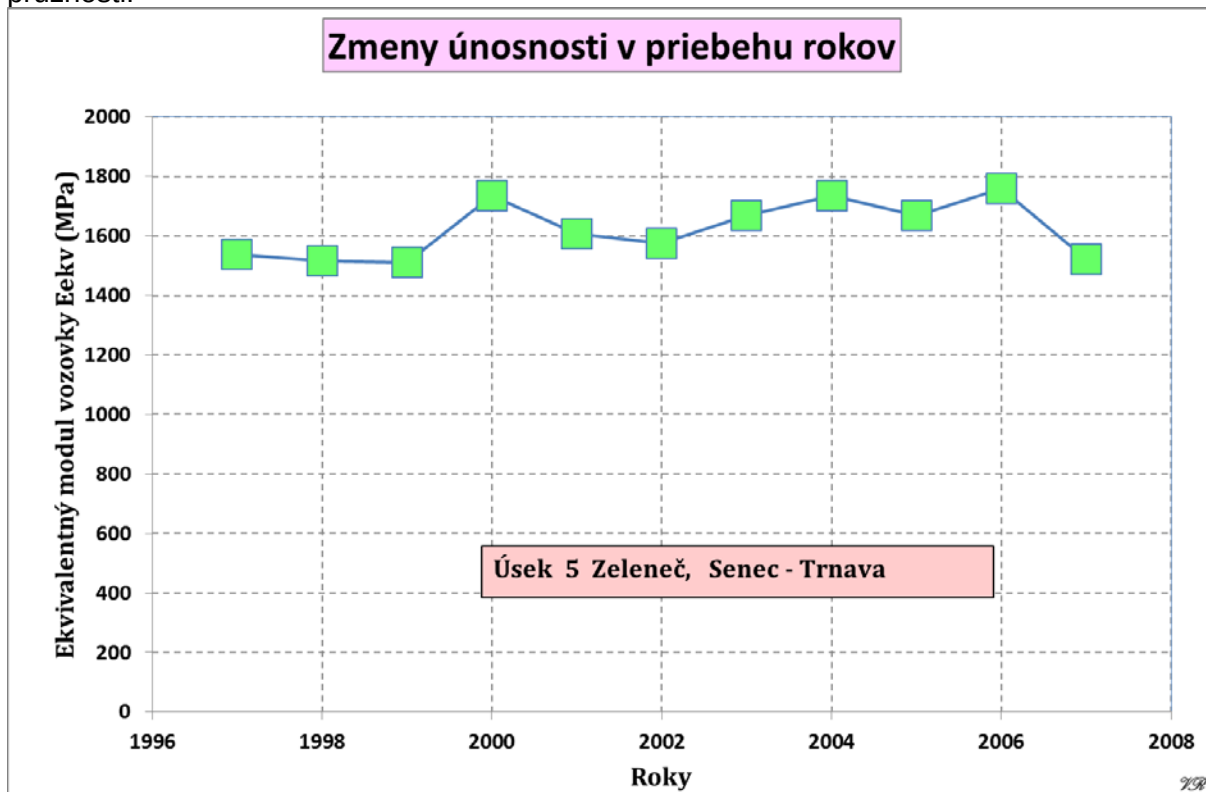
Vozovka bola postavená v roku 1978. Pre stanovenie degradačných funkcií bola uvažovaná životnosť na 50 rokov.

8.1.2 Dopravné zaťaženie

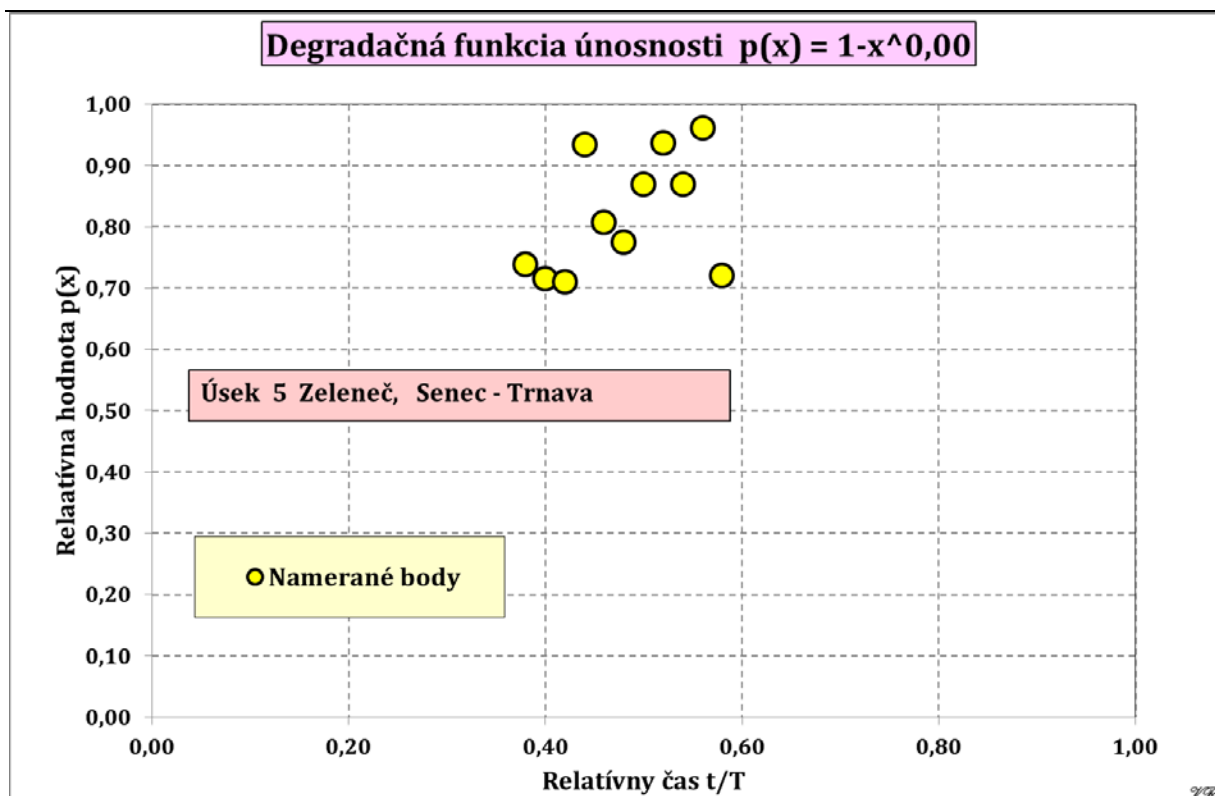
Počet nákladných vozidiel za 24 h v oboch smeroch je 9 267. Za celé návrhové obdobie to je 90,03 mil. návrhových náprav. Doteraz sa zrealizovalo 68,42 mil. návrhových náprav.

8.2 Únosnosť vyjadrená ekvivalentným modulom pružnosti

Na obrázku 8.2 sú vykreslené zmeny únosnosti vyjadrené ekvivalentným modulom pružnosti.



Obrázok 8.2



Obrázok 8.3

Z obrázku 8.2 je zrejmé, že hodnoty ekvivalentného modulu z meraní v rokoch 1997 až 2007 sa výrazne nemenili.

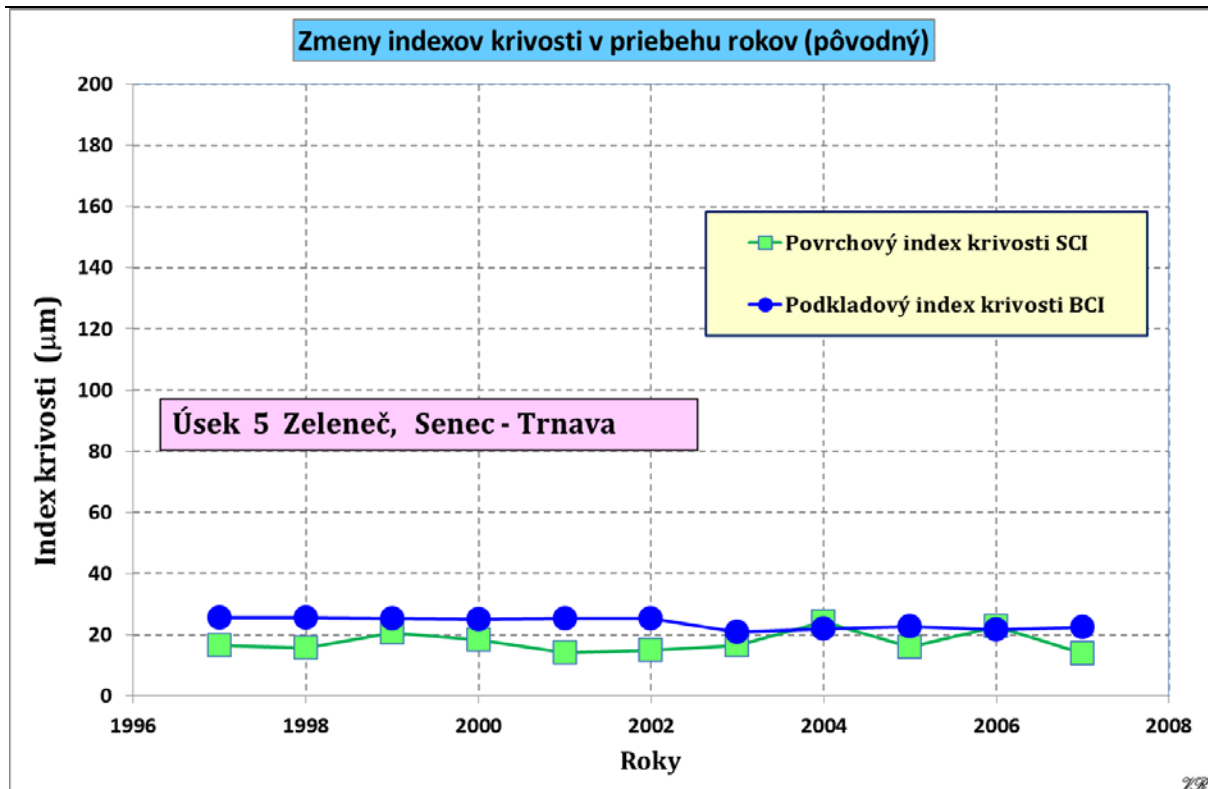
Degradačná funkcia únosnosti zisťovaná prostredníctvom ekvivalentného modulu pružnosti sa nedala odvodiť a zobraziť. Body sú zobrazené na obrázku 8.3.

8.3 Únosnosť vyjadrená indexmi krivosti

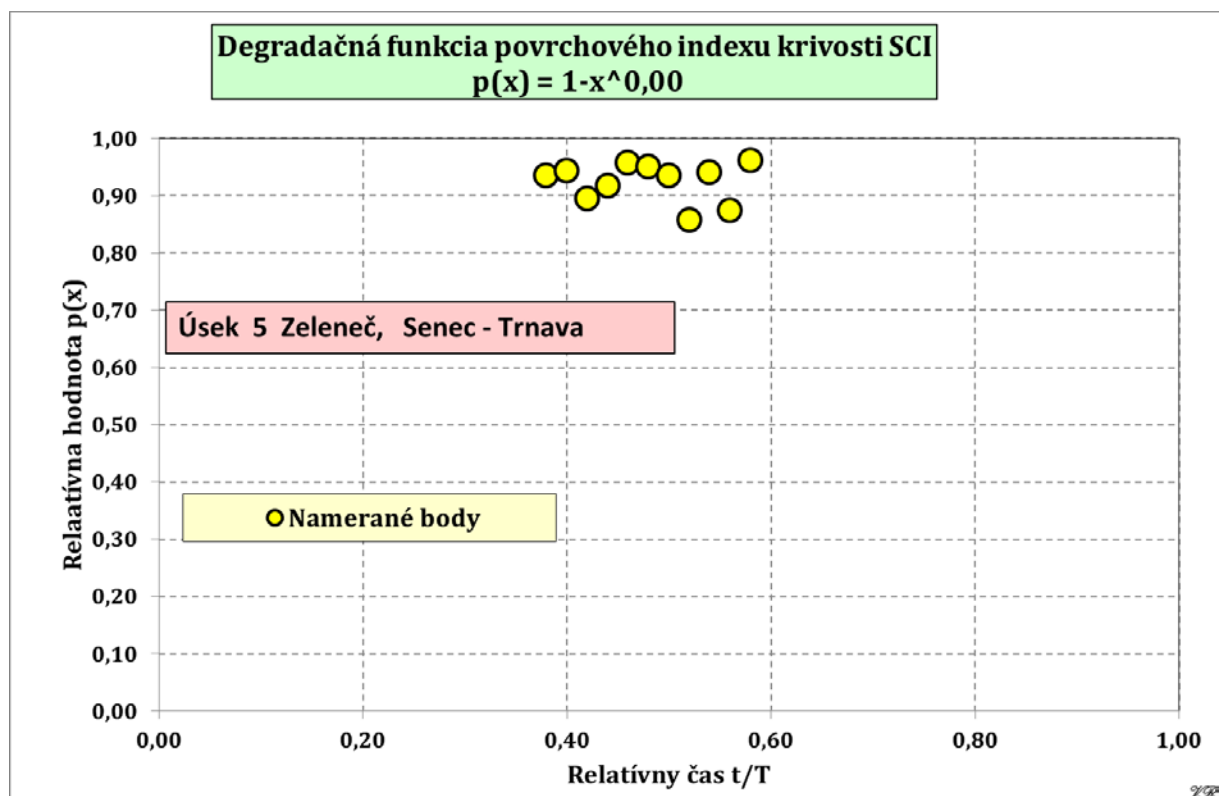
Zmeny indexov krivosti počas meraného obdobia sú zobrazené na obrázku 8.4. Zmeny indexov SCI a BCI nevykazujú výraznú zmenu.

Degradácia povrchového indexu krivosti SCI sa nedala odvodiť. Jednotlivé body pre odvodenie sú zobrazené na obrázku 8.5.

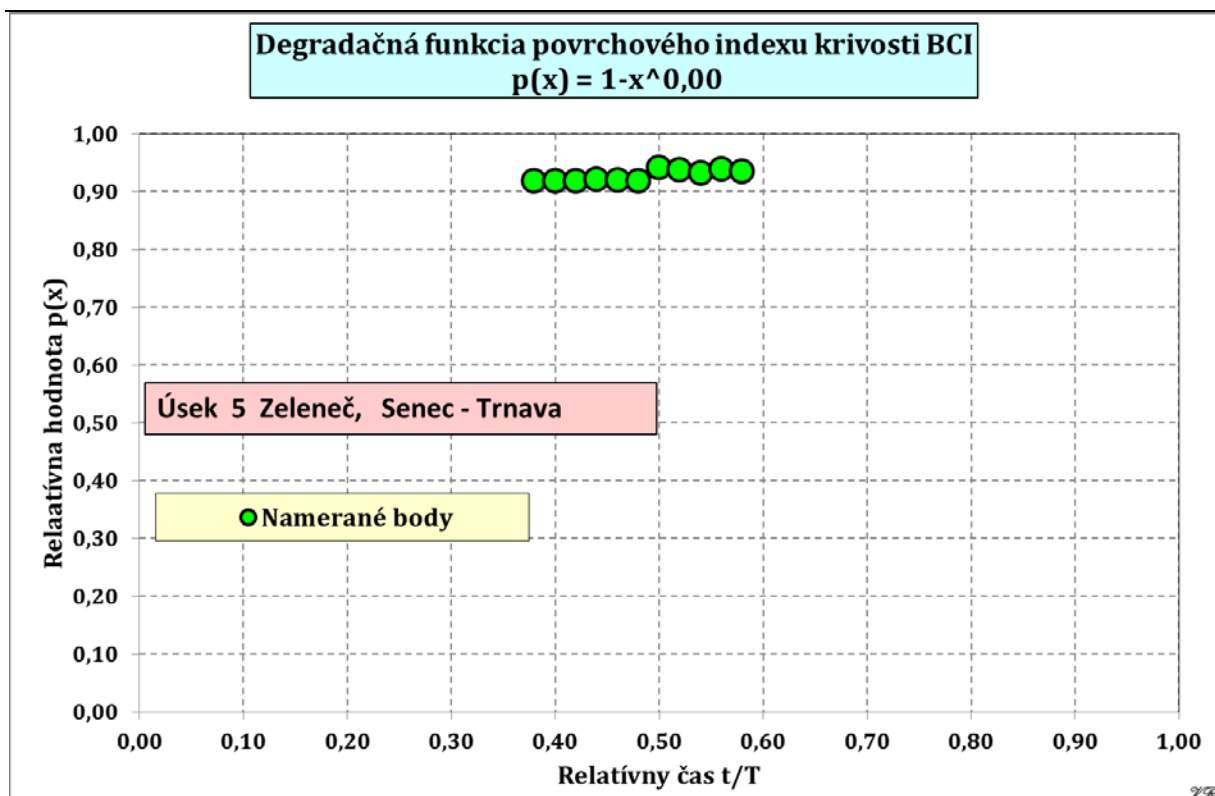
Degradácia povrchového indexu krivosti BCI sa nedala odvodiť. Jednotlivé body pre odvodenie sú zobrazené na obrázku 8.6.



Obrázok 8.4



Obrázok 8.5



Obrázok 8.6

8.4 Záver 5 - úsek Zeleneč, Senec - Trnava

Veľmi zaťažená vozovka, doteraz realizovaných 68,42 mil. návrhových náprav. Zmeny únosnosti a zmeny indexov krivosti sa zatiaľ neprejavili. Degradačné funkcie únosnosti a indexov krivosti sa nedali odvodiť.

Merania boli ukončené v roku 2007. Z technického hľadiska by bolo dobré obnoviť merania a zistiť, či vozovka nedegraduje z hľadiska únosnosti.

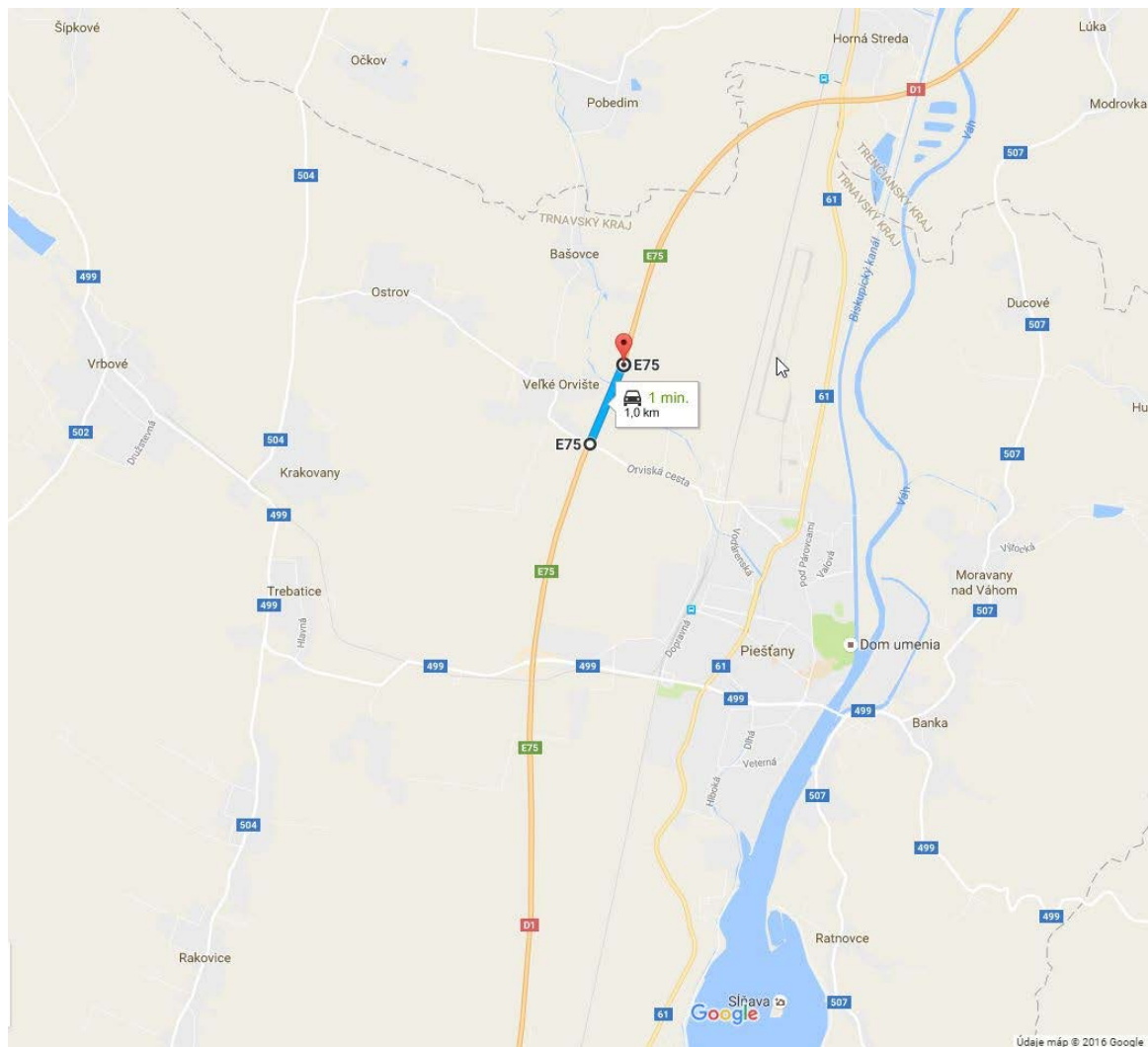
Napriek tomu, že, že nie sú známe výsledky z GEORADARU nepovažujeme za nutné realizovať vývrt.

Z bezpečnostného a z hľadiska dopravy (vozovka bola rozšírená na tri pruhy) je pokračovanie meraní v súčasnosti na zváženie Slovenskej správy ciest.

9 Úsek 6 Piešťany - Horná Streda

9.1 Všeobecne

Úsek sa nachádza na diaľnici D1 medzi Piešťanmi a Hornou Stredou. Začína na kilometrovníku 90,5 smerom na Hornú Stredu. Úsek je dlhý 1000 m.



Obrázok 9.1

Vozovka

Vozovka podľa dostupných informácií má skladbu

1.	AB I	110	mm
2.	OK	120	mm
3.	SC I	200	mm
4.	ŠP	200	mm
Spolu		630	mm

Stmelené vrstvy mali hrúbku 430 mm.

Štatisticky spracované výsledky merania hrúbok vozovky GEORADAROM sú uvedené v tabuľke 9.1.

Výsledky merania GEORADAROM sa nezhodujú s danou skladbou vozovky. Stmelené vrstvy mali hrúbku 430 mm a podľa GEORADARU 220 mm, čo by zodpovedalo hrúbke asfaltových vrstiev. Stmelené časti vozovky a celková hrúbka majú veľmi rovnomerne rozdelené hodnoty $cv < 25 \%$. Úsek je z hľadiska hrúbky vozovky homogénny.

Za účelom stanovenia skladby vozovky je potrebné realizovať vývrt.
 Tabuľka 9.1

D1.1 PIEŠŤANY				
	Pravý pruh (PP)			Poznámka
	Stmelené vrstvy PP (mm)	Nestmelené vrstvy PP (mm)	Celková hrúbka vozovky PP (mm)	
Priemer	220	364	584	
Min.	149	181	376	
Max.	293	686	957	
Sigma	30	95	104	
cv	13,41%	26,13%	17,74%	

9.1.1 Doba výstavby a životnosť

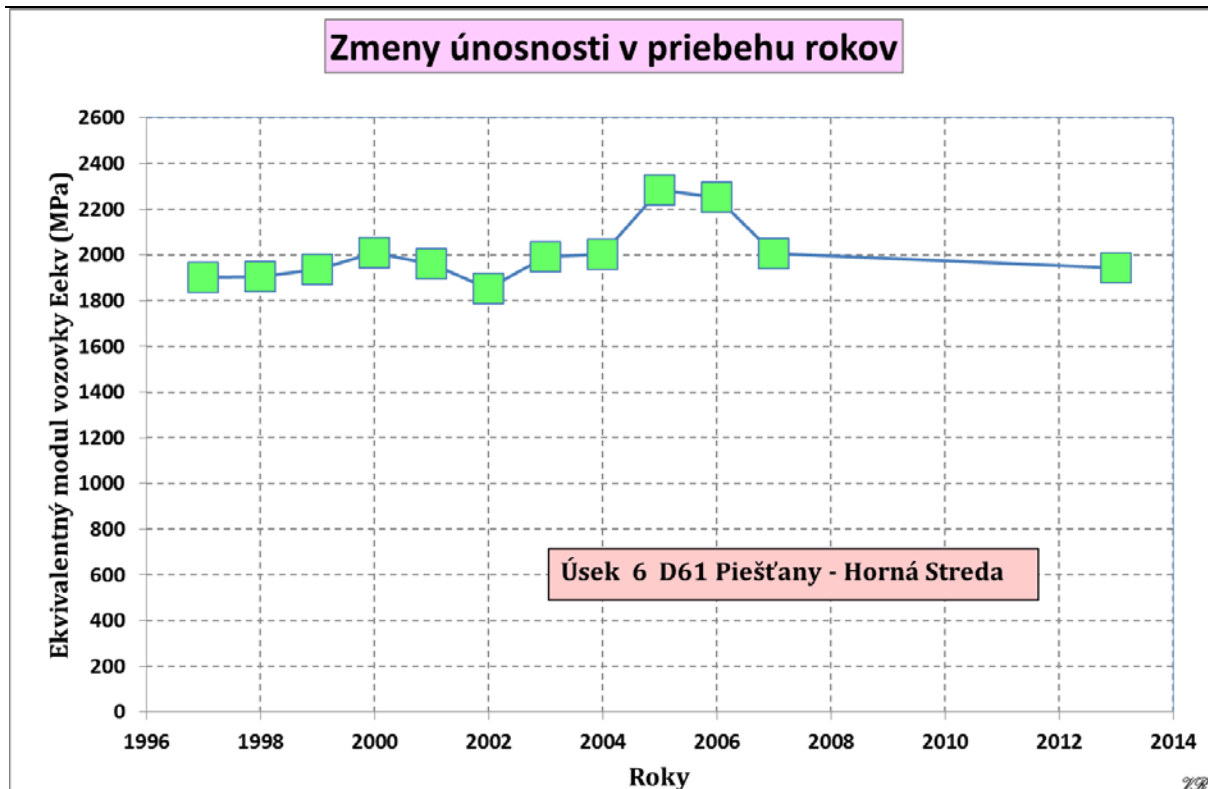
Vozovka bola postavená v roku 1988. Pre stanovenie degradačných funkcií bola uvažovaná životnosť na 50 rokov.

9.1.2 Dopravné zaťaženie

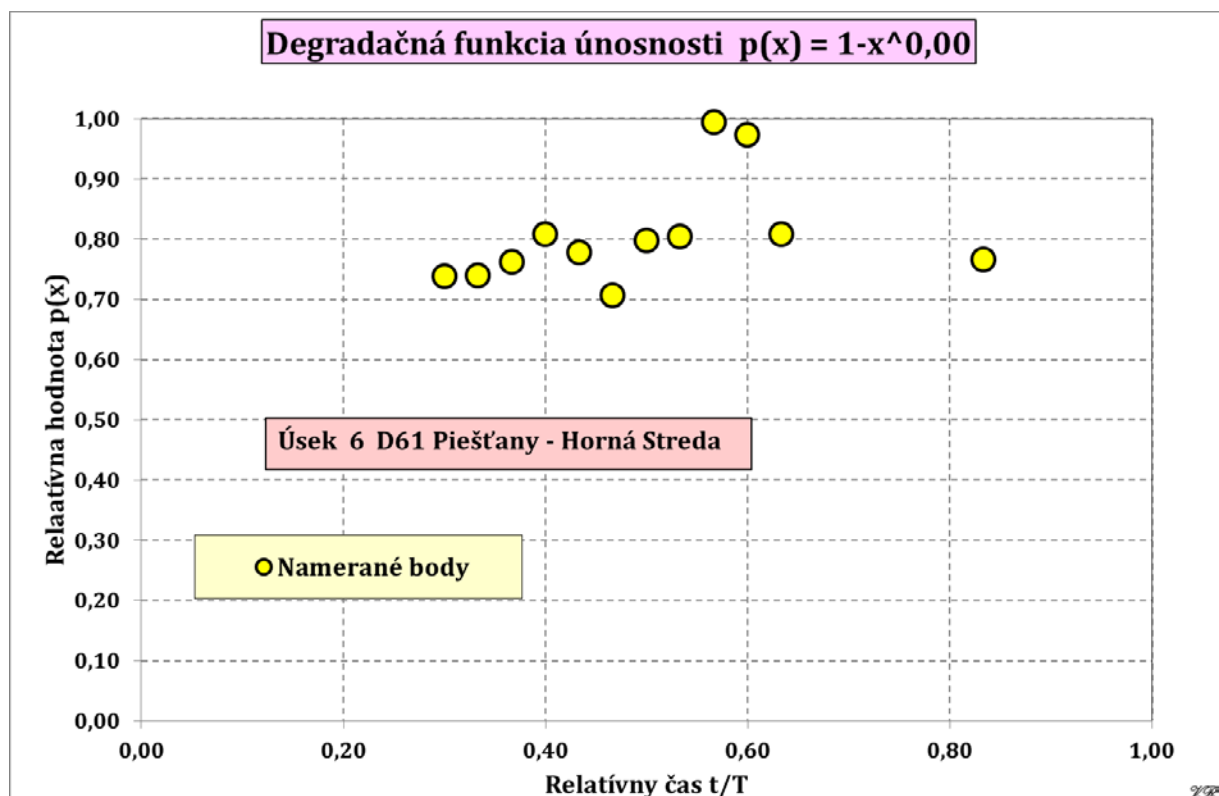
Počet nákladných vozidiel za 24 h v oboch smeroch je 7 562. Za celé návrhové obdobie to je 73,47 mil. návrhových náprav. Doteraz sa zrealizovalo 41,14 mil. návrhových náprav.

9.2 Únosnosť vyjadrená ekvivalentným modulom pružnosti

Na obrázku 9.2 sú vykreslené zmeny únosnosti vyjadrené ekvivalentným modulom pružnosti.



Obrázok 9.2



Obrázok 9.3

Z obrázku 9.2 je zrejmé, že hodnoty ekvivalentného modulu z meraní v rokoch 1997 až 2013 sa výrazne nemenili. Od roku 2007 do roku 2013 chýbajú merania.

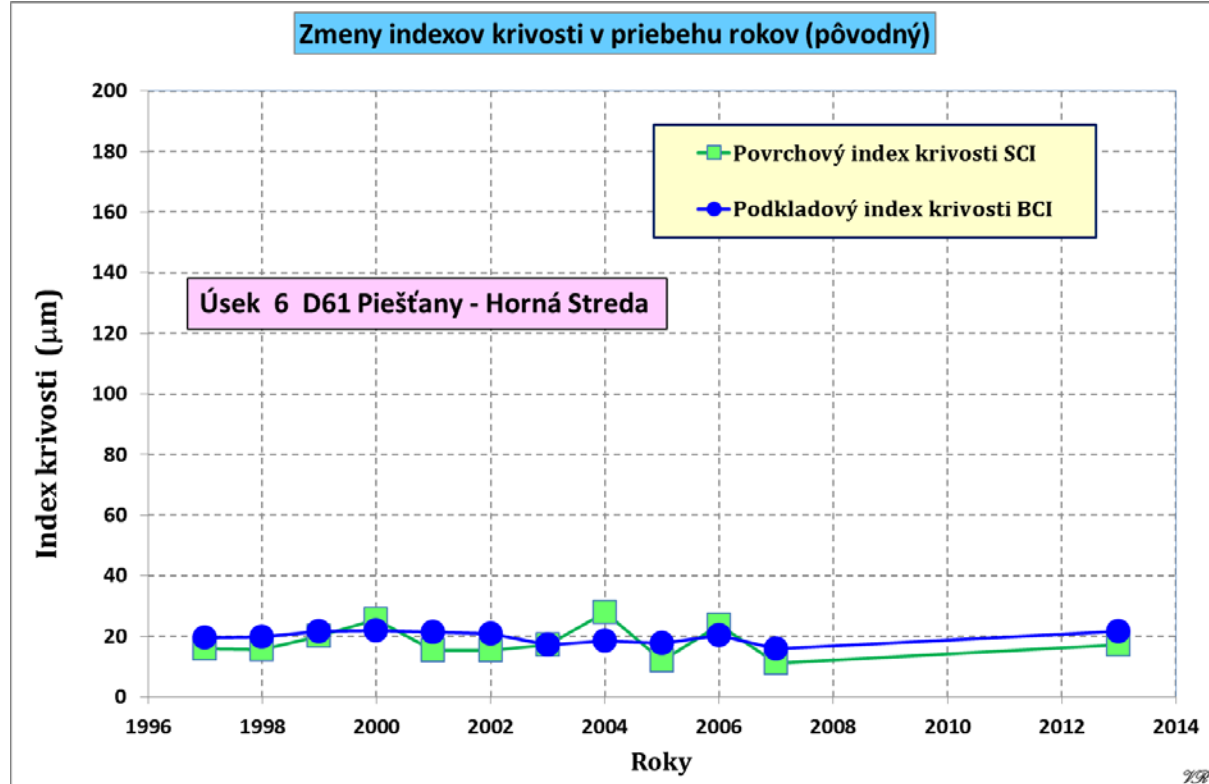
Degradačná funkcia únosnosti zisťovaná prostredníctvom ekvivalentného modulu pružnosti sa nedala odvodiť a zobraziť. Body sú zobrazené na obrázku 9.3.

9.3 Únosnosť vyjadrená indexmi krivosti

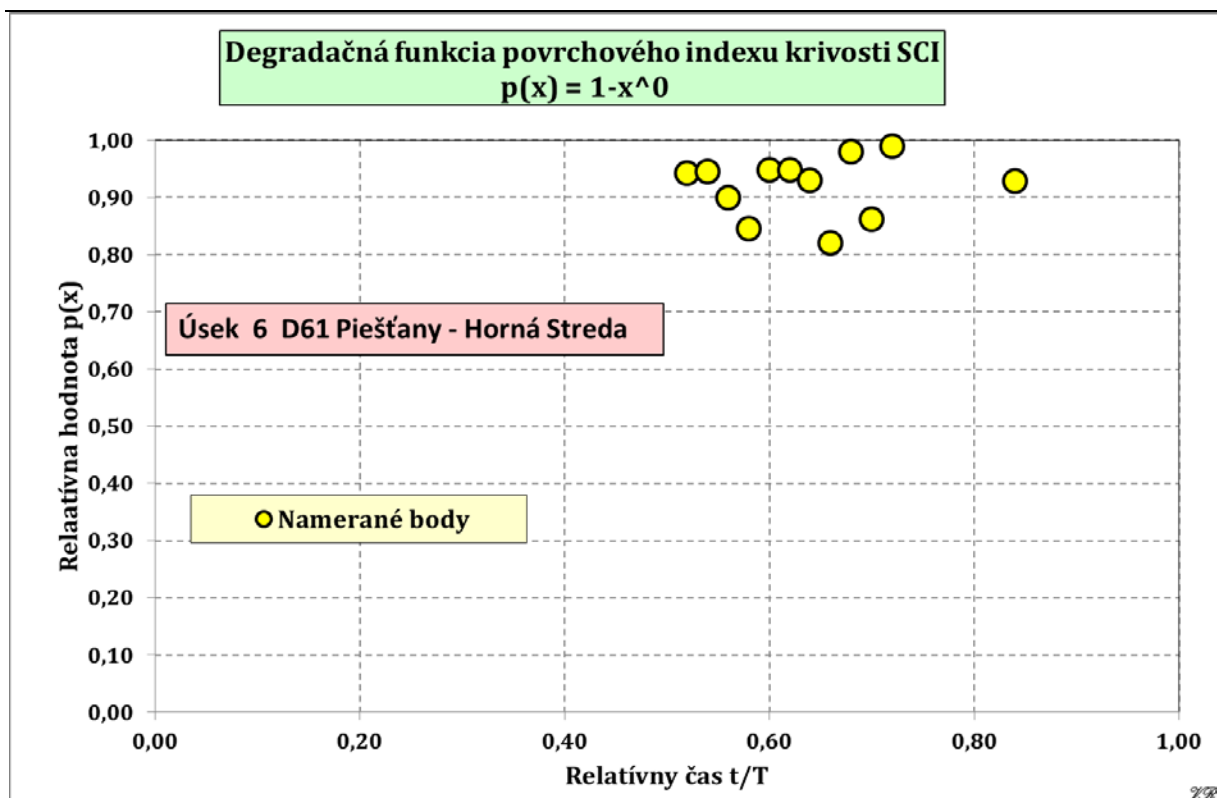
Zmeny indexov krivosti počas meraného obdobia sú zobrazené na obrázku 9.4. Zmeny indexov SCI a BCI nevykazujú výraznú zmenu.

Degradácia povrchového indexu krivosti SCI sa nedala odvodiť. Jednotlivé body pre odvodenie sú zobrazené na obrázku 9.5.

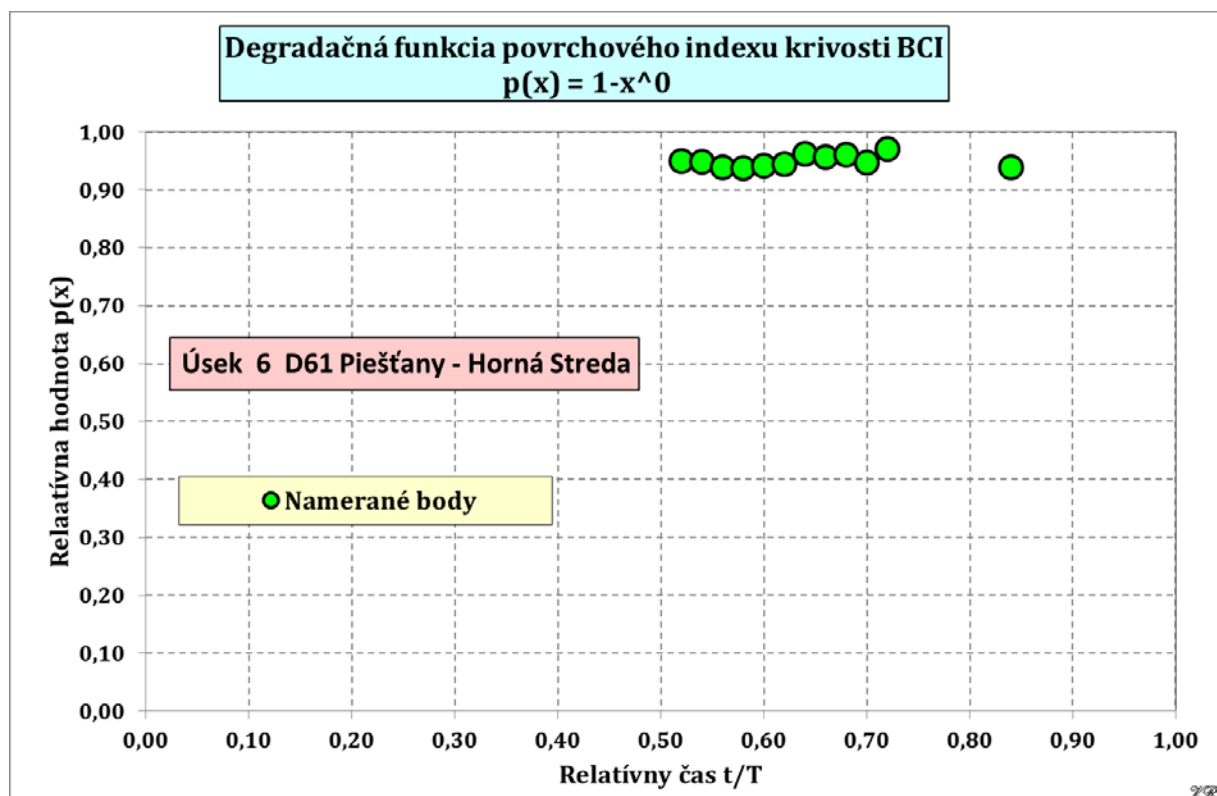
Degradácia povrchového indexu krivosti BCI sa nedala odvodiť. Jednotlivé body pre odvodenie sú zobrazené na obrázku 9.6.



Obrázok 9.4



Obrázok 9.5



Obrázok 9.6

9.4 Záver - úsek 6 Piešťany - Horná Streda

Vozovka bola doteraz zaťažená 41,14 mil. prejazdmi návrhových náprav. Hrúbka stmelených vrstiev 430 mm a celková hrúbka 620 mm je dostatočná pre dané veľké zaťaženie. Zmeny únosnosti ani zmeny indexov krivosti sa počas rokov 1997 až 2013 výrazne nemenili.

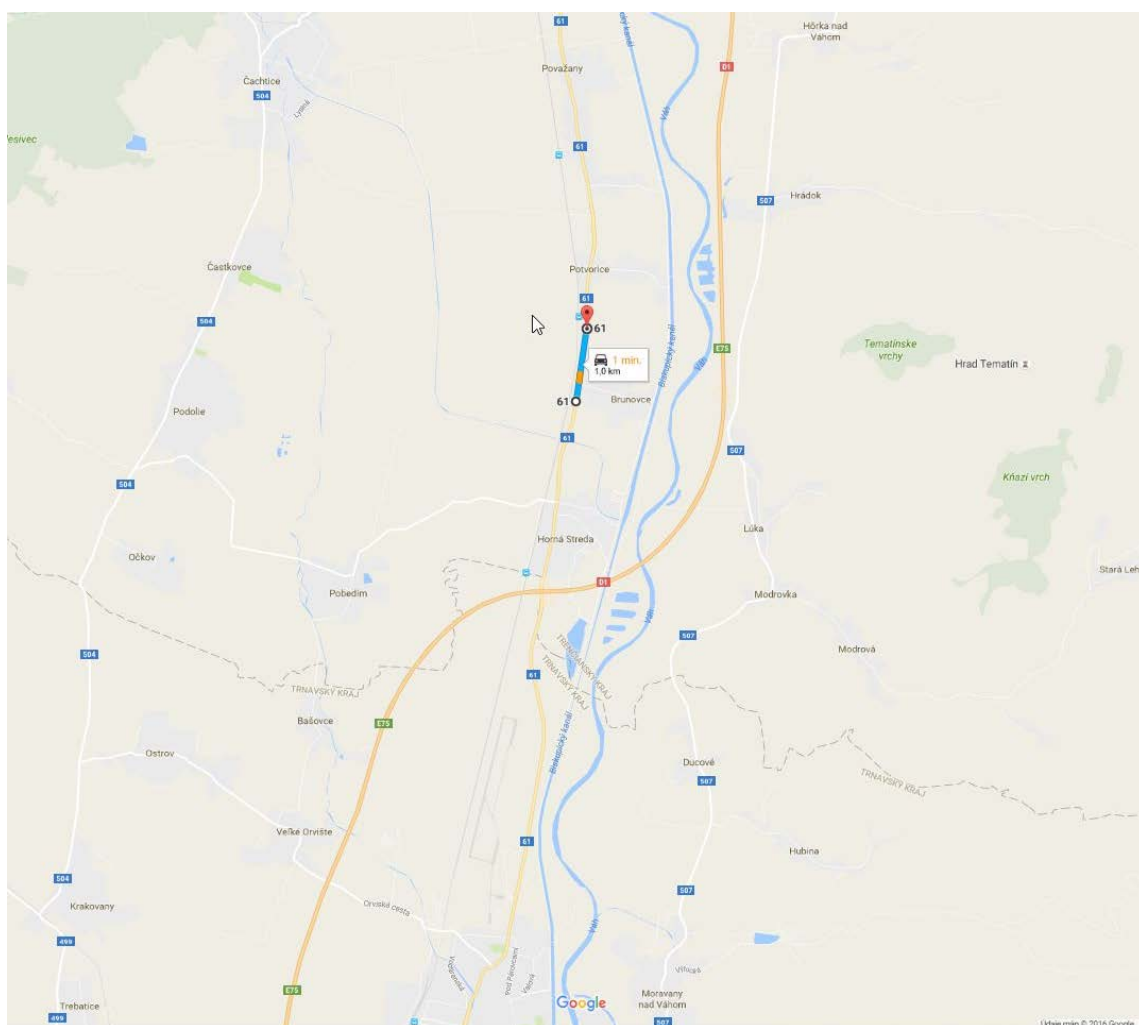
Za účelom stanovenia skladby vozovky je potrebné realizovať vývrt.

Navrhujeme pokračovať v meraní úseku s periodicitou 3 rokov.

10 Úsek 7 Brunovce

10.1 Všeobecne

Úsek sa nachádza na ceste I/61 medzi obcou Horná Streda a Potvorice. Začína na rohu plota cintorína za odbočkou na Brunovce. Úsek je dlhý 1000 m.



Obrázok 10.1

Vozovka

Vozovka podľa dostupných informácií má skladbu

1.	AB	70	mm
2.	OŠP	200	mm
3.	PAH	200	mm
4.	ŠP	150	mm

Spolu	620	mm
-------	-----	----

Stmelené vrstvy majú hrúbku 270 mm bez PAH.

Štatisticky spracované výsledky merania hrúbok vozovky GEORADAROM sú uvedené v tabuľke 10.1.

Tabuľka 10.1

I/61 BRUNOVCE								
	Pravý pruh (PP)				Ľavý pruh (LP)			
	Stmelené vrstvy PP (mm)	Nestmelené vrstvy PP (mm)	Celková hrúbka vozovky PP (mm)	Poznámka	Stmelené vrstvy LP (mm)	Nestmelené vrstvy LP (mm)	Celková hrúbka vozovky LP (mm)	Poznámka
Priemer	224	327	552		228	367	595	
Min.	108	205	404		104	143	415	
Max.	452	972	1151		360	985	1190	
Sigma	72	91	85		56	94	99	
cv	31,98%	27,84%	15,44%		24,44%	25,58%	16,58%	

Výsledky merania GEORADAROM sa nie celkom zhodujú s danou skladbou vozovky. Problémom je nehomogenita nameraných údajov hrúbok. Variačný koeficient je väčší ako 25 %.

10.1.1 Doba výstavby a životnosť

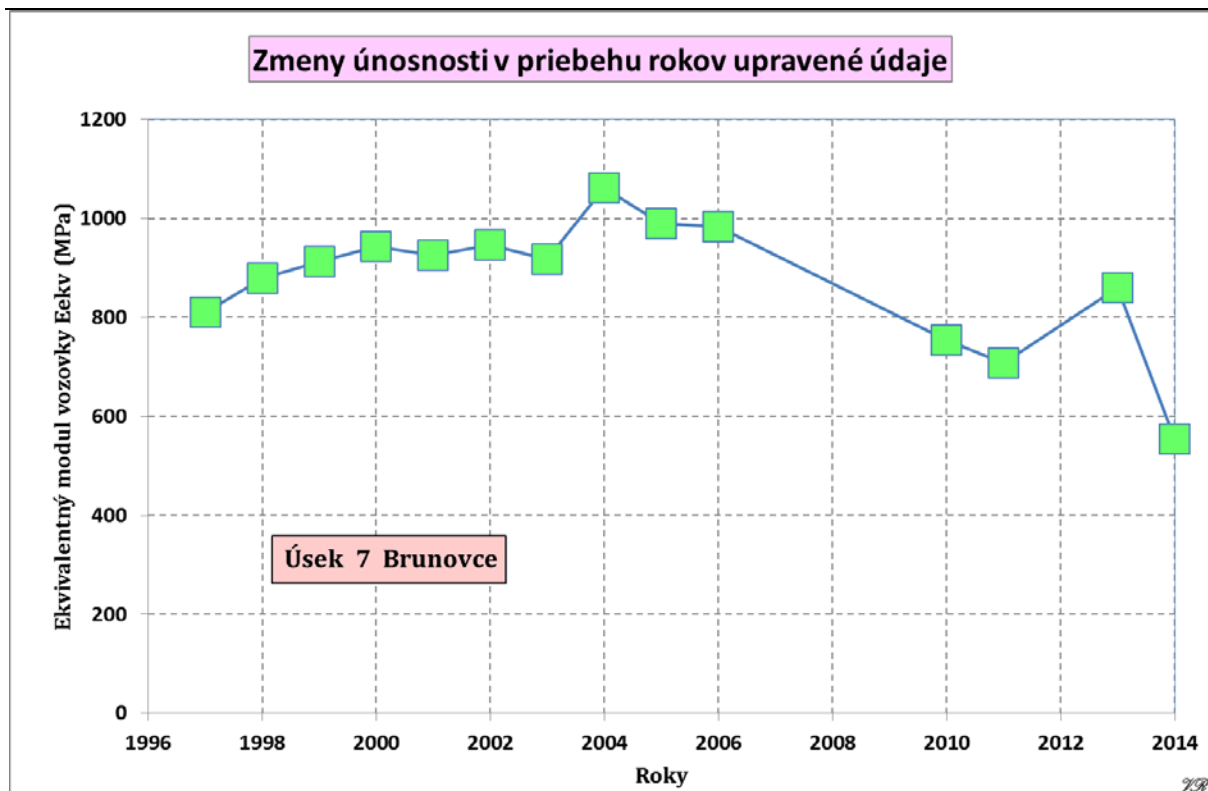
Vozovka bola postavená v roku 1970. Pre stanovenie degradačných funkcií bola uvažovaná životnosť na 50 rokov.

10.1.2 Dopravné zaťaženie

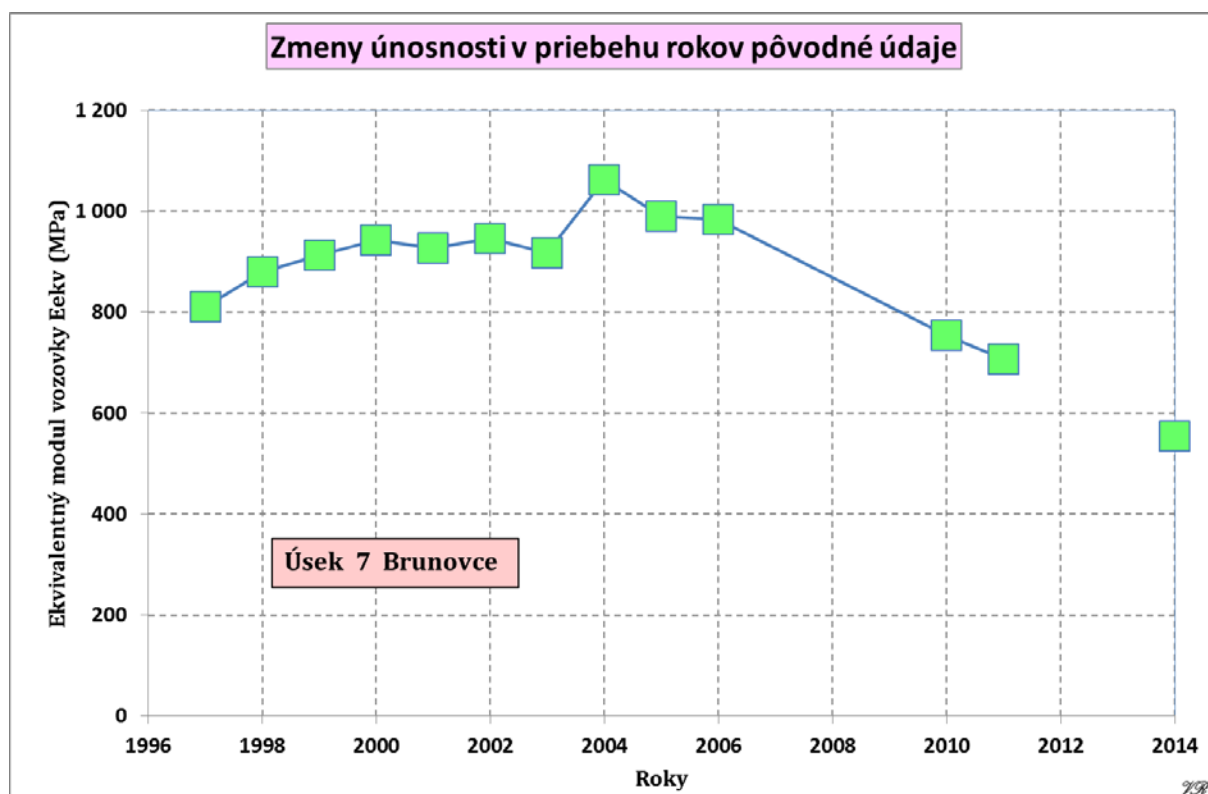
Počet nákladných vozidiel za 24 h v oboch smeroch je 1 553. Za celé návrhové obdobie to je 13,52 mil. návrhových náprav. Doteraz sa zrealizovalo 12,44 mil. návrhových náprav.

10.2 Únosnosť vyjadrená ekvivalentným modulom pružnosti

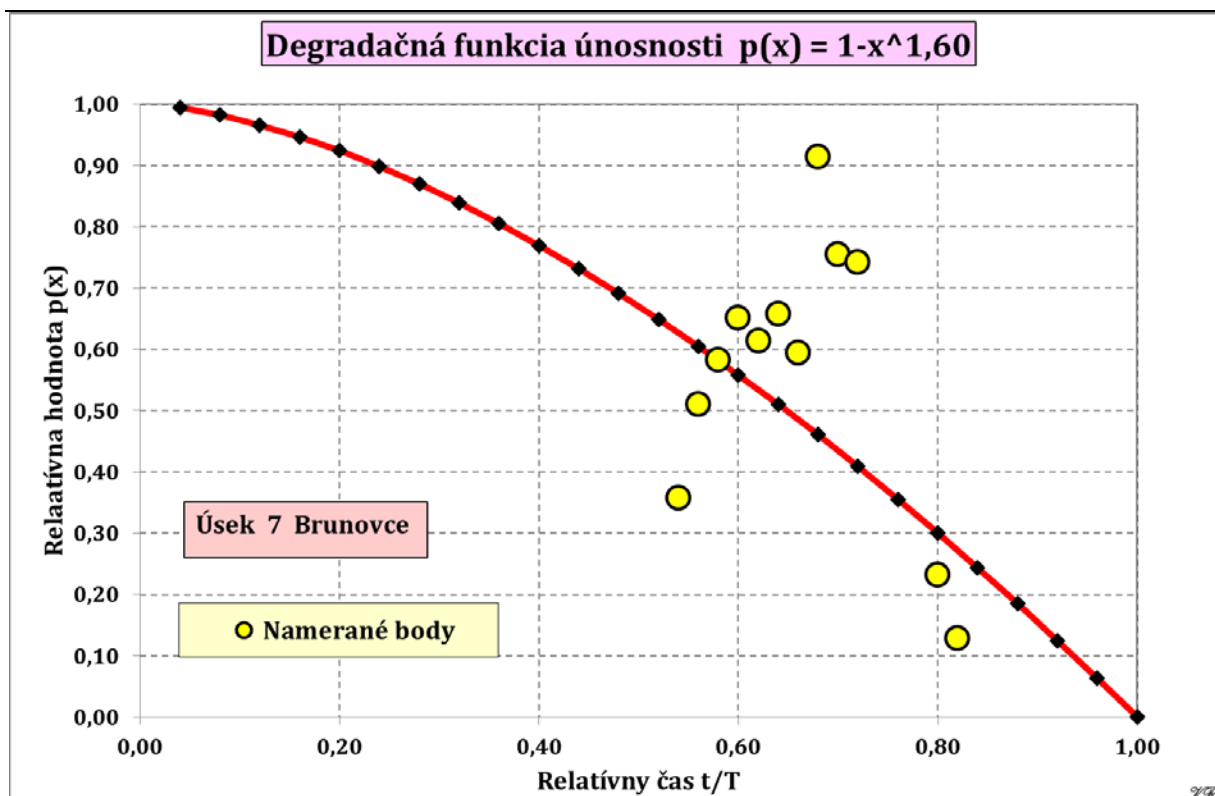
Na obrázku 10.2 sú vykreslené zmeny únosnosti vyjadrené ekvivalentným modulom pružnosti.



Obrázok 10.2



Obrázok 10.3



Obrázok 10.4

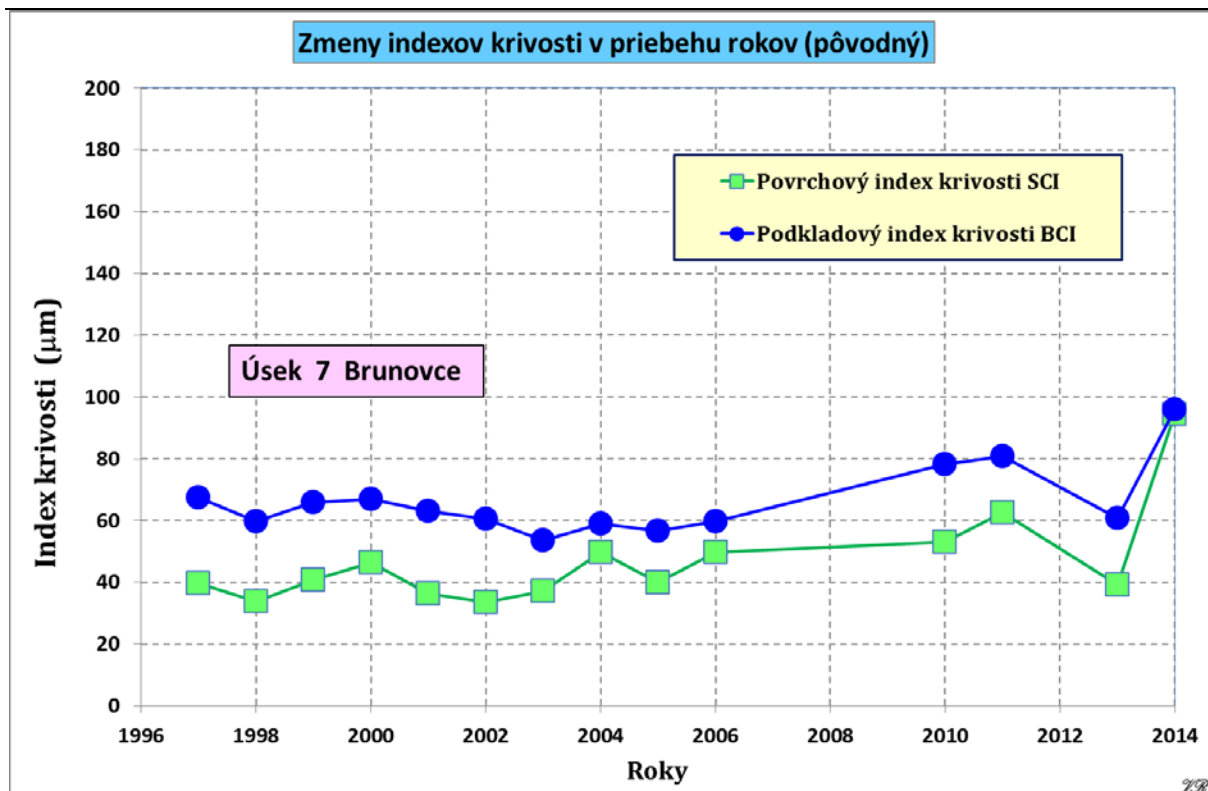
Z obrázku 10.2 je zrejmé, že hodnoty ekvivalentného modulu z meraní v rokoch 1997 až 2014 sa menili. Od roku 2006 nastal výrazný pokles modulu. V roku 2013 bola hodnota extrémna a z toho dôvodu sme merania v roku 2013 vylúčili z hodnotenia. Hodnoty upravených ekvivalentných modulov tuhosti sú zobrazené na obrázku 10.3.

Degradačná funkcia únosnosti zisťovaná prostredníctvom ekvivalentného modulu pružnosti je zobrazená na obrázku 10.4.

Exponent degračnej funkcie $B = 1,6$.

10.3 Únosnosť vyjadrená indexmi krivosti

Zmeny indexov krivosti počas meraného obdobia sú zobrazené na obrázku 10.5.

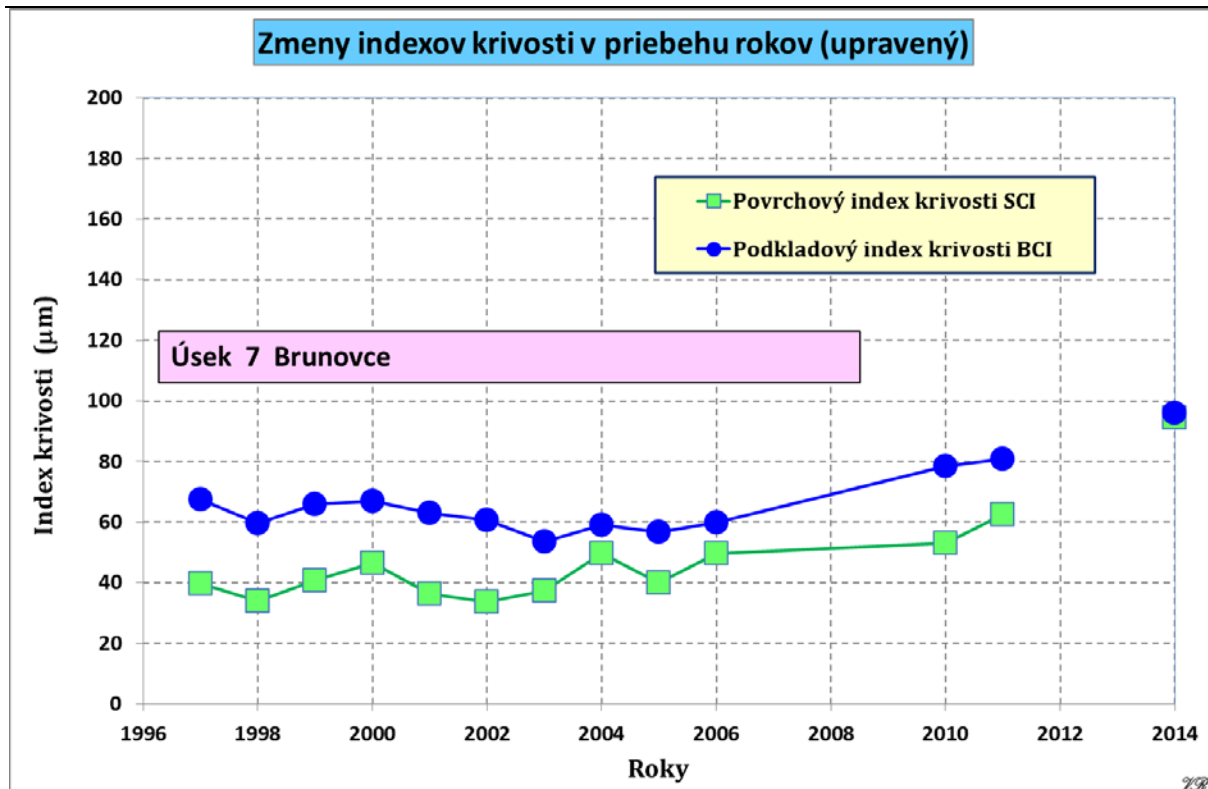


Obrázok 10.5

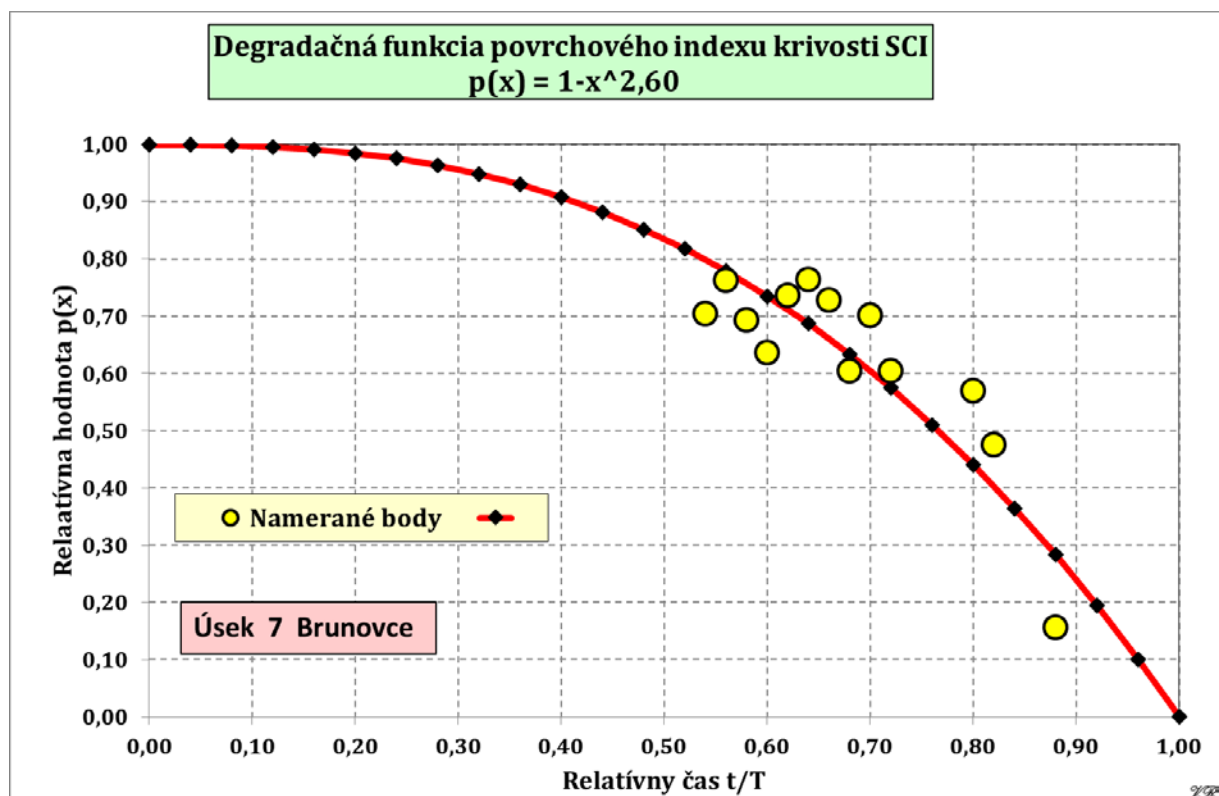
Aj v tomto prípade sme vylúčili extrémne hodnoty z meraní v roku 2013. Zmeny indexov krivosti SCI a BCI počas meraného obdobia s vylúčením roku 2013 sú zobrazené na obrázku 10.6.

Degradačná funkcia únosnosti zisťovaná prostredníctvom indexu krivosti povrchu SCI je zobrazená na obrázku 10.7. Exponent degradačnej funkcie pre SCI je $B = 2,6$.

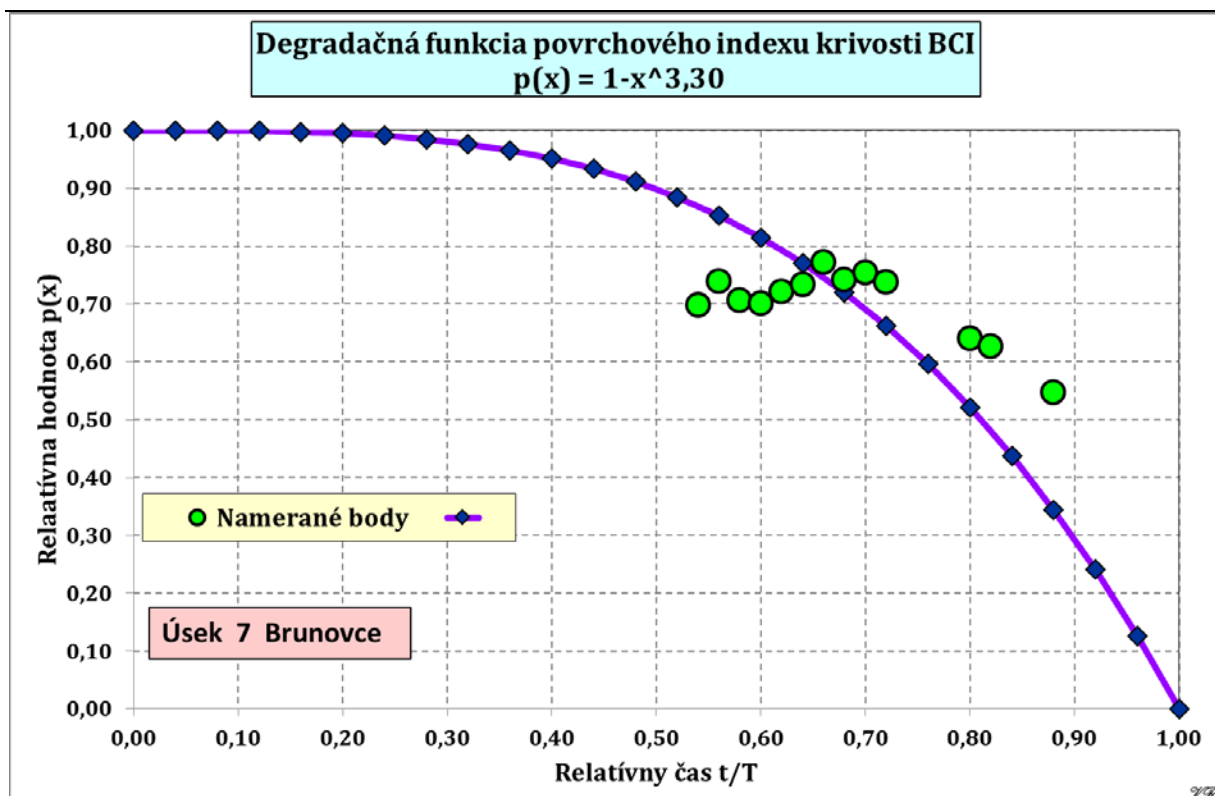
Degradačná funkcia únosnosti zisťovaná prostredníctvom indexu krivosti podkladu BCI je zobrazená na obrázku 10.8. Exponent degradačnej funkcie pre BCI je $B = 3,3$.



Obrázok 10.6



Obrázok 10.7



Obrázok 10.8

10.4 Záver - úsek 7 Brunovce

Vozovka má 46 rokov. Doteraz sa zrealizovalo na vozovke zaťaženie v počte 12,44 mil. návrhových náprav.

Degradačné funkcie jednoznačne naznačujú, že vozovka degraduje. Hodnoty exponentov pre E_{ekv} sú $B=1,6$, pre SCI $B=2,6$ a pre BCI $B=3,3$.

Z degradačných vyplýva, že vozovka v priebehu najbližších 4 - 5 rokov dosiahne hraničné hodnoty únosnosti a to aj E_{ekv} tak aj hodnoty SCI a BCI.

Túto vozovku je potrebné sledovať a merať únosnosť každý rok.

11 Úsek 8 Báb - Kynek

Tento úsek sme z dôvodu malého počtu nameraných údajov únosnosti nehodnotili. Na úseku došlo k zásahom do vozoviek v rámci výstavby rýchlostnej cesty R1. Navrhujeme tento úsek nemerať a nehodnotiť.

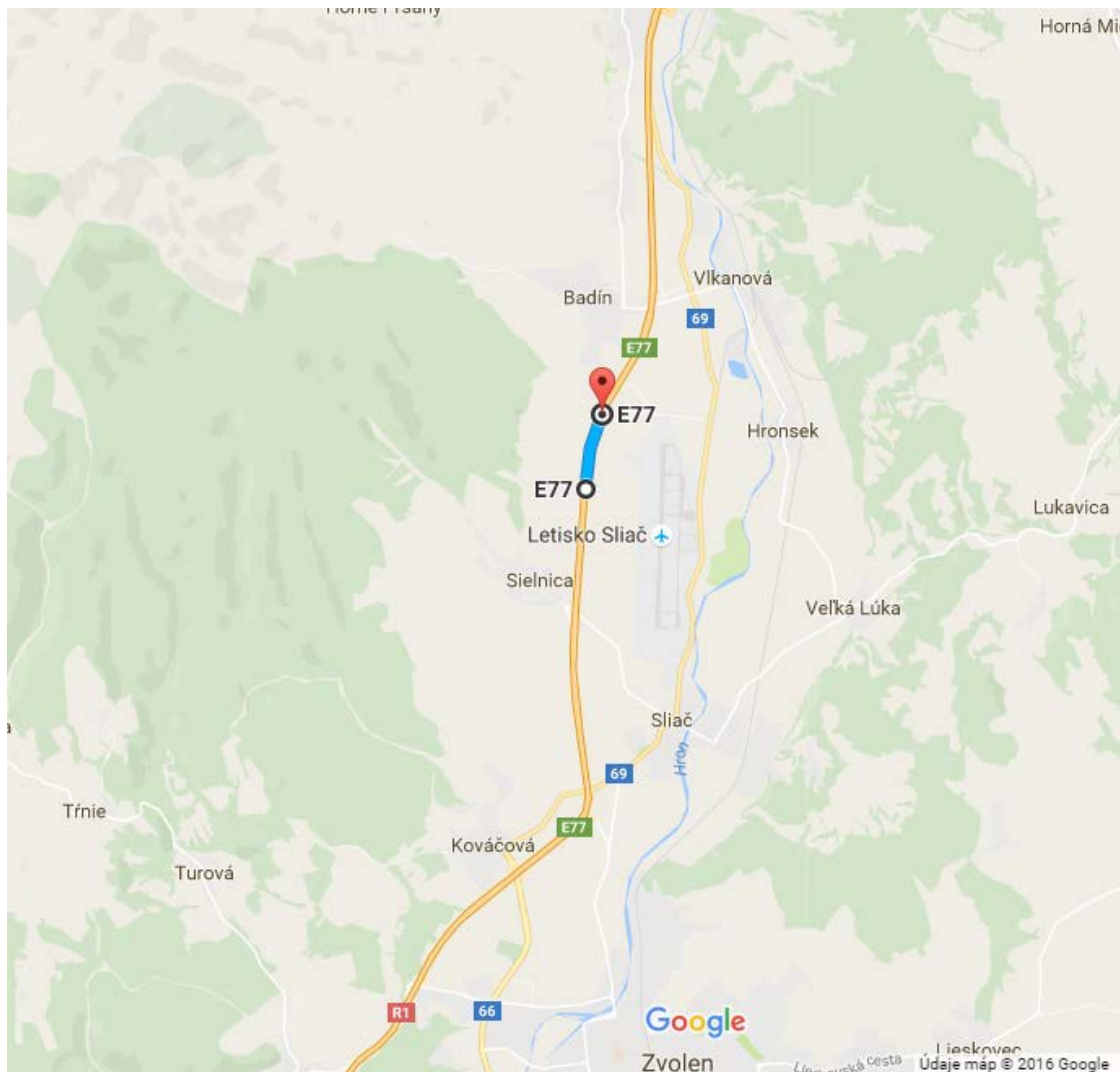
12 Úsek 9 Zlaté Moravce

Tento úsek sme z dôvodu malého počtu nameraných údajov únosnosti nehodnotili. Na úseku došlo k poklesu dopravného zaťaženia v dôsledku výstavby a prevádzky rýchlostnej cesty R1. Navrhujeme tento úsek nemerať a nehodnotiť.

13 Úsek 10 Zvolen - B. Bystrica

13.1 Všeobecne

Úsek sa nachádza na ceste R1 medzi Zvolenom a Banskou Bystricou pri letisku Sliach. Začína na hranici okresu týchto dvoch miest. Úsek od dopravnej značky zmeny hranice okresov v smere na Banskú Bystricu je dlhý 1000 m.



Obrázok 13.1

13.1.1 Vozovka

Vozovka podľa dostupných informácií má skladbu z roku 1976

1.	AB II	40	mm
2.	AB III	40	mm
3.	OK	250	mm
4.	ŠD	250	mm
Spolu		580	mm

Ďalšie úpravy boli:

- v roku 1991 AB II 50 mm;
- v roku 1994 ABH 50 mm + ABS 50 mm.

S veľkou pravdepodobnosťou boli vrstvy AB II a AB III odfrézované.

Nová konštrukcia vozovky je

1.	ABS	50	mm
2.	AB H	50	mm
3.	AB II	40	mm
4.	OK	250	mm
5.	ŠD	250	mm

Spolu 640 mm

Stmelené vrstvy majú hrúbku 390 mm

Štatisticky spracované výsledky merania hrúbok vozovky GEORADAROM sú uvedené v tabuľke 13.1.

Tabuľka 13.1

I/66.1 SLIAČ								
	Pravý pruh (PP)				Ľavý pruh (LP)			
	Stmelené vrstvy PP (mm)	Nestmelené vrstvy PP (mm)	Celková hrúbka vozovky PP (mm)	Poznámka	Stmelené vrstvy LP (mm)	Nestmelené vrstvy LP (mm)	Celková hrúbka vozovky LP (mm)	Poznámka
Priemer	394	419	814		363	420	784	
Min.	222	295	638		176	243	609	
Max.	485	679	1035		449	870	1201	
Sigma	35	76	102		36	87	108	
cv	8,88%	18,12%	12,59%		10,02%	20,66%	13,79%	

Výsledky merania GEORADAROM sa zhodujú s danou skladbou vozovky v hrúbke stmelených vrstiev 390 mm. V celkovej hrúbke sú rozdielne hodnoty.

Výsledky merania dokazujú, že jednotlivé stmelené a nestmelené časti vozovky ako aj celá hrúbka vozovky majú veľmi rovnomerne rozdelené hodnoty $cv < 25\%$. Úsek z hľadiska hrúbok vozovky je homogénny.

13.1.2 Doba výstavby a životnosť

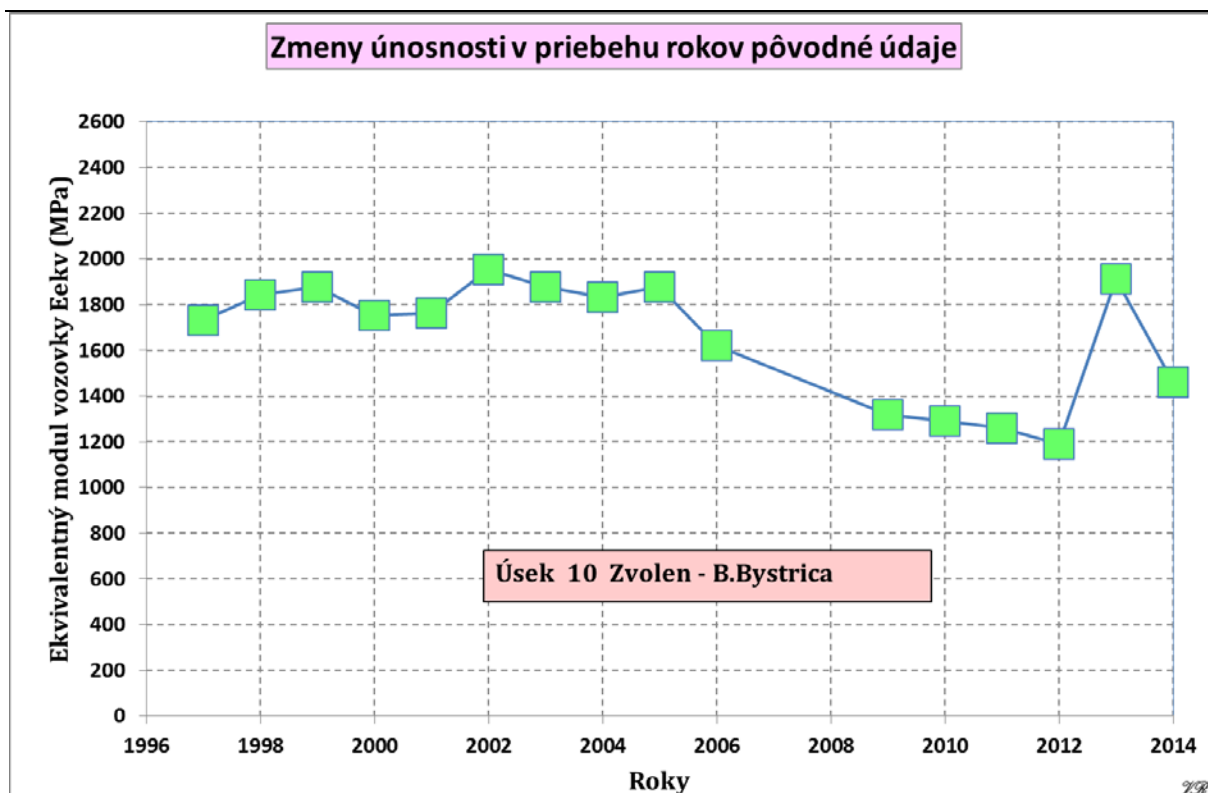
Vozovka bola daná do užívania v roku 1980. Pre stanovenie degradačných funkcií bola uvažovaná životnosť je uvažovaná na 50 rokov.

13.1.3 Dopravné zaťaženie

Počet nákladných vozidiel za 24 h v oboch smeroch je 4 154. Za celé návrhové obdobie to je 40,36 mil. návrhových náprav. Doteraz sa zrealizovalo 29,06 mil. návrhových náprav.

13.2 Únosnosť vyjadrená ekvivalentným modulom pružnosti

Na obrázku 13.2 sú vykreslené zmeny únosnosti vyjadrené ekvivalentným modulom pružnosti.



Obrázok 13.2

Z obrázku 13.2 je zrejmé, že hodnoty ekvivalentného modulu z meraní v rokoch 1997 až 2014 sa menili. Od roku 2006 nastal výrazný pokles modulu. V roku 2013 bola hodnota extrémna a z toho dôvodu sme merania v roku 2013 vylúčili z hodnotenia. Hodnoty upravených ekvivalentných modulov tuhosti sú zobrazené na obrázku 13.3.

Degradačná funkcia únosnosti zisťovaná prostredníctvom ekvivalentného modulu pružnosti je zobrazená na obrázku 13.4.

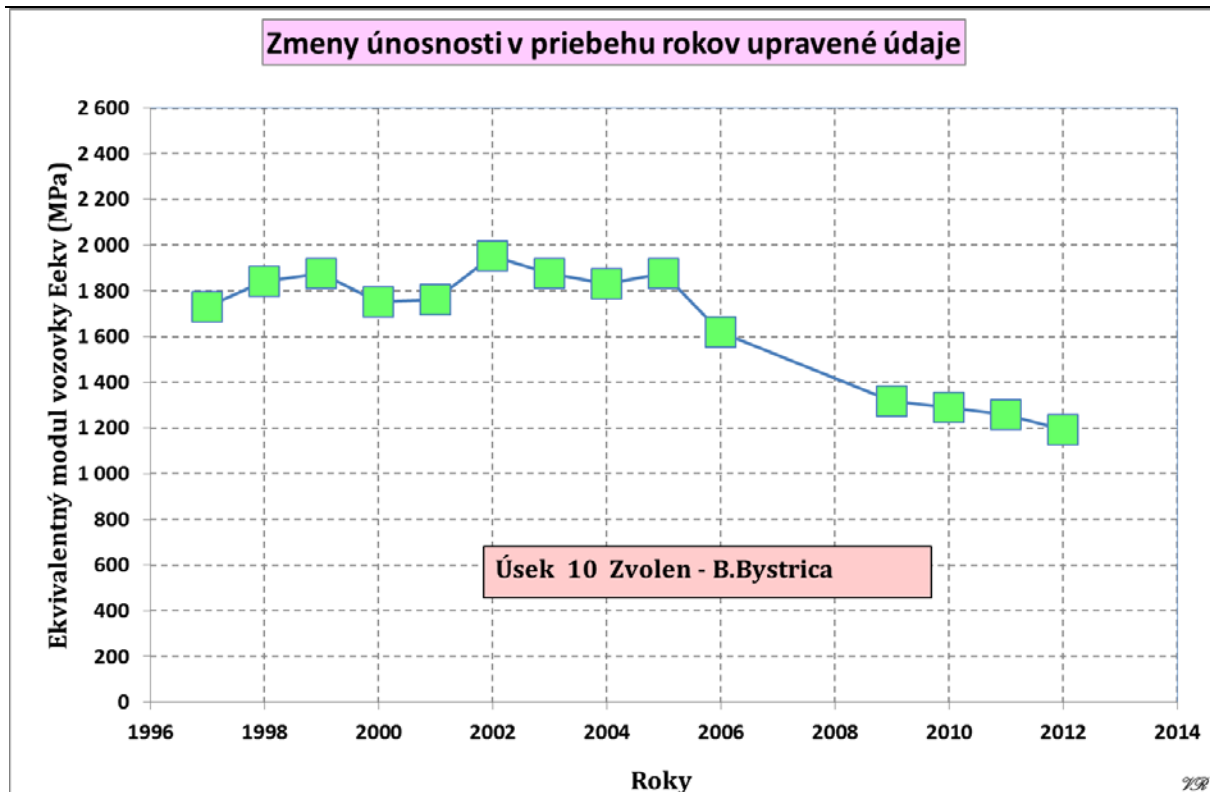
Exponent degradačnej funkcie $B = 1,9$.

13.3 Únosnosť vyjadrená indexmi krivosti

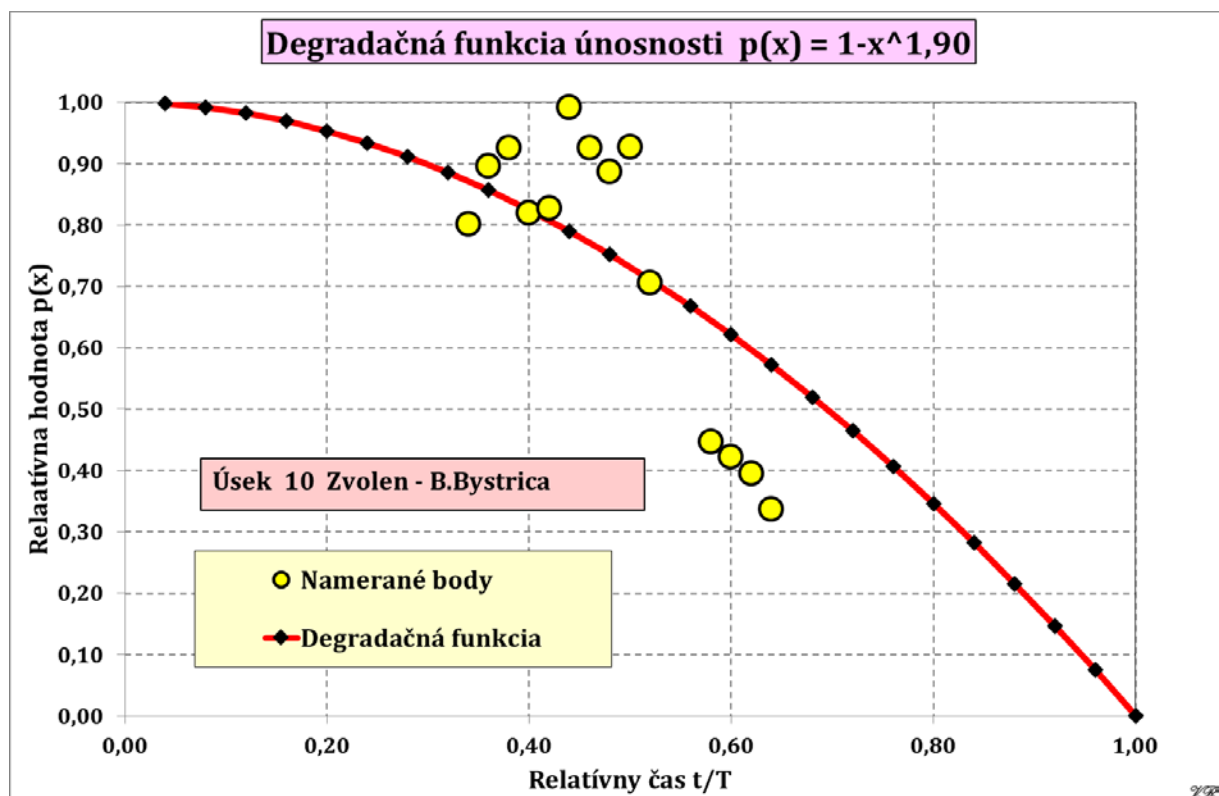
Zmeny indexov krivosti počas meraného obdobia sú zobrazené na obrázku 13.5. Aj v tomto prípade sme vylúčili extrémne hodnoty z meraní v roku 2013. Zmeny indexov krivosti SCI a BCI počas meraného obdobia s vylúčením roku 2013 sú zobrazené na obrázku 13.6.

Degradačná funkcia únosnosti zisťovaná prostredníctvom indexu krivosti povrchu SCI je zobrazená na obrázku 13.7. Exponent degradačnej funkcie pre SCI je $B = 3,5$.

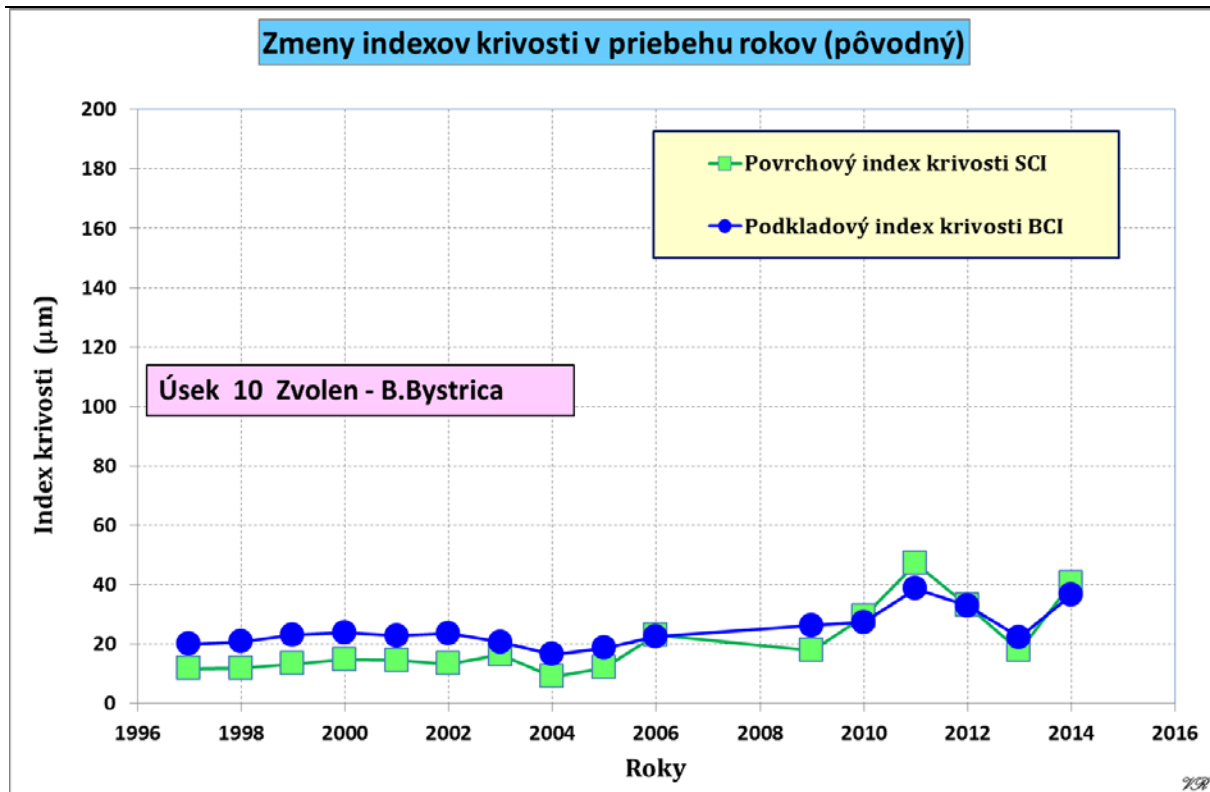
Degradačná funkcia únosnosti zisťovaná prostredníctvom indexu krivosti podkladu BCI je zobrazená na obrázku 13.8. Exponent degradačnej funkcie pre BCI je $B = 3,8$.



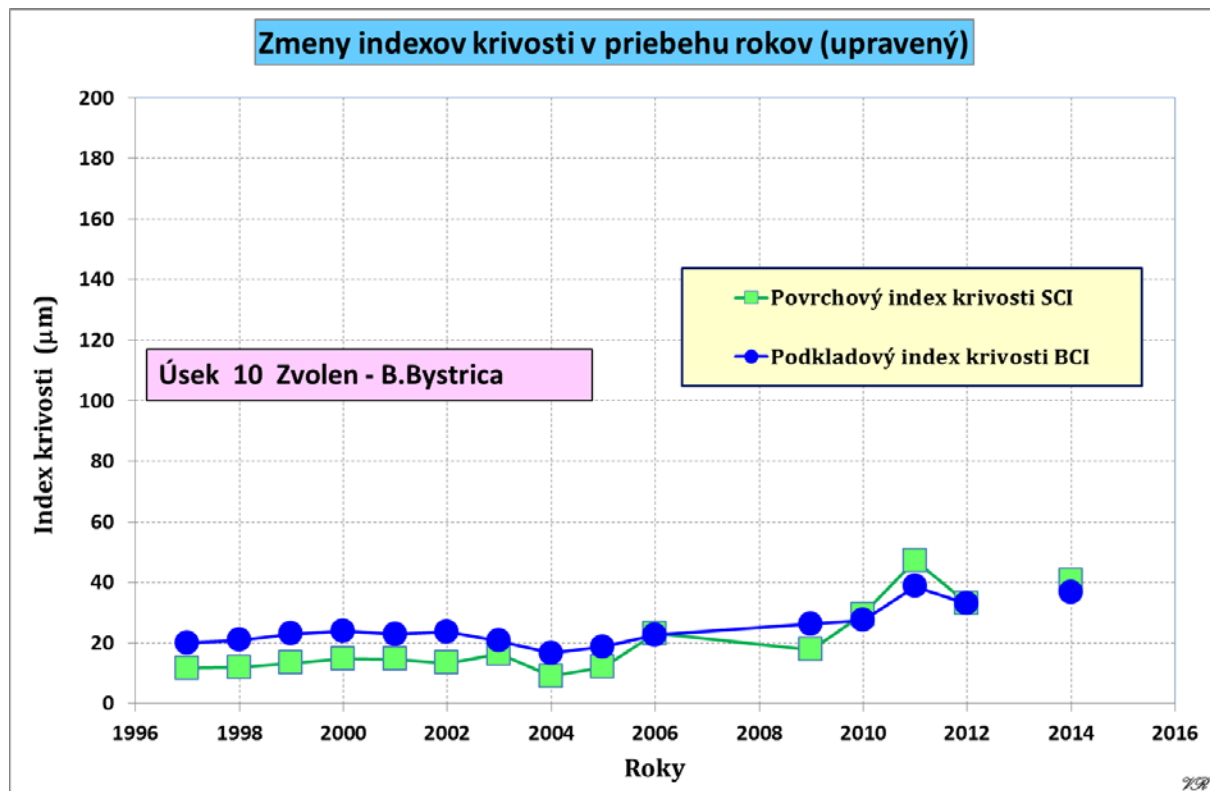
Obrázok 13.3



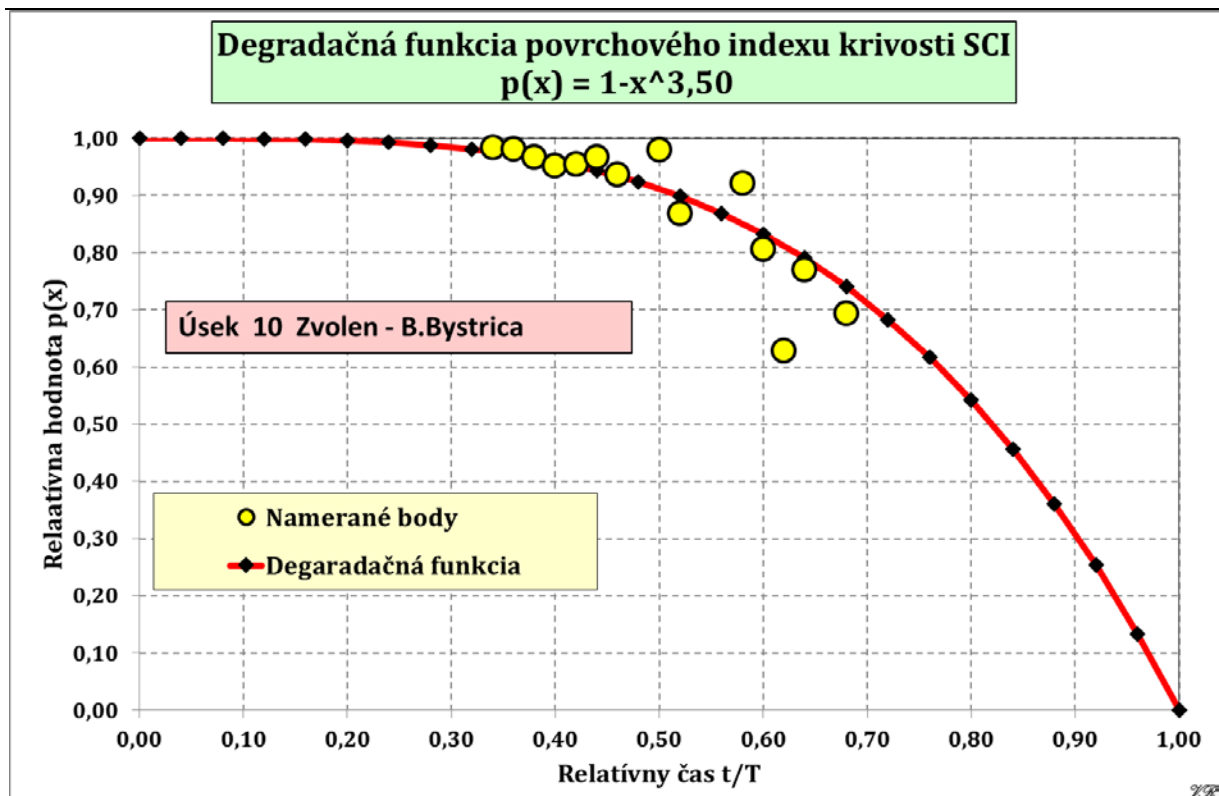
Obrázok 13.4



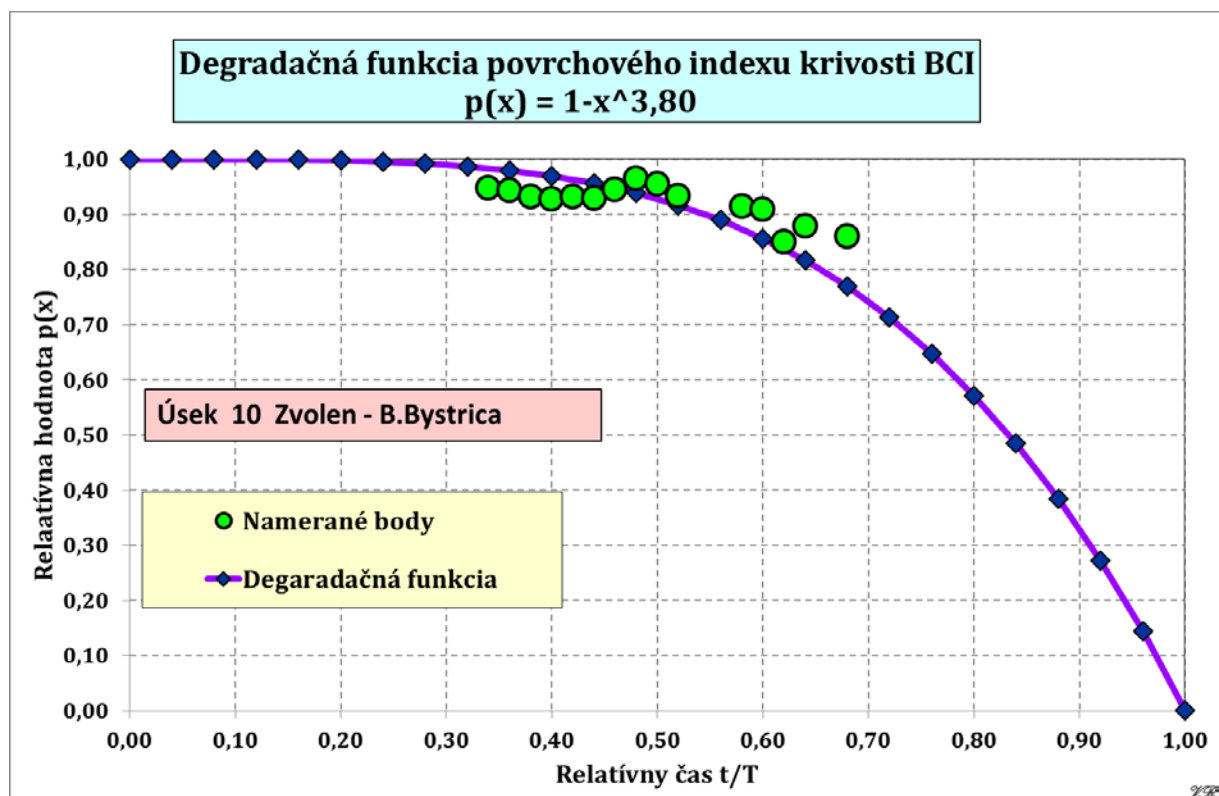
Obrázok 13.5



Obrázok 13.6



Obrázok 13.7



Obrázok 13.8

13.4 Záver - úsek 10 Zvolen - B. Bystrica

Vozovka bola doteraz zaťažená 29,06 mil. prejazdmi návrhových náprav. Hrúbky vozovky sa nezhodujú celkom s meraniami GEORADAROM. Ukazuje sa nevyhnutnosť realizácie vývrtov za účelom stanovenia skladby vozovky. Navrhujeme vývrty priemeru 400 mm kde sa okrem stanovenia hrúbok sa dajú stanoviť aj materiály vrstiev a únosnosť na podloží a nestmelených vrstvách vozovky.

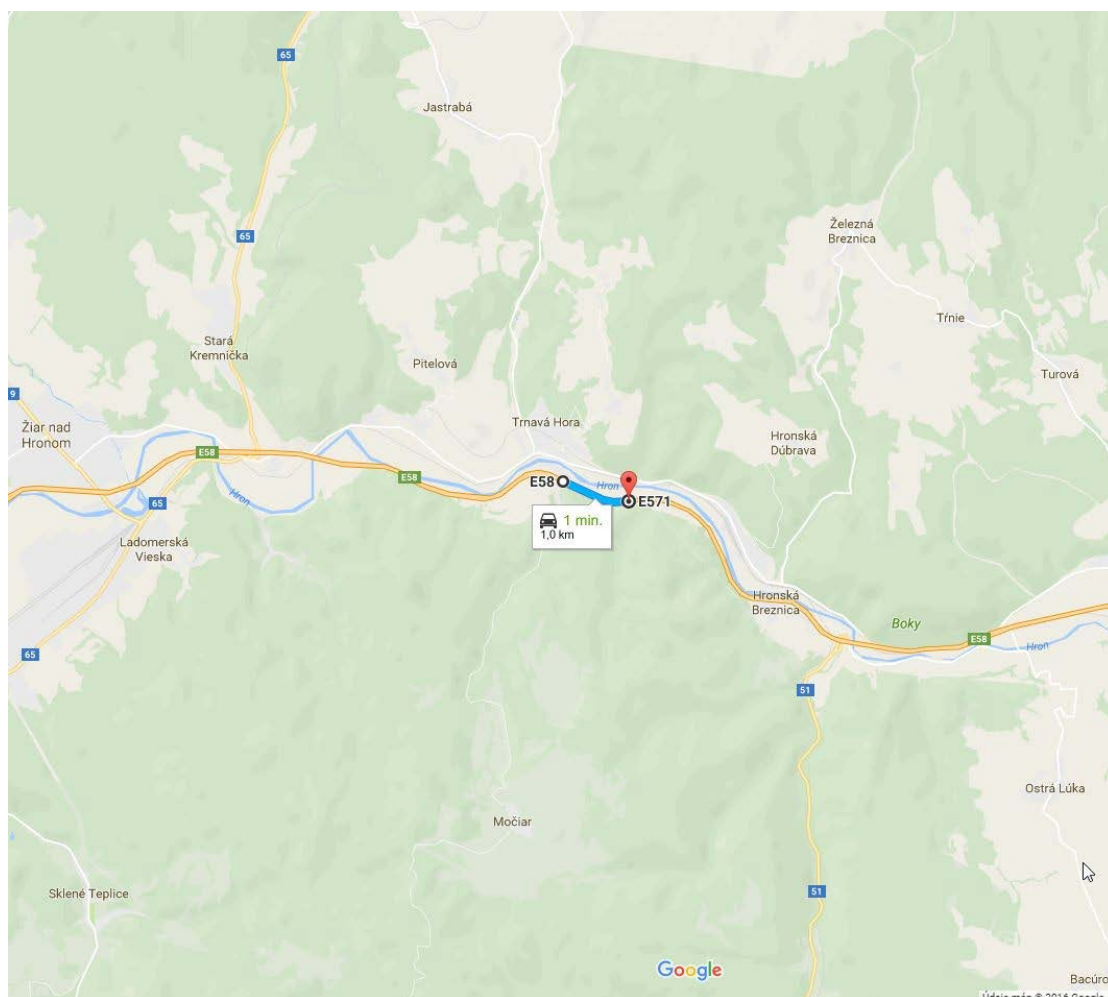
Degradačné funkcie jednoznačne naznačujú, že vozovka degraduje. Hodnoty exponentov pre E_{Ekv} sú $B=1,9$, pre SCI $B=3,5$ a pre BCI $B=3,8$.

Túto vozovku je potrebné sledovať a merať únosnosť každý rok.

14 Úsek 11 Šášov - Jalná

14.1 Všeobecne

Úsek sa nachádza na ceste R1 medzi Žiarom nad Hronom a Hronskou Breznicou. Začína 20 m za mostom č.50-165 smerom na Zvolen. Úsek je dlhý 1000 m.



Obrázok 14.1

14.1.1 Vozovka

Vozovka podľa dostupných informácií má skladbu

1.	AB II	110	mm
2.	OK II	110	mm
3.	CS	200	mm
4.	ŠD	250	mm

Spolu 670 mm

Stmelené vrstvy vozovky majú hrúbku 420 mm. Štatisticky spracované výsledky merania hrúbok vozovky GEORADAROM sú uvedené v tabuľke 14.1.

Tabuľka 14.1

I/50.1 ŠÁŠOV								
	Pravý pruh (PP)				Ľavý pruh (LP)			
	Stmelené vrstvy PP (mm)	Nestmelené vrstvy PP (mm)	Celková hrúbka vozovky PP (mm)	Poznámka	Stmelené vrstvy LP (mm)	Nestmelené vrstvy LP (mm)	Celková hrúbka vozovky LP (mm)	Poznámka
Priemer	211	576	787		205	533	738	
Min.	135	383	603		146	328	526	
Max.	304	861	1073		292	936	1129	
Sigma	31	101	96		21	120	121	
cv	14,79%	17,53%	12,21%		10,41%	22,44%	16,40%	

Výsledky merania GEORADAROM sa vôbec nezhodujú s danou skladbou vozovky. Zhoda by sa dala uvažovať len v stmelených vrstvách za predpokladu, že cementová stabilizácia je tak rozpadnutá, že sa vytvorila z tejto stmelenej vrstvy vrstva nestmelená.

Aj pri tomto úseku je potrebné určiť skladbu vozovky na základe vývrtov.

14.1.2 Doba výstavby a životnosť

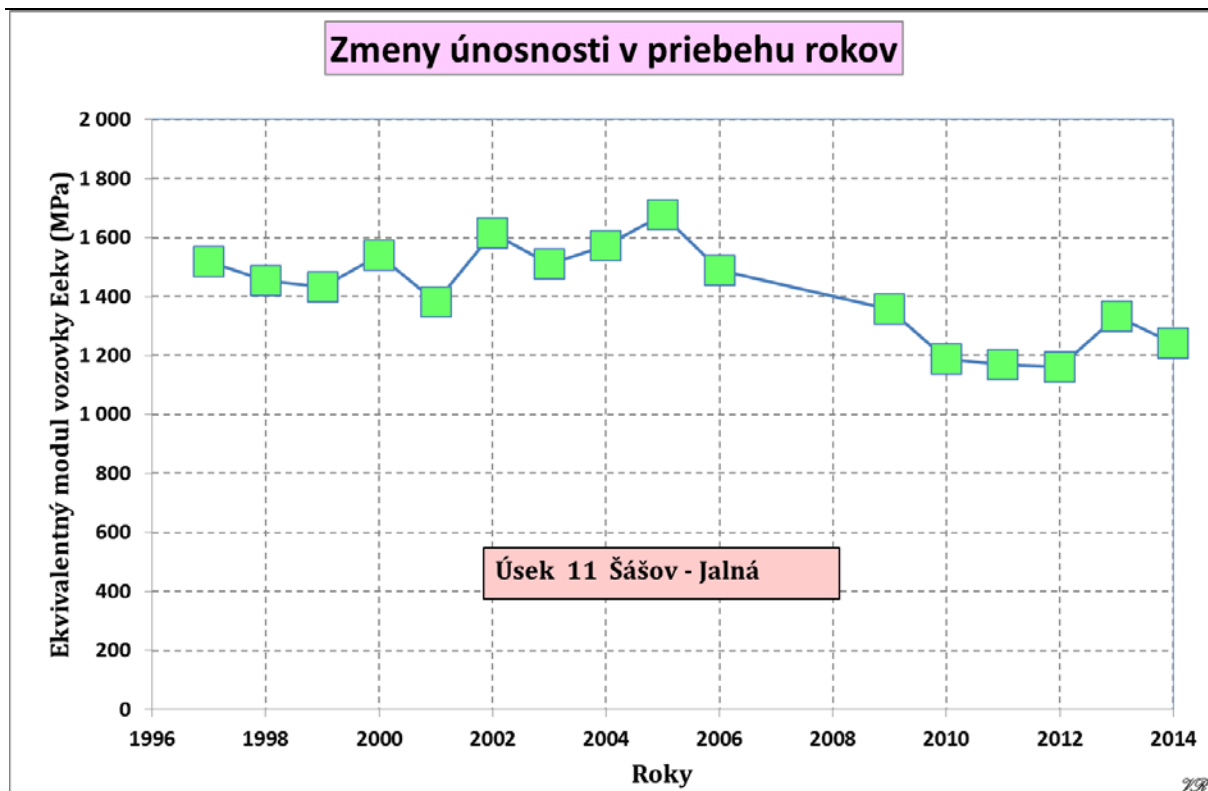
Vozovka bola postavená v roku 1986. Pre stanovenie degradačných funkcií bola uvažovaná životnosť na 50 rokov.

14.1.3 Dopravné zaťaženie

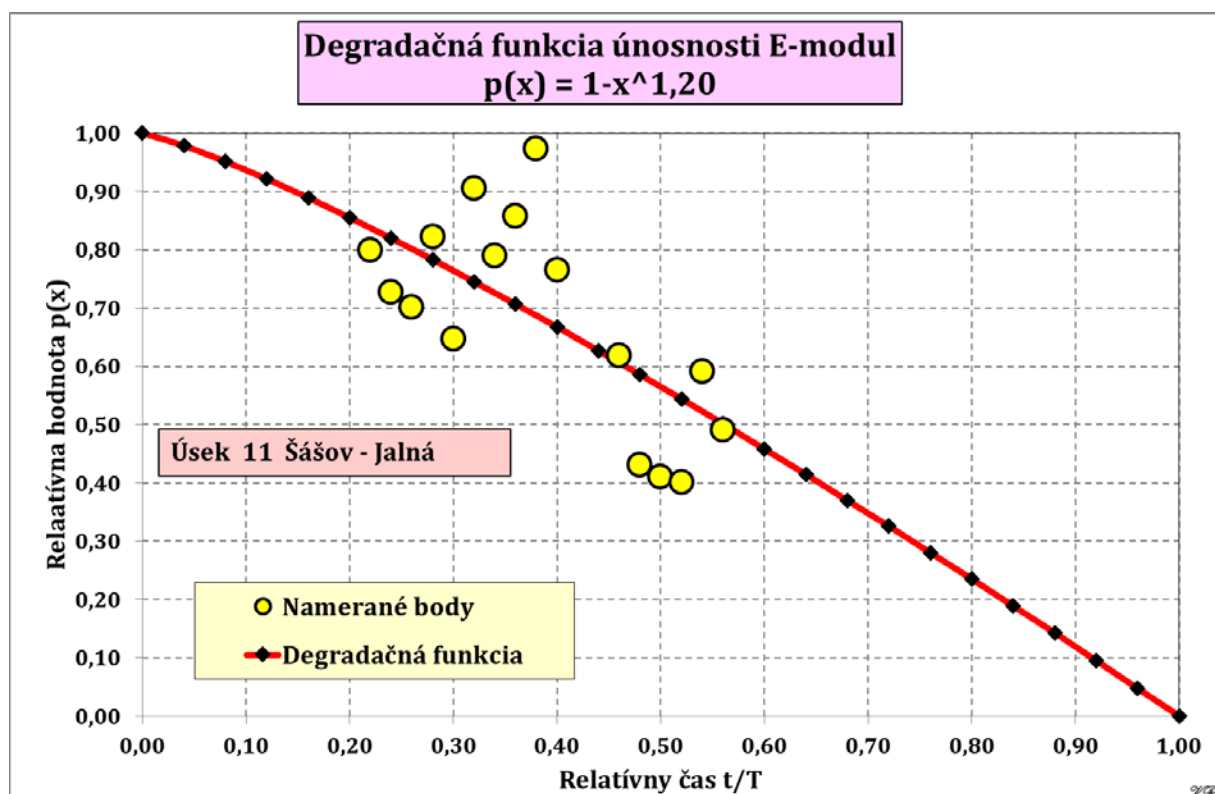
Počet nákladných vozidiel za 24 h v oboch smeroch je 5 228. Za celé návrhové obdobie to je 50,79 mil. návrhových náprav. Doteraz sa zrealizovalo 30,48 mil. návrhových náprav.

14.2 Únosnosť vyjadrená ekvivalentným modulom pružnosti

Na obrázku 14.2 sú vykreslené zmeny únosnosti vyjadrené ekvivalentným modulom pružnosti.



Obrázok 14.2

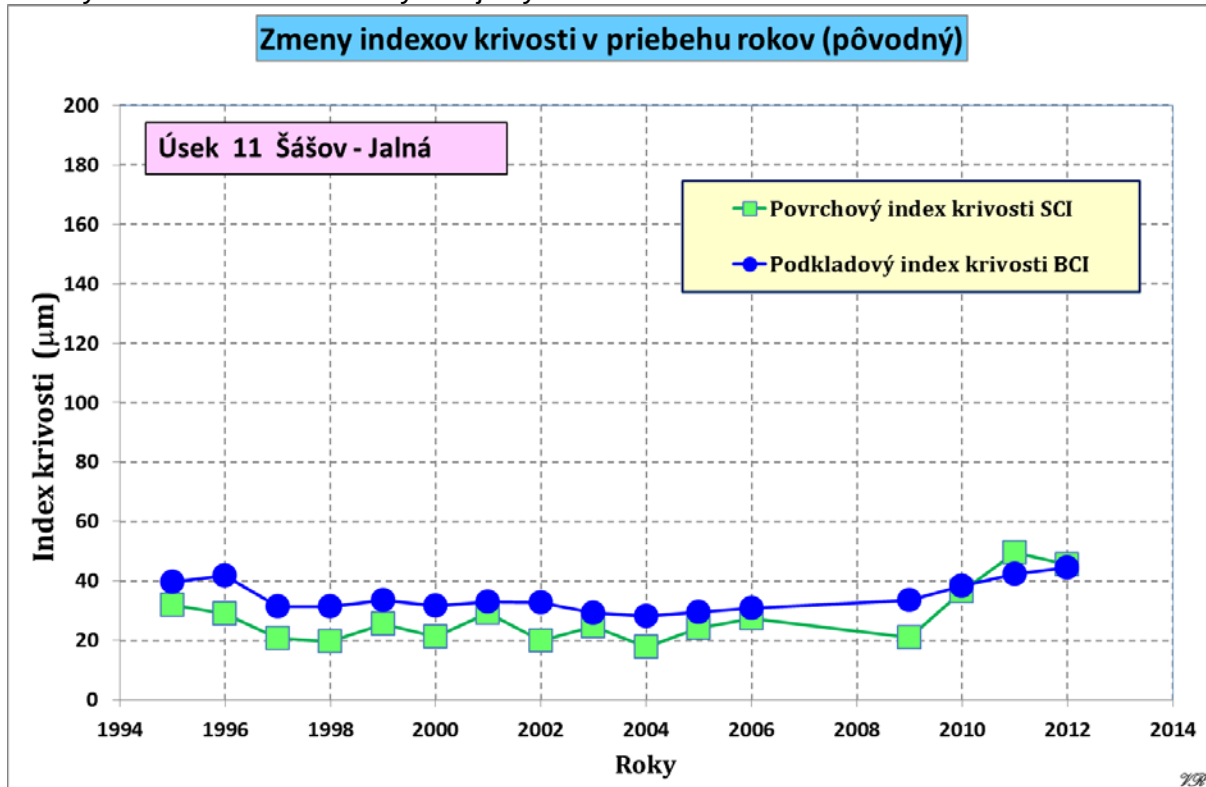


Obrázok 14.3

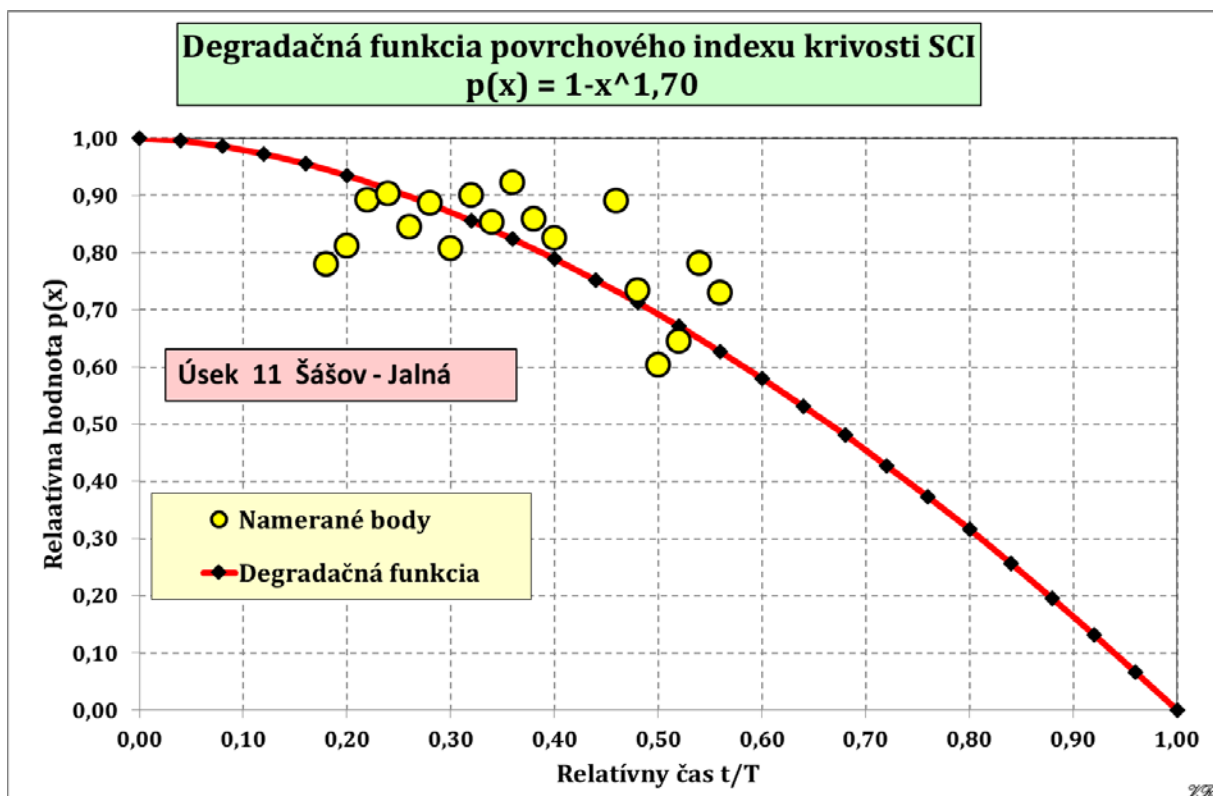
Z obrázku 14.2 je zrejmé, že hodnoty ekvivalentného modulu z meraní v rokoch 1997 až 2006 sa výrazne nemenili, od roku 2006 nastal pokles hodnôt. Degradačná funkcia únosnosti zisťovaná prostredníctvom ekvivalentného modulu pružnosti bola odvodená a je zobrazená na obrázku 14.3 Exponent $B = 1,2$.

14.3 Únosnosť vyjadrená indexmi krivosti

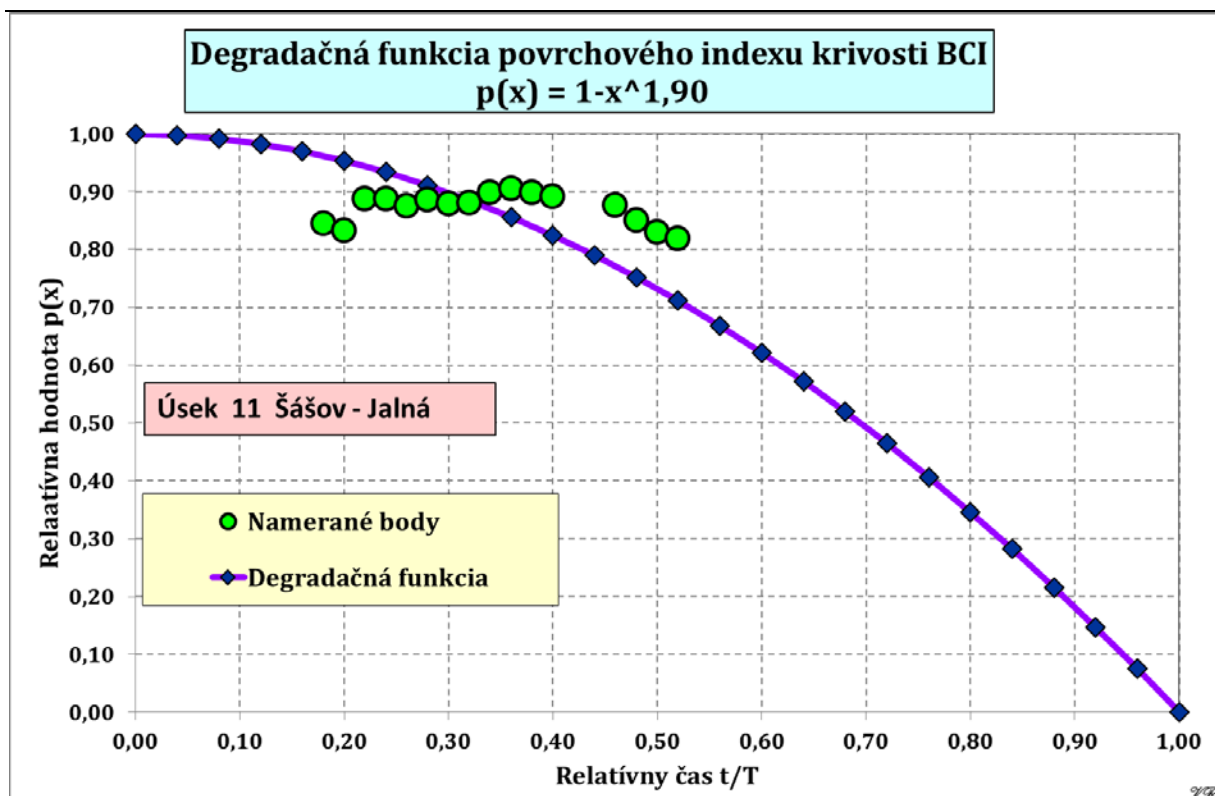
Zmeny indexov krivosti počas meraného obdobia sú zobrazené na obrázku 14.4. Zmeny indexov SCI a BCI nevykazujú výraznú zmenu.



Obrázok 14.4



Obrázok 14.5



Obrázok 14.6

Degradačná funkcia povrchového indexu krivosti SCI je odvodená a zobrazená na obrázku 14.5. Exponent $B = 1,7$.

Degradačná funkcia podkladového indexu krivosti BCI je odvodená a zobrazená na obrázku 14.6. Exponent $B = 1,9$.

14.4 Záver - úsek 11 Šášov - Jalná

Vozovka bola doteraz zaťažená 30,48 mil. prejazdmi návrhových náprav. Hrúbky vozovky sa nezhodujú s meraniami GEORADAROM. Ukazuje sa nevyhnutnosť realizácie vývrťov za účelom stanovenia skladby vozovky. Navrhujeme vývrty priemeru 400 mm kde sa okrem stanovenia hrúbok dajú stanoviť aj materiály vrstiev a únosnosť na podloží a nestmelejších vrstvách vozovky.

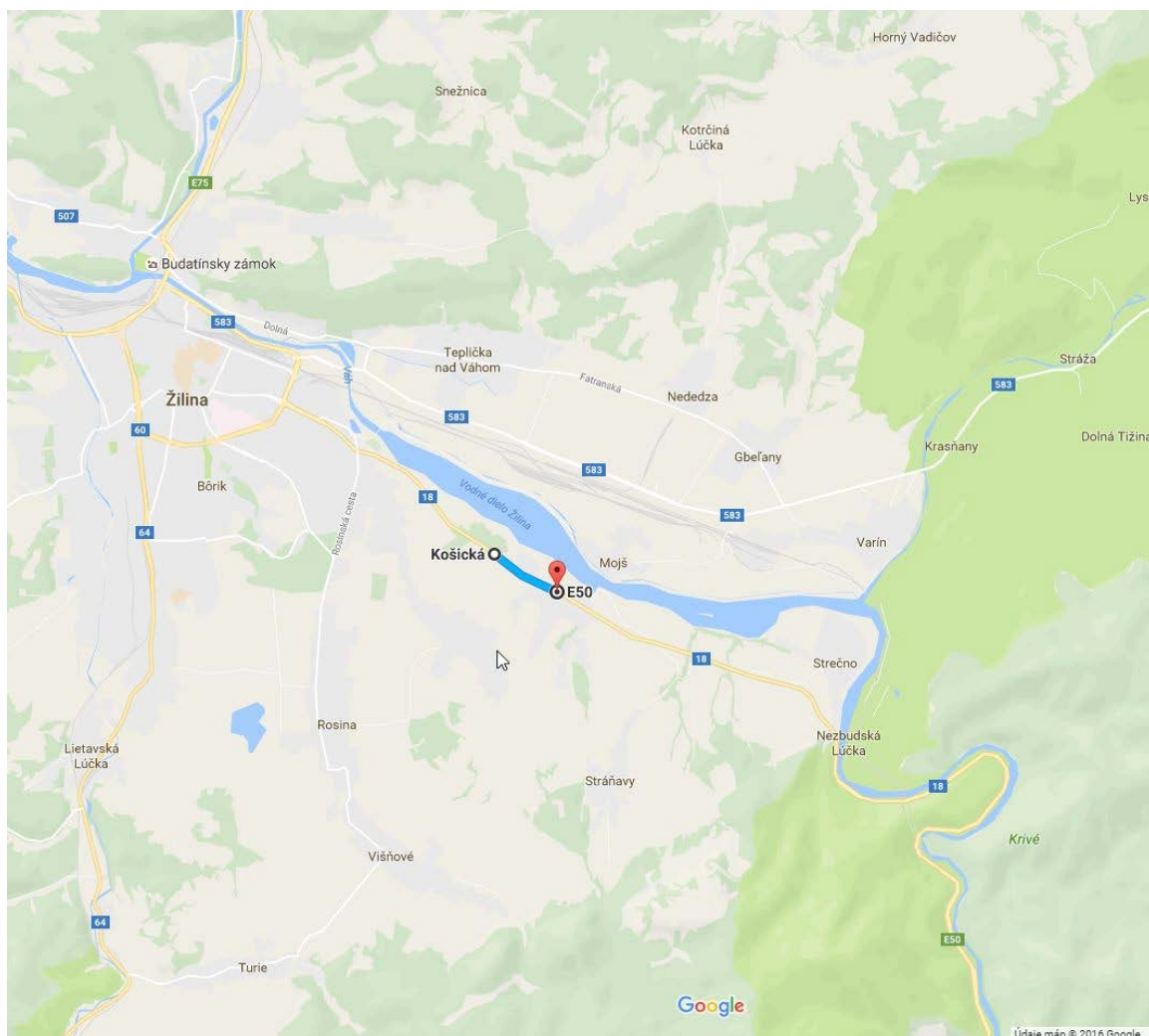
Degradačné funkcie jednoznačne naznačujú, že vozovka degraduje. Hodnoty exponentov pre E_{EKV} sú $B=1,2$, pre SCI $B=1,7$ a pre BCI $B=1,9$.

Túto vozovku je potrebné sledovať a merať únosnosť každý rok.

15 Úsek 12 Žilina, Žilina - Mojšova Lúčka

15.1 Všeobecne

Úsek sa nachádza na ceste I/18 za Žilinou. Začína 5 m za stredom priepustu, na konci zvodí-diel smerom na Strečno. Úsek je dlhý 1000 m.



Obrázok 15.1

Vozovka

Vozovka podľa dostupných informácií má skladbu

1.	AB	40	mm
2.	AB	40	mm
3.	OŠD	50	mm
4.	ŠD	300	mm
5.	ŠP	300	mm

Spolu 730 mm

Stmelené vrstvy majú hrúbku 130 mm

Štatisticky spracované výsledky merania hrúbok vozovky GEORADAROM sú uvedené v tabuľke 15.1.

Tabuľka 15.1

I/18 ŽILINA - STK								
	Pravý pruh (PP)				Ľavý pruh (LP)			
	Stmelené vrstvy PP (mm)	Nestmelené vrstvy PP (mm)	Celková hrúbka vozovky PP (mm)	Poznámka	Stmelené vrstvy LP (mm)	Nestmelené vrstvy LP (mm)	Celková hrúbka vozovky LP (mm)	Poznámka
Priemer	256	367	623		261	370	632	
Min.	135	164	470		167	165	487	
Max.	366	1437	1654		374	1507	1759	
Sigma	41	118	101		52	112	92	
cv	16,00%	32,18%	16,25%		20,07%	30,28%	14,58%	

Výsledky merania GEORADAROM sa vôbec nezhodujú s danou skladbou vozovky. Zhoda by sa dala uvažovať len v stmelených vrstvách za predpokladu, že cementová stabilizácia je tak rozpadnutá, že sa vytvorila z tejto stmelenej vrstvy vrstva nestmelená. Aj pri tomto úseku je potrebné určiť skladbu vozovky na základe vývrtov.

15.1.1 Doba výstavby a životnosť

Vozovka bola postavená v roku 1965. Pre stanovenie degradačných funkcií bola uvažovaná životnosť na 50 rokov.

15.1.2 Dopravné zaťaženie

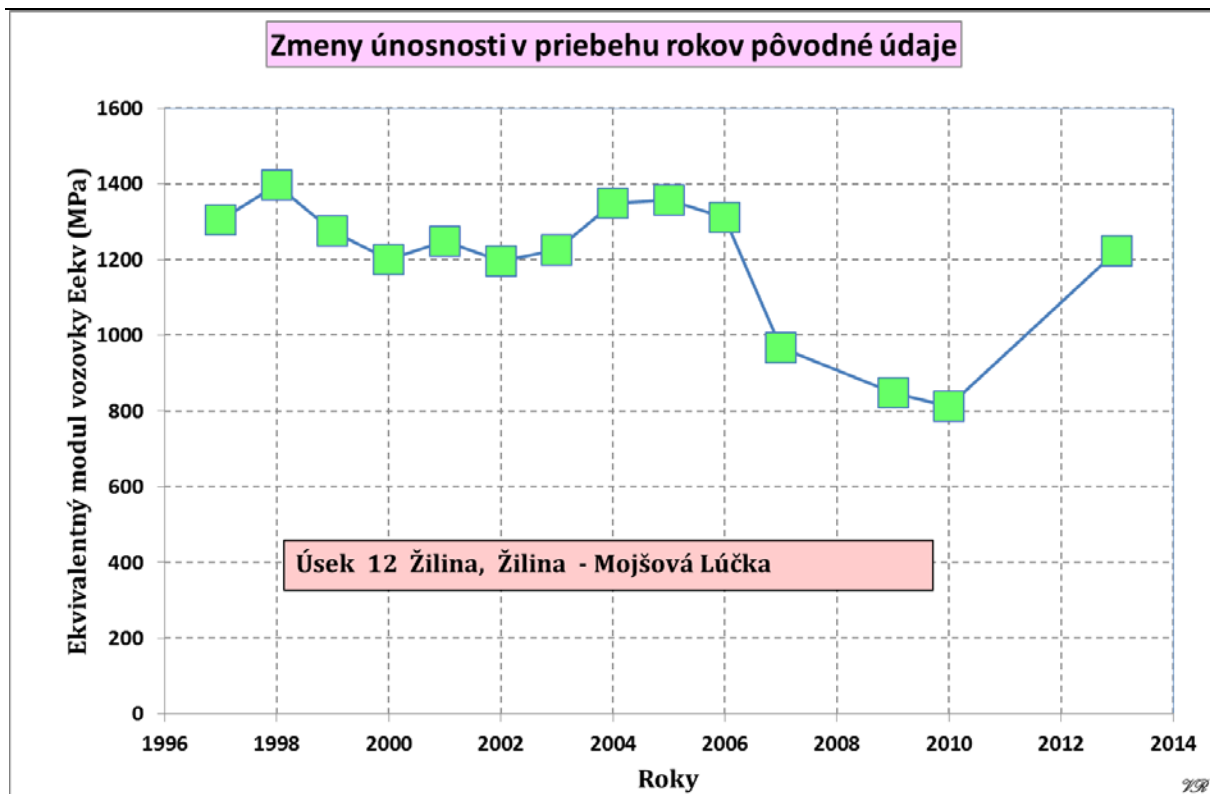
Počet nákladných vozidiel za 24 h v oboch smeroch je 7 345. Za celé návrhové obdobie to je 78,42 mil. návrhových náprav. Doteraz sa zrealizovalo 79,99 mil. návrhových náprav.

15.2 Únosnosť vyjadrená ekvivalentným modulom pružnosti

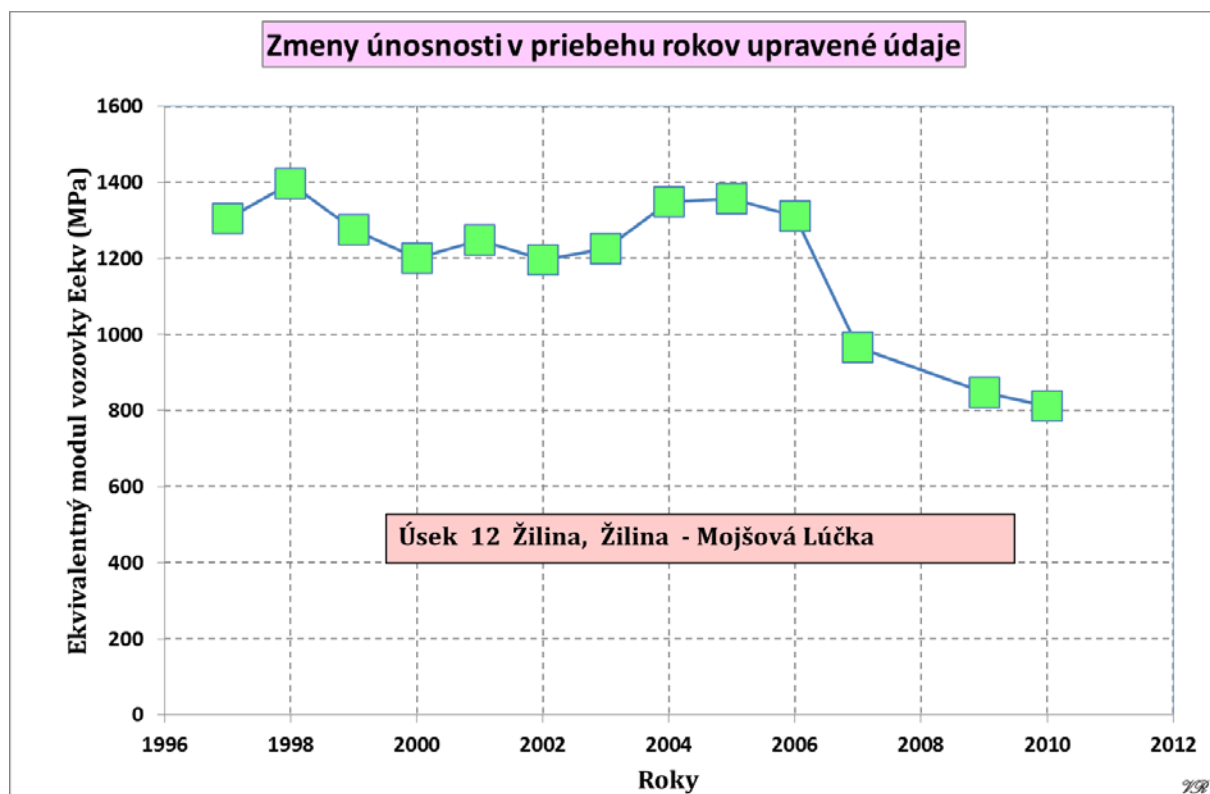
Na obrázku 15.2 sú vykreslené zmeny únosnosti vyjadrené ekvivalentným modulom pružnosti.

Z obrázku 15.2 je zrejmé, že hodnoty ekvivalentného modulu z meraní v rokoch 1997 až 2014 sa menili. Od roku 2006 nastal výrazný pokles modulu. V roku 2013 bola hodnota extrémna a z toho dôvodu sme merania v roku 2013 vylúčili z hodnotenia. Hodnoty upravených ekvivalentných modulov tuhosti sú zobrazené na obrázku 15.3.

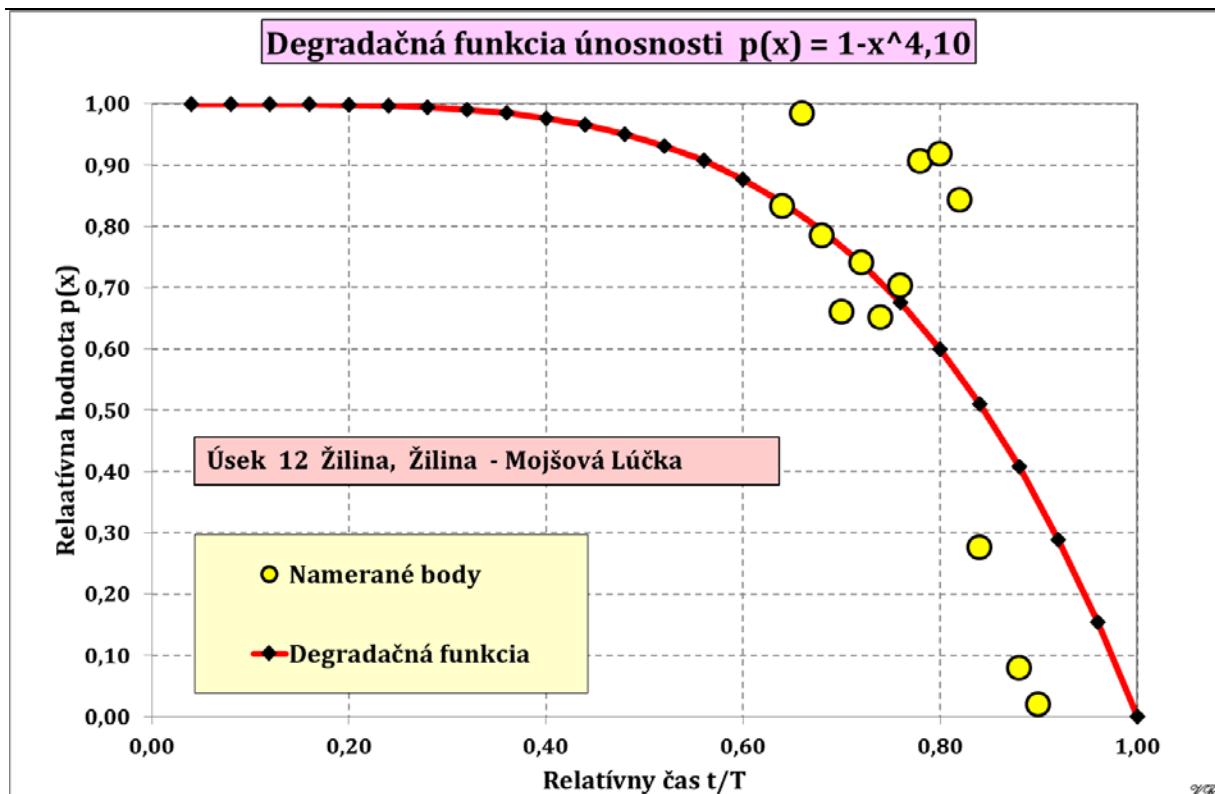
Degradačná funkcia únosnosti zisťovaná prostredníctvom ekvivalentného modulu pružnosti je zobrazená na obrázku 15.4. Exponent degradačnej funkcie $B = 4,1$.



Obrázok 15.2



Obrázok 15.3



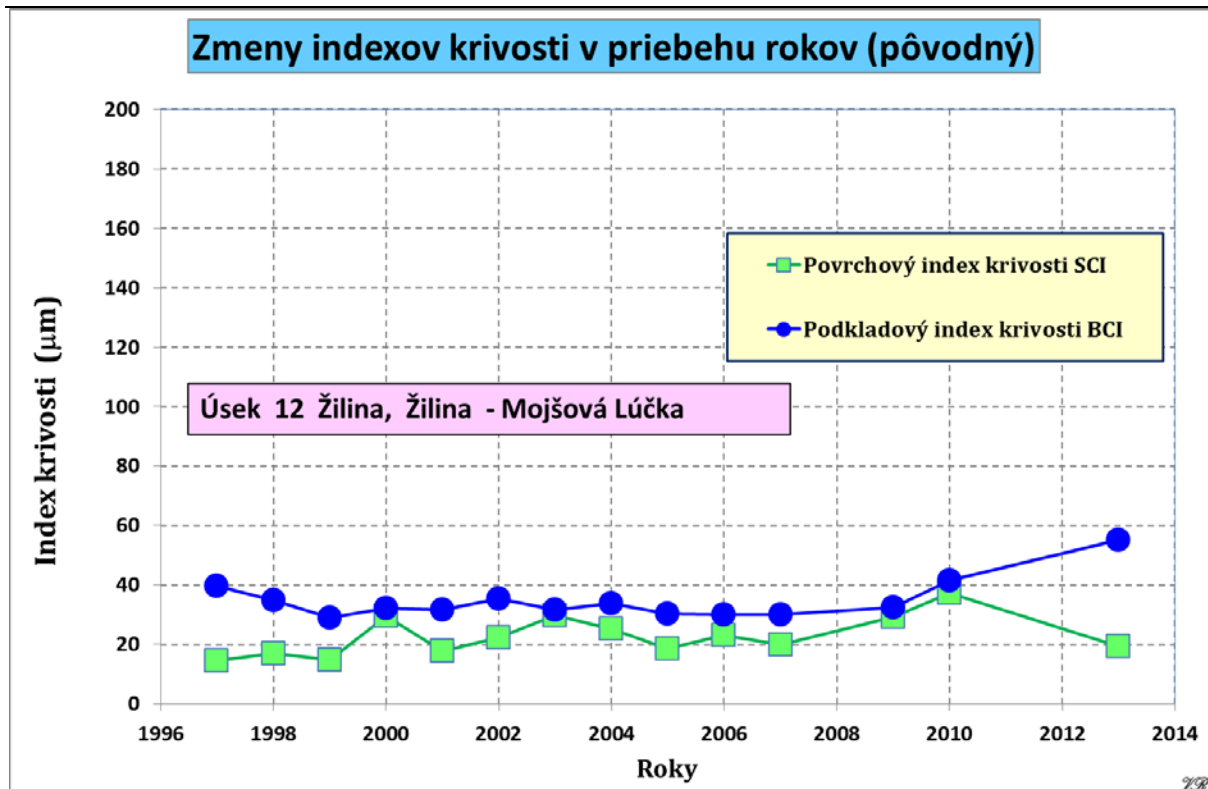
Obrázok 15.4

15.3 Únosnosť vyjadrená indexmi krivosti

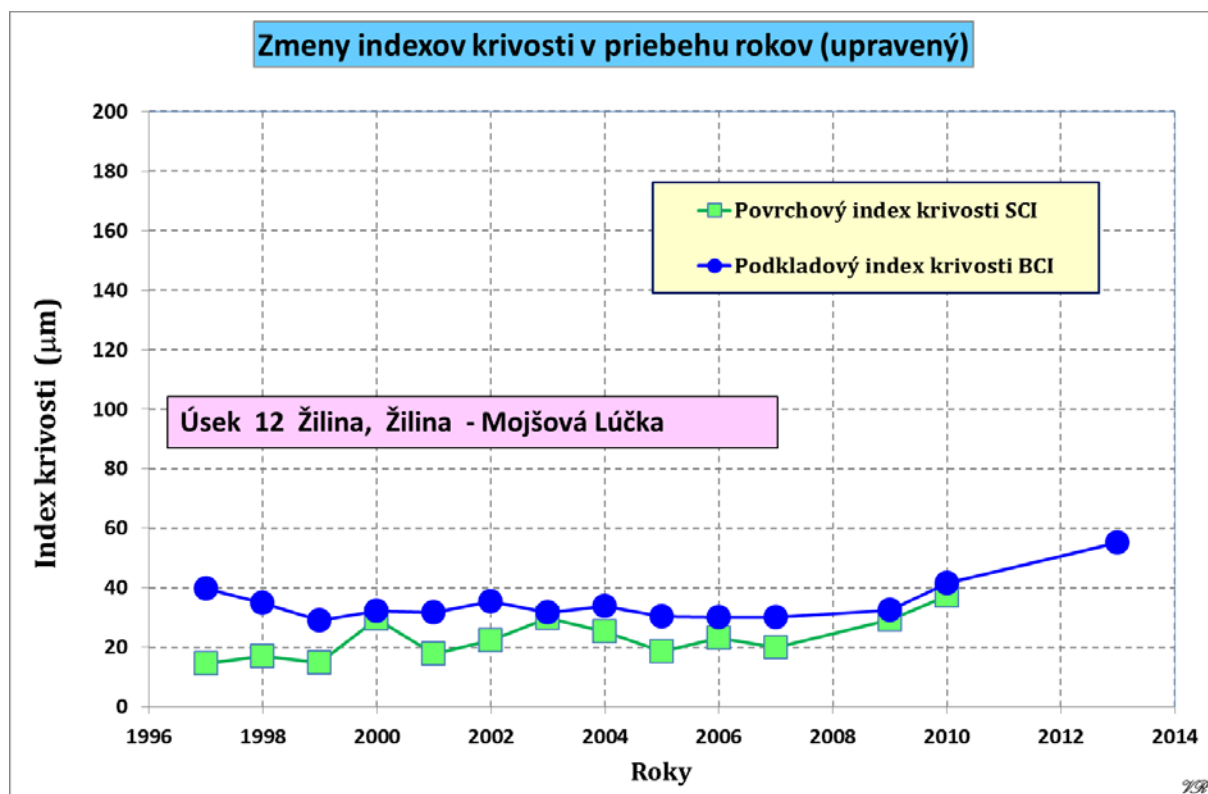
Zmeny indexov krivosti počas meraného obdobia sú zobrazené na obrázku 15.5. Aj v tomto prípade sme vylúčili extrémne hodnoty z meraní v roku 2013. Zmeny indexov krivosti SCI a BCI počas meraného obdobia s vylúčením roku 2013 sú zobrazené na obrázku 15.6.

Degradačná funkcia únosnosti zisťovaná prostredníctvom indexu krivosti povrchu SCI je zobrazená na obrázku 15.7. Exponent degradačnej funkcie pre SCI je $B = 2,1$.

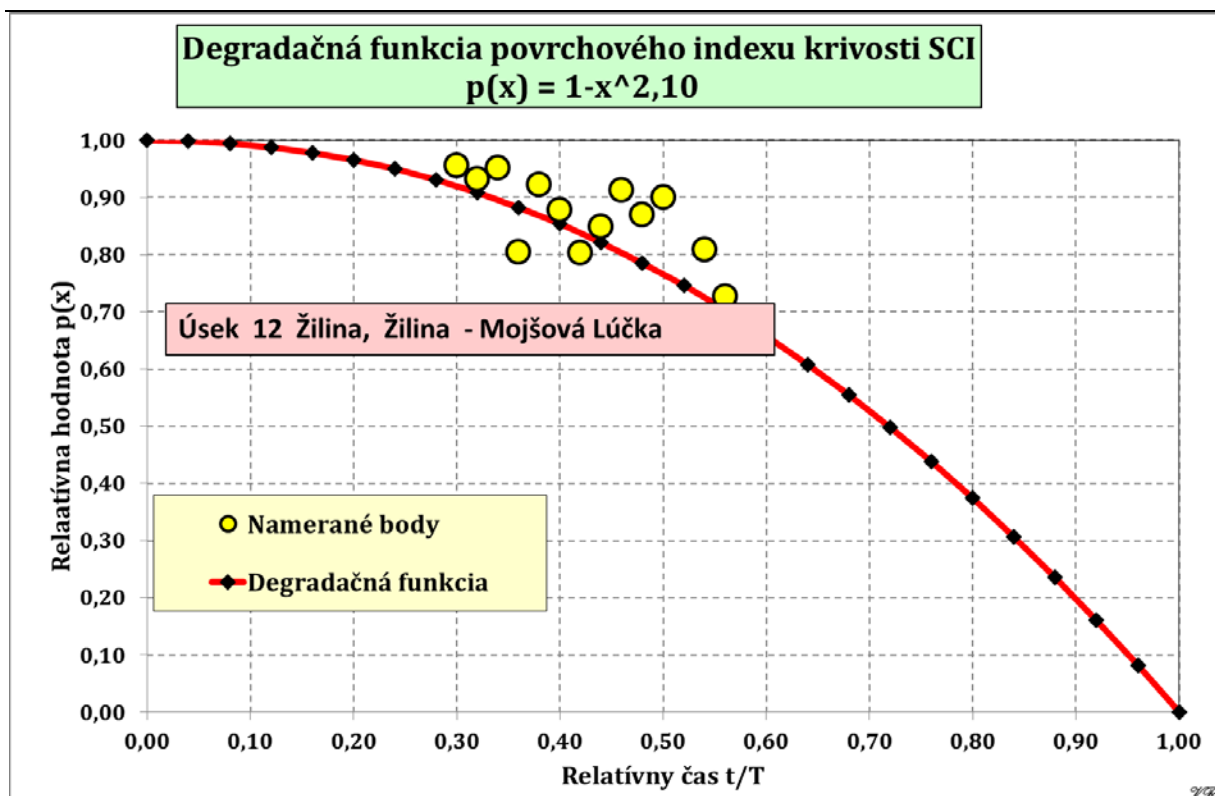
Degradačná funkcia únosnosti zisťovaná prostredníctvom indexu krivosti podkladu BCI je zobrazená na obrázku 15.8. Exponent degradačnej funkcie pre BCI je $B = 3,2$.



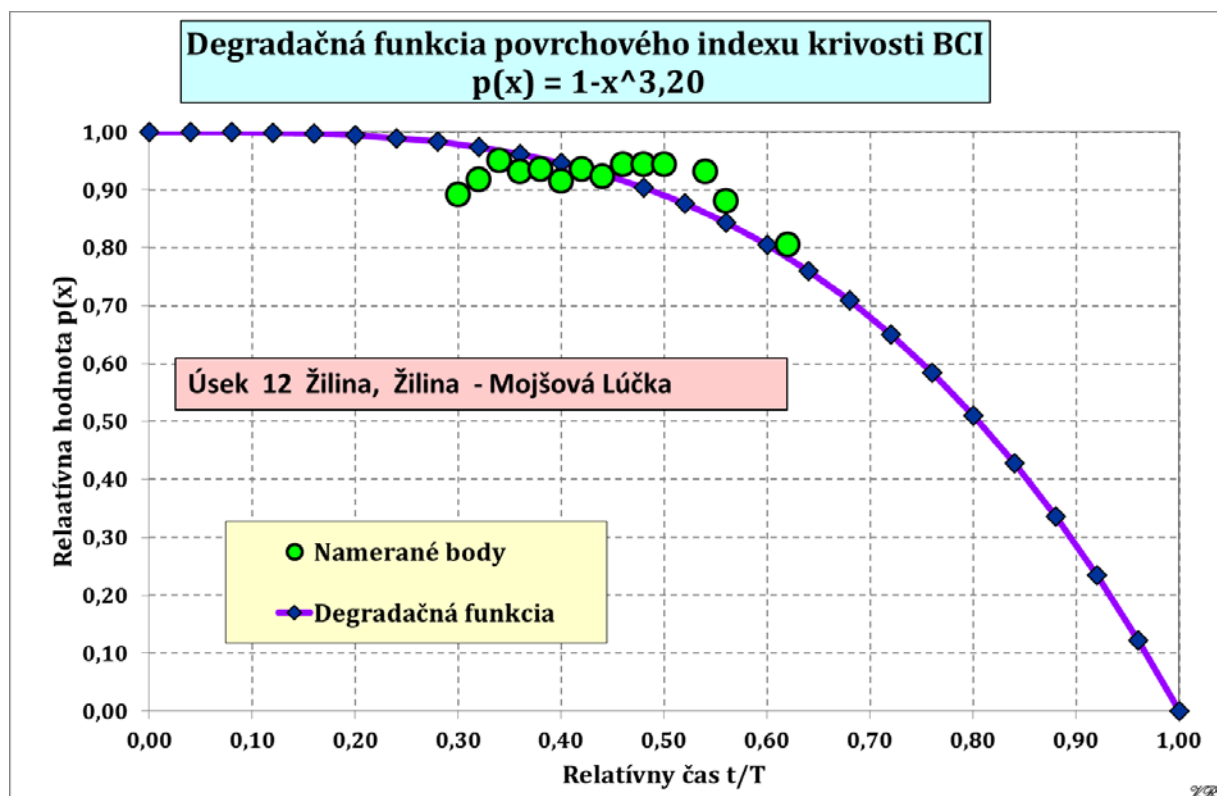
Obrázok 15.5



Obrázok 15.6



Obrázok 15.7



Obrázok 15.8

15.4 Záver - úsek 12 Žilina, Žilina - Mojšova Lúčka

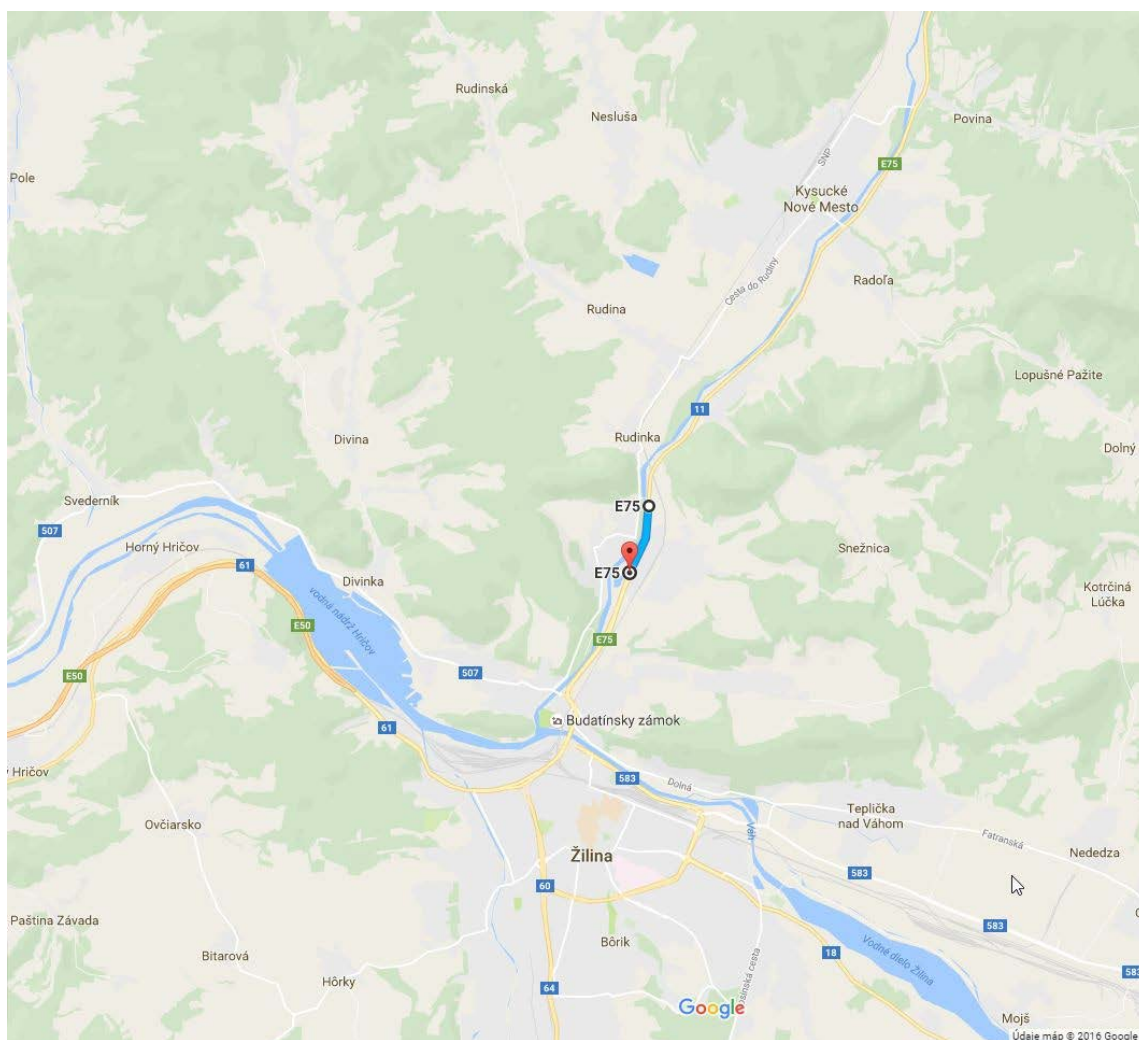
Vozovka bola doteraz zaťažená 79,99 mil. prejazdmi návrhových náprav. Hrúbky vozovky sa nezhodujú s meraniami GEORADAROM. Ukazuje sa nevyhnutnosť realizácie vývrto-
tov za účelom stanovenia skladby vozovky. Navrhujeme vývrty priemeru 400 mm kde sa ok-
rem stanovenia hrúbok dajú stanoviť aj materiály vrstiev a únosnosť na podloží a nestmele-
ných vrstvách vozovky.

Degradačné funkcie jednoznačne naznačujú, že vozovka degraduje. Vozovka z hľa-
diska únosnosti dosahuje hraničné hodnoty. Hodnoty exponentov pre E_{ekv} sú $B=4,1$, pre
SCI $B=2,1$ a pre BCI=3,2. Túto vozovku je potrebné sledovať a merať únosnosť každý rok.

16 Úsek 13 Brodno - Žilina

16.1 Všeobecne

Úsek sa nachádza na ceste I/11 medzi Kysuckým Novým Mestom a Žilinou. Začína na za-
čiatku oddelenej časti komunikácie pri obci Brodno v smere na Žilinu. Úsek je dlhý 1000 m.



Obrázok 16.1

Vozovka

Vozovka podľa dostupných informácií má skladbu

1.	ABM	50	mm
2.	AB	50	mm
3.	AB	60	mm
4.	OŠD	250	mm
5	ŠD	250	mm
	ŠP	200	mm
Spolu		860	mm

Stmelené vrstvy majú hrúbku 410 mm

Štatisticky spracované výsledky merania hrúbok vozovky GEORADAROM sú uvedené v tabuľke 16.1.

Tabuľka 16.1

I/11.1 BRODNO								
	Pravý pruh (PP)				Ľavý pruh (LP)			
	Stmelené vrstvy PP (mm)	Nestmelené vrstvy PP (mm)	Celková hrúbka vozovky PP (mm)	Poznámka	Stmelené vrstvy LP (mm)	Nestmelené vrstvy LP (mm)	Celková hrúbka vozovky LP (mm)	Poznámka
Priemer	418	351	769		367	430	799	
Min.	155	147	422		169	152	537	
Max.	539	629	1062		492	723	1101	
Sigma	56	98	106		46	137	152	
cv	13,35%	28,02%	13,78%		12,45%	31,83%	19,00%	

Výsledky merania GEORADAROM sa zhodujú s danou skladbou vozovky. Hrúbka stmelených vrstiev v pravom pruhu je rovnaká 410-418 mm a 430 mm, ľavý pruh. Celková hrúbka je tiež veľmi podobná, rozdiel priemerných hodnôt je 20 mm.

Hrúbka vozovky cca 800 mm ako aj jednotlivé stmelené a nestmelené časti vozovky majú veľmi rovnomerne rozdelené hodnoty cv < 25 %. Úsek z hľadiska vozovky je homogénny.

16.1.1 Doba výstavby a životnosť

Neboli zadané uvažovali sme 1997. Pre stanovenie degradačných funkcií bola uvažovaná životnosť na 50 rokov.

16.1.2 Dopravné zaťaženie

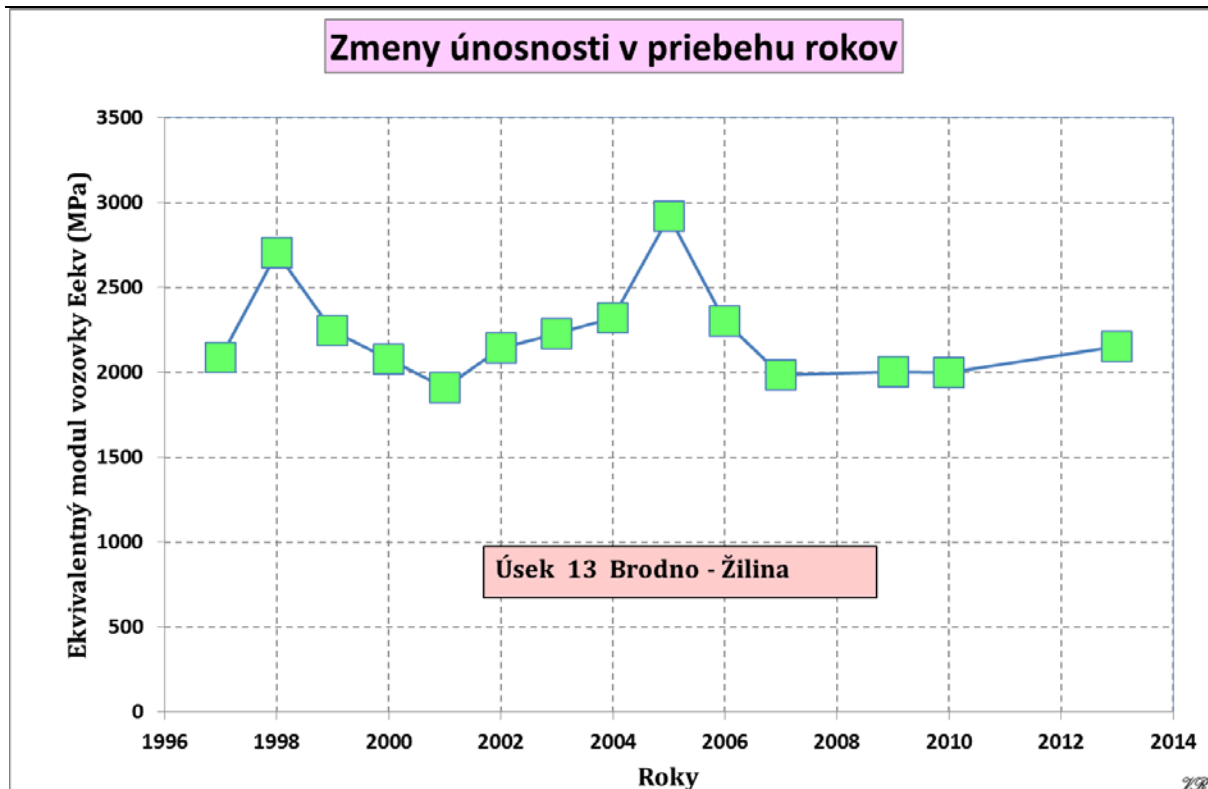
Neboli zadané.

16.2 Únosnosť vyjadrená ekvivalentným modulom pružnosti

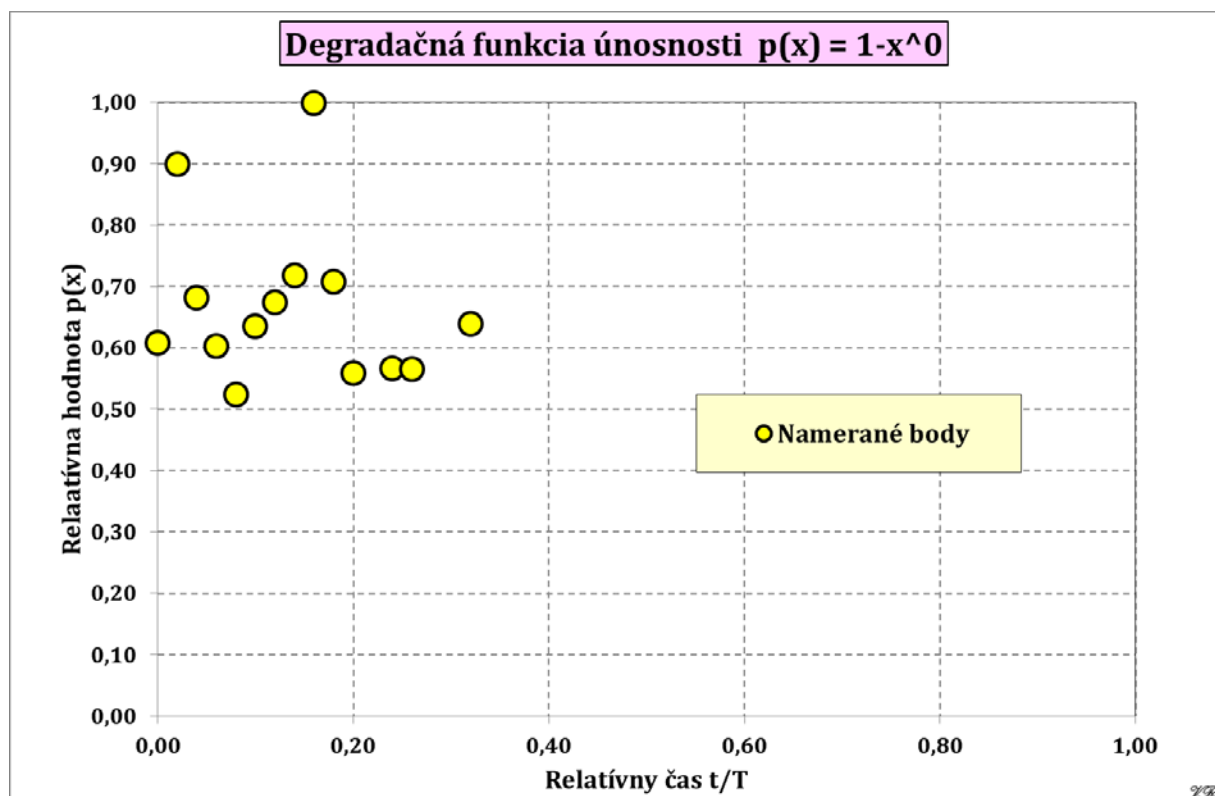
Na obrázku 16.2 sú vykreslené zmeny únosnosti vyjadrené ekvivalentným modulom pružnosti.

Z obrázku 16.2 je zrejmé, že hodnoty ekvivalentného modulu z meraní v rokoch 1997 až 2013 sa výrazne nemenili respektíve nemožno hovoriť o poklese hodnôt.

Degradačná funkcia únosnosti zisťovaná prostredníctvom ekvivalentného modulu pružnosti sa nedala odvodiť a zobraziť. Body sú zobrazené na obrázku 16.3.



Obrázok 16.2



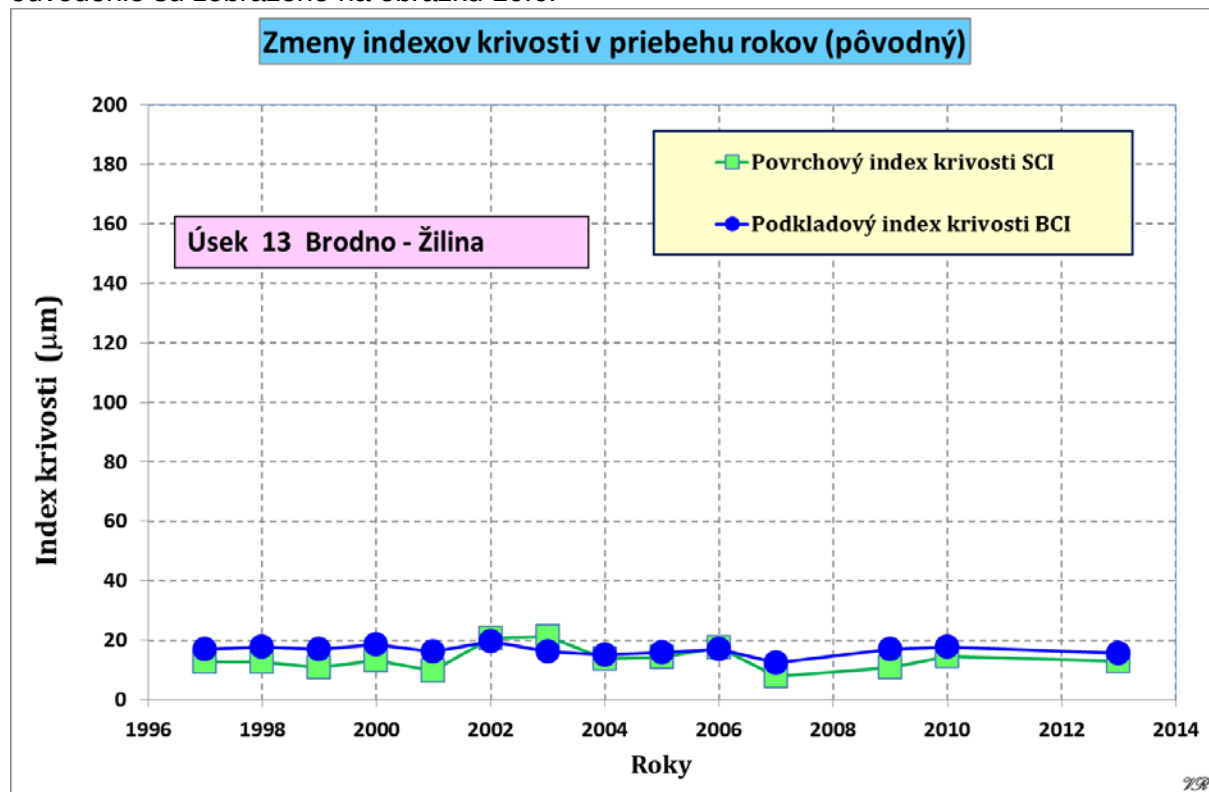
Obrázok 16.3

16.3 Únosnosť vyjadrená indexmi krivosti

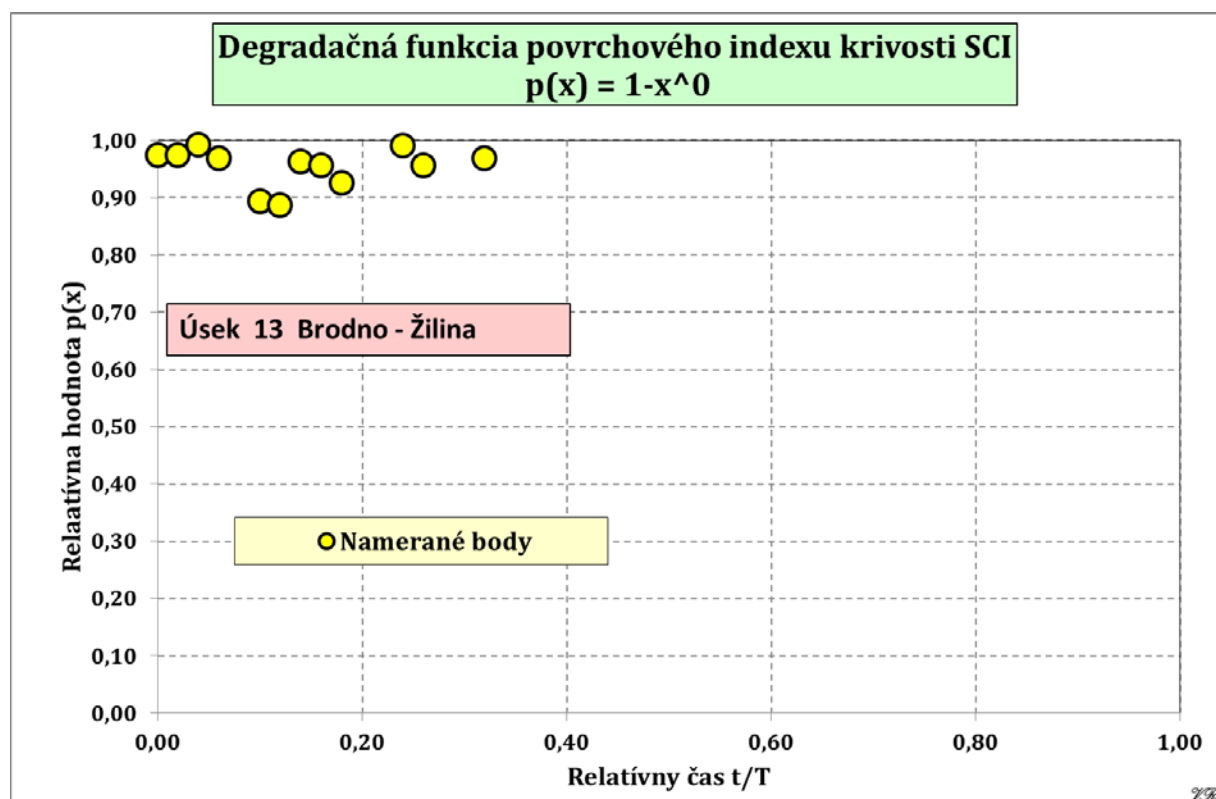
Zmeny indexov krivosti počas meraného obdobia sú zobrazené na obrázku 16.4. Zmeny indexov SCI a BCI nevykazujú výraznú zmenu.

Degradácia povrchového indexu krivosti SCI sa nedala odvodiť. Jednotlivé body pre odvodenie sú zobrazené na obrázku 16.5.

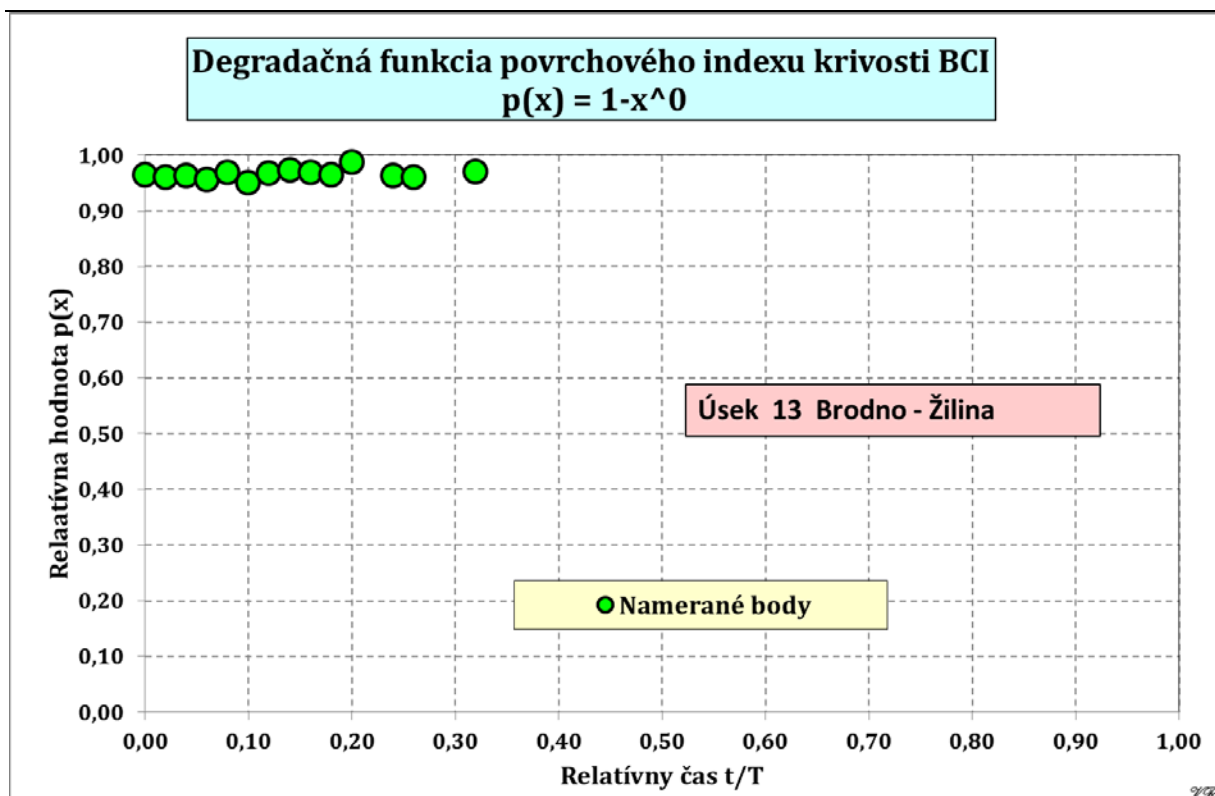
Degradácia podkladového indexu krivosti BCI sa nedala odvodiť. Jednotlivé body pre odvodenie sú zobrazené na obrázku 16.6.



Obrázok 16.4



Obrázok 16.5



Obrázok 16.6

16.4 Záver - úsek 13 Brodno - Žilina

Skladba vozovky sa zhoduje s meraním GEORADAROM. Neznáme je dopravné zaťaženie a uvedenie vozovky do užívania.

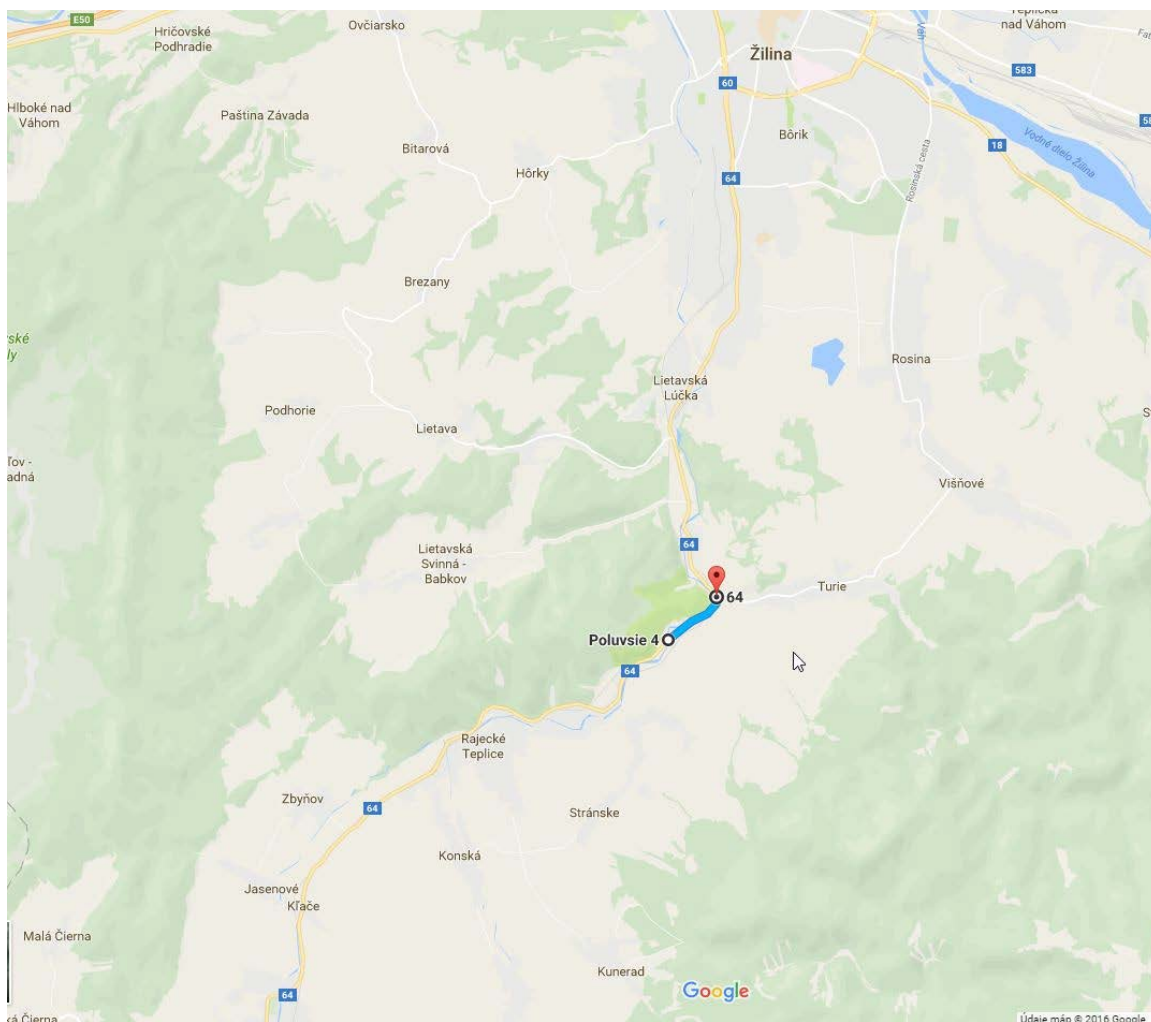
Vozovka v priebehu meraní roky 1997 až 2013 nemenila únosnosť respektíve nenaštal pokles únosnosti. Hodnoty únosnosti sú veľmi vysoké vyjadrené ekvivalentným modulom a to nad 2 000 MPa. Táto hodnota zodpovedá skladbe vozovky o celkovej hrúbke 860 mm.

Degradačné funkcie sa nedali odvodiť, vozovka nemenila únosnosť.
Navrhujeme merať každé 3 roky.

17 Úsek 14 Poluvsie - Porúbka

17.1 Všeobecne

Úsek sa nachádza na ceste I/64 pri Slniečnych skalách v smere na Lietavskú Lúčku. Začína 10 m za mostom č.64-104. Úsek je dlhý 1000 m.



Obrázok 17.1

17.1.1 Vozovka

Vozovka podľa dostupných informácií má skladbu

1.	AB	60	mm
2.	AB	40	mm
3.	OŠD	200	mm
4.	PM	150	mm
5.	ŠP	200	mm
Spolu		650	mm

Stmelené časti vozovky majú hrúbku 450 mm.

Nie sú k dispozícii merania hrúbok vozovky GEORADAROM. Je potrebné za účelom stanovenia skladby realizovať vývrt.

17.1.2 Doba výstavby a životnosť

Vozovka bola postavená v roku 1970. Pre stanovenie degradačných funkcií bola uvažovaná životnosť na 50 rokov.

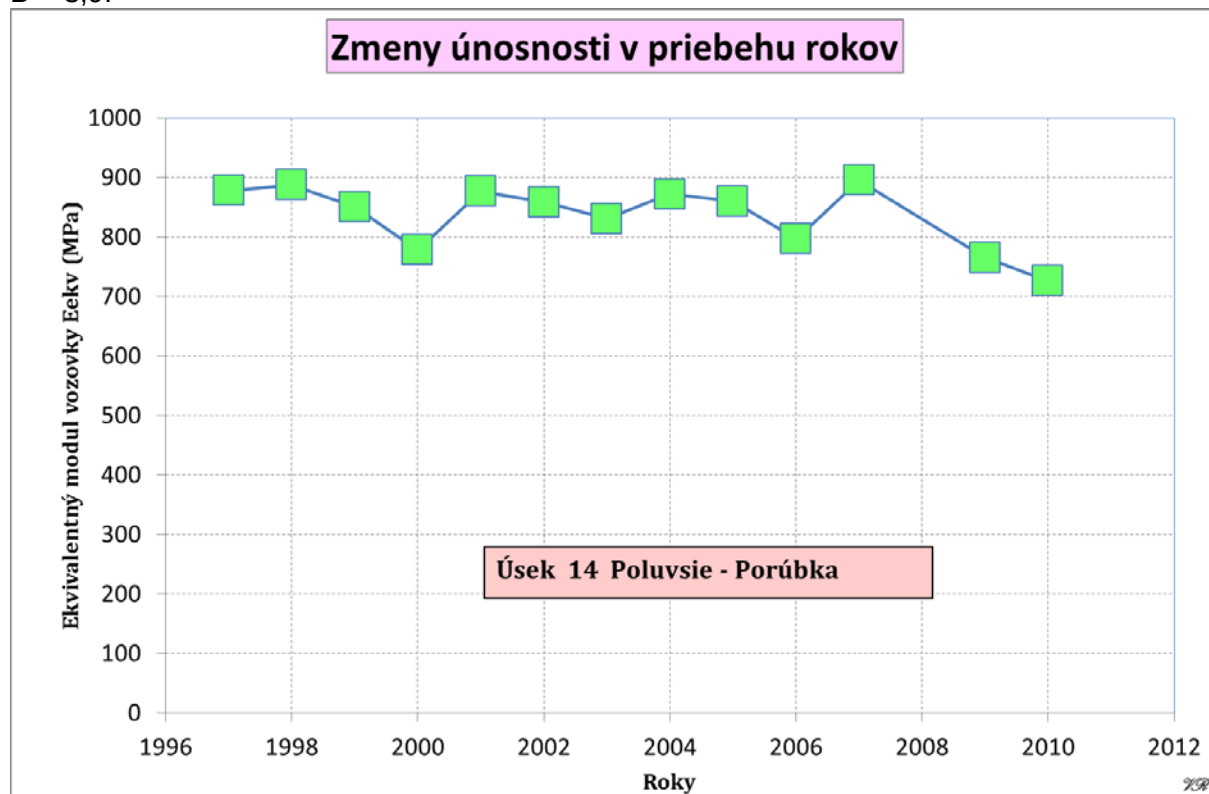
17.1.3 Dopravné zaťaženie

Počet nákladných vozidiel za 24 h v oboch smeroch je 1 657. Za celé návrhové obdobie to je 14,42 mil. návrhových náprav. Doteraz sa zrealizovalo 13,27 mil. návrhových náprav.

17.2 Únosnosť vyjadrená ekvivalentným modulom pružnosti

Na obrázku 17.2 sú vykreslené zmeny únosnosti vyjadrené ekvivalentným modulom. Do roku 2007 nevykazovala únosnosť vrazenú zmenu. Od roku 2007 nastal pokles únosnosti.

Degradačná funkcia únosnosti zisťovaná prostredníctvom ekvivalentného modulu bola odvodená a je zobrazená na obrázku 17.3. Hodnota exponenta degradačnej funkcie je $B = 3,9$.



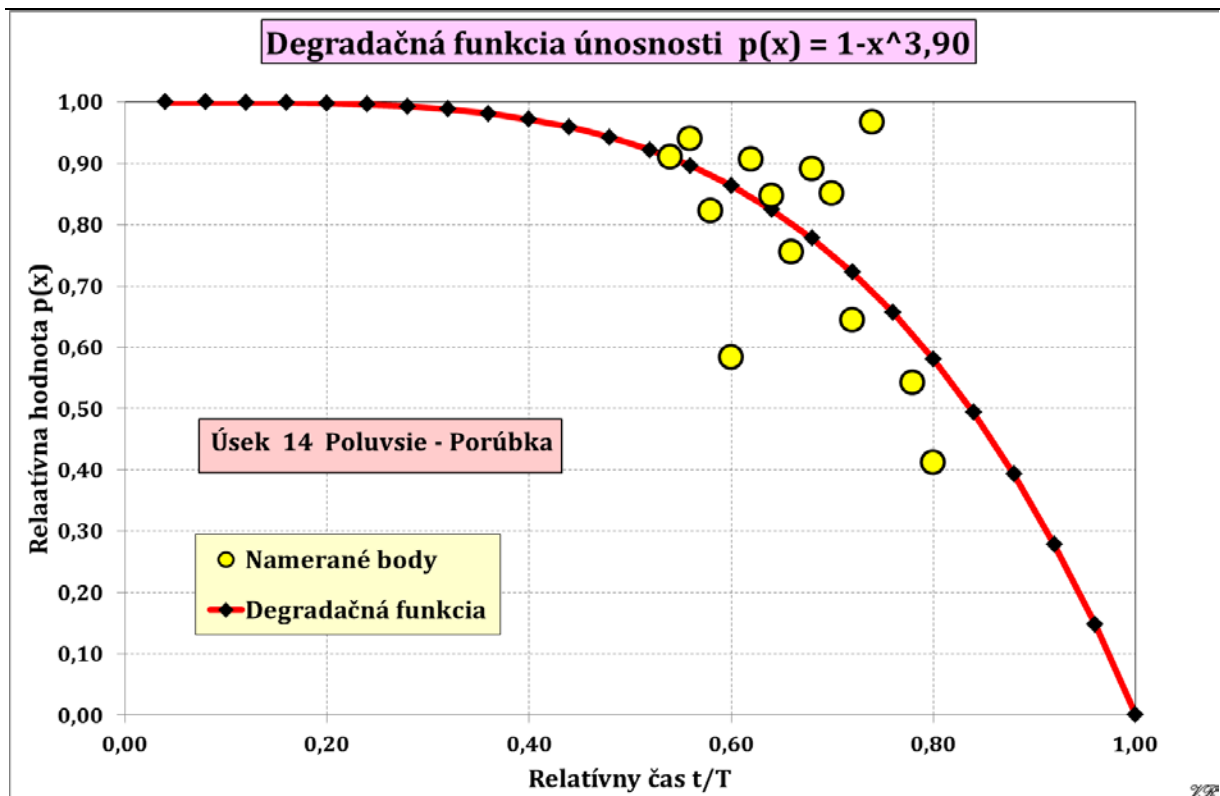
Obrázok 17.2

17.3 Únosnosť vyjadrená indexmi krivosti

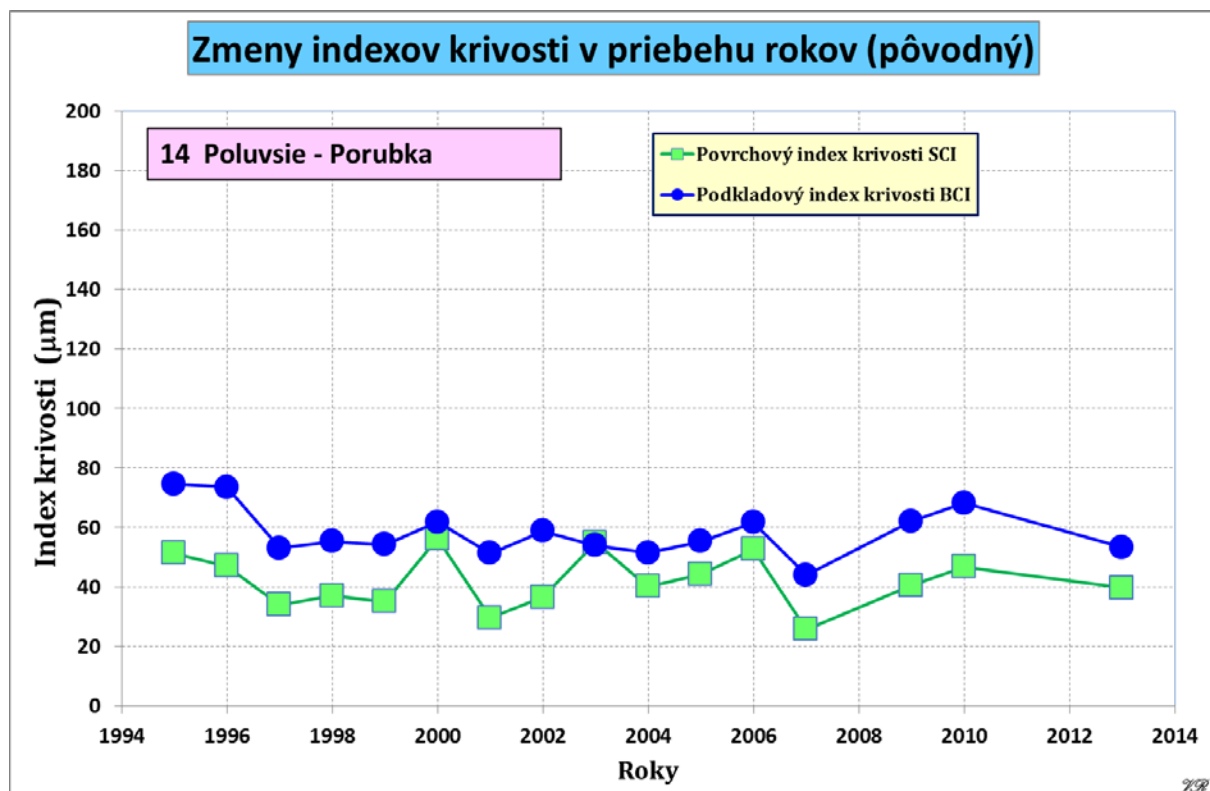
Zmeny indexov krivosti počas meraného obdobia sú zobrazené na obrázku 17.4. Zmeny indexov SCI a BCI nevykazujú výraznú zmenu.

Degradácia povrchového indexu krivosti SCI sa nedala odvodiť. Jednotlivé body pre odvodenie sú zobrazené na obrázku 17.5.

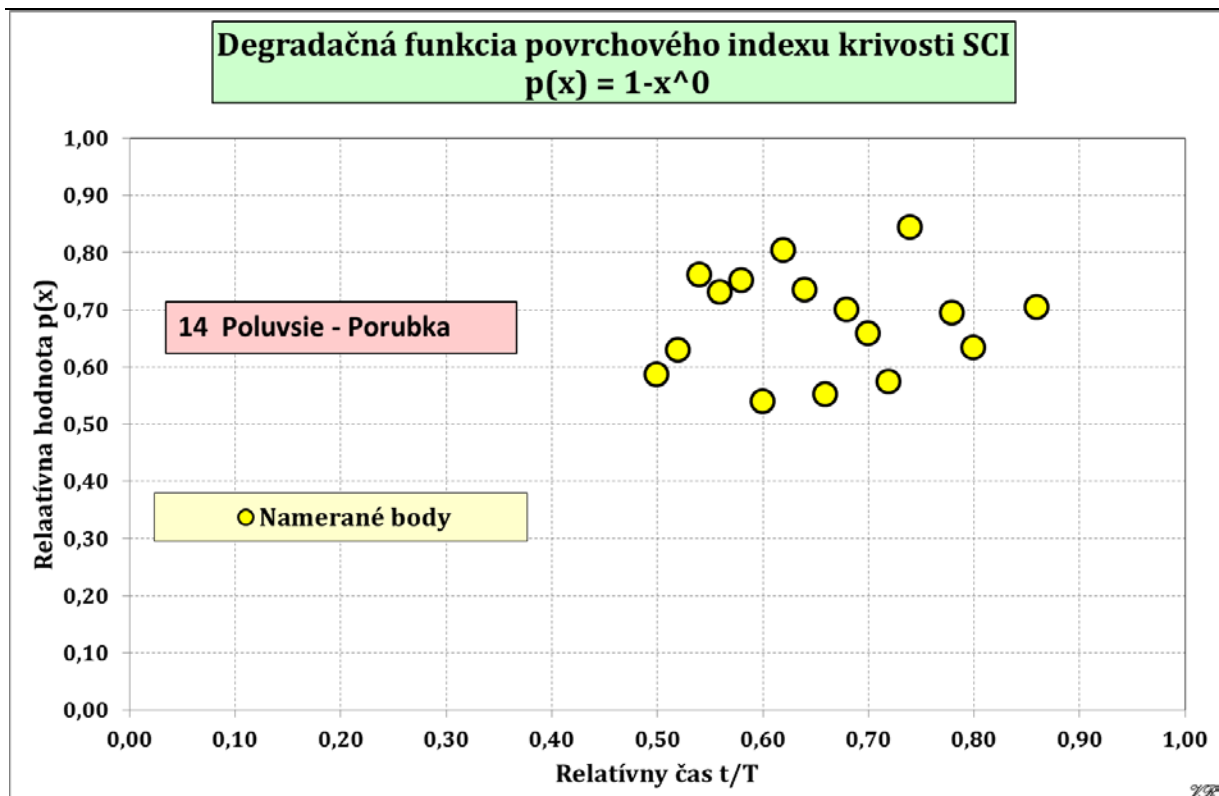
Degradácia povrchového indexu krivosti BCI sa nedala odvodiť. Jednotlivé body pre odvodenie sú zobrazené na obrázku 17.6.



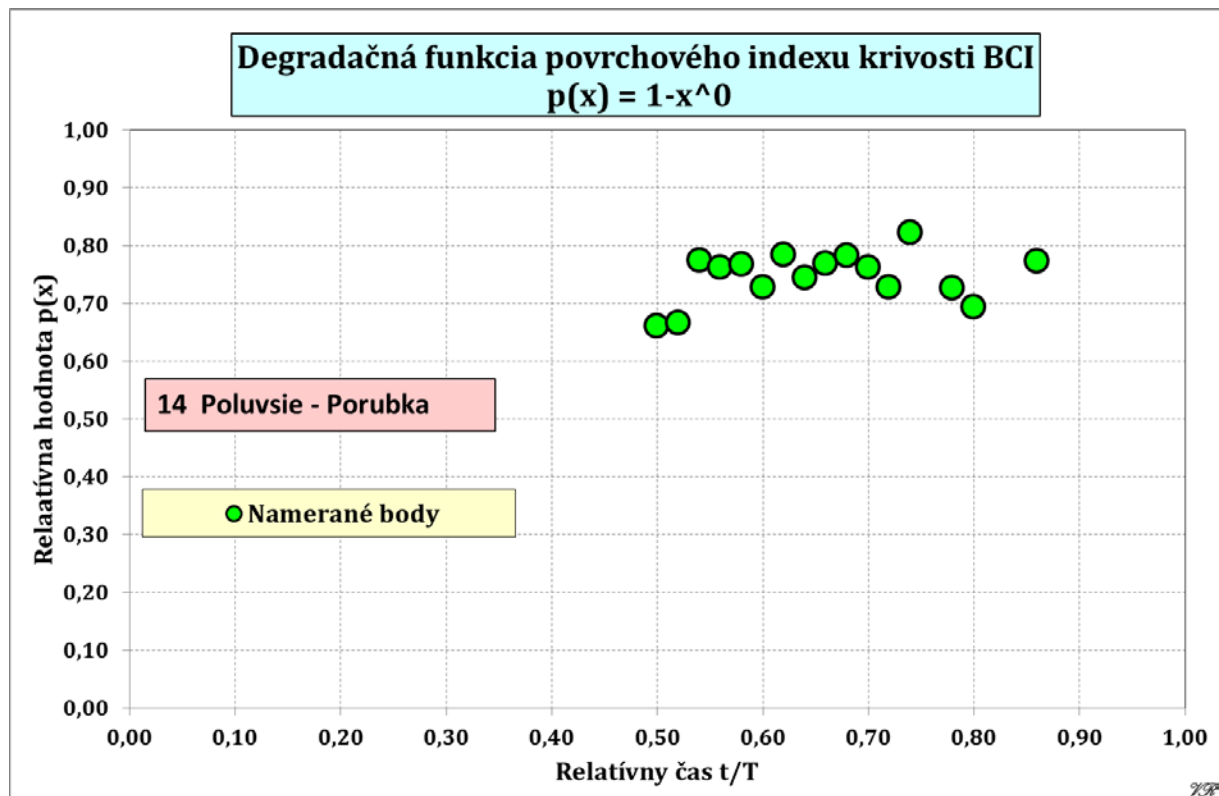
Obrázok 17.3



Obrázok 17.4



Obrázok 17.5



Obrázok 17.6

17.4 Záver - úsek 14 Poluvsie - Porúbka

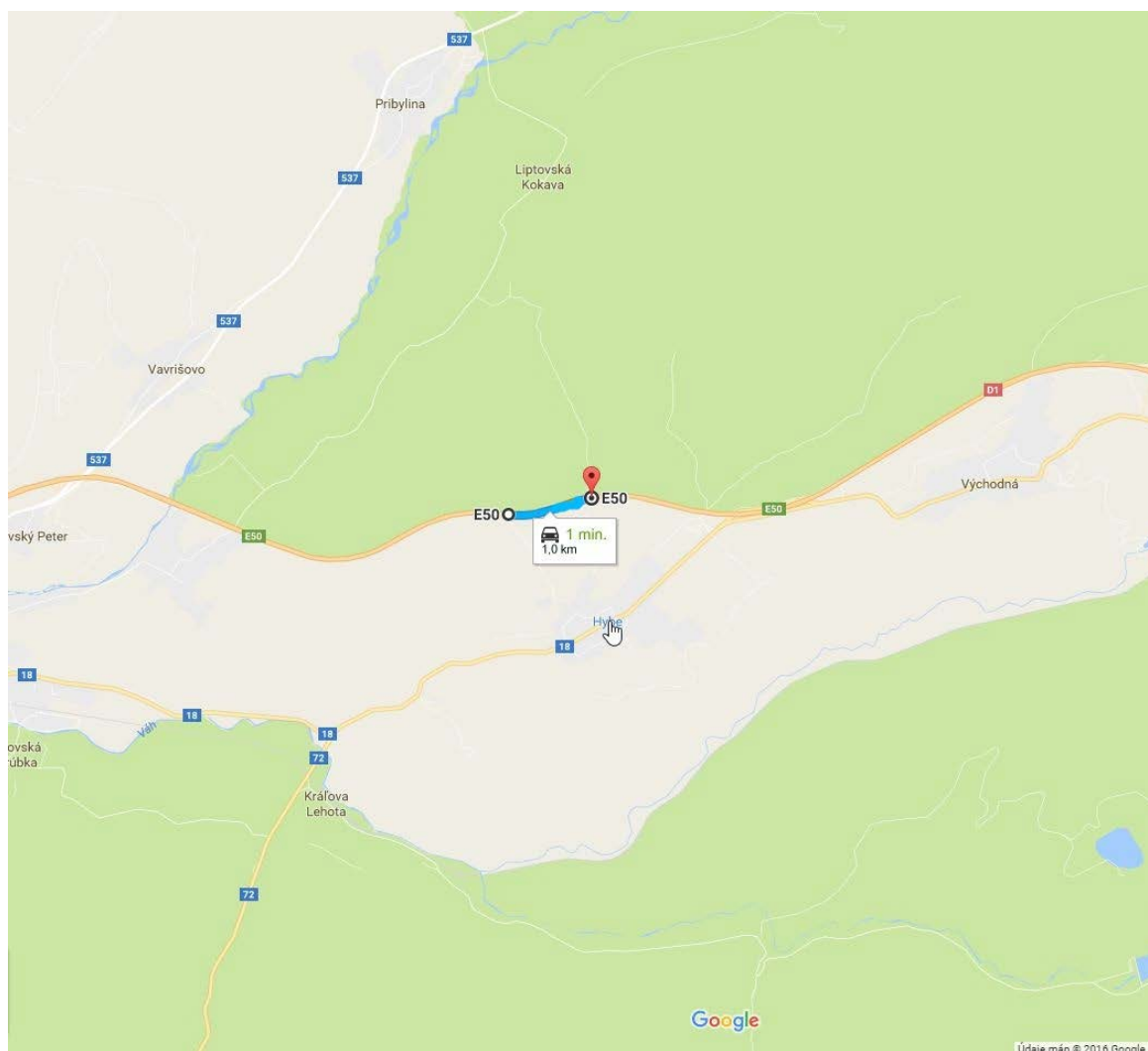
Doteraz sa zrealizovalo 13,27 mil. Zmeny únosnosti na základe ekvivalentného modulu sa nastali až po roku 2007. Z týchto meraní bola odvodená degradačná funkcia s exponentom $B = 3,9$.

Zmeny indexov sa zatiaľ neprejavili, degradačné funkcie sa nedali odvodiť. Za účelom stanovenia konštrukcie vozovky je potrebné realizovať vývrť. Navrhujeme pokračovať v meraniach s periodicitou 1 rok.

18 Úsek 15 Liptovský Hrádok - Hybe

18.1 Všeobecne

Úsek sa nachádza na diaľnici D1 za Liptovským Hrádkom v smere na Východnú. Začína na premostení D1-233p na konci opory mosta. Úsek je dlhý 1000 m. Končí pri čerpacej stanici pohonných hmôt.



Obrázok 18.1

18.1.1 Vozovka

Vozovka podľa dostupných informácií má skladbu

1.	AB	90	mm
2.	OŠD	120	mm
3.	ŠP	250	mm
Spolu		460	mm

Stmelené vrstvy majú hrúbku 210 mm.

Štatisticky spracované výsledky merania hrúbok vozovky GEORADAROM sú uvedené v tabuľke 18.1.

Tabuľka 18.1

D1.1 HÝBE								
	Pravý pruh (PP)				Ľavý pruh (LP)			
	Stmelené vrstvy PP (mm)	Nestmelené vrstvy PP (mm)	Celková hrúbka vozovky PP (mm)	Poznámka	Stmelené vrstvy LP (mm)	Nestmelené vrstvy LP (mm)	Celková hrúbka vozovky LP (mm)	Poznámka
Priemer	203	522	727		253	446	701	
Min.	116	306	520		119	245	503	
Max.	271	860	1029		388	647	930	
Sigma	20	117	132		39	82	113	
cv	9,95%	22,39%	18,13%		15,54%	18,44%	16,10%	

Výsledky merania GEORADAROM sa zhodujú s danou skladbou vozovky v hrúbke stmelených vrstiev 210 mm, 203 mm až 253 mm.

Hrúbka celej vozovky cca 700 mm sa nezhoduje s meraniami. V zadanej skladbe chýba 1 vrstva. Je potrebné konštrukciu vozovky zistiť vývrtom.

Výsledky zistené GEORADAROM poskytli veľmi rovnomerne rozdelené hodnoty $cv < 25\%$ úsek z hľadiska vozovky je homogénny a to pre hrúbky stmelených ako aj pre nestmelených častí vozovky.

18.1.2 Doba výstavby a životnosť

Vozovka bola postavená v roku 1991. Pre stanovenie degradačných funkcií bola uvažovaná životnosť na 50 rokov.

18.1.3 Dopravné zaťaženie

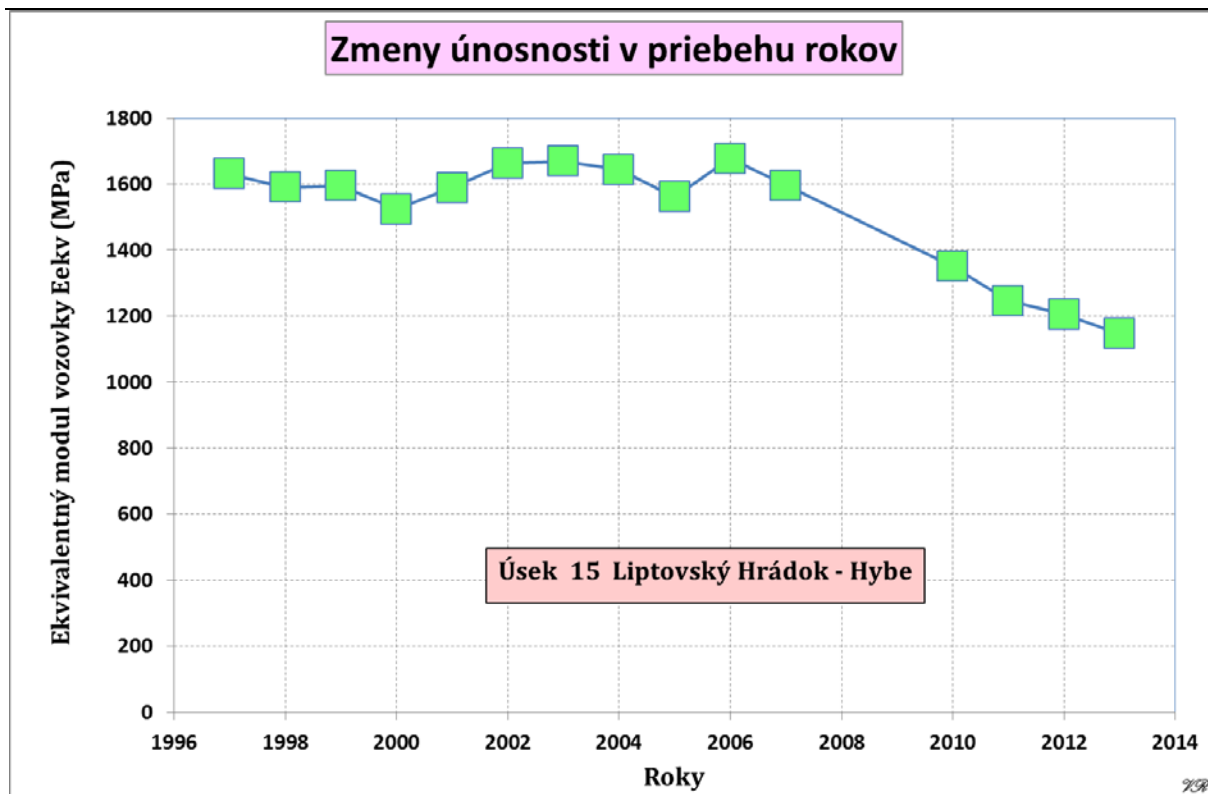
Počet nákladných vozidiel za 24 h v oboch smeroch je 3 308. Za celé návrhové obdobie to je 32,14 mil. návrhových náprav. Doteraz sa zrealizovalo 16,07 mil. návrhových náprav.

18.2 Únosnosť vyjadrená ekvivalentným modulom pružnosti

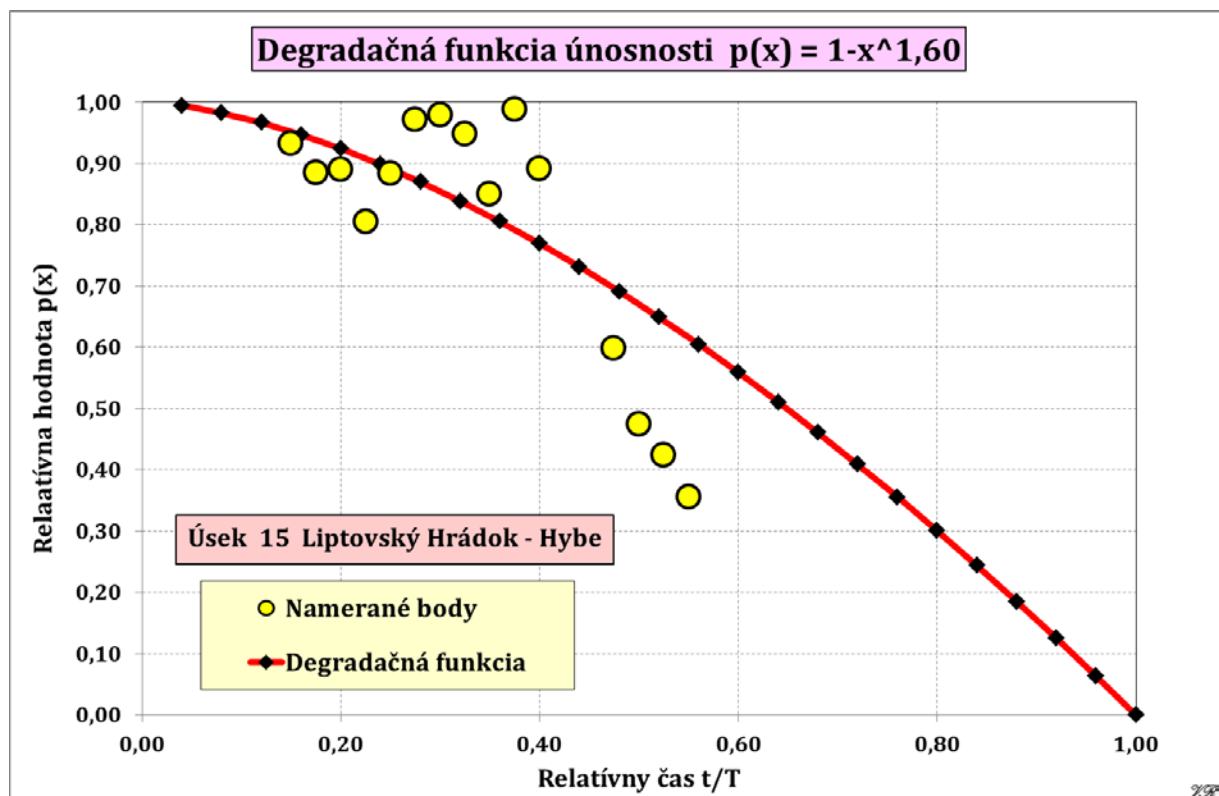
Na obrázku 18.2 sú vykreslené zmeny únosnosti vyjadrené ekvivalentným modulom pružnosti.

Z obrázku 18.2 je zrejmé, že hodnoty ekvivalentného modulu z meraní v rokoch 1997 až 2014 sa menili. Od roku 2006 nastal výrazný pokles modulu.

Degradačná funkcia únosnosti zisťovaná prostredníctvom ekvivalentného modulu pružnosti je zobrazená na obrázku 18.3. Exponent degradačnej funkcie $B = 1,6$.



Obrázok 18.2

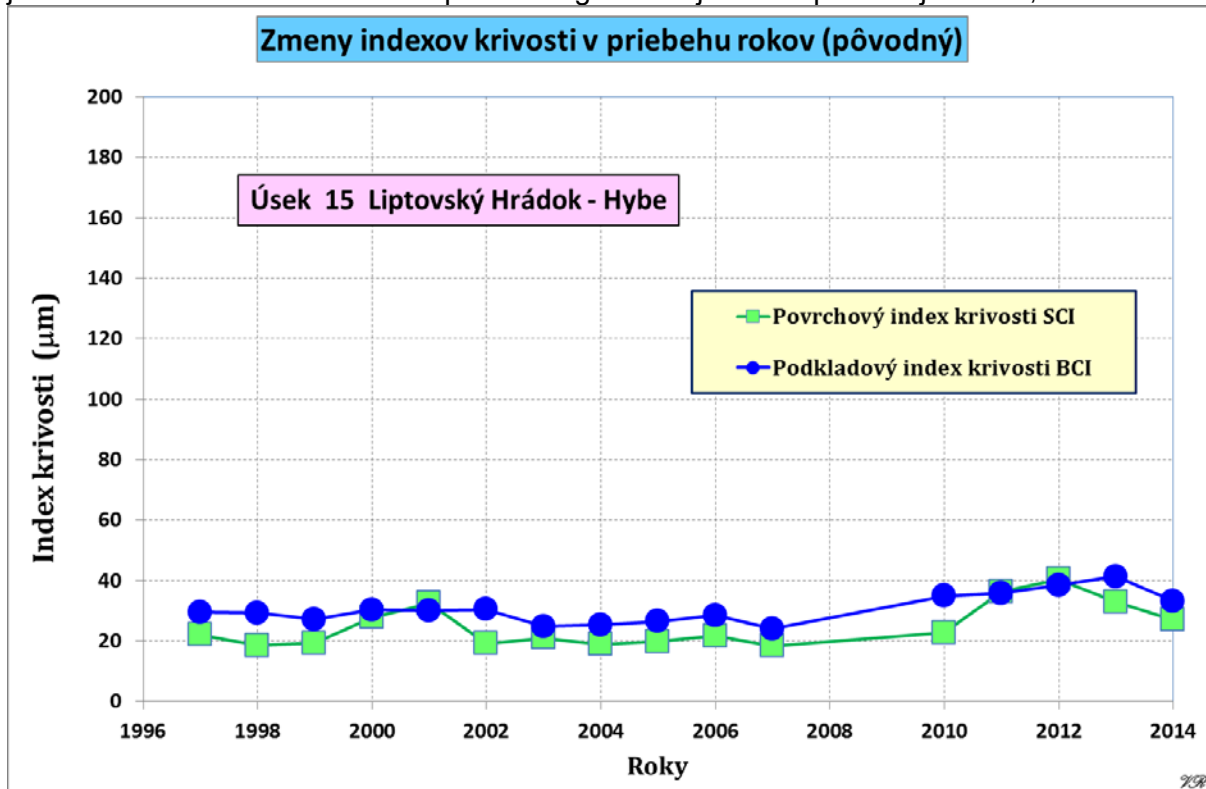


Obrázok 18.3

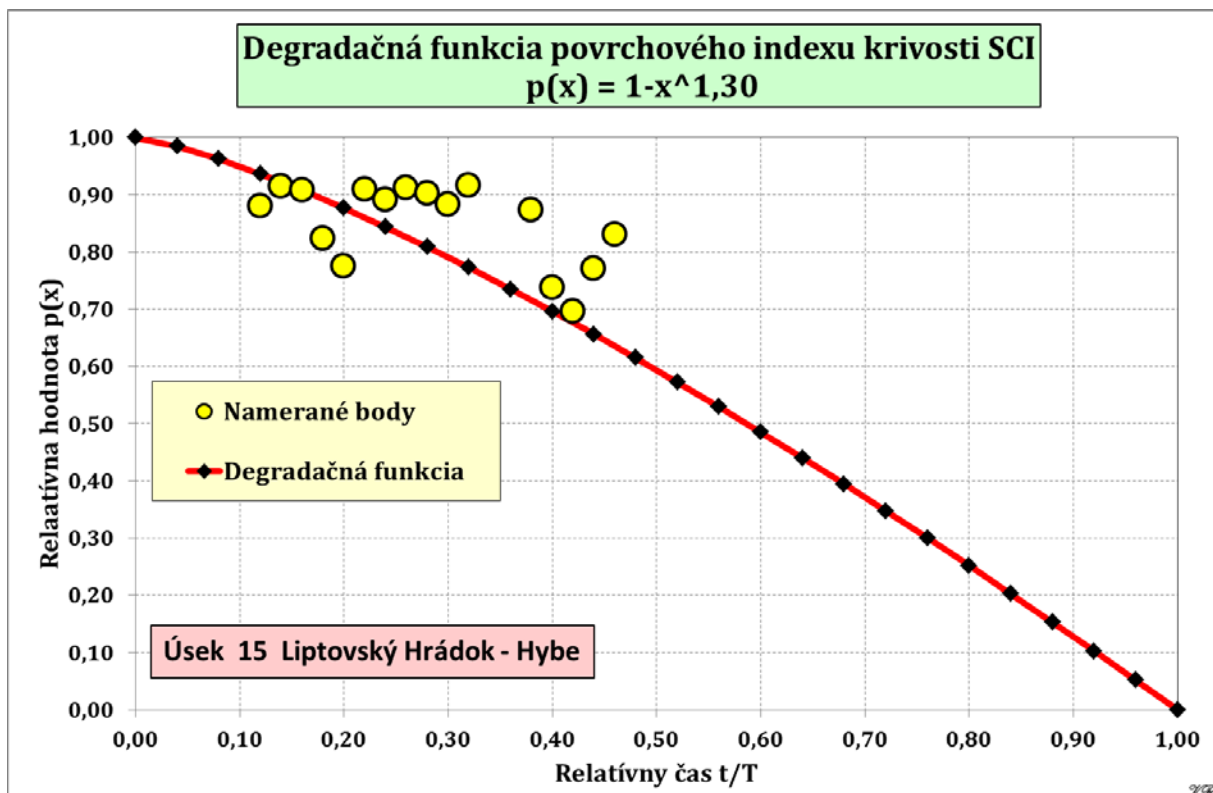
18.3 Únosnosť vyjadrená indexmi krivosti

Zmeny indexov krivosti počas meraného obdobia sú zobrazené na obrázku 18.4.

Degradačná funkcia únosnosti zisťovaná prostredníctvom indexu krivosti povrchu SCI je zobrazená na obrázku 18.5. Exponent degradačnej funkcie pre SCI je $B = 1,3$.

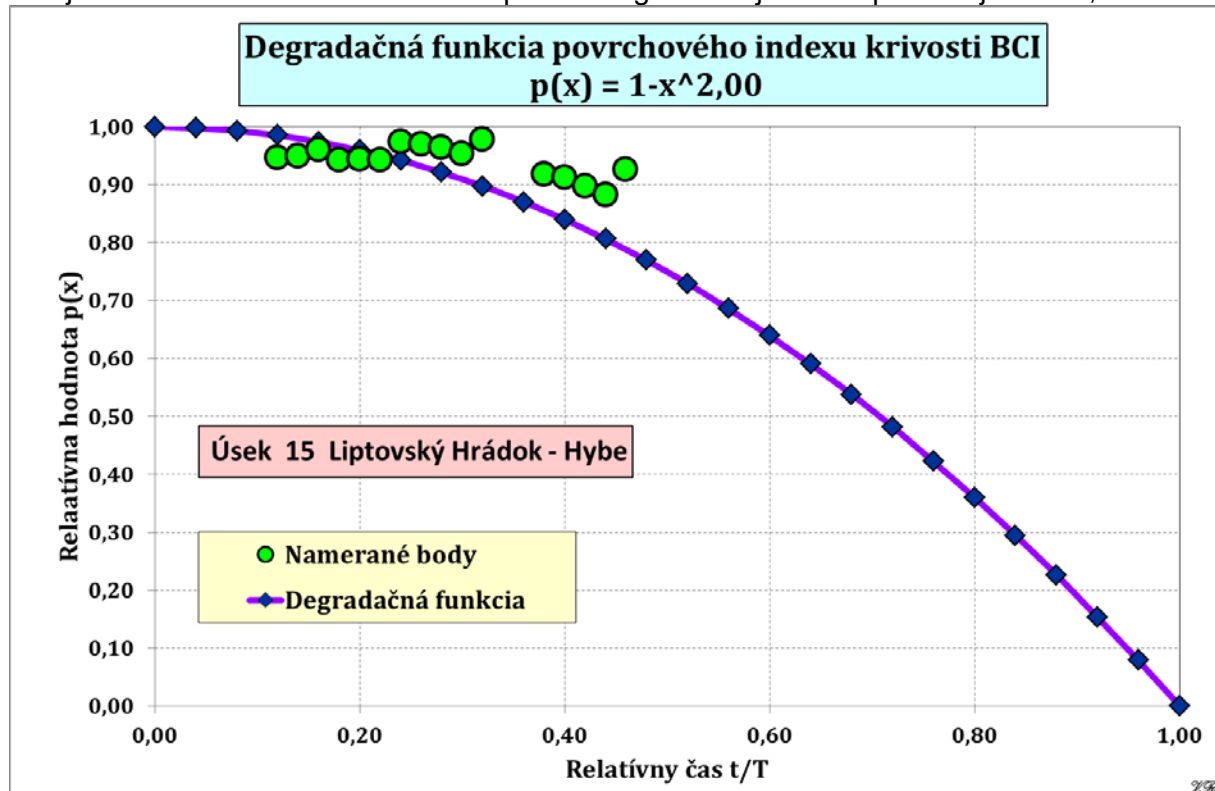


Obrázok 18.4



Obrázok 18.5

Degradačná funkcia únosnosti zisťovaná prostredníctvom indexu krivosti podkladu BCI je zobrazená na obrázku 18.6. Exponent degradačnej funkcie pre BCI je $B = 2,00$.



Obrázok 18.6

18.4 Záver - úsek 15 Liptovský Hrádok - Hybe

Vozovka bola doteraz zaťažaná 16,07 mil. prejazdmi návrhových náprav. Zmeny únosnosti a zmeny indexov krivosti naznačujú, že vozovka začala degradovať.

Degradačné funkcie únosnosti naznačujú, že degradácia je zatiaľ len na 50 % hraničných hodnôt.

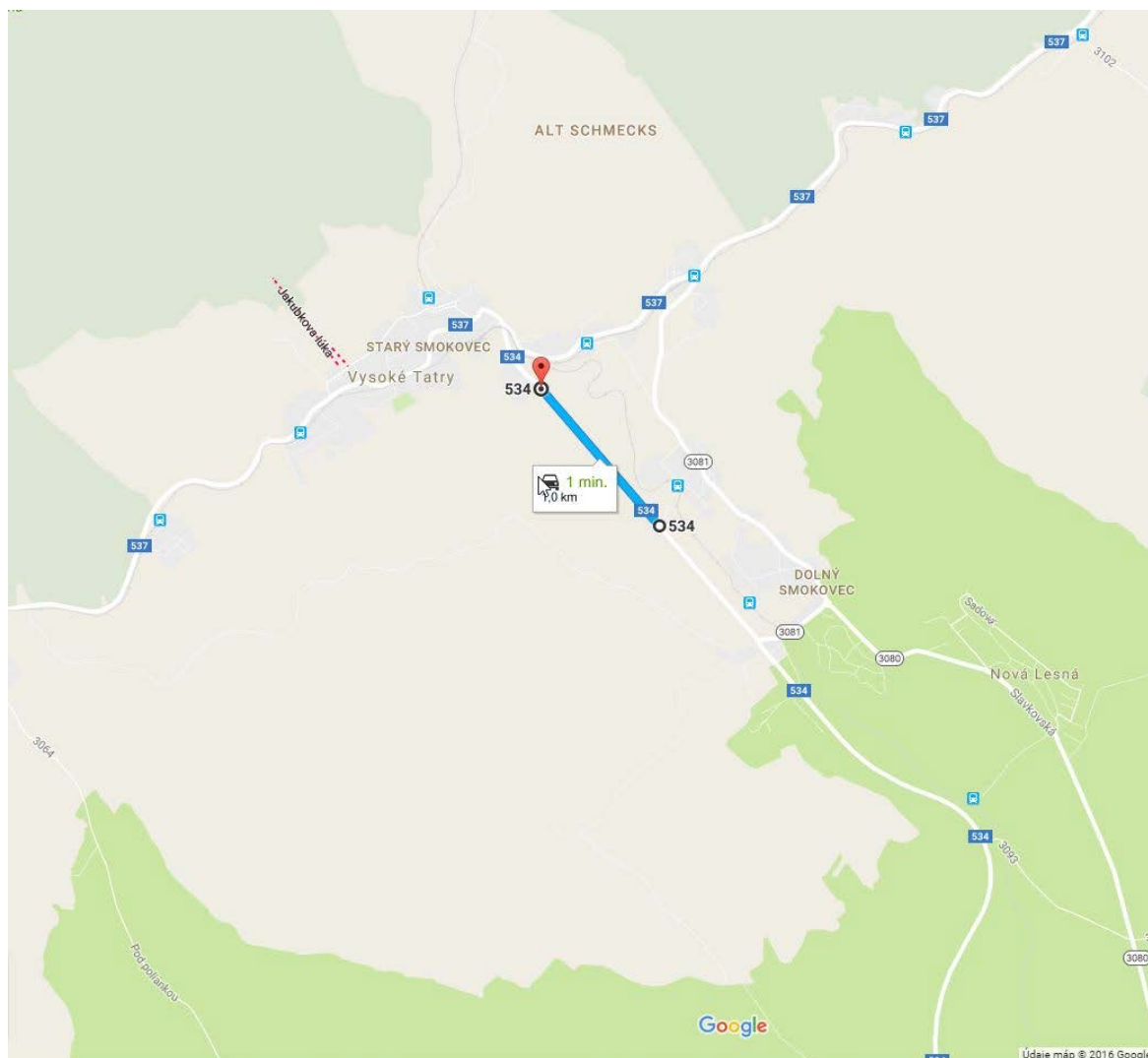
Exponent v degradačnej funkcii je väčší ako 1 čo platí pre únosnosť obecné. Hodnoty exponenta pre E_{ekv} sú $B=1,6$, pre SCI $B= 1,3$ a pre BCI $B=2,0$.

Túto vozovku je potrebné sledovať a merať únosnosť s periodicitou 1 rok.

19 Úsek 16 Smokovce

19.1 Všeobecne

Úsek sa nachádza na ceste druhej triedy II/534. Začína pri Dolnom Smokovci a končí pred Starým Smokovcom. Začína na odbočke na lesnú cestu ku chatám. Úsek je dlhý 1000 m.



Obrázok 19.1

19.1.1 Vozovka

Vozovka podľa dostupných informácií má skladbu

1.	AB	40	mm
2.	AB	40	mm
3.	OŠP	200	mm
2.	ŠD	250	mm
3.	ŠP	250	mm
Spolu		780	mm

Stmelené vrstvy majú hrúbku 280 mm.

Štatisticky spracované výsledky merania hrúbok vozovky GEORADAROM sú uvedené v tabuľke 19.1.

Tabuľka 19.1

II/534 SMOKOVCE								
	Pravý pruh (PP)				Ľavý pruh (LP)			
	Stmelené vrstvy PP (mm)	Nestmelené vrstvy PP (mm)	Celková hrúbka vozovky PP (mm)	Poznámka	Stmelené vrstvy LP (mm)	Nestmelené vrstvy LP (mm)	Celková hrúbka vozovky LP (mm)	Poznámka
Priemer	72	463	534		83	650	551	
Min.	0	0	0		0	401	0	
Max.	137	855	952		168	900	1007	
Sigma	46	297	341		54	123	355	
cv	64,03%	64,32%	63,92%		65,55%	18,92%	64,46%	

Výsledky merania GEORADAROM sa vôbec nezhodujú s danou skladbou vozovky. V zásade sa ani nemôžu zhodovať nakoľko variačný koeficient je tak veľký, že hodnoty vstupujúce do priemeru boli až nereálne cv je viac ako 60 %. Je potrebné overiť vplyv vody na výsledky meraní.

Bolo by potrebné konštrukciu vozovky overiť vývrtom.

19.1.2 Doba výstavby a životnosť

Vozovka bola postavená v roku 1970. Pre stanovenie degradačných funkcií bola uvažovaná životnosť na 50 rokov.

19.1.3 Dopravné zaťaženie

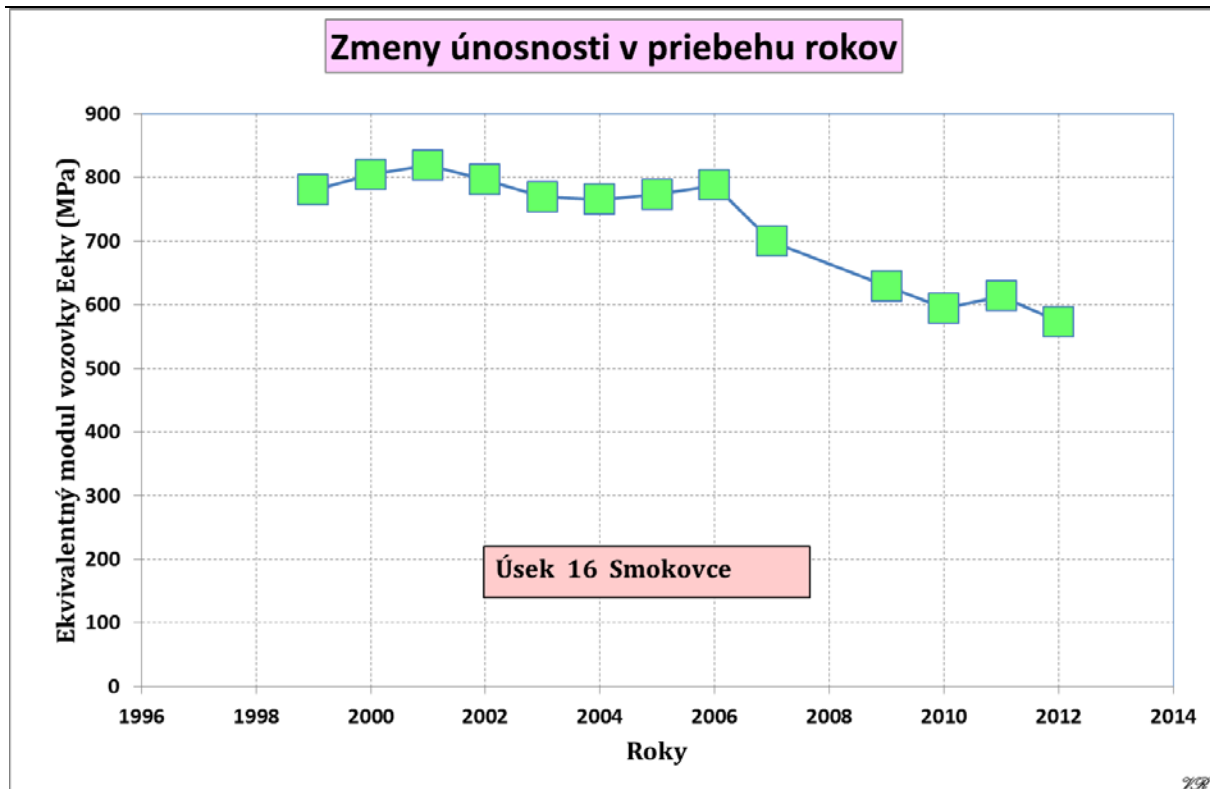
Počet nákladných vozidiel za 24 h v oboch smeroch je 324. Za celé návrhové obdobie to je 2,82 mil. návrhových náprav. Doteraz sa zrealizovalo 2,59 mil. návrhových náprav.

19.2 Únosnosť vyjadrená ekvivalentným modulom pružnosti

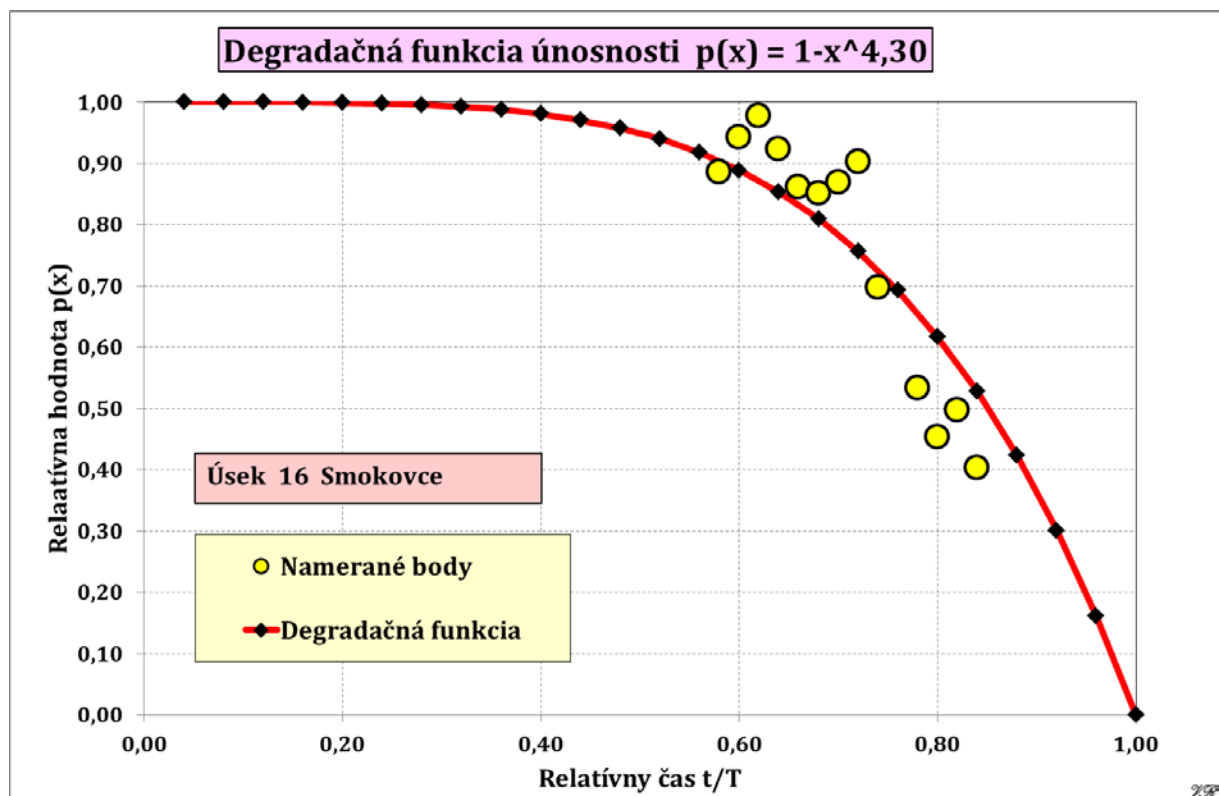
Na obrázku 19.2 sú vykreslené zmeny únosnosti vyjadrené ekvivalentným modulom pružnosti.

Z obrázku 19.2 je zrejmé, že hodnoty ekvivalentného modulu z meraní v rokoch 1997 až 2014 sa menili. Od roku 2006 nastal výrazný pokles modulu.

Degradačná funkcia únosnosti zisťovaná prostredníctvom ekvivalentného modulu pružnosti je zobrazená na obrázku 19.3. Exponent degradačnej funkcie $B = 4,3$.



Obrázok 19.2

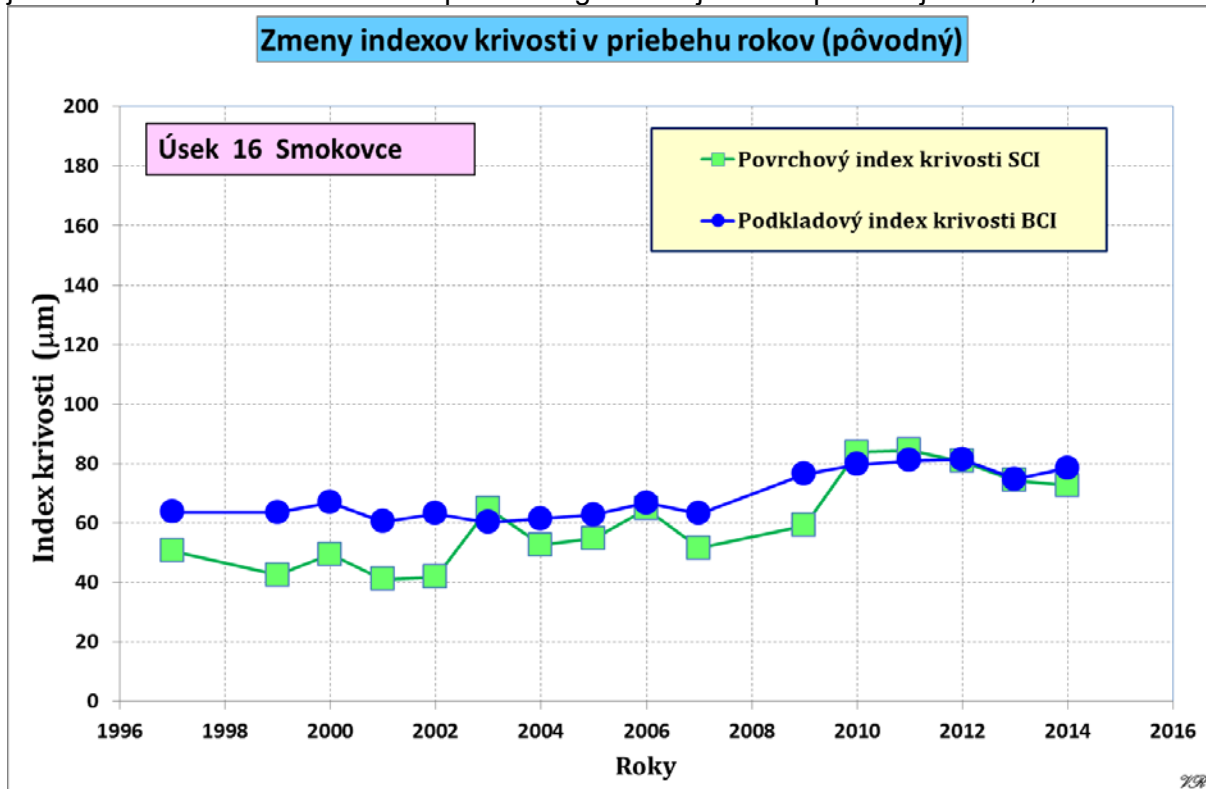


Obrázok 19.3

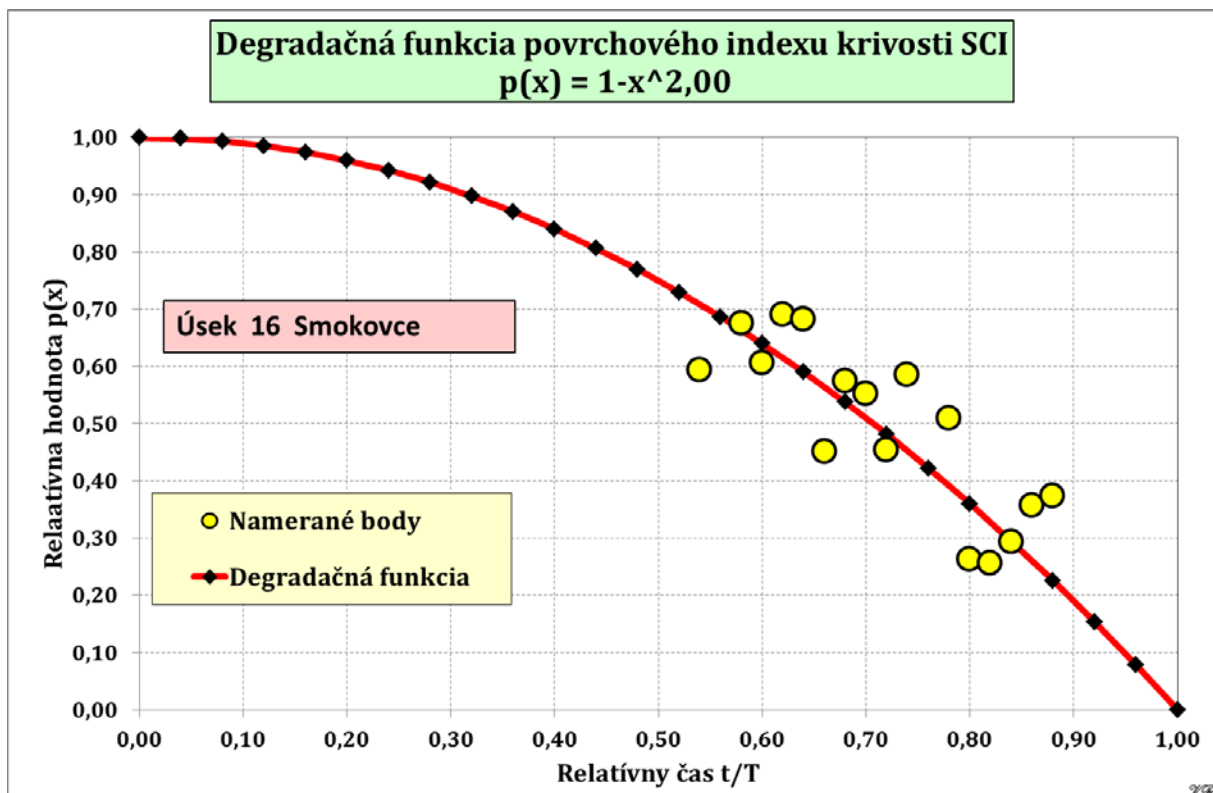
19.3 Únosnosť vyjadrená indexmi krivosti

Zmeny indexov krivosti počas meraného obdobia sú zobrazené na obrázku 19.4.

Degradačná funkcia únosnosti zisťovaná prostredníctvom indexu krivosti povrchu SCI je zobrazená na obrázku 19.5. Exponent degradačnej funkcie pre SCI je $B = 2,0$.

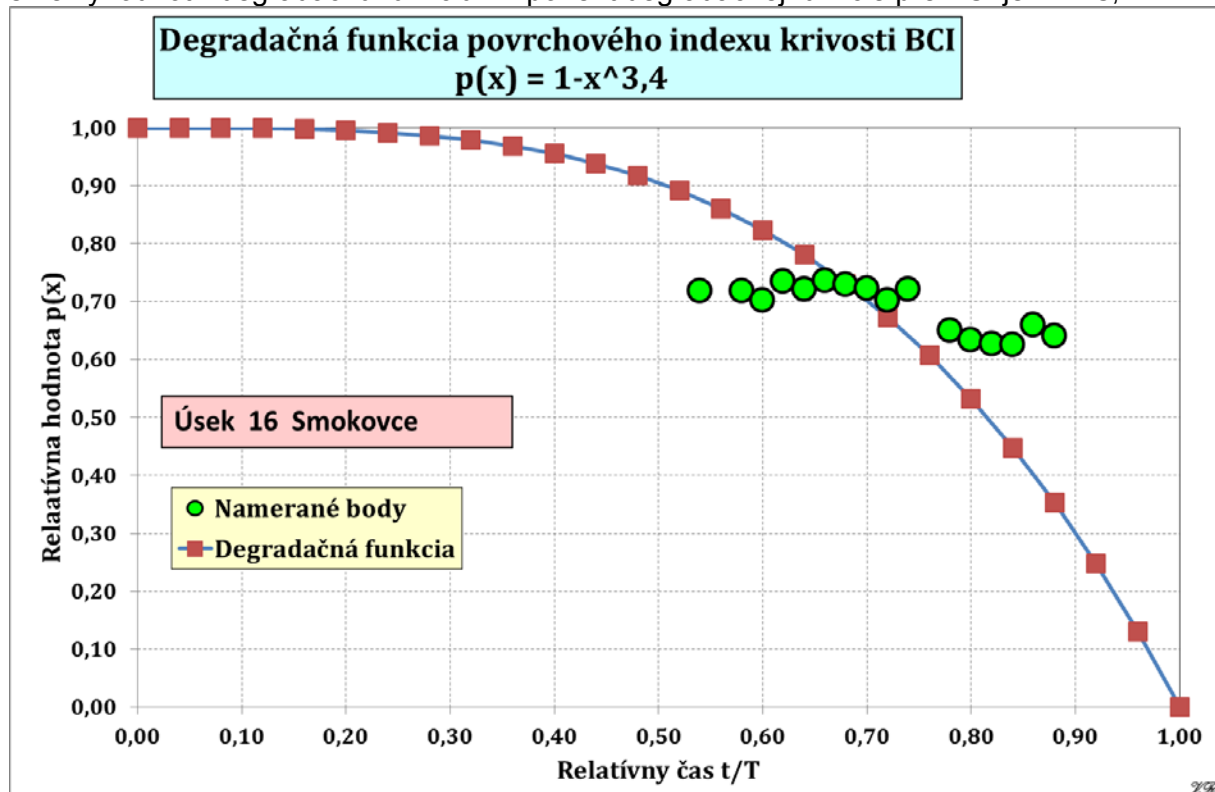


Obrázok 19.4



Obrázok 19.5

Degradačná funkcia únosnosti zisťovaná prostredníctvom indexu krivosti podkladu BCI je zobrazená na obrázku 19.6. Hodnoty nezodpovedajú tendencie zmeny, napriek tomu sme vyhodnotili degradačnú funkciu. Exponent degradačnej funkcie pre BCI je $B = 3,4$.



Obrázok 19.6

19.4 Záver - úsek 16 Smokovce

Vozovka bola doteraz zaťažená 2,59 mil. prejazdmi návrhových náprav. Zmeny únosnosti a zmeny indexov krivosti naznačujú, že vozovka začala degradovať.

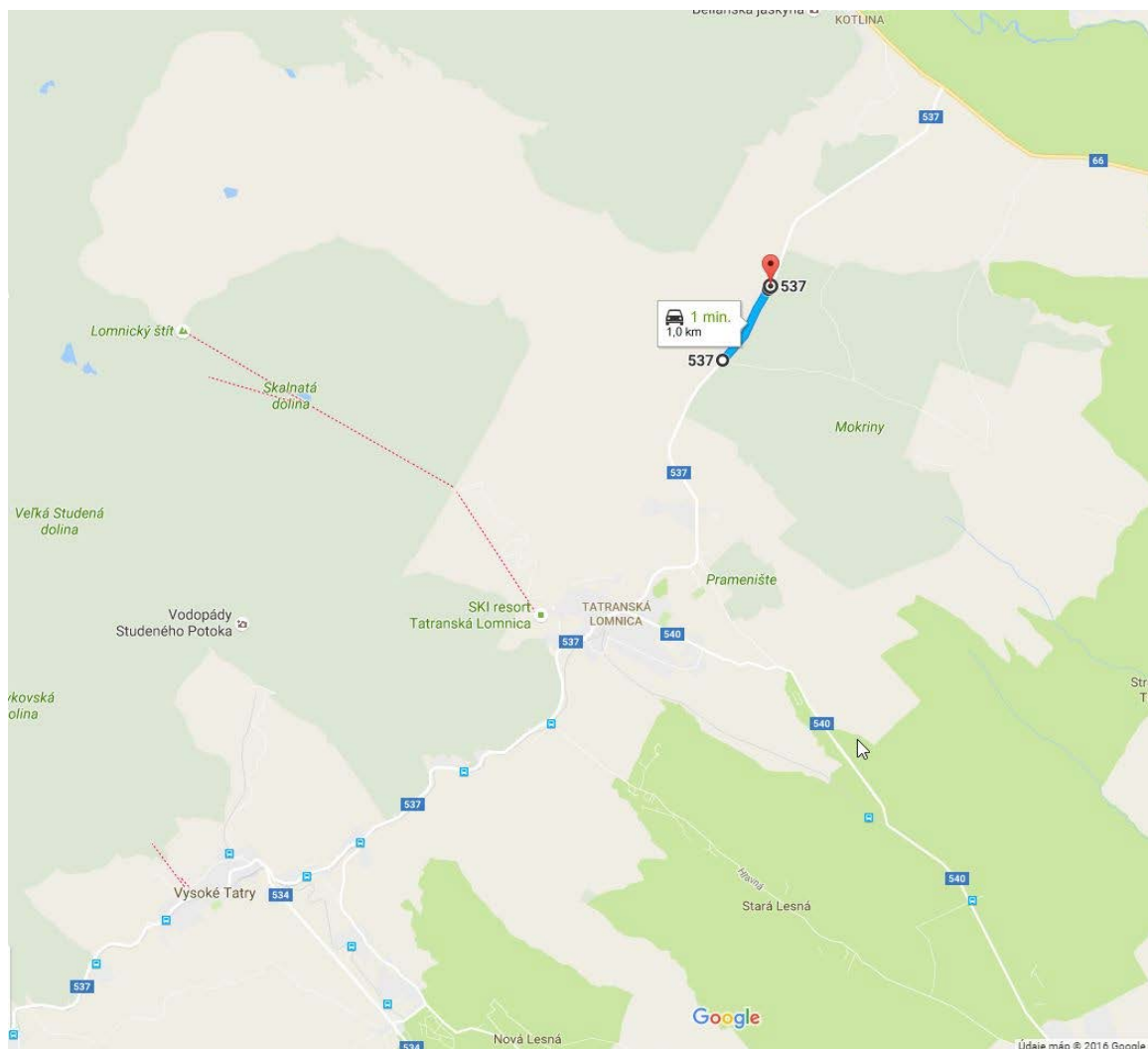
Exponent v degradačnej funkcii je väčší ako 1 čo platí pre únosnosť obecné. Hodnoty exponenta pre E_{ekv} sú $B=4,3$, pre SCI $B= 2,0$ a pre BCI $B=3,4$.

Túto vozovku je potrebné sledovať a merať únosnosť každý rok.

20 Úsek 17 Tatranská Lomnica – Tatranská Kotlina

20.1 Všeobecne

Úsek sa nachádza ceste druhej triedy II/537 medzi obcami Tatranská Lomnica a Tatranská Kotlina. Začína na čele priepustu cez lesnú cestu na Mlynčeky. Úsek je dlhý 1000 m.



Obrázok 20.1

20.1.1 Vozovka

Vozovka podľa dostupných informácií má skladbu

1.	AB	50	mm
2.	AB	40	mm
3.	OK	80	mm
4.	VŠ	230	mm
5.	ŠD	280	mm
6.	ŠP	150	mm
Spolu		830	mm

Stmelené vrstvy majú hrúbku 170 mm.

Štatisticky spracované výsledky merania hrúbok vozovky GEORADAROM sú uvedené v tabuľke 20.1.

Tabuľka 20.1

II/537 TATRY								
	Pravý pruh (PP)				Ľavý pruh (LP)			
	Stmelené vrstvy PP (mm)	Nestmelené vrstvy PP (mm)	Celková hrúbka vozovky PP (mm)	Poznámka	Stmelené vrstvy LP (mm)	Nestmelené vrstvy LP (mm)	Celková hrúbka vozovky LP (mm)	Poznámka
Priemer	183	684	868		206	587	793	
Min.	77	429	631		77	355	515	
Max.	263	2093	2329		302	1911	2085	
Sigma	44	166	159		57	162	170	
cv	23,89%	24,30%	18,37%		27,47%	27,59%	21,40%	

Výsledky merania GEORADAROM sa čiastočne zhodujú s danou skladbou vozovky. Stmelené vrstvy skladby vozovky majú 170 mm a meraním sa zistilo 183 mm a 206 mm. Tiež celková hrúbka v skladbe vozovky je 830 mm a namerané priemerné hodnoty boli 793 mm až 868 mm. Odchýlky mohli byť spôsobené aj nie celkom rovnomerne rozdelenými hodnotami, variačné koeficienty z meraní sa približujú hodnote 25 % (veľký rozptyl hodnôt).

20.1.2 Doba výstavby a životnosť

Vozovka bola postavená v roku 1971. Pre stanovenie degradačných funkcií bola uvažovaná životnosť na 50 rokov.

20.1.3 Dopravné zaťaženie

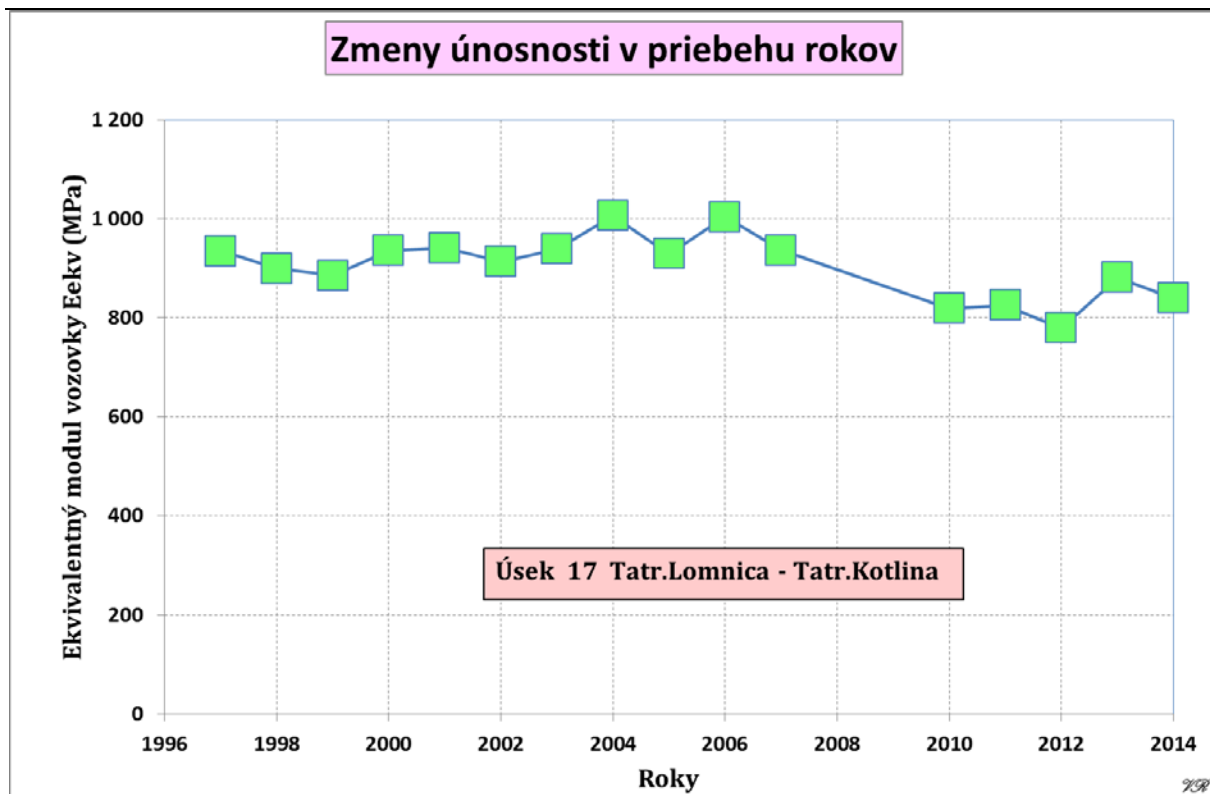
Počet nákladných vozidiel za 24 h v oboch smeroch je 282. Za celé návrhové obdobie to je 2,45 mil. návrhových náprav. Doteraz sa zrealizovalo 2,21 mil. návrhových náprav.

20.2 Únosnosť vyjadrená ekvivalentným modulom pružnosti

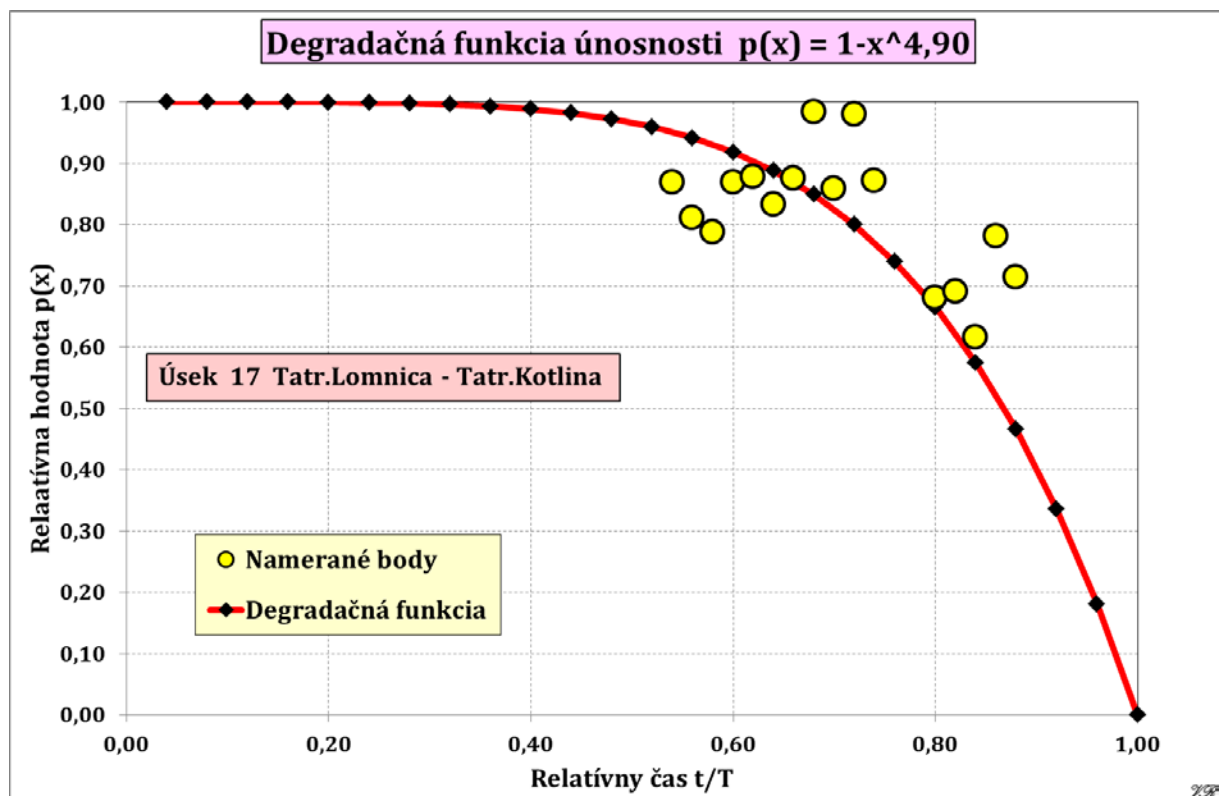
Na obrázku 20.2 sú vykreslené zmeny únosnosti vyjadrené ekvivalentným modulom pružnosti.

Z obrázku 20.2 je zrejmé, že hodnoty ekvivalentného modulu z meraní v rokoch 1997 až 2014 sa menili. Od roku 2006 nastal výrazný pokles modulu.

Degradačná funkcia únosnosti zisťovaná prostredníctvom ekvivalentného modulu pružnosti je zobrazená na obrázku 20.3. Exponent degradačnej funkcie $B = 4,9$.



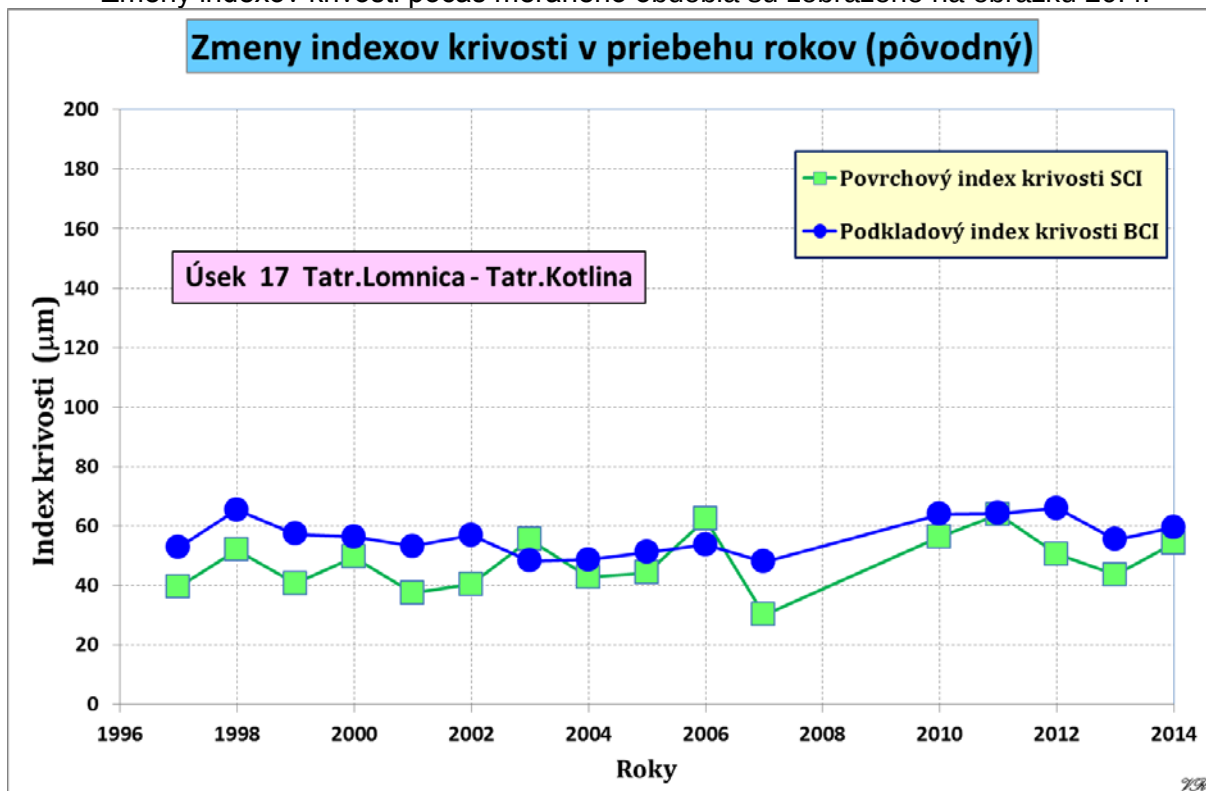
Obrázok 20.2



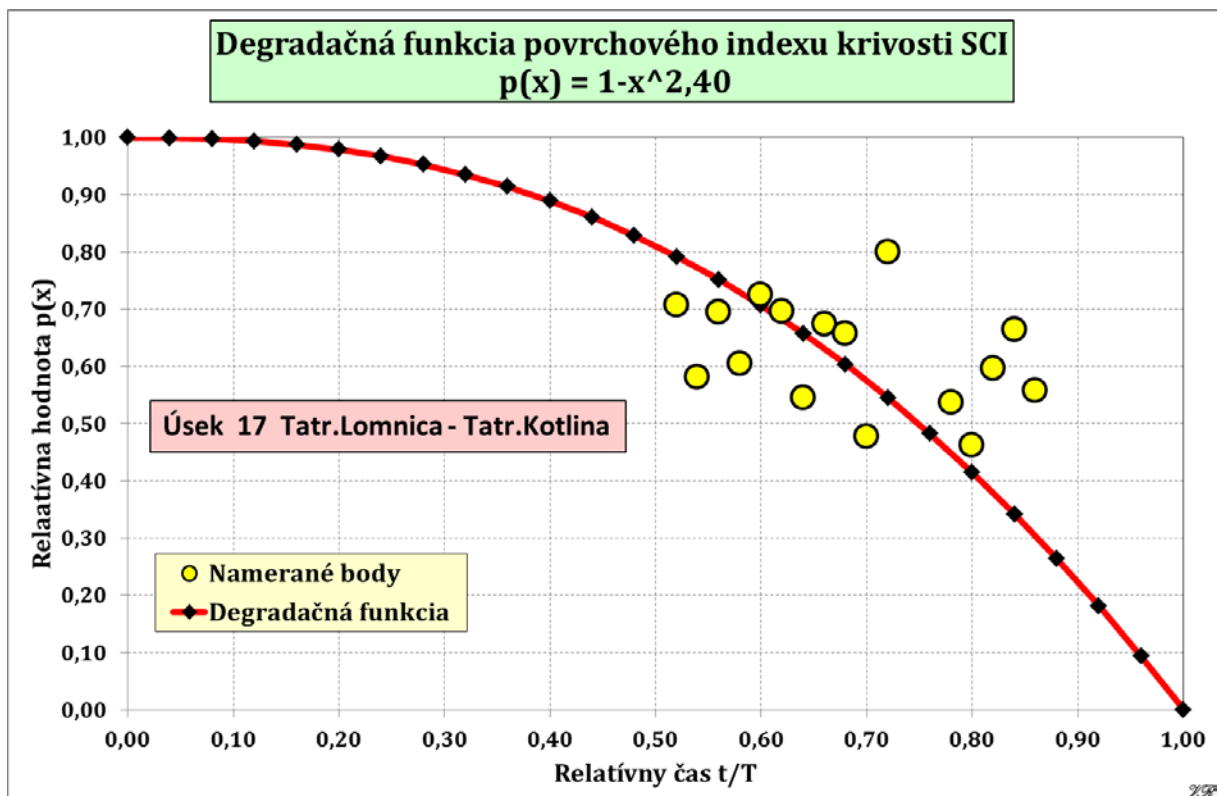
Obrázok 20.3

20.3 Únosnosť vyjadrená indexmi krivosti

Zmeny indexov krivosti počas meraného obdobia sú zobrazené na obrázku 20.4.



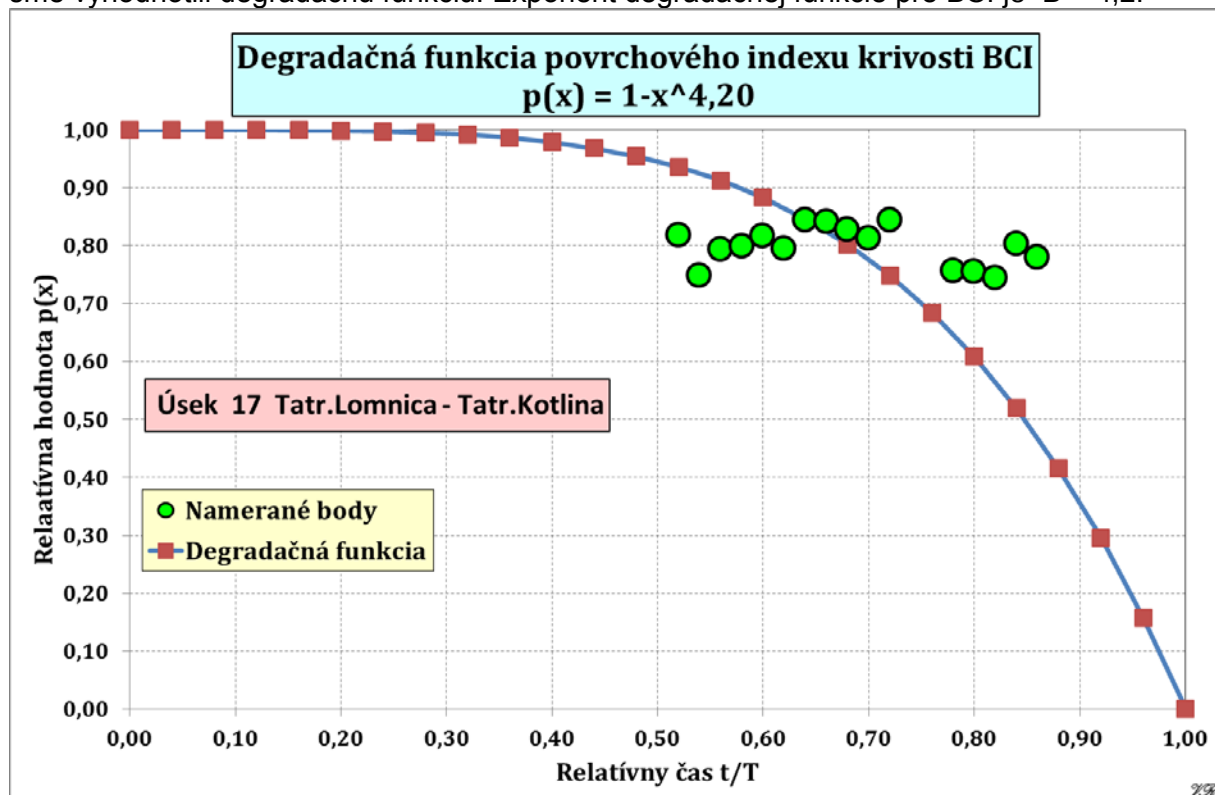
Obrázok 20.4



Obrázok 20.5

Degradačná funkcia únosnosti zisťovaná prostredníctvom indexu krivosti povrchu SCI je zobrazená na obrázku 20.5. Exponent degradačnej funkcie pre SCI je $B = 2,4$.

Degradačná funkcia únosnosti zisťovaná prostredníctvom indexu krivosti podkladu BCI je zobrazená na obrázku 20.6. Hodnoty nezodpovedajú tendencie zmeny, napriek tomu sme vyhodnotili degradačnú funkciu. Exponent degradačnej funkcie pre BCI je $B = 4,2$.



Obrázok 20.6

20.4 Záver - úsek 17 Tatranská Lomnica – Tatranská Kotlina

Vozovka bola doteraz zaťažená 2,21 mil. prejazdmi návrhových náprav. Zmeny únosnosti a zmeny indexov krivosti naznačujú, že vozovka začala degradovať.

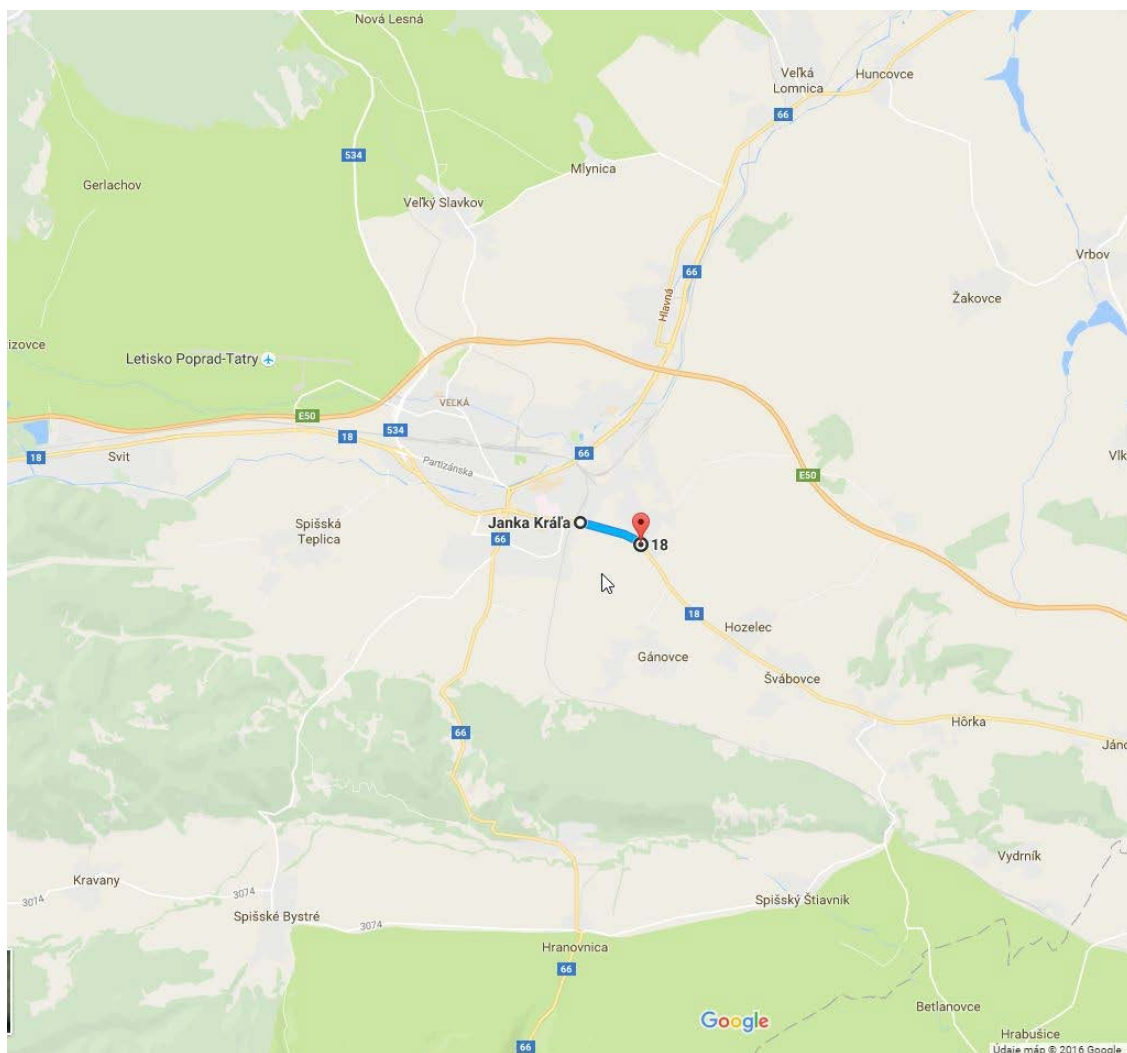
Exponent v degradačnej funkcii je väčší ako 1 čo platí pre únosnosť obecné. Hodnoty exponenta pre $E_{E_{kv}}$ sú $B=4,9$, pre SCI $B= 2,4$ a pre BCI $B=4,2$.

Túto vozovku je potrebné sledovať a merať únosnosť každý rok.

21 Úsek 18 Poprad - Gánovce

21.1 Všeobecne

Úsek sa nachádza ceste I/18 medzi Popradom a obcou Gánovce. Začína 20 m za mostom 18-390 na výjazde z Popradu. Úsek je dlhý 1000 m.



Obrázok 21.1

21.1.1 Vozovka

Vozovka podľa dostupných informácií má skladbu

1.	ABM II	50	mm
2.	AB II	50	mm
3.	AB	80	mm
4.	KAZ	70	mm
5.	OŠP	120	mm
6.	PAH	80	mm
7.	ŠP	200	mm
Spolu		650	mm

Stmelené vrstvy majú hrúbku 450 mm.

Štatisticky spracované výsledky merania hrúbok vozovky GEORADAROM sú uvedené v tabuľke 21.1.

Tabuľka 21.1

I/18 GÁNOVCE								
	Pravý pruh (PP)				Ľavý pruh (LP)			
	Stmelené vrstvy PP (mm)	Nestmelené vrstvy PP (mm)	Celková hrúbka vozovky PP (mm)	Poznámka	Stmelené vrstvy LP (mm)	Nestmelené vrstvy LP (mm)	Celková hrúbka vozovky LP (mm)	Poznámka
Priemer	209	390	599		217	397	614	
Min.	153	225	432		161	223	457	
Max.	323	517	725		300	568	819	
Sigma	28	67	69		30	71	75	
cv	13,59%	17,19%	11,58%		13,84%	18,02%	12,19%	

Výsledky merania GEORADAROM sa nezhodujú s danou skladbou vozovky. Stmelené vrstvy skladby vozovky majú 450 mm a meraním sa zistilo 209 mm a 217 mm. Celková hrúbka v skladbe vozovky je 650 mm a namerané priemerné hodnoty boli 600 mm až 614 mm celková hrúbka sa priblížila k zhode. Je potrebné skutočné hrúbky a konštrukciu vozovky stanoviť z vývrtov.

21.1.2 Doba výstavby a životnosť

Vozovka bola postavená v roku 1970. Pre stanovenie degradačných funkcií bola uvažovaná životnosť na 50 rokov.

21.1.3 Dopravné zaťaženie

Počet nákladných vozidiel za 24 hodín v oboch smeroch je 1 757. Za celé návrhové obdobie to je 15,30 mil. návrhových náprav. Doteraz prešlo po vozovke 14,07 mil. návrhových náprav.

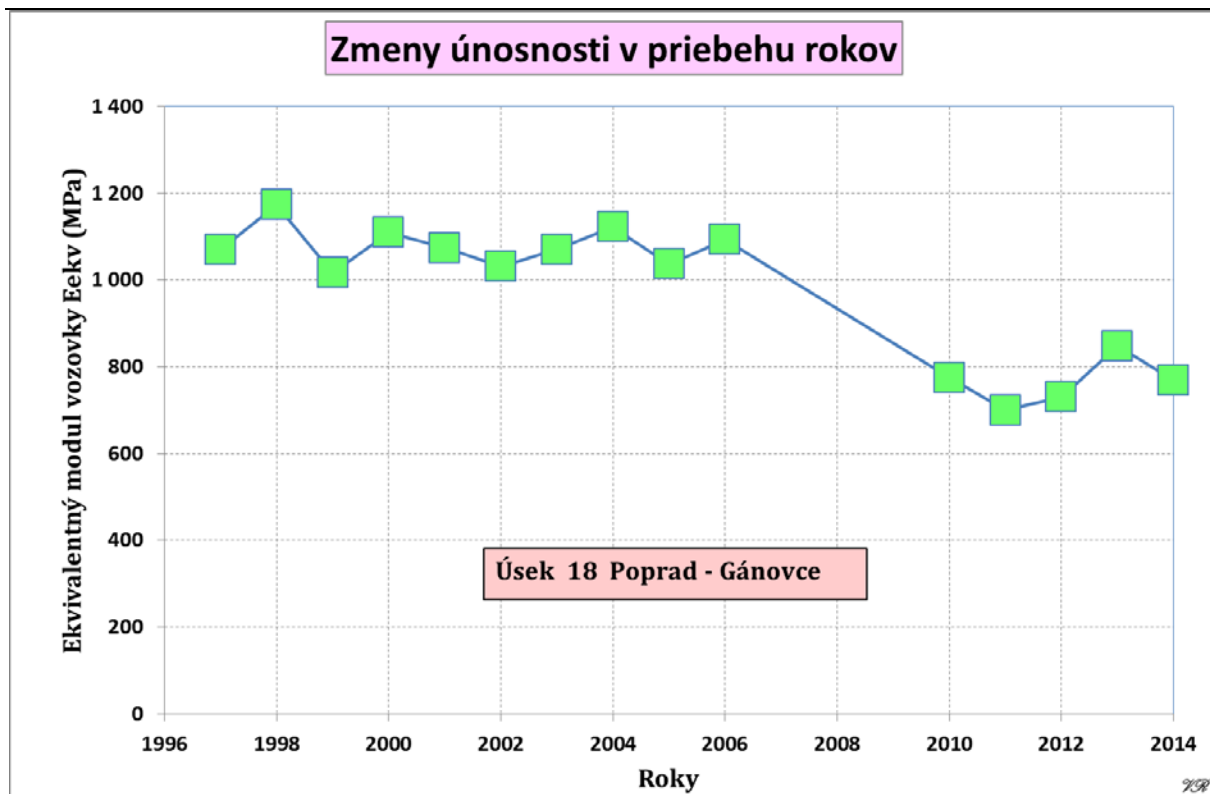
21.2 Únosnosť vyjadrená ekvivalentným modulom pružnosti

Na obrázku 21.2 sú vykreslené zmeny únosnosti vyjadrené ekvivalentným modulom pružnosti.

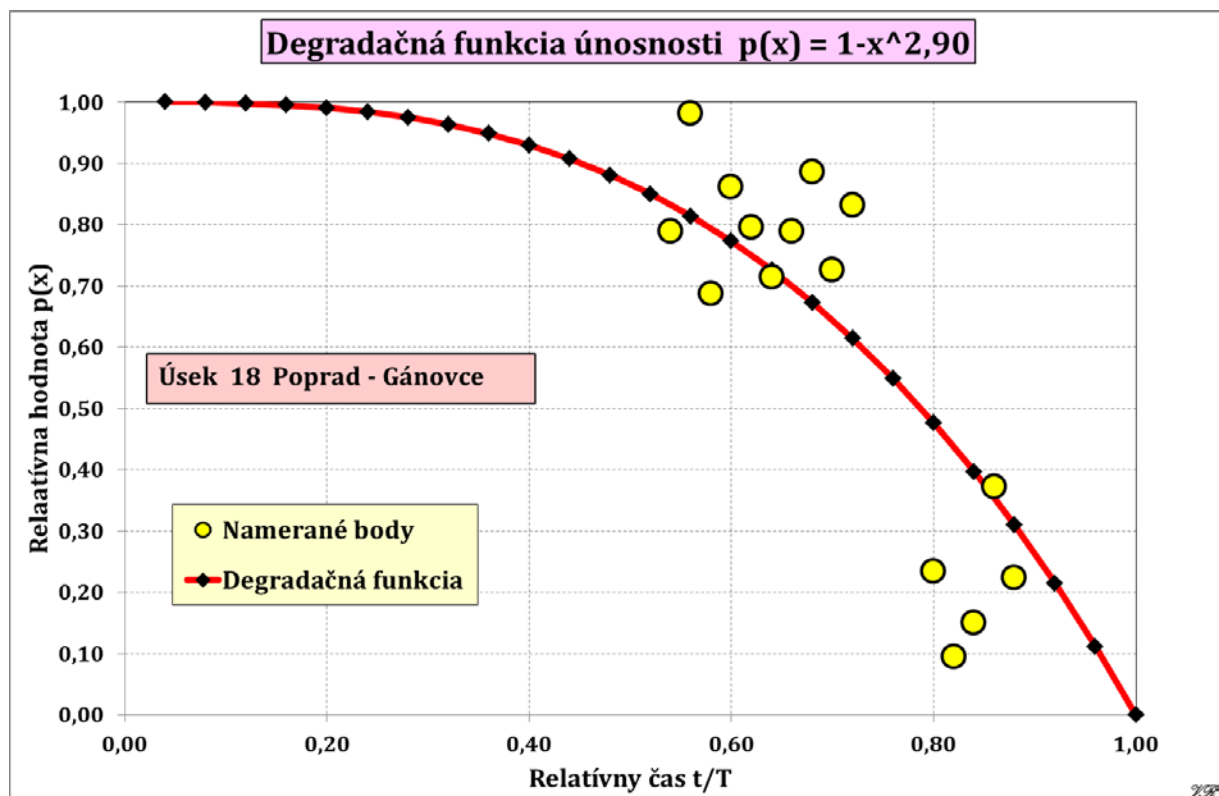
Z obrázku 21.2 je zrejmé, že hodnoty ekvivalentného modulu z meraní v rokoch 1997 až 2014 sa menili. Od roku 2006 nastal výrazný pokles modulu.

V roku 2012 respektíve v roku 2013 bola pravdepodobne stavebná úprava vozovky.

Degradačná funkcia únosnosti zisťovaná prostredníctvom ekvivalentného modulu pružnosti je zobrazená na obrázku 21.3. Exponent degradačnej funkcie $B = 2,9$.



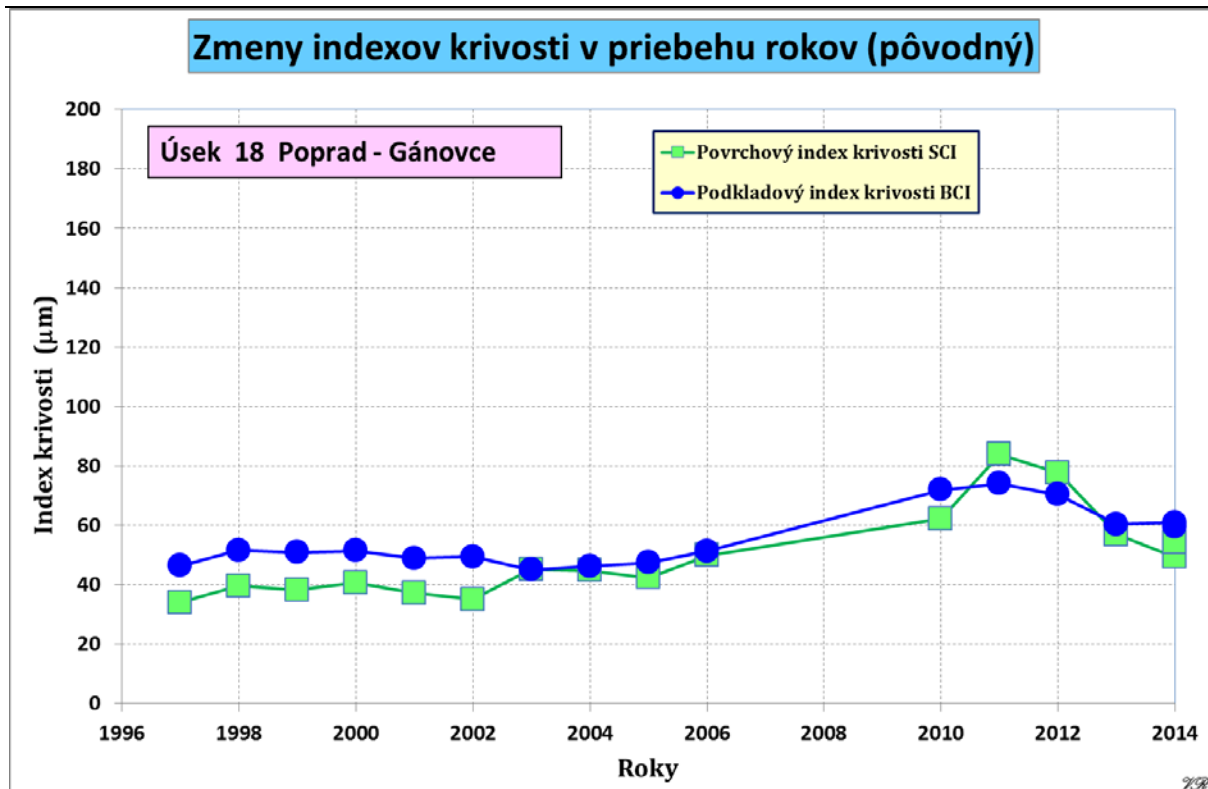
Obrázok 21.2



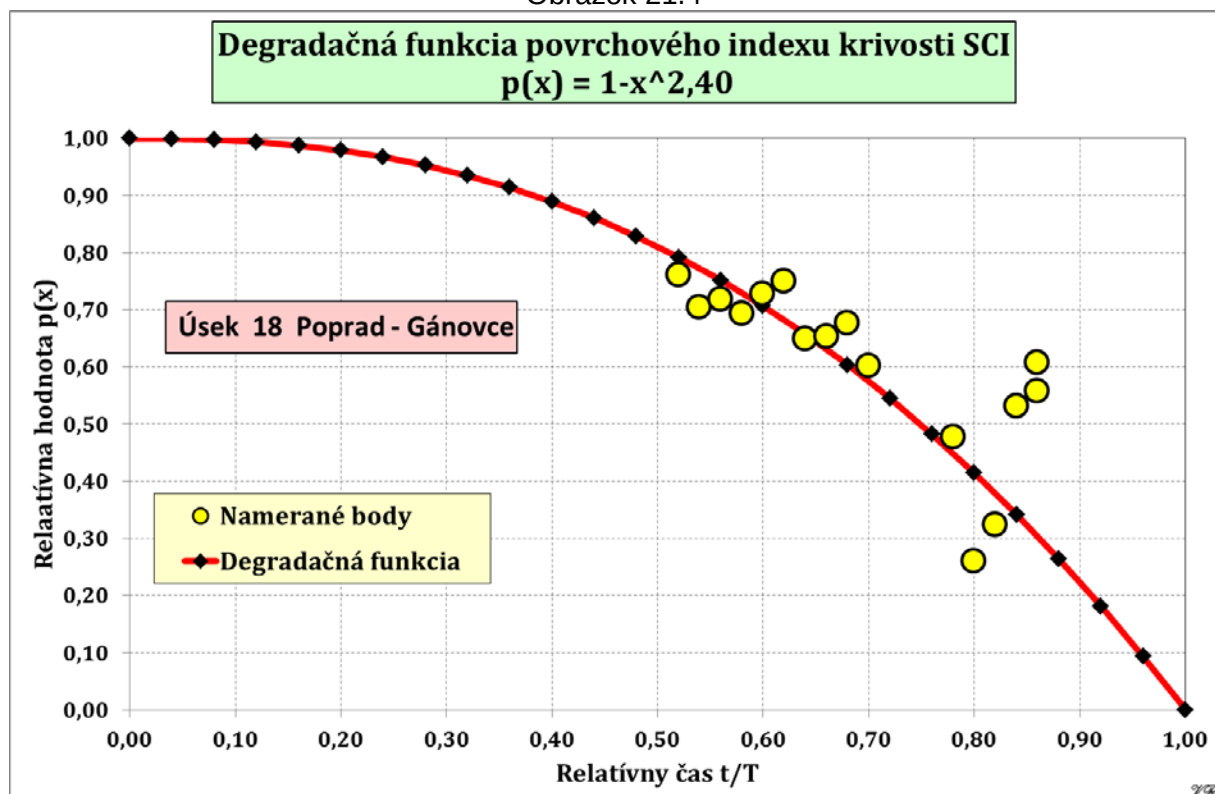
Obrázok 21.3

21.3 Únosnosť vyjadrená indexmi krivosti

Zmeny indexov krivosti počas meraného obdobia sú zobrazené na obrázku 21.4.



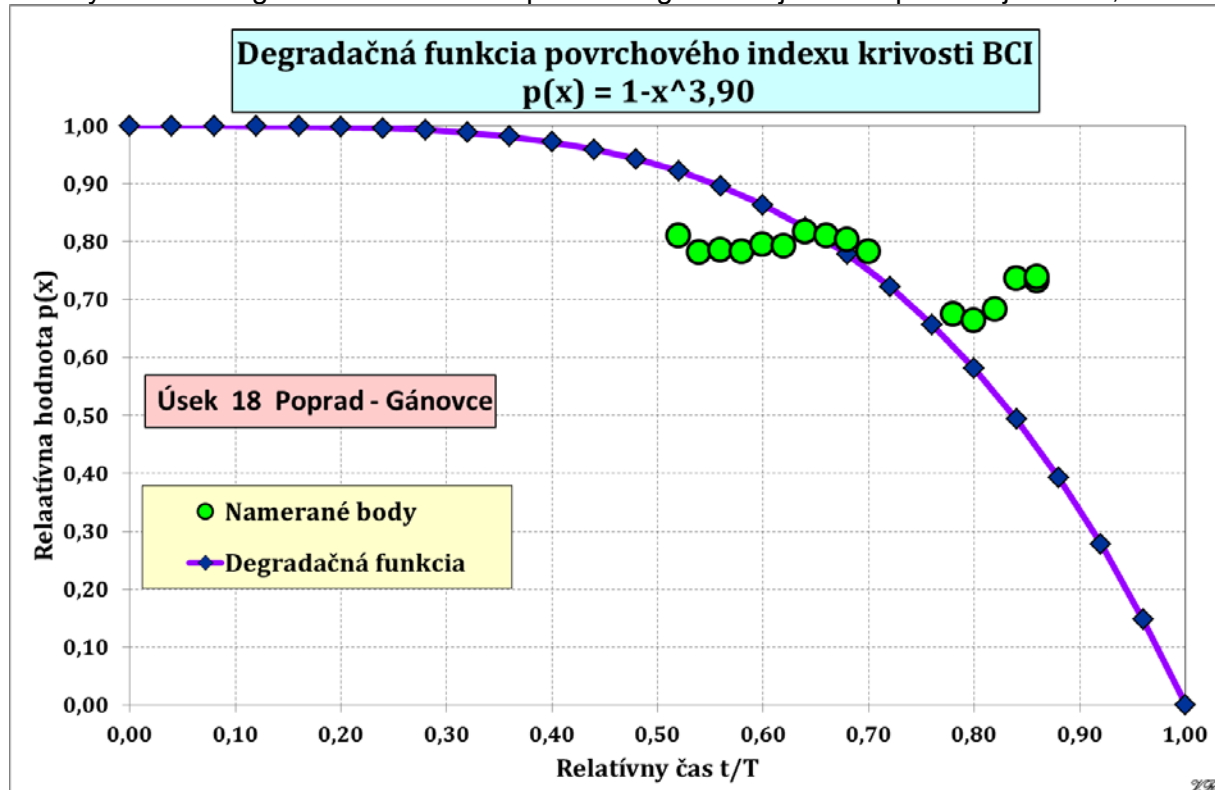
Obrázok 21.4



Obrázok 21.5

Degradačná funkcia únosnosti zisťovaná prostredníctvom indexu krivosti povrchu SCI je zobrazená na obrázku 21.5. Exponent degraďačnej funkcie pre SCI je $B = 2,4$.

Degradačná funkcia únosnosti zisťovaná prostredníctvom indexu krivosti podkladu BCI je zobrazená na obrázku 21.6. Hodnoty nezodpovedajú tendencie zmeny, napriek tomu sme vyhodnotili degradačnú funkciu. Exponent degradačnej funkcie pre BCI je $B = 3,9$.



Obrázok 21.6

21.4 Záver - úsek 18 Poprad - Gánovce

Vozovka bola doteraz zaťažená 14,07 mil. prejazdmi návrhových náprav. Zmeny únosnosti a zmeny indexov krivosti naznačujú, že vozovka začala degradovať.

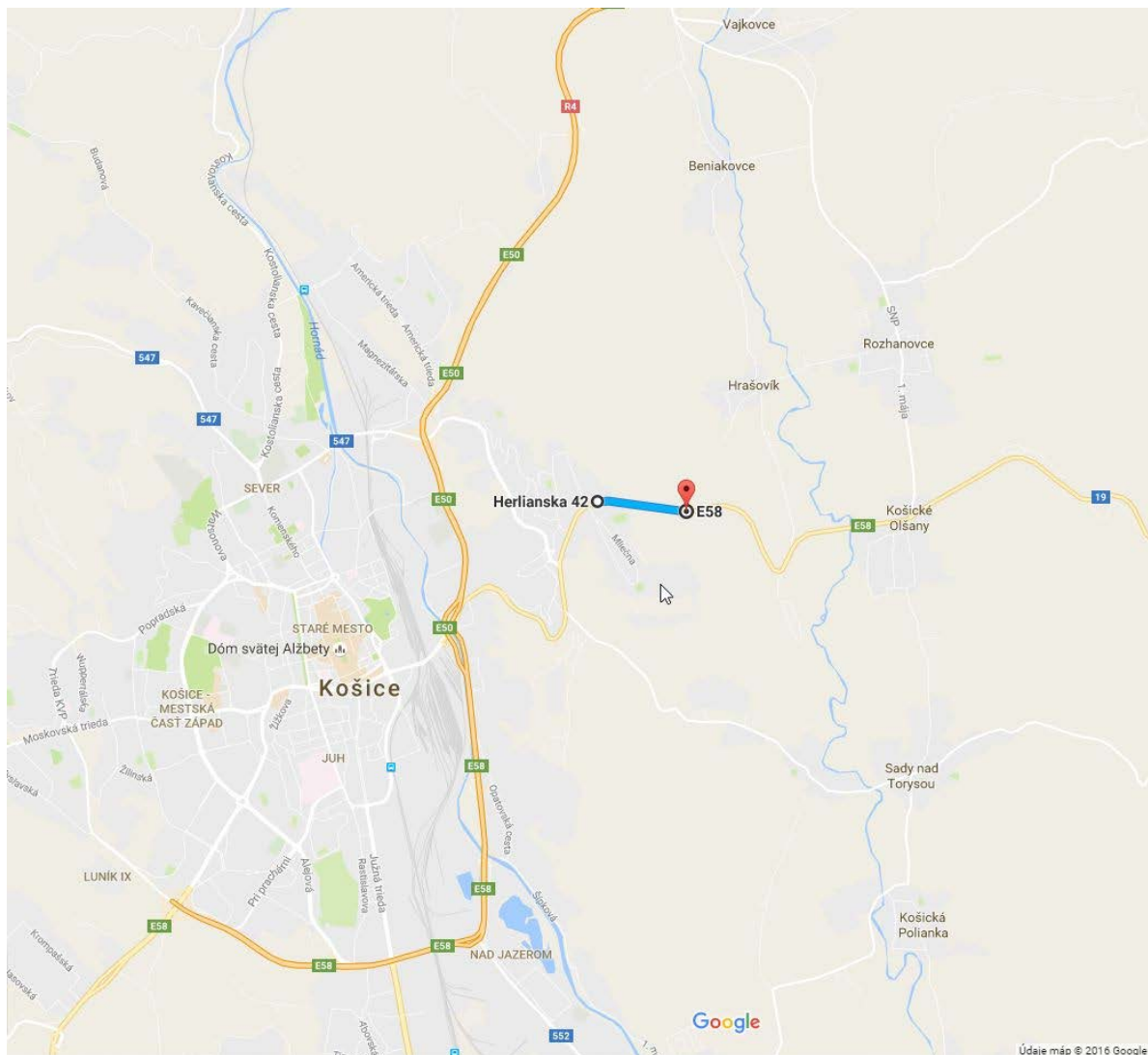
Exponent v degradačnej funkcii je väčší ako 1 čo platí pre únosnosť obecné. Hodnoty exponenta pre E_{Ekv} sú $B=2,9$, pre SCI $B= 2,4$ a pre BCI $B=3,9$.

Túto vozovku je potrebné sledovať a merať únosnosť každý rok.

22 Úsek 19 Zdobá – hranica okresu KE/KS

22.1 Všeobecne

Úsek sa nachádza medzi Košicami a Košickými Olšanami na bývalej ceste I/50, v súčasnosti cesta I/19. Začína 5 m pred začiatkom domu popisného čísla 63 v časti mesta Zdobá. Úsek je dlhý 1000 m.



Obrázok 22.1

22.1.1 Vozovka

Vozovka podľa dostupných informácií má skladbu

1.	AB	40	mm
2.	KAZ	40	mm
3.	OŠD	100	mm
4.	ŠD	250	mm
5.	ŠP	200	mm
Spolu		630	mm

Stmelené vrstvy majú hrúbku 180 mm.

Štatisticky spracované výsledky merania hrúbok vozovky GEORADAROM sú uvedené v tabuľke 22.1.

Tabuľka 22.1

I/50 ZDOBA								
	Pravý pruh (PP)				Ľavý pruh (LP)			
	Stmelené vrstvy PP (mm)	Nestmelené vrstvy PP (mm)	Celková hrúbka vozovky PP (mm)	Poznámka	Stmelené vrstvy LP (mm)	Nestmelené vrstvy LP (mm)	Celková hrúbka vozovky LP (mm)	Poznámka
Priemer	219	369	588		226	364	590	
Min.	142	149	371		151	176	398	
Max.	299	600	808		305	698	896	
Sigma	26	90	94		31	92	93	
cv	11,93%	24,46%	15,92%		13,83%	25,20%	15,73%	

Výsledky merania GEORADAROM sa zhodujú s danou skladbou vozovky. Stmelené vrstvy skladby vozovky majú 180 mm a meraním sa zistilo 220 mm a 220 mm. Celková hrúbka v skladbe vozovky je 630 mm a namerané priemerné hodnoty boli 588 mm až 590 mm celková hrúbka sa zhodovala.

22.1.2 Doba výstavby a životnosť

Vozovka bola postavená v roku 1973. Pre stanovenie degradačných funkcií bola uvažovaná životnosť na 50 rokov.

22.1.3 Dopravné zaťaženie

Počet nákladných vozidiel za 24 h v oboch smeroch je 2 512. Za celé návrhové obdobie to je 21,87 mil. návrhových náprav. Doteraz sa zrealizovalo 18,81 mil. návrhových náprav.

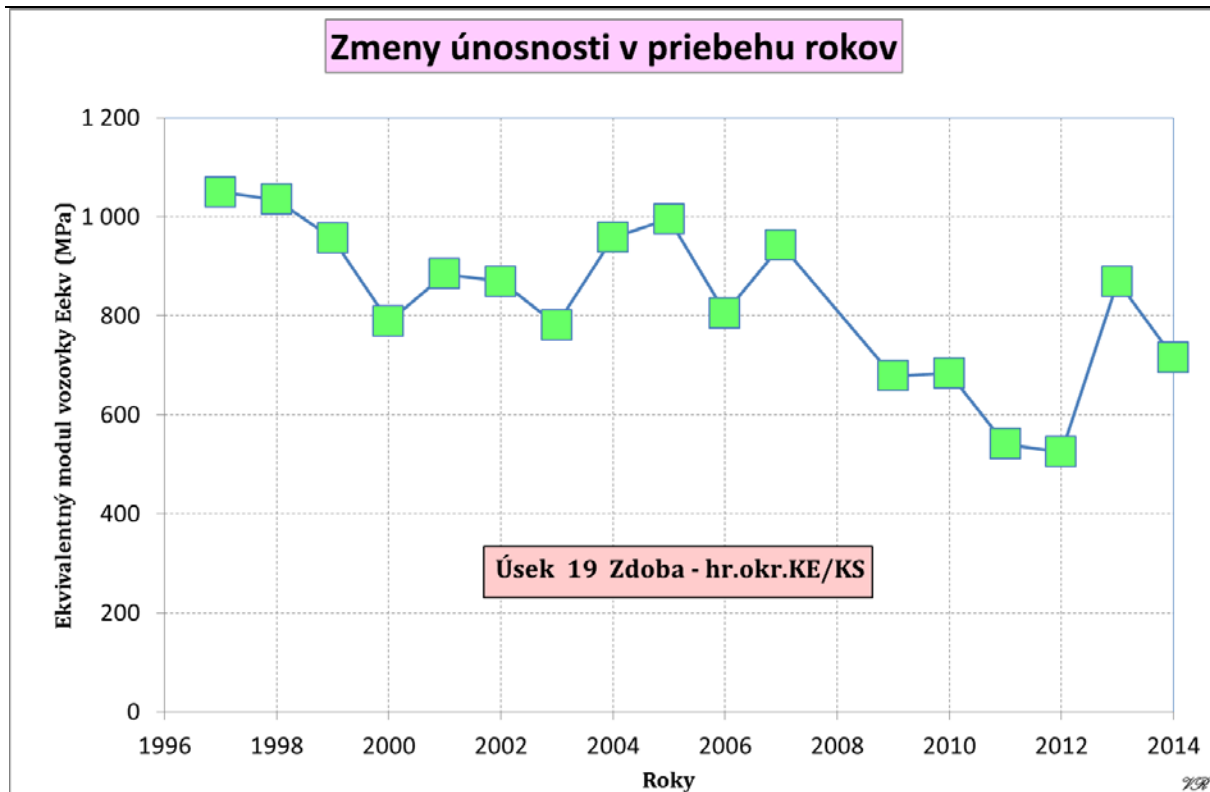
22.2 Únosnosť vyjadrená ekvivalentným modulom pružnosti

Na obrázku 22.2 sú vykreslené zmeny únosnosti vyjadrené ekvivalentným modulom pružnosti.

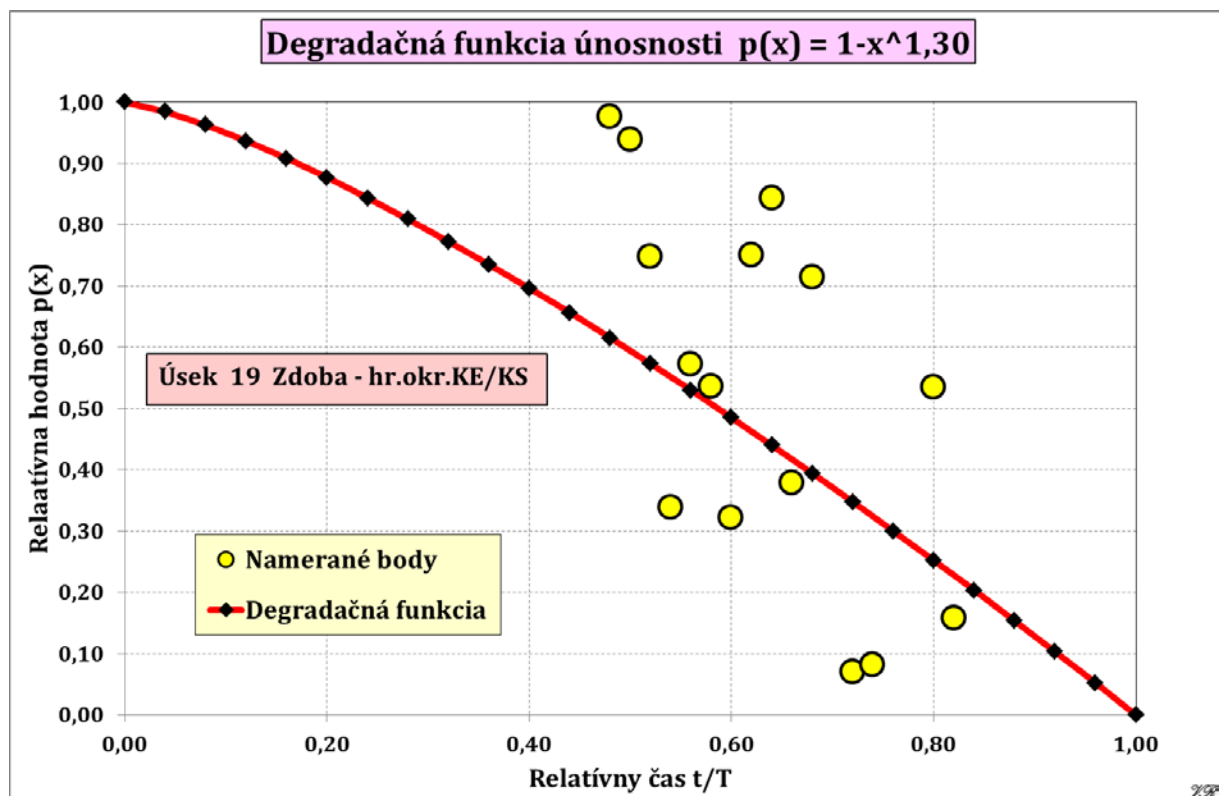
Z obrázku 22.2 je zrejmé, že hodnoty ekvivalentného modulu z meraní v rokoch 1997 až 2014 sa menili. Od roku 2007 nastal výrazný pokles modulu.

V roku 2013 bola pravdepodobne stavebná úprava vozovky.

Degradačná funkcia únosnosti zisťovaná prostredníctvom ekvivalentného modulu pružnosti je zobrazená na obrázku 22.3. Exponent degradačnej funkcie $B = 1,3$.



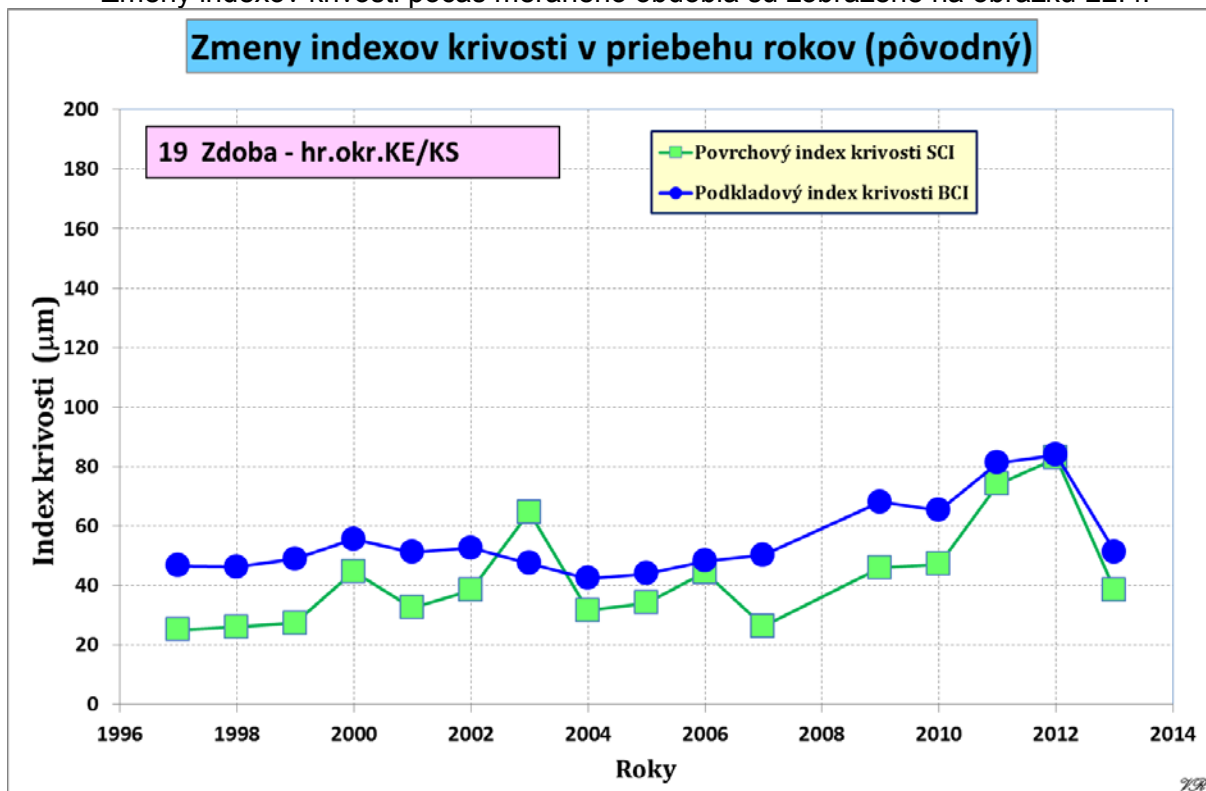
Obrázok 22.2



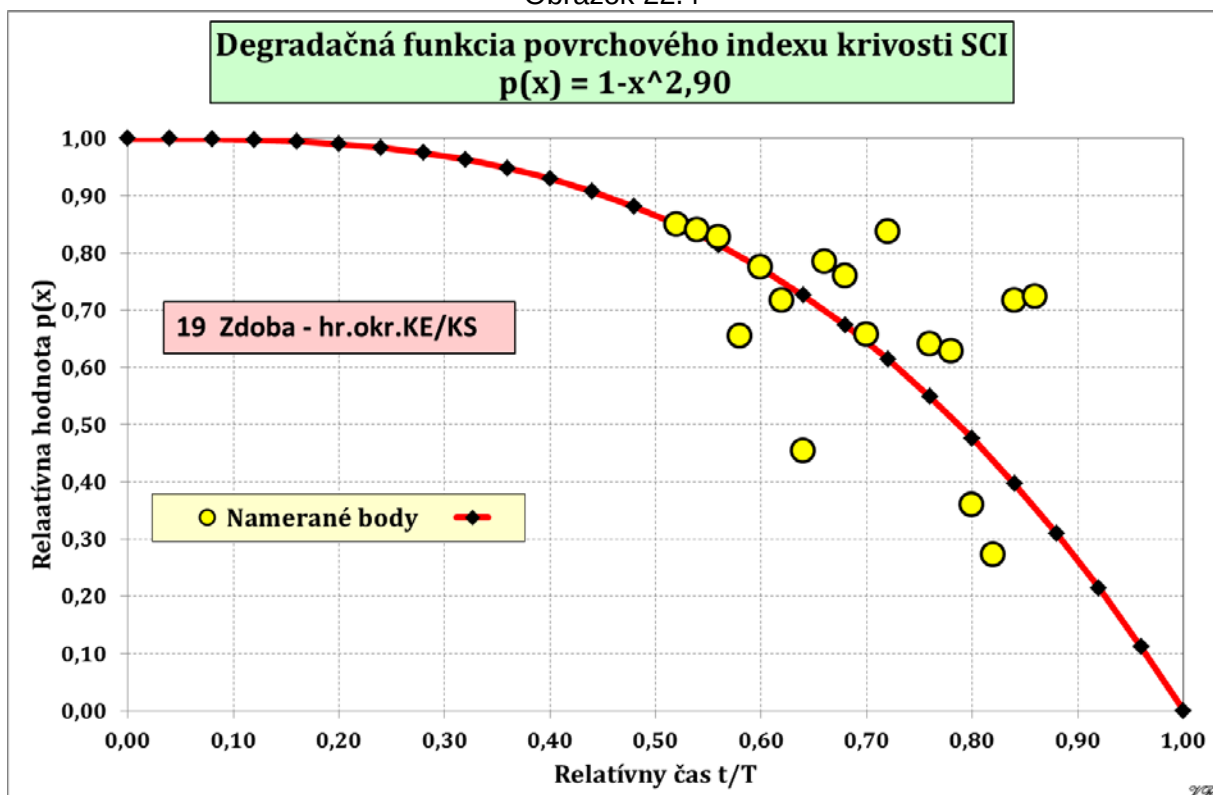
Obrázok 22.3

22.3 Únosnosť vyjadrená indexmi krivosti

Zmeny indexov krivosti počas meraného obdobia sú zobrazené na obrázku 22.4.



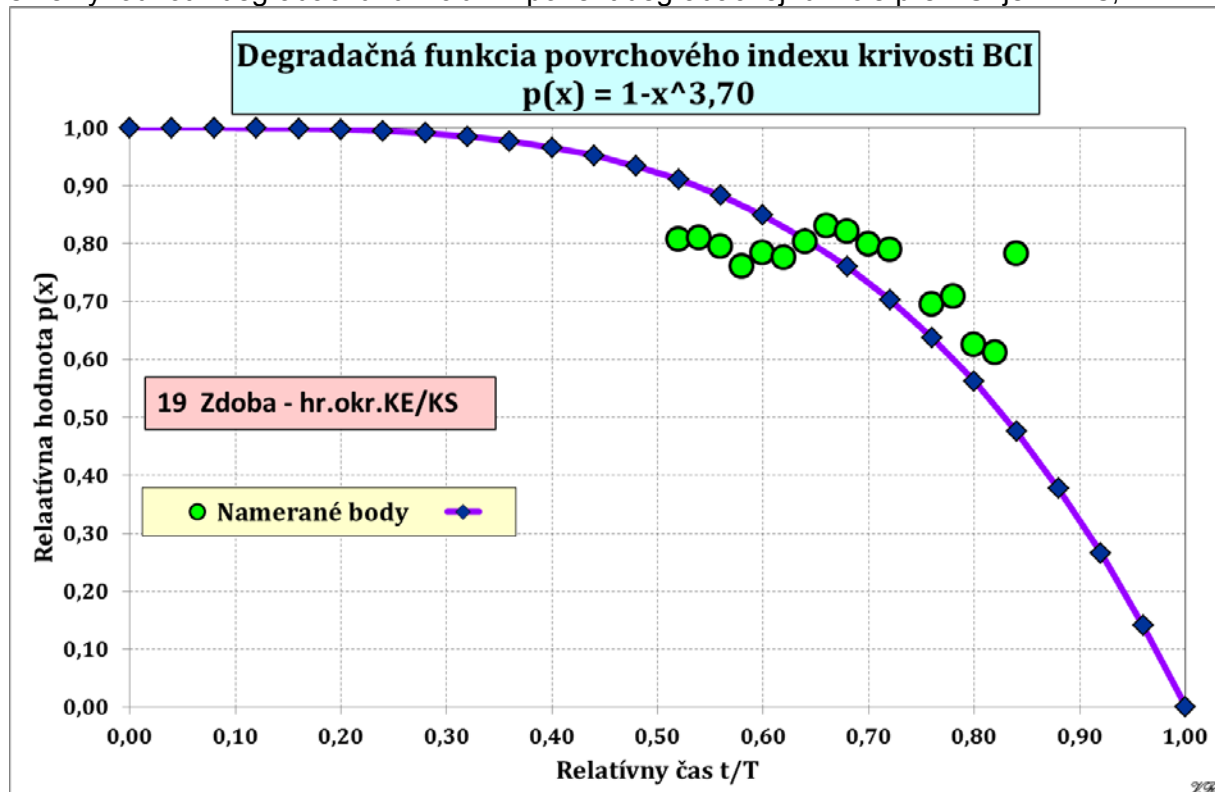
Obrázok 22.4



Obrázok 22.5

Degradačná funkcia únosnosti zisťovaná prostredníctvom indexu krivosti povrchu SCI je zobrazená na obrázku 22.5. Exponent degraďačnej funkcie pre SCI je $B = 2,9$.

Degradačná funkcia únosnosti zisťovaná prostredníctvom indexu krivosti podkladu BCI je zobrazená na obrázku 22.6. Hodnoty nezodpovedajú tendencie zmeny, napriek tomu sme vyhodnotili degradačnú funkciu. Exponent degradačnej funkcie pre BCI je $B = 3,7$.



Obrázok 22.6

22.4 Záver - úsek 19 Zdobá – hranica okresu KE/KS

Vozovka bola doteraz zaťažená 18,81 mil. prejazdmi návrhových náprav. Zmeny únosnosti a zmeny indexov krivosti naznačujú, že vozovka začala degradovať.

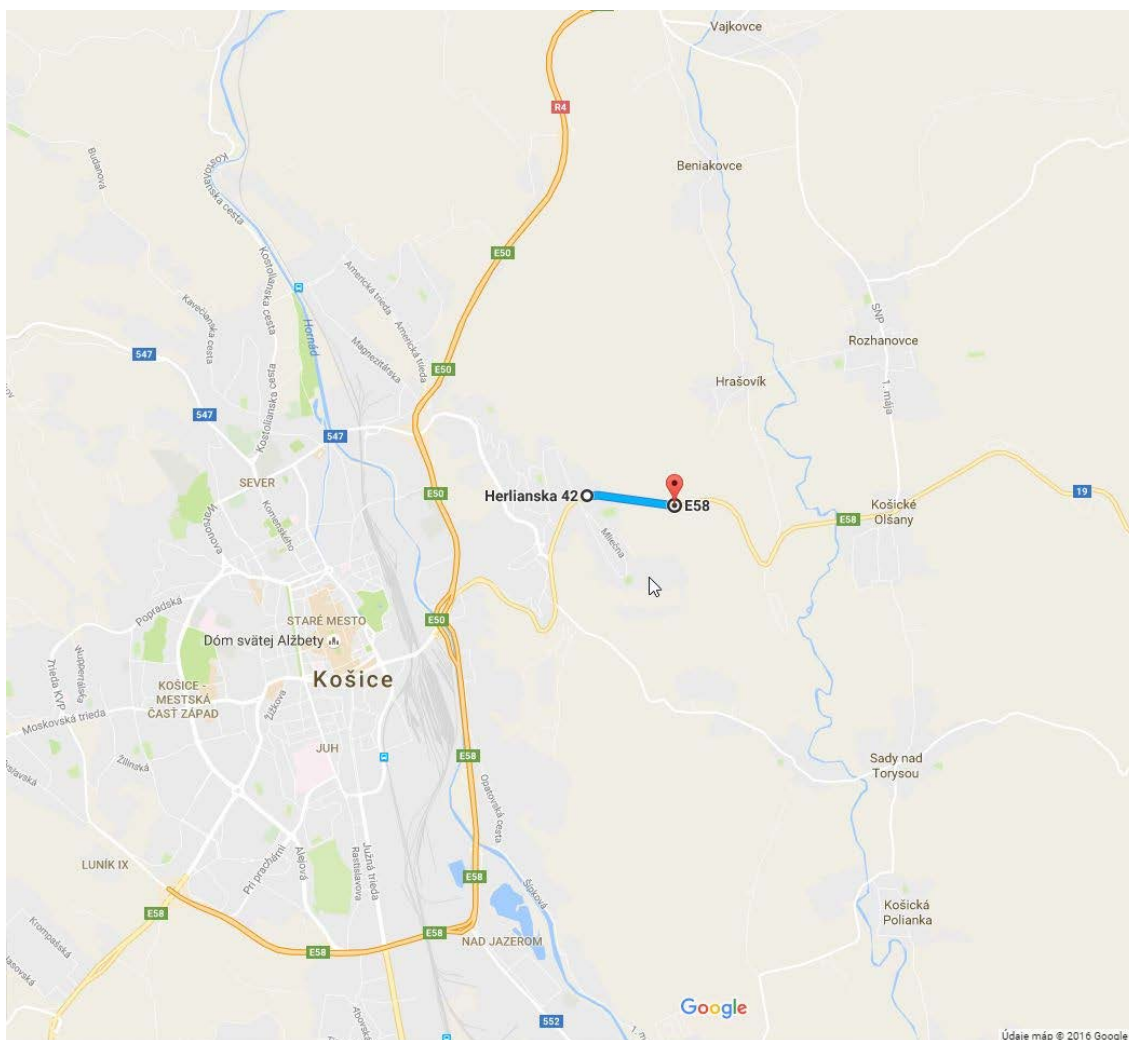
Exponent v degradačnej funkcii je väčší ako 1 čo platí pre únosnosť obecné. Hodnoty exponenta pre E_{EKV} sú $B=1,3$, pre SCI $B=2,9$ a pre BCI $B=3,7$.

Túto vozovku je potrebné sledovať a merať únosnosť každý rok.

23 Úsek 20 okres KS/KE

23.1 Všeobecne

Úsek sa nachádza na privádzači rýchlostnej cesty PR3 medzi obcou Budimír a Košicami. Začína na tabuli okresov Košice mesto/Košice okolie. Úsek je dlhý 1000 m.



Obrázok 23.1

23.1.1 Vozovka

Vozovka podľa dostupných informácií má skladbu

1.	AB I	60	mm
2.	AB II	60	mm
3.	OK II	110	mm
4.	CS	250	mm
5.	ŠP	150	mm
Spolu		630	mm

Stmelené vrstvy majú hrúbku 480 mm.

Štatisticky spracované výsledky merania hrúbok vozovky GEORADAROM sú uvedené v tabuľke 23.1.

Tabuľka 23.1

I/68.1 okres KS/KE								
	Pravý pruh (PP)				Ľavý pruh (LP)			
	Stmelené vrstvy PP (mm)	Nestmelené vrstvy PP (mm)	Celková hrúbka vozovky PP (mm)	Poznámka	Stmelené vrstvy LP (mm)	Nestmelené vrstvy LP (mm)	Celková hrúbka vozovky LP (mm)	Poznámka
Priemer	220	379	599		220	354	575	
Min.	124	219	432		133	183	409	
Max.	383	575	797		306	540	791	
Sigma	28	86	102		22	90	105	
cv	12,51%	22,65%	17,07%		9,98%	25,41%	18,17%	

Výsledky merania GEORADAROM sa zhodujú s danou skladbou vozovky len v celkovej hrúbke 630 mm a 580 mm. Stmelené vrstvy skladby vozovky majú 480 mm a meraním sa zistilo 220 mm.

Je potrebné skutočné hrúbky a konštrukciu vozovky stanoviť z vývrtu.

23.1.2 Doba výstavby a životnosť

Vozovka bola postavená v roku 1982. Pre stanovenie degradačných funkcií bola uvažovaná životnosť na 50 rokov.

23.1.3 Dopravné zaťaženie

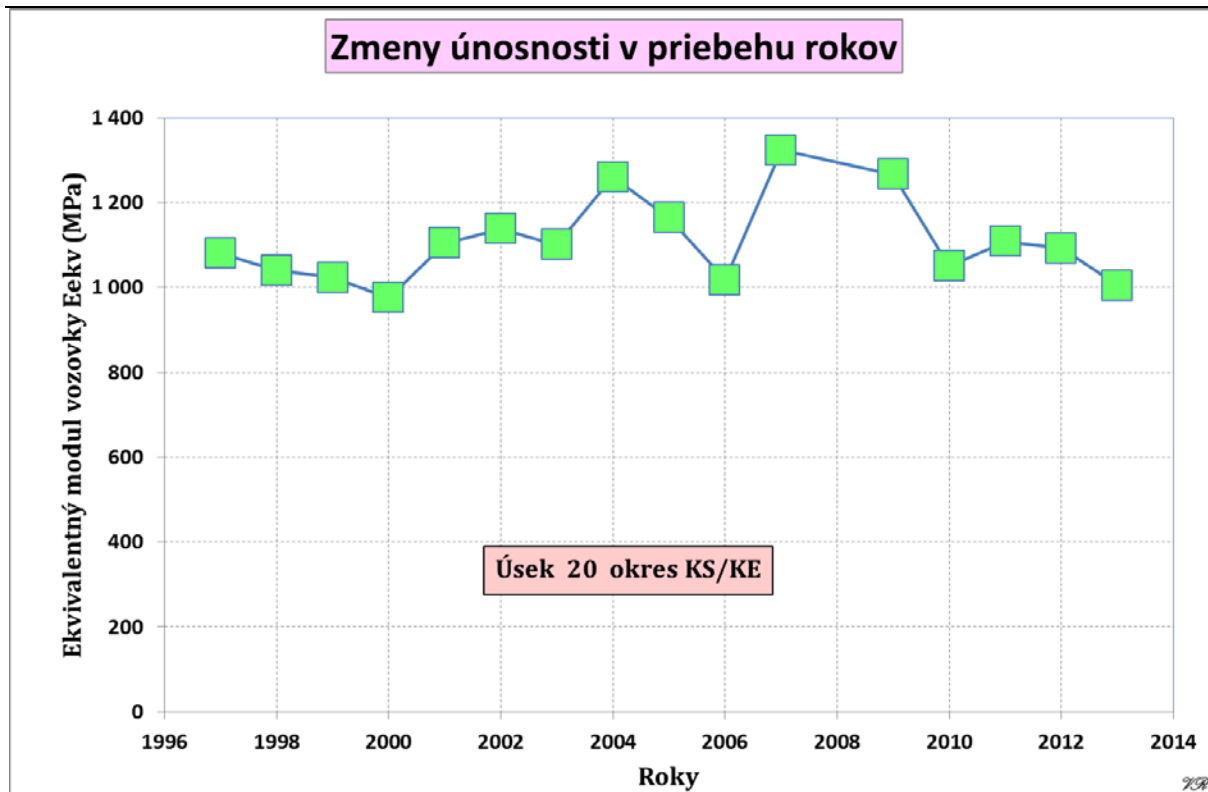
Počet nákladných vozidiel za 24 h v oboch smeroch je 5 538. Za celé návrhové obdobie to je 53,80 mil. návrhových náprav. Doteraz sa zrealizovalo 36,59 mil. návrhových náprav.

23.2 Únosnosť vyjadrená ekvivalentným modulom pružnosti

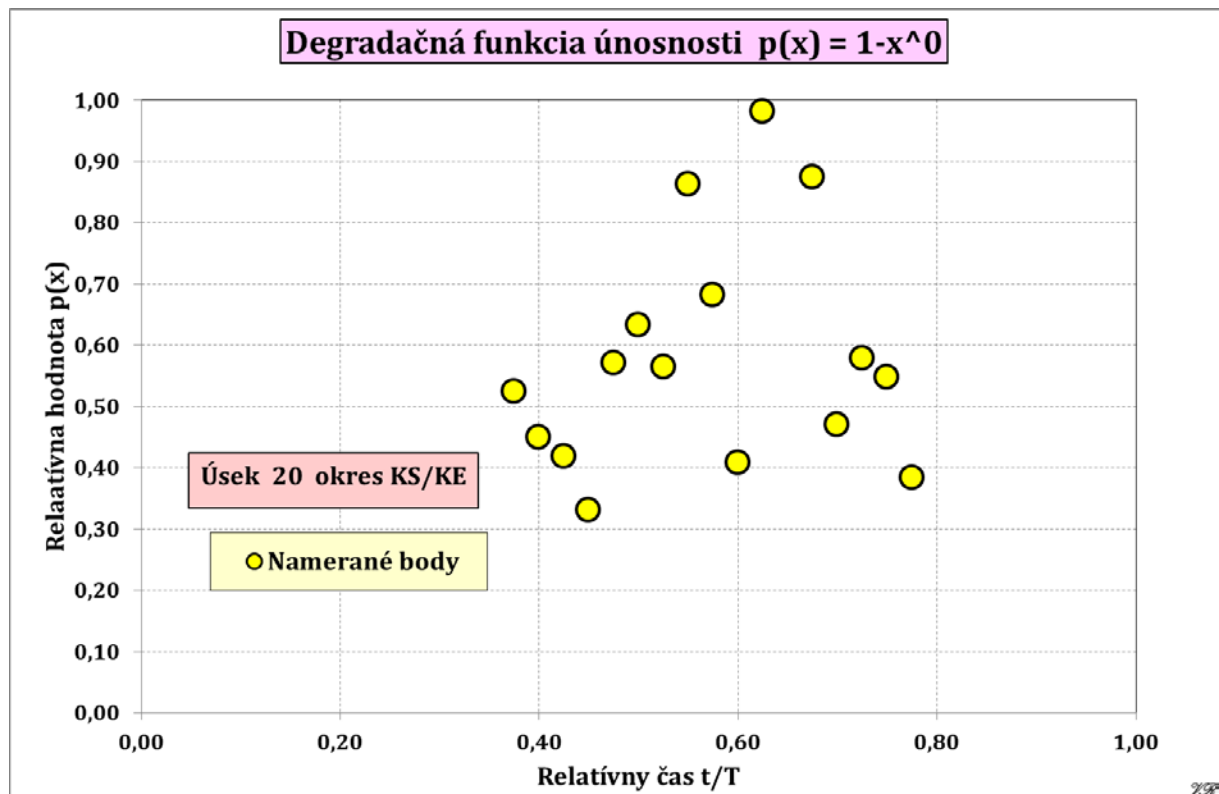
Na obrázku 23.2 sú vykreslené zmeny únosnosti vyjadrené ekvivalentným modulom pružnosti.

Z obrázku 23.2 je zrejmé, že hodnoty ekvivalentného modulu z meraní v rokoch 1997 až 2014 sa menili ale bez jednoznačnej tendencie.

Degradačná funkcia únosnosti zisťovaná prostredníctvom ekvivalentného modulu pružnosti sa nedala odvodiť. Jednotlivé body degradácie sú zobrazené na obrázku 23.3.



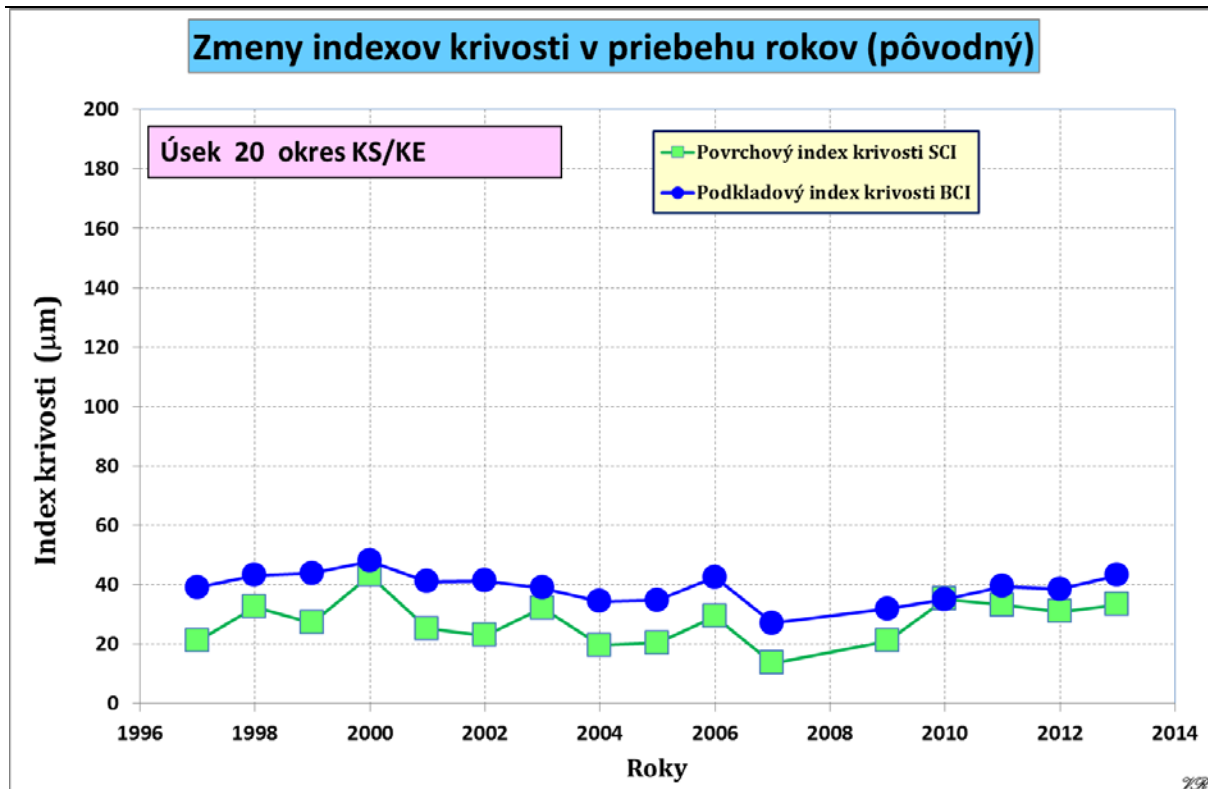
Obrázok 23.2



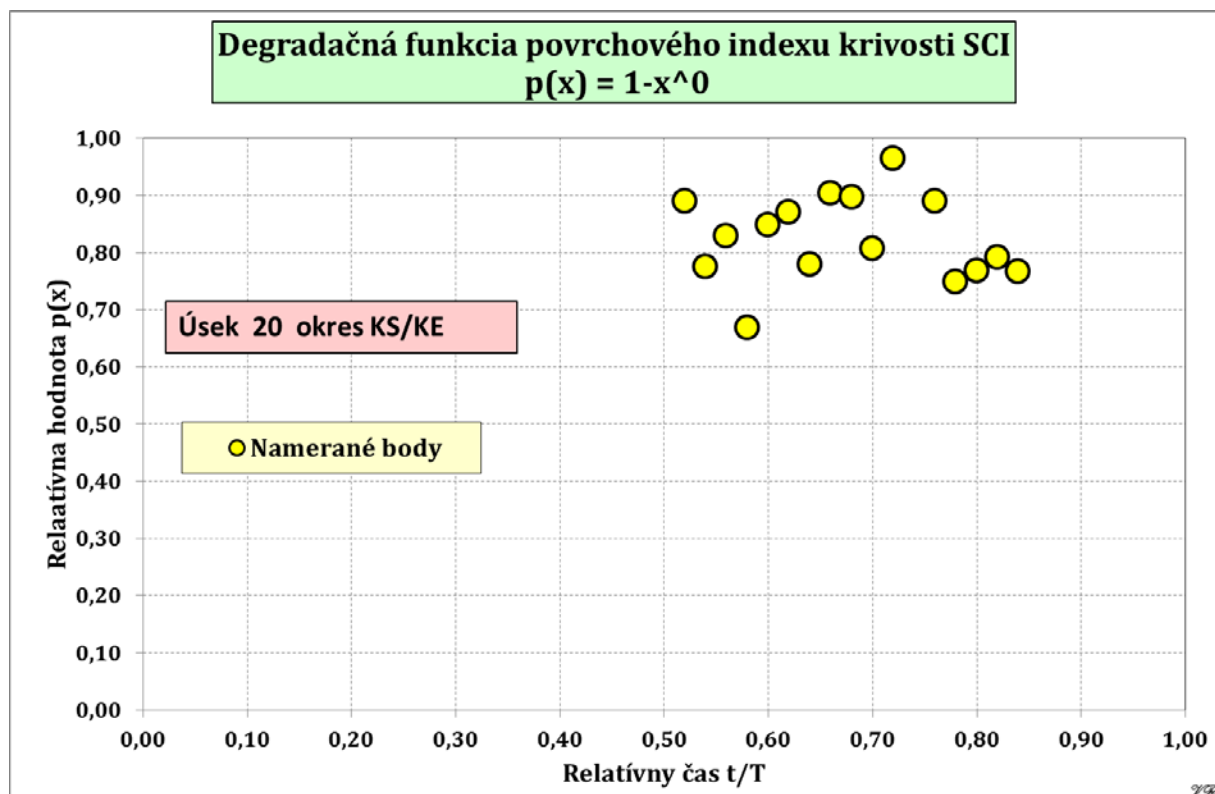
Obrázok 23.3

23.3 Únosnosť vyjadrená indexmi krivosti

Zmeny indexov krivosti počas meraného obdobia sú zobrazené na obrázku 23.4.



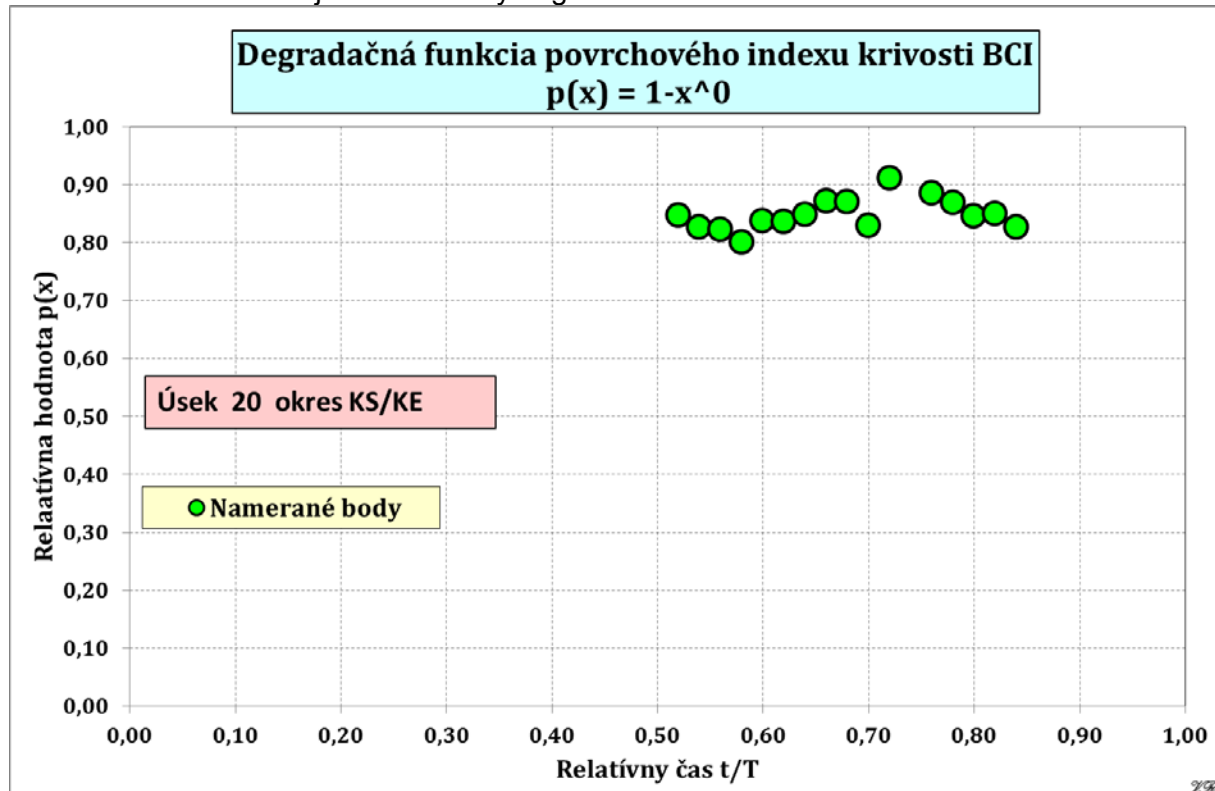
Obrázok 23.4



Obrázok 23.5

Zmeny indexov boli bez jednoznačnej tendencie nárastu. Degradačná funkcia únosnosti zisťovaná prostredníctvom indexu krivosti povrchu SCI sa nedal odvodiť. Jednotlivé body sú zobrazené na obrázku 23.5.

Degradačná funkcia únosnosti zisťovaná prostredníctvom indexu krivosti podkladu BCI sa nedala odvodiť jednotlivé body degradácie sú zobrazené na obrázku 23.6.



Obrázok 23.6

23.4 Záver - úsek 20 okres KS/KE

Vozovka bola doteraz zaťažená 36,59 mil. prejazdmi návrhových náprav. Zmeny únosnosti a zmeny indexov krivosti poukázali, že vozovka zatiaľ degradovala. Ekvivalentný modul je väčší ako 990 MPa.

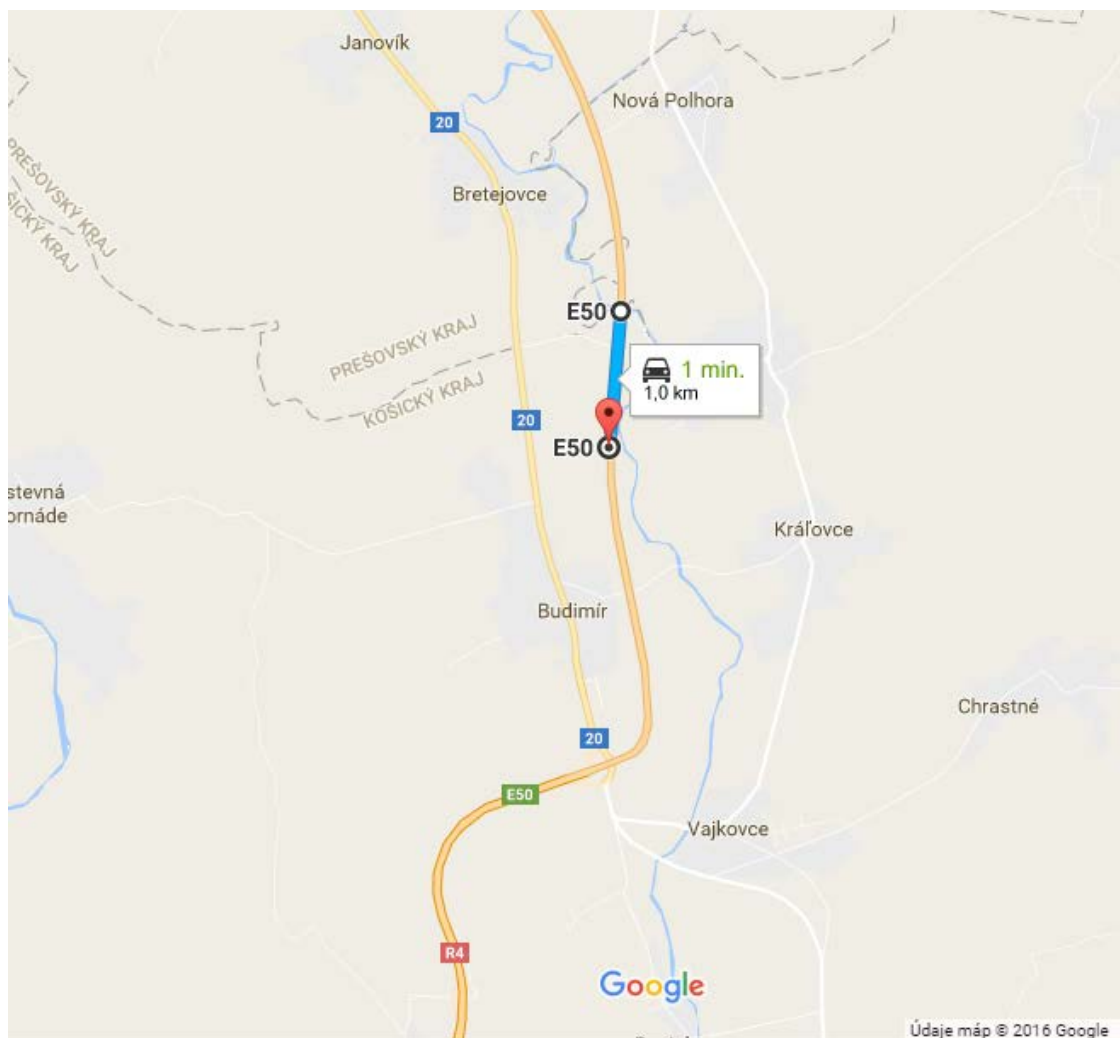
Je potrebné stanoviť presnú konštrukciu vozovky na základe vývrtov

Túto vozovku je potrebné sledovať a merať únosnosť každé 3 roky.

24 Úsek 21 D1 Ličartovce - Budimír

24.1 Všeobecne

Úsek sa nachádza na diaľnici D1 medzi Prešovom a Košicami. Začína 20 m za mostom D1-367, most cez Torysu a za čerpacou stanicou pohonných hmôt. Úsek je dlhý 1000 m.



Obrázok 24.1

24.1.1 Vozovka

Vozovka nie je známa

Štatisticky spracované výsledky merania hrúbok vozovky GEORADAROM sú uvedené v tabuľke 24.1.

Výsledky merania GEORADAROM nie je s čím porovnať. Vozovku je potrebné stanoviť vývrtom.

Tabuľka 24.1

D1.1 BUDIMÍR								
	Pravý pruh (PP)				Ľavý pruh (LP)			
	Stmelené vrstvy PP (mm)	Nestmelené vrstvy PP (mm)	Celková hrúbka vozovky PP (mm)	Poznámka	Stmelené vrstvy LP (mm)	Nestmelené vrstvy LP (mm)	Celková hrúbka vozovky LP (mm)	Poznámka
Priemer	231	486	721		245	494	744	
Min.	129	339	598		106	262	516	
Max.	335	618	863		319	734	990	
Sigma	31	107	152		33	121	164	
cv	13,62%	22,00%	21,13%		13,45%	24,47%	21,98%	

24.1.2 Doba výstavby a životnosť

Vozovka bola postavená v roku 1988. Pre stanovenie degradačných funkcií bola uvažovaná životnosť na 50 rokov.

24.1.3 Dopravné zaťaženie

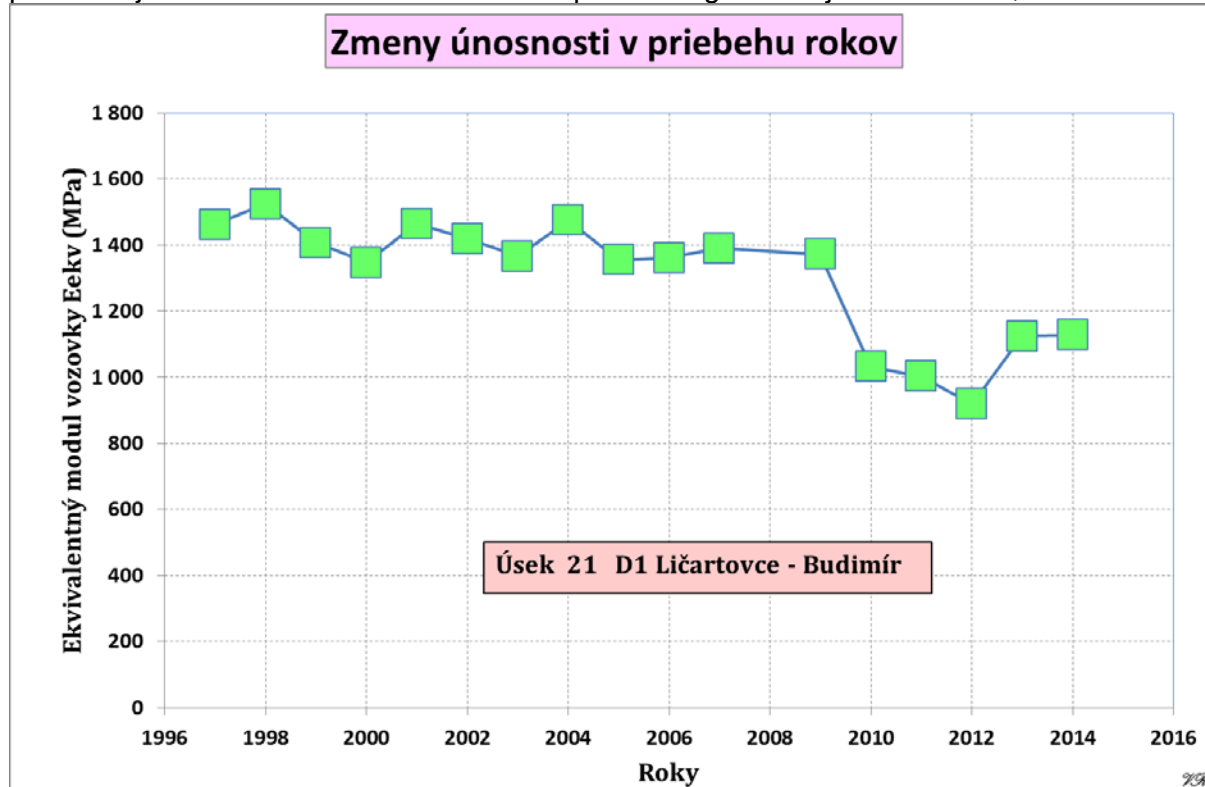
Počet nákladných vozidiel za 24 h v oboch smeroch je 5 039. Za celé návrhové obdobie to je 29,37 mil. návrhových náprav. Doteraz sa zrealizovalo 27,42 mil. návrhových náprav.

24.2 Únosnosť vyjadrená ekvivalentným modulom pružnosti

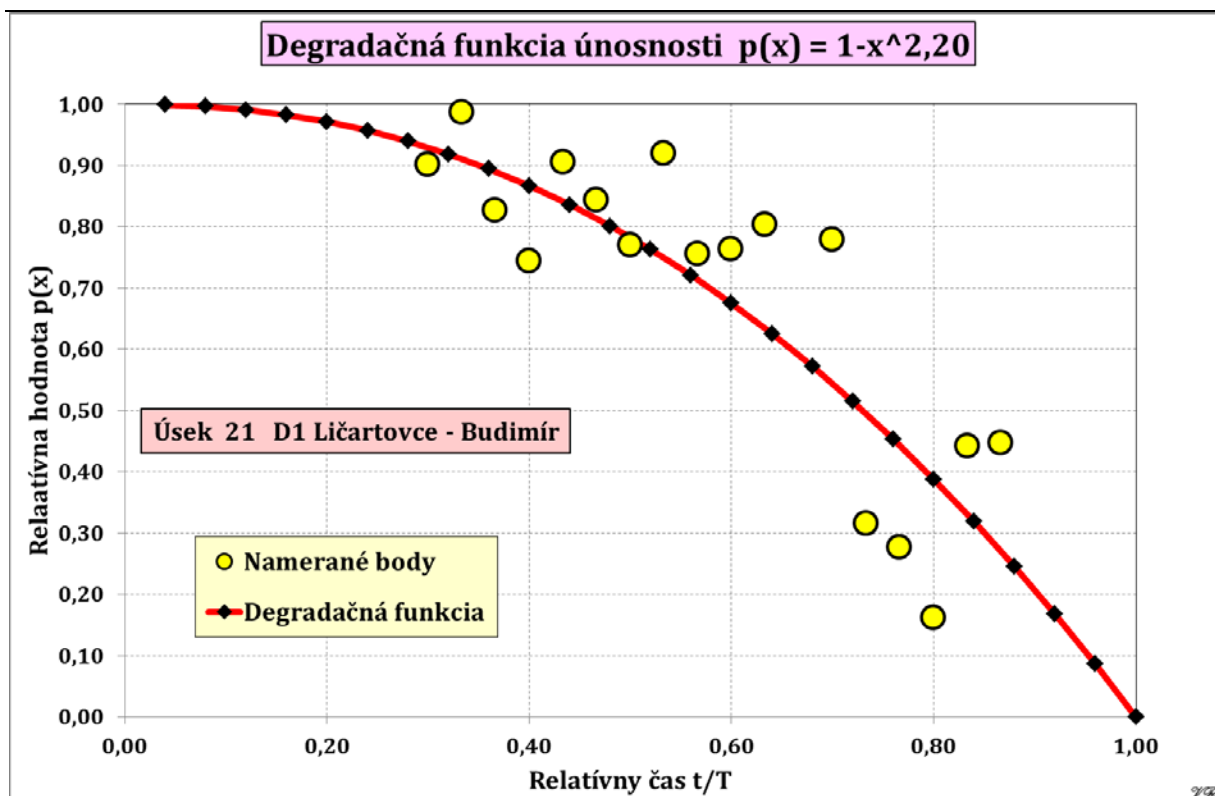
Na obrázku 24.2 sú vykreslené zmeny únosnosti vyjadrené ekvivalentným modulom pružnosti.

Z obrázku 24.2 je zrejmé, že hodnoty ekvivalentného modulu z meraní v rokoch 1997 až 2009 sa nemenili. Od roku 2009 nastal výrazný pokles modulu. Medzi rokom 2012 až 2013 bol asi stavebný zásah do vozovky.

Degradačná funkcia únosnosti zisťovaná prostredníctvom ekvivalentného modulu pružnosti je zobrazená na obrázku 24.3. Exponent degradačnej funkcie $B = 2,2$.



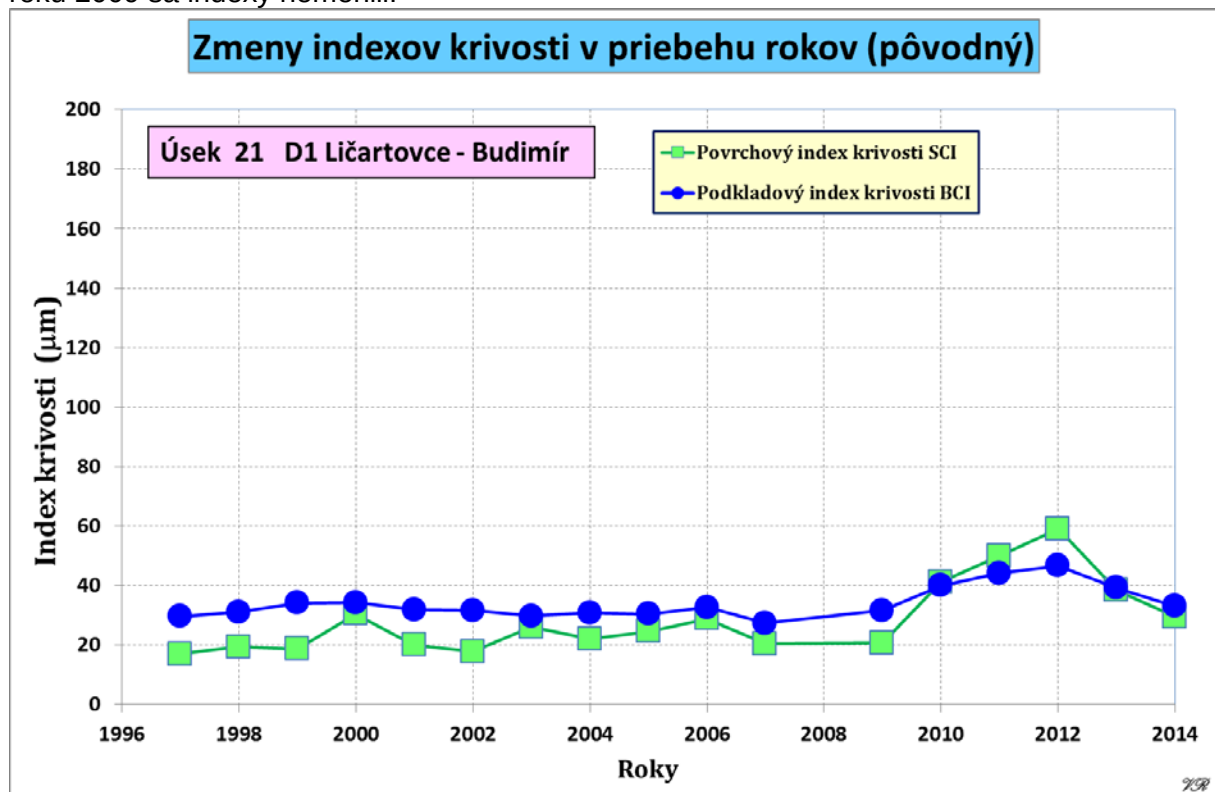
Obrázok 24.2



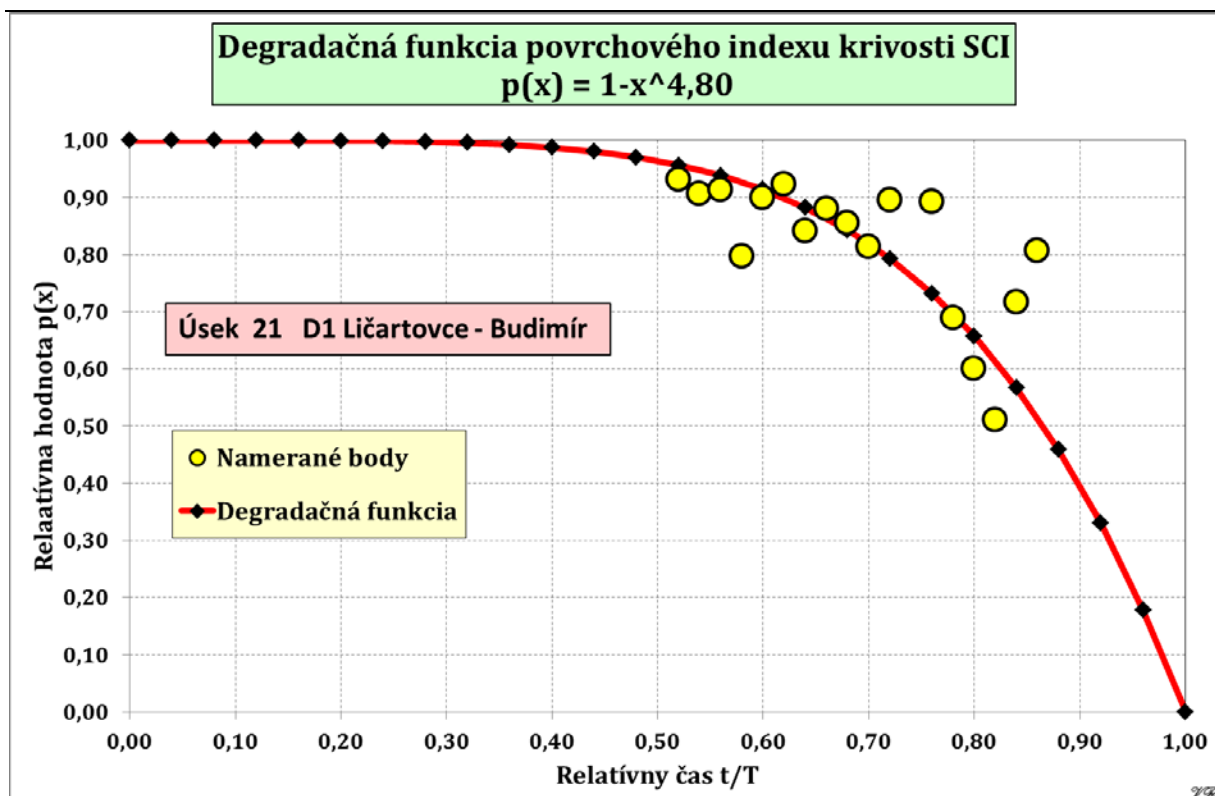
Obrázok 24.3

24.3 Únosnosť vyjadrená indexmi krivosti

Zmeny indexov krivosti počas meraného obdobia sú zobrazené na obrázku 24.4. Do roku 2009 sa indexy nemenili.



Obrázok 24.4

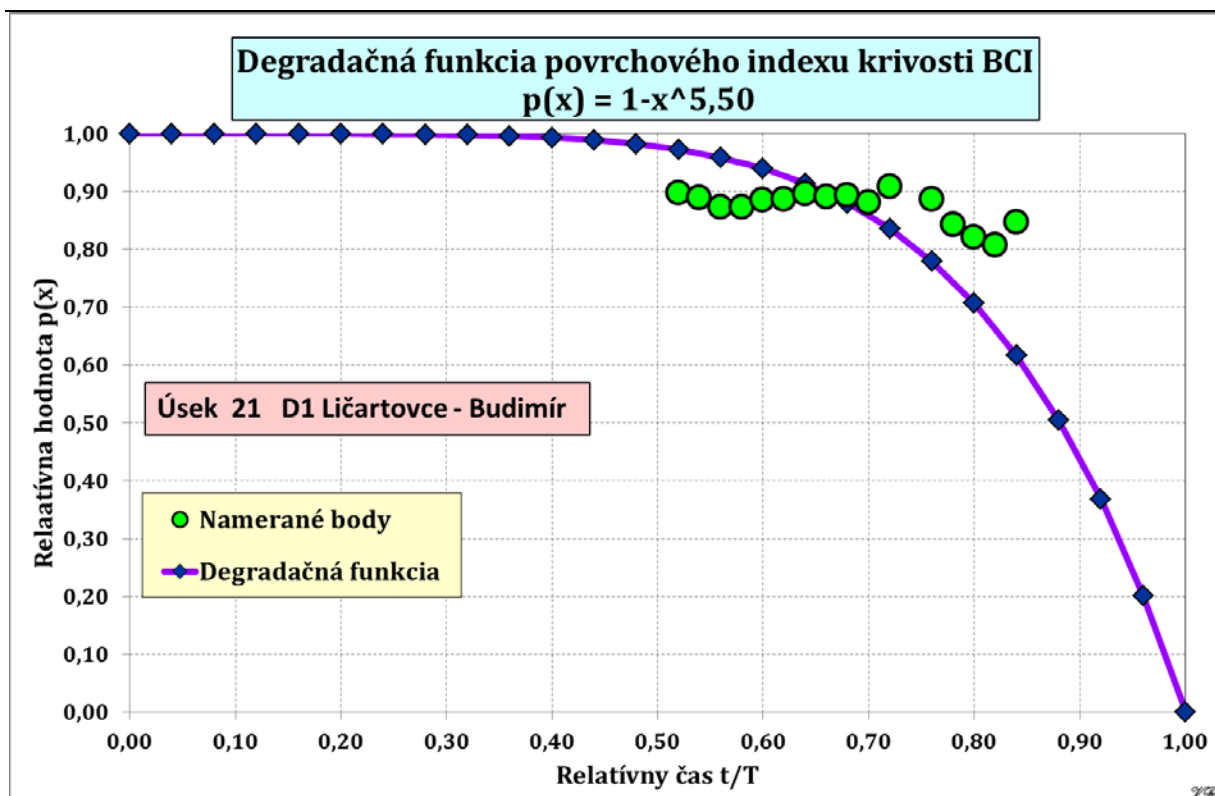


Obrázok 24.5

Degradačná funkcia únosnosti zisťovaná prostredníctvom indexu krivosti povrchu SCI je zobrazená na obrázku 24.5. Exponent degraďačnej funkcie pre SCI je $B = 4,8$. Veľmi vysoký exponent je zdôvodnený nemenným indexom do roku 2009.

Degradačnú funkciu mohol ovplyvniť aj pravdepodobný stavebný zásah.

Degradačná funkcia únosnosti zisťovaná prostredníctvom indexu krivosti podkladu BCI je zobrazená na obrázku 24.6. Hodnoty nezodpovedajú tendencii zmeny, napriek tomu sme vyhodnotili degraďačnú funkciu. Exponent degraďačnej funkcie pre BCI je $B = 5,5$.



Obrázok 24.6

24.4 Záver - úsek 21 D1 Ličartovce - Budimír

Vozovka bola doteraz zaťažená 27,42 mil. prejazdmi návrhových náprav. Je potrebné získať potrebné informácie o konštrukcii vozovky a o stavebných zásahoch do vozovky.

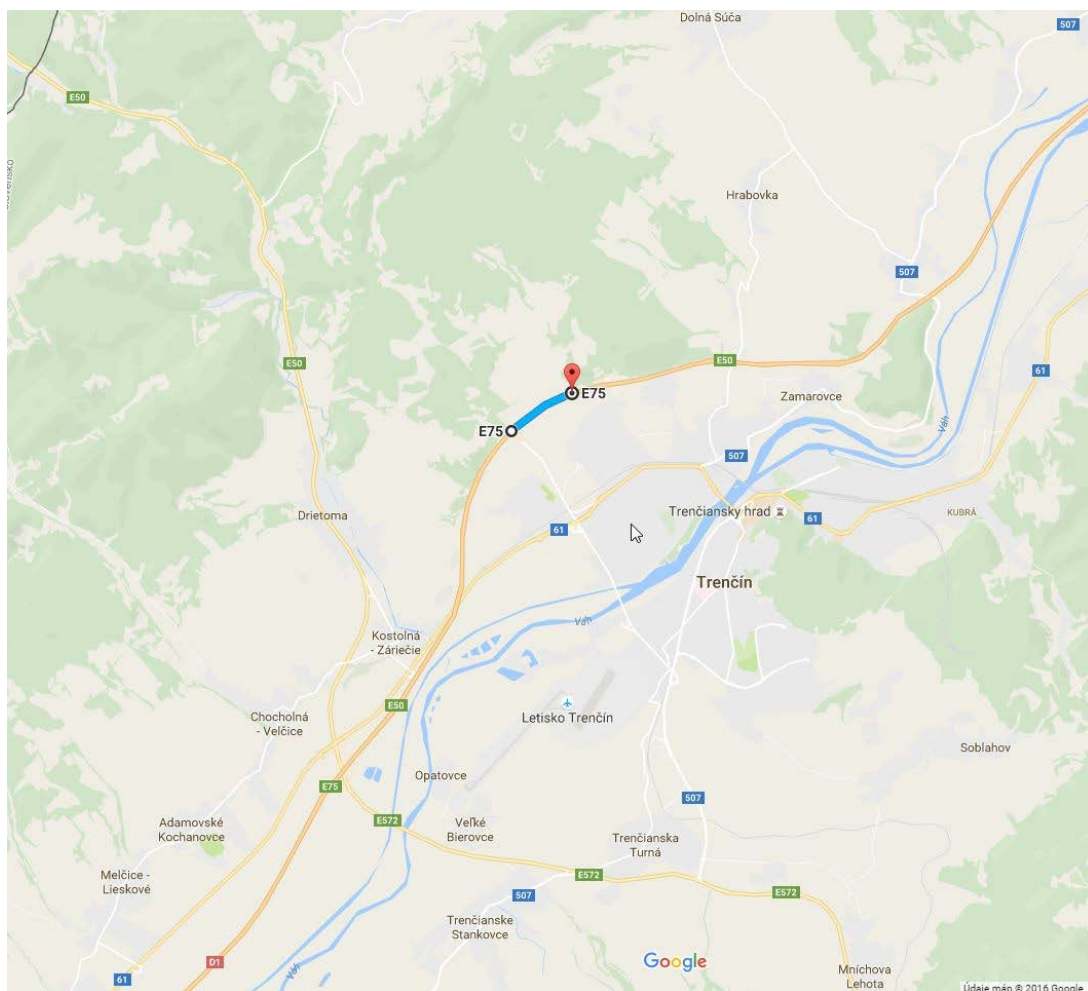
Zmeny únosnosti a zmeny indexov krivosti naznačujú, že vozovka začala degradovať. Napriek malým informáciám sme stanovili degradačné funkcie. Hodnoty exponenta pre E_{Ekv} sú $B=2,2$, pre SCI $B=4,8$ a pre BCI $B=5,5$.

Túto vozovku je potrebné sledovať a merať únosnosť každý rok.

25 Úsek 22 SSUD Zlatovce

25.1 Všeobecne

Úsek sa nachádza na diaľnici D1 medzi Trenčínom a Nemšovou. Začína na premostení D61-128 k Stredisku správy a údržby diaľnic - SSÚD Zlatovce na konci opory mosta. Úsek je dlhý 1000 m.



Obrázok 25.1

25.1.1 Vozovka

Vozovka podľa dostupných informácií má skladbu

1.	AB I	50	mm
2.	AB II	60	mm
3.	OK	120	mm
4.	CS	200	mm
5.	ŠP	150	mm
Spolu		580	mm

Stmelené vrstvy majú hrúbku 430 mm.

Štatisticky spracované výsledky merania hrúbok vozovky GEORADAROM sú uvedené v tabuľke 25.1.

Tabuľka 25.1

D1.1 ZLATOVCE								
	Pravý pruh (PP)				Ľavý pruh (LP)			
	Stmelené vrstvy PP (mm)	Nestmelené vrstvy PP (mm)	Celková hrúbka vozovky PP (mm)	Poznámka	Stmelené vrstvy LP (mm)	Nestmelené vrstvy LP (mm)	Celková hrúbka vozovky LP (mm)	Poznámka
Priemer	231	596	827		230	596	826	
Min.	197	351	581		195	337	581	
Max.	255	945	1190		271	986	1190	
Sigma	13	131	134		14	135	134	
cv	5,52%	21,92%	16,23%		6,14%	22,72%	16,21%	

Výsledky merania GEORADAROM sa nezhodujú s danou skladbou vozovky. Stmelené vrstvy skladby vozovky majú 430 mm a meraním sa zistilo 231 mm a 230 mm.

Celková hrúbka v skladbe vozovky je 580 mm a namerané priemerné hodnoty boli 827 mm až 826 mm celková hrúbka sa nezhodovala, je potrebné skutočné hrúbky a konštrukciu vozovky stanoviť z vývrtov.

25.1.2 Doba výstavby a životnosť

Vozovka bola postavená v roku 1996. Pre stanovenie degradačných funkcií bola uvažovaná životnosť na 50 rokov.

25.1.3 Dopravné zaťaženie

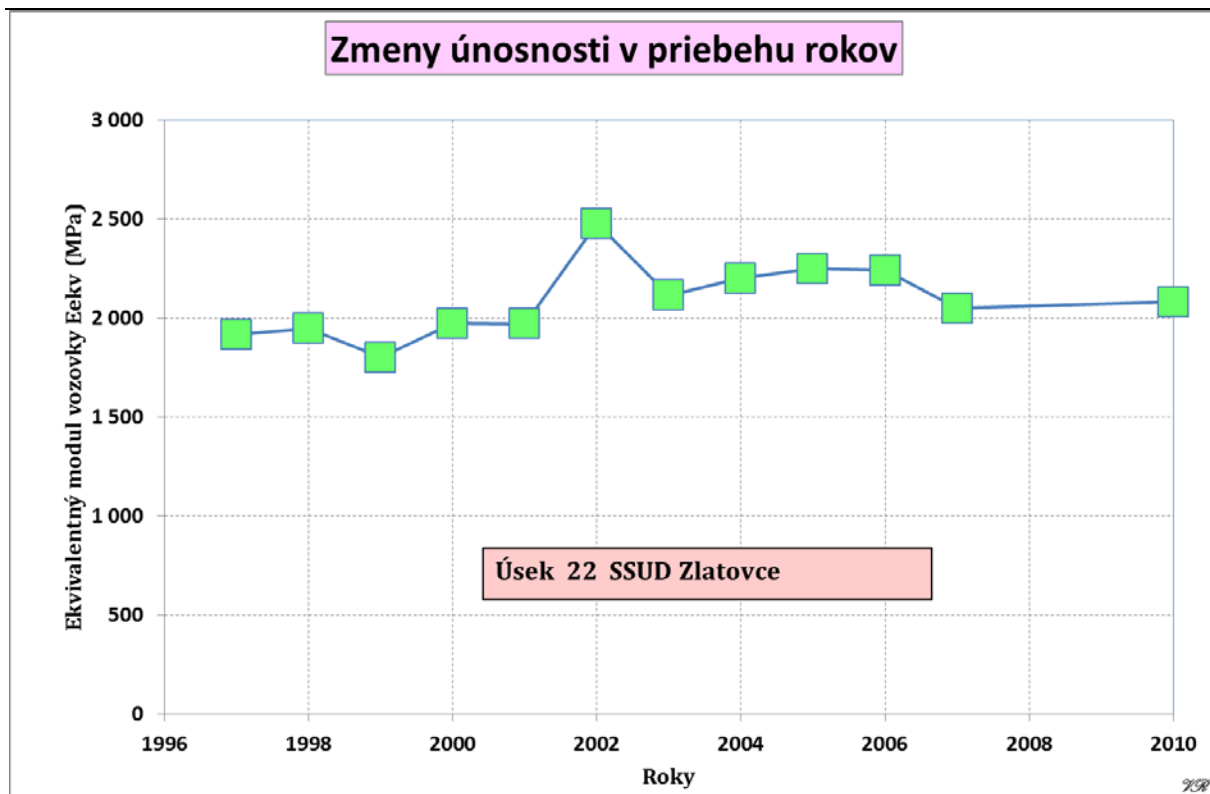
Počet nákladných vozidiel za 24 h v oboch smeroch je 9 541. Za celé návrhové obdobie to je 92,69 mil. návrhových náprav. Doteraz sa zrealizovalo 37,08 mil. návrhových náprav.

25.2 Únosnosť vyjadrená ekvivalentným modulom pružnosti

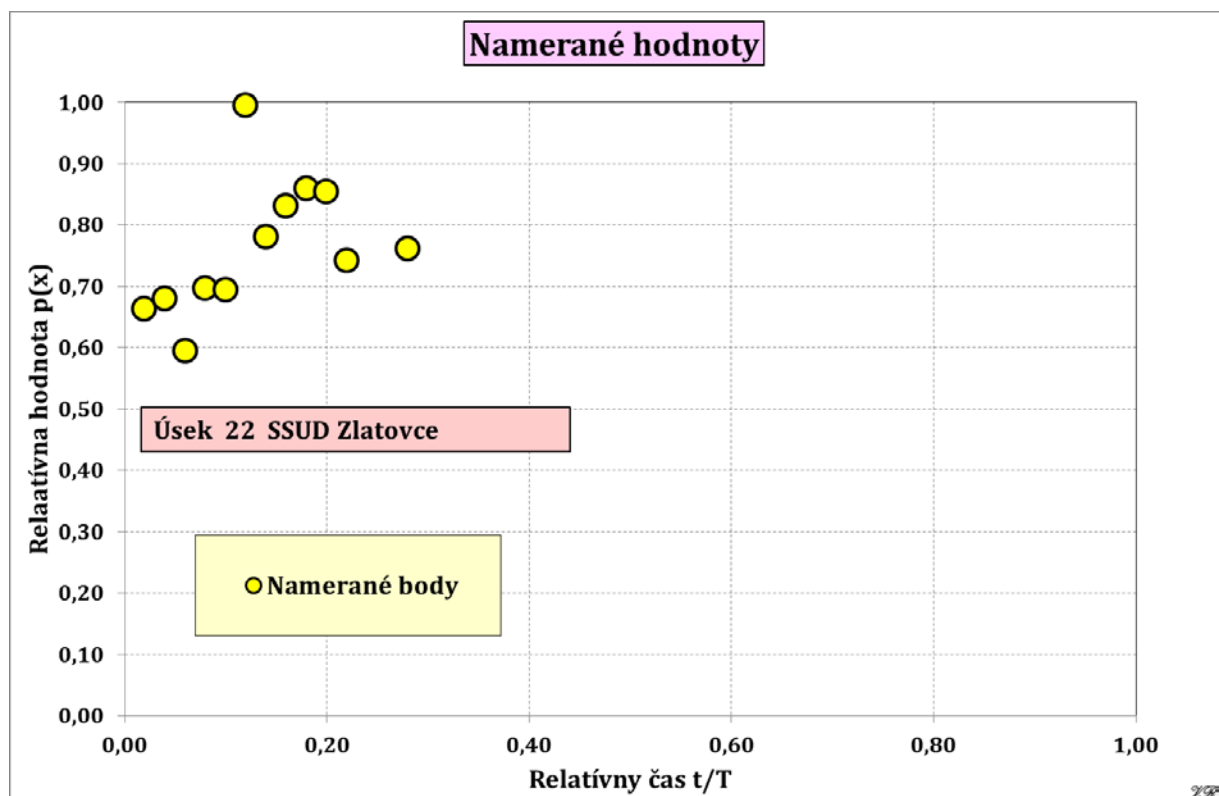
Na obrázku 25.2 sú vykreslené zmeny únosnosti vyjadrené ekvivalentným modulom pružnosti.

Z obrázku 25.2 je zrejmé, že hodnoty ekvivalentného modulu z meraní v rokoch 1997 až 2010 sa nemenili a sú bez jednoznačnej tendencie.

Degradačná funkcia únosnosti zisťovaná prostredníctvom ekvivalentného modulu pružnosti sa nedala odvodiť. Jednotlivé body degradácie sú zobrazené na obrázku 25.3.



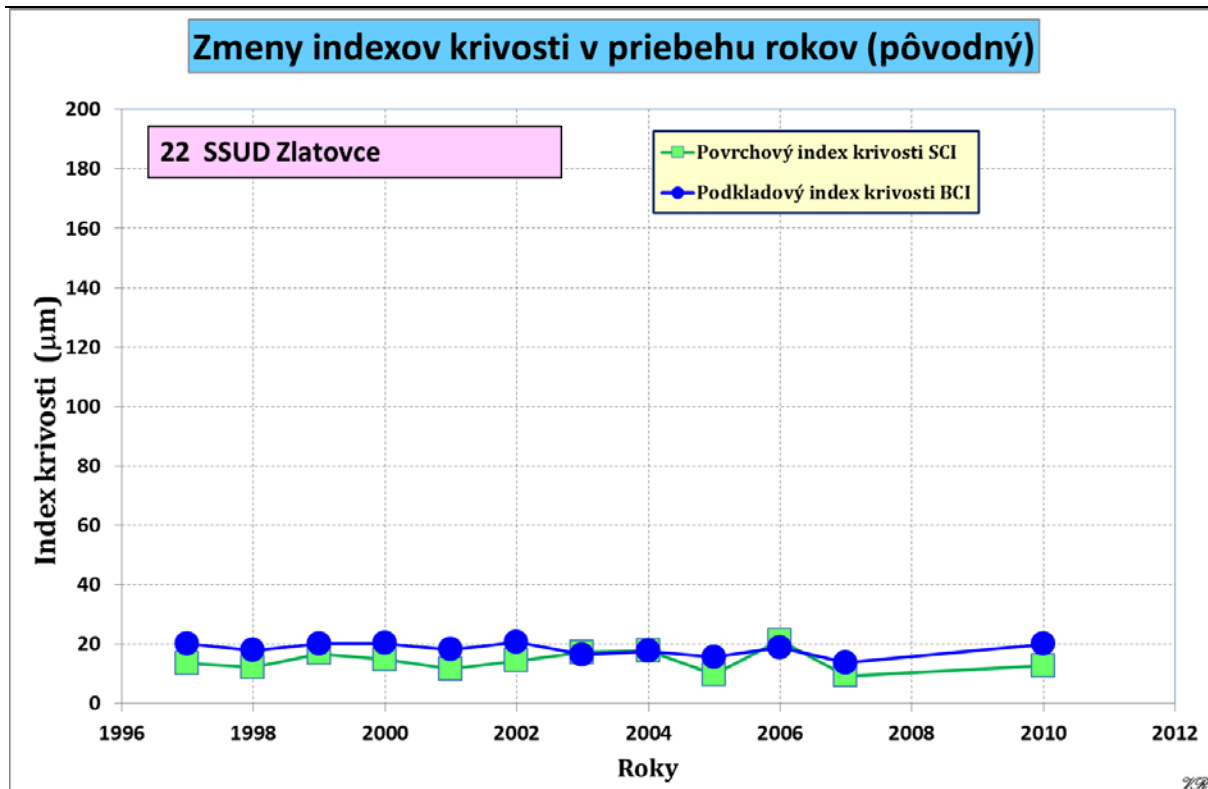
Obrázok 25.2



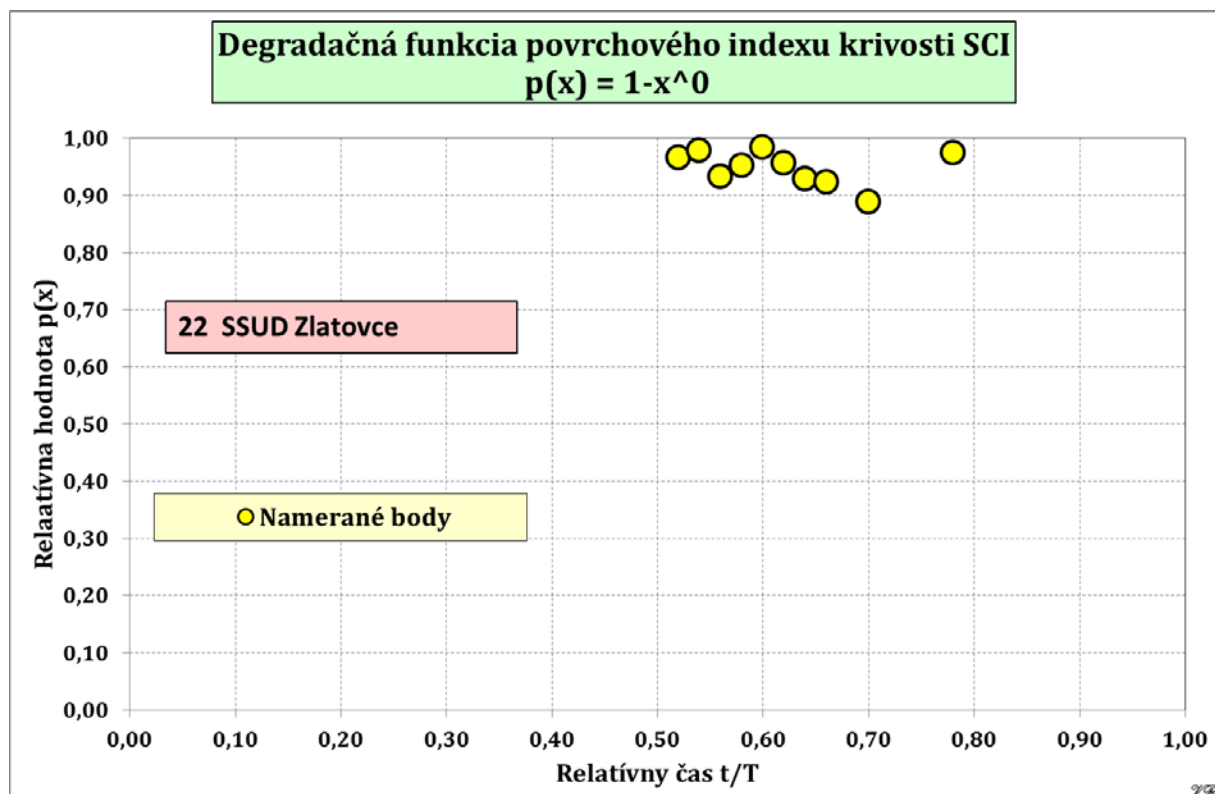
Obrázok 25.3

25.3 Únosnosť vyjadrená indexmi krivosti

Zmeny indexov krivosti počas meraného obdobia sú zobrazené na obrázku 25.4.

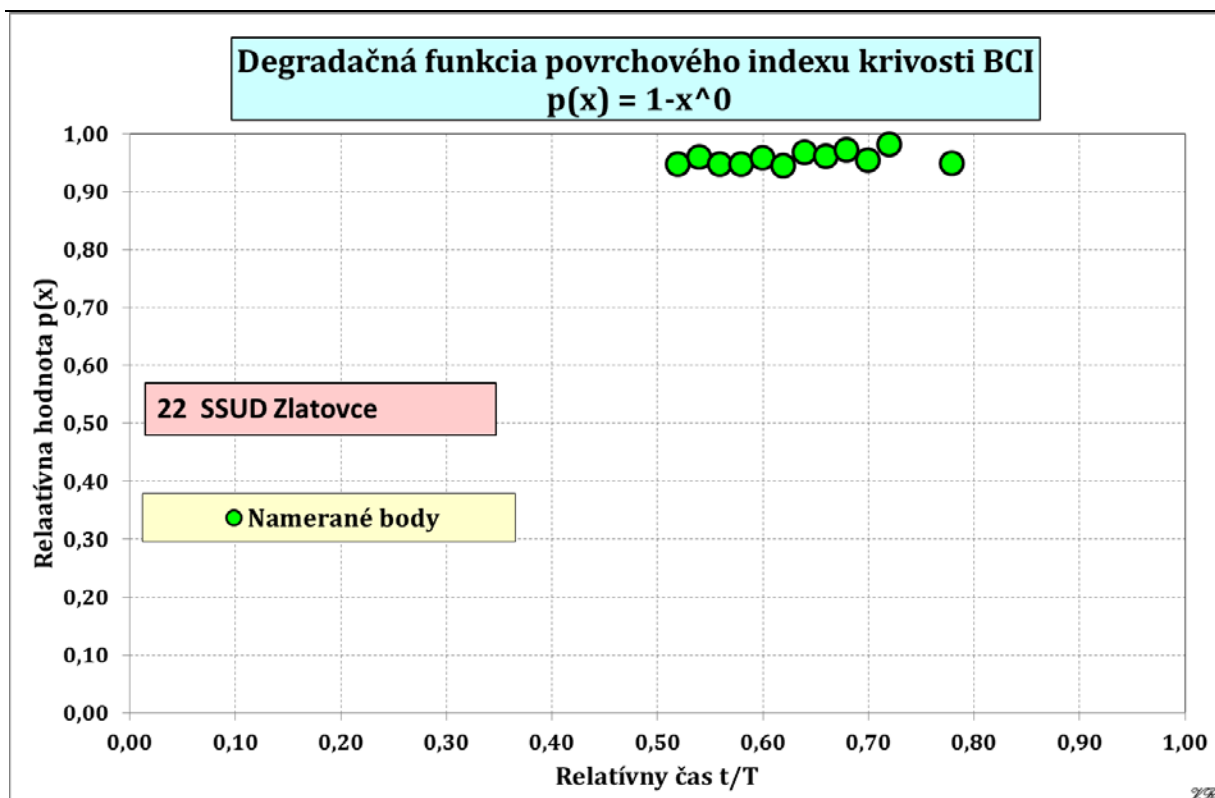


Obrázok 25.4



Obrázok 25.5

Zmeny indexov boli bez významnej zmeny a jednoznačnej tendencie nárastu. Degradačná funkcia únosnosti zisťovaná prostredníctvom indexu krivosti povrchu SCI sa nedala odvodiť. Jednotlivé body sú zobrazené na obrázku 25.5.



Obrázok 25.6

Degradáčna funkcia únosnosti zisťovaná prostredníctvom indexu krivosti podkladu BCI sa nedala odvodiť, jednotlivé body degradácie sú zobrazené na obrázku 25.6.

25.4 Záver - úsek 22 SSUD Zlatovce

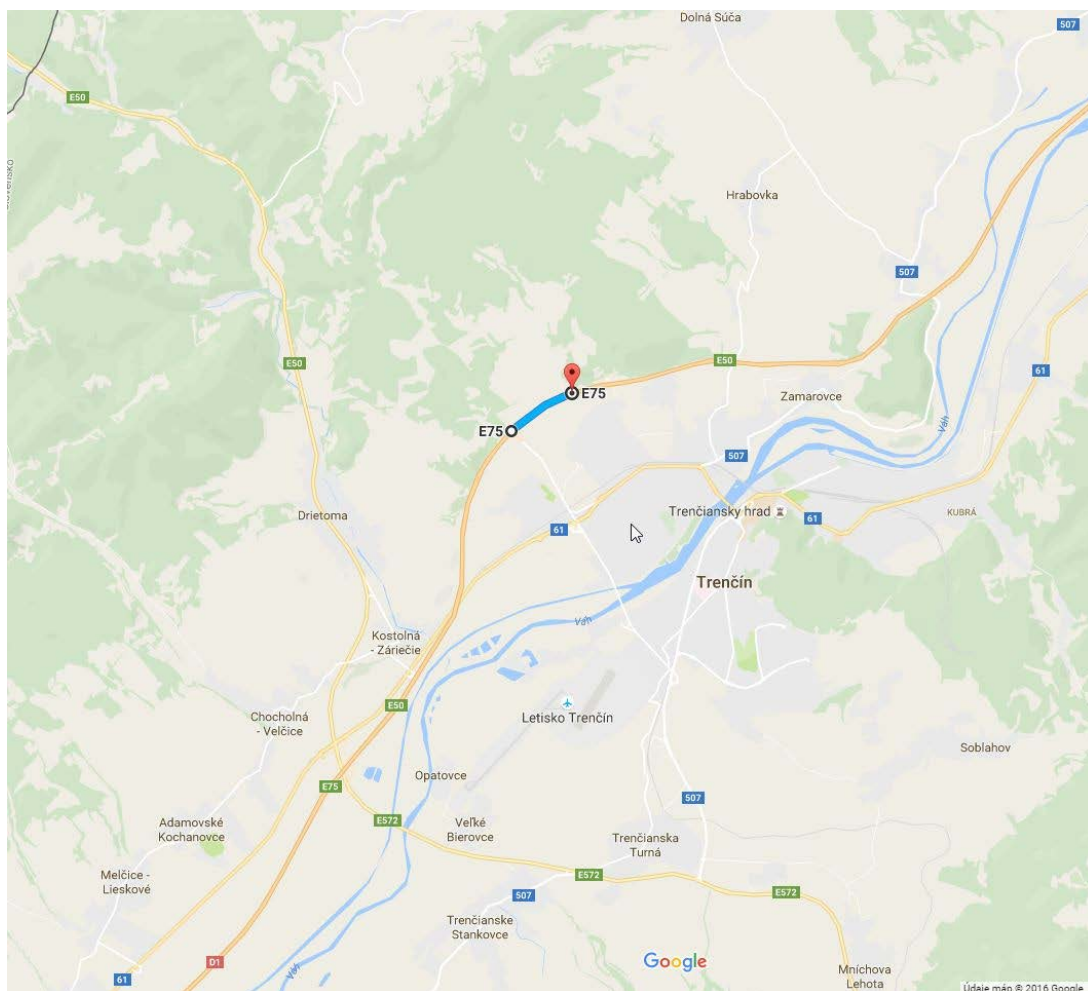
Vozovka bola doteraz zaťažená 37,08 mil. prejazdmi návrhových náprav. Nevýrazné zmeny únosnosti a indexov krivosti poukázali, že vozovka zatiaľ nedegradovala. Ekvivalentný modul je väčší ako 1 800 MPa.

Je potrebné stanoviť presnú konštrukciu vozovky na základe vývrtov. Vzhľadom , k tomu, že vozovka bola ostatne meraná v roku 2010 je potrebné realizovať merania čo naj-skôr a na základe toho sa rozhodnúť.

26 Úsek 23 Chocholná

26.1 Všeobecne

Úsek sa nachádza na diaľnici D1 medzi Trenčínom a Drietomou. Začína na začiatku protihlukovej steny pri obci Kostolná - Záriečie. Úsek je dlhý 500 m.



Obrázok 26.1

26.1.1 Vozovka

Vozovka podľa dostupných informácií má skladbu

1.	AKMS	40	mm
2.	ABVHI	60	mm
3.	OKH I	100	mm
4.	CS I	200	mm
5.	ŠP	150	mm
Spolu		550	mm

Stmelené vrstvy majú hrúbku 400 mm.

Štatisticky spracované výsledky merania hrúbok vozovky GEORADAROM sú uvedené v tabuľke 26.1.

Tabuľka 26.1

D1.2 CHOCHOLNÁ				
	Pravý pruh (PP)			
	Stmelené vrstvy PP (mm)	Nestmelené vrstvy PP (mm)	Celková hrúbka vozovky PP (mm)	Poznámka
Priemer	212	459	670	
Min.	178	202	426	
Max.	274	765	985	
Sigma	18	89	90	
cv	8,30%	19,37%	13,49%	

Výsledky merania GEORADAROM sa nezhodujú s danou skladbou vozovky. Stmelené vrstvy skladby vozovky majú 400 mm a meraním sa zistilo 212 mm.

Celková hrúbka v skladbe vozovky je 550 mm a namerané priemerné hodnoty boli 670 mm celková hrúbka sa nezhodovala, je potrebné skutočné hrúbky a konštrukciu vozovky stanoviť z vývrtov.

26.1.2 Doba výstavby a životnosť

Vozovka bola postavená v roku 1996. Pre stanovenie degradačných funkcií bola uvažovaná životnosť 50 rokov.

26.1.3 Dopravné zaťaženie

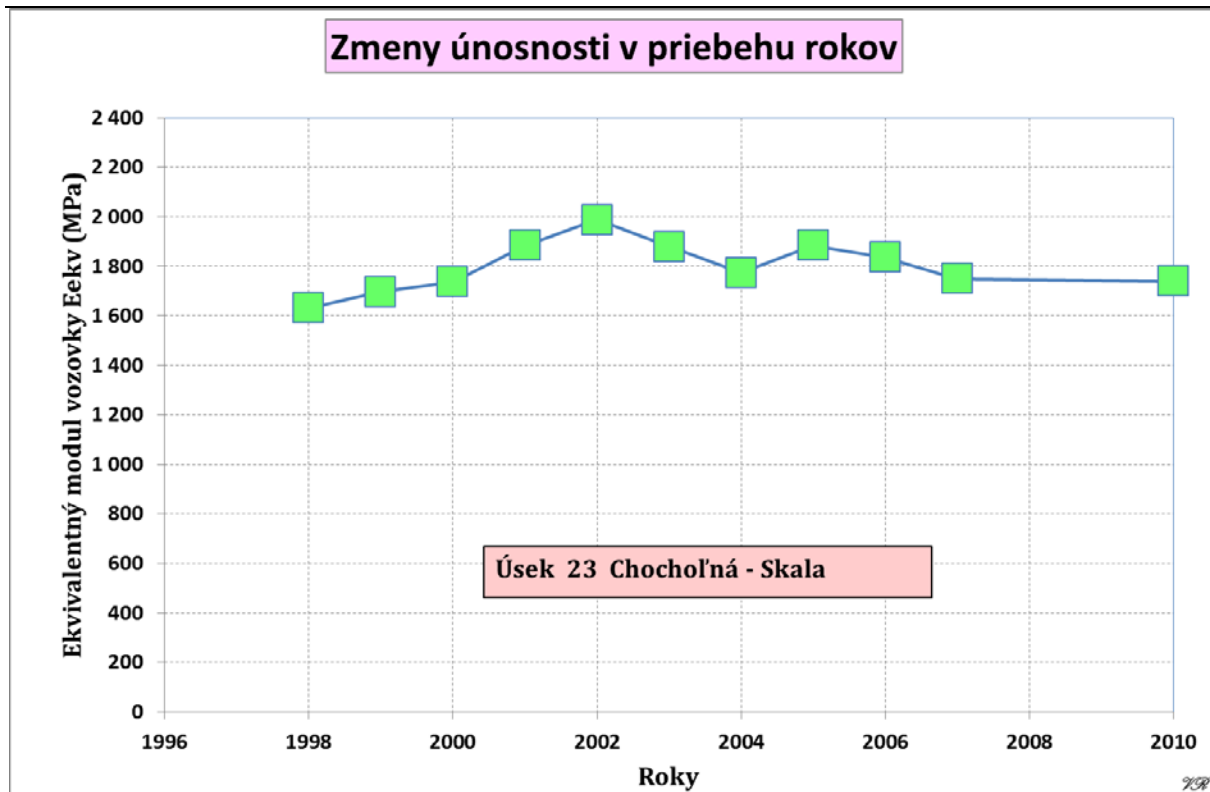
Počet nákladných vozidiel za 24 h v oboch smeroch je 10 115 Za celé návrhové obdobie to je 98,27 mil. návrhových náprav. Doteraz sa zrealizovalo 39,31 mil. návrhových náprav.

26.2 Únosnosť vyjadrená ekvivalentným modulom pružnosti

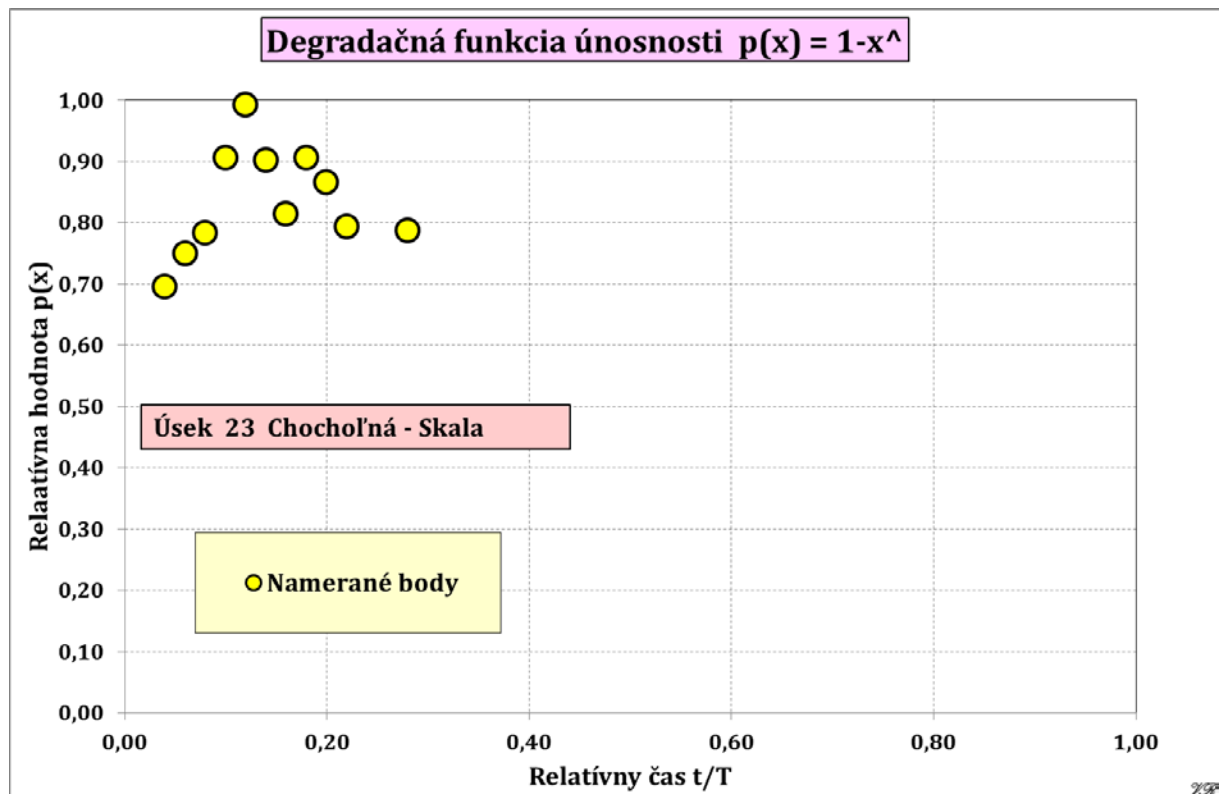
Na obrázku 26.2 sú vykreslené zmeny únosnosti vyjadrené ekvivalentným modulom pružnosti.

Z obrázku 26.2 je zrejmé, že hodnoty ekvivalentného modulu z meraní v rokoch 1997 až 2010 sa nemenili a nevykazovali významný pokles ani nárast.

Degradačná funkcia únosnosti zisťovaná prostredníctvom ekvivalentného modulu pružnosti sa nedala odvodiť. Jednotlivé body degradácie sú zobrazené na obrázku 26.3.



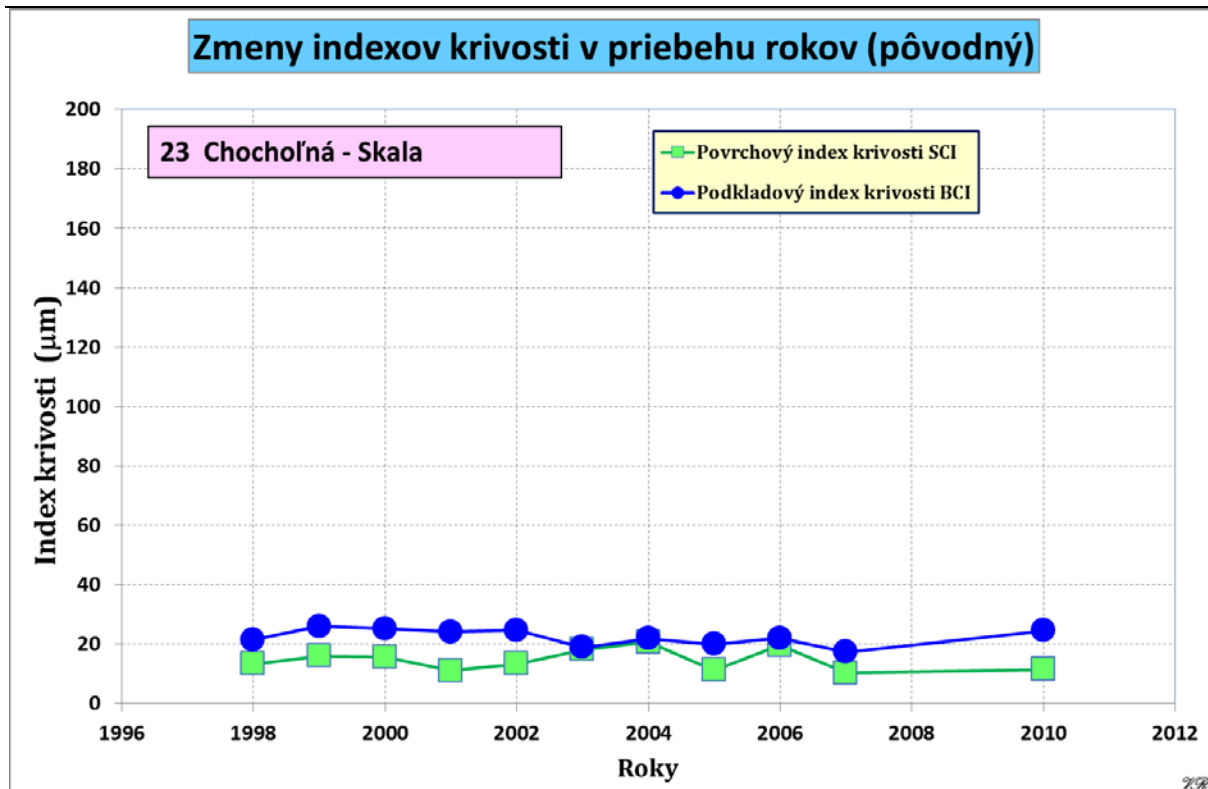
Obrázok 26.2



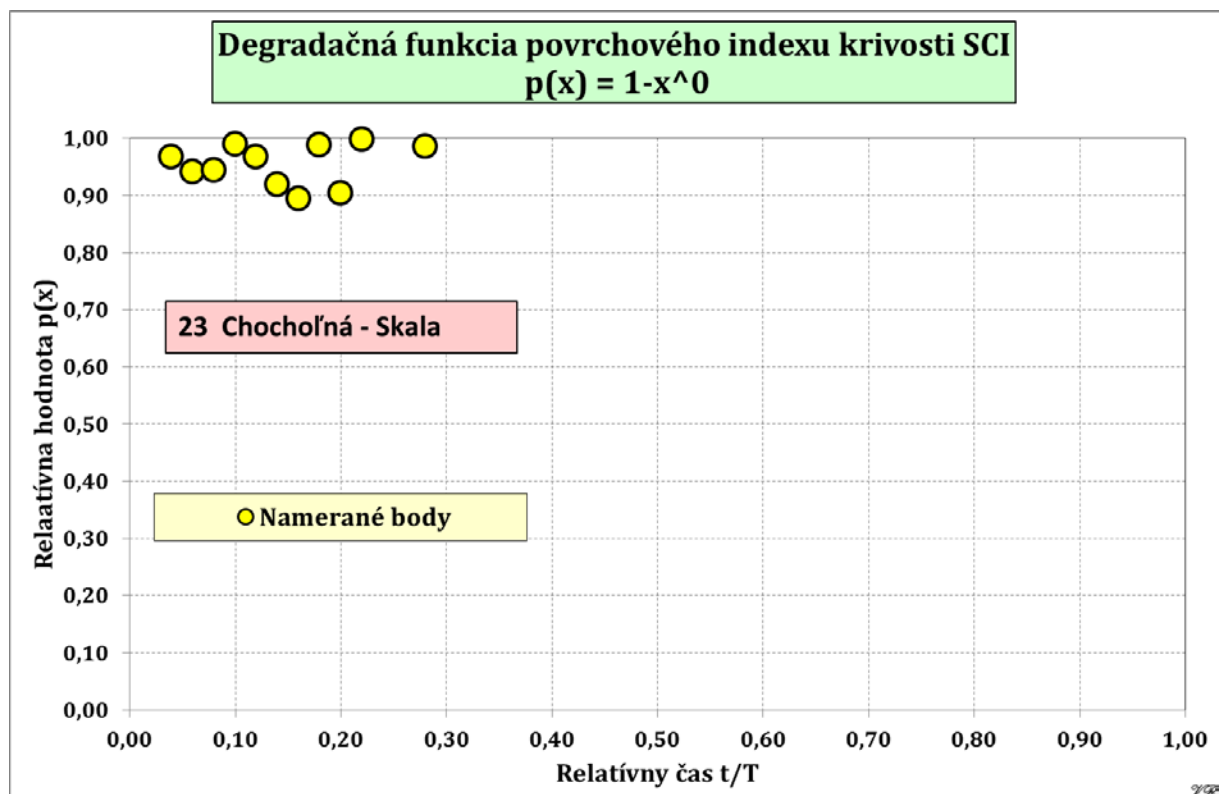
Obrázok 26.3

26.3 Únosnosť vyjadrená indexmi krivosti

Zmeny indexov krivosti počas meraného obdobia sú zobrazené na obrázku 26.4.

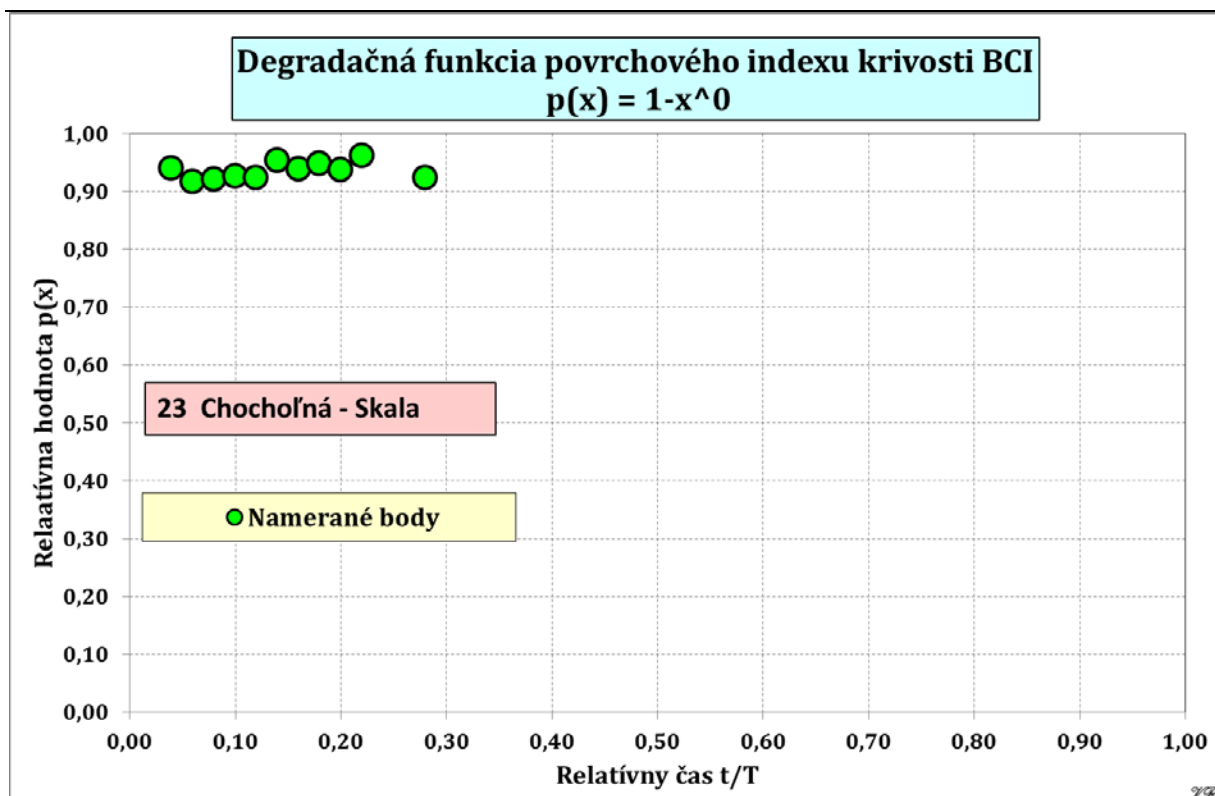


Obrázok 26.4



Obrázok 26.5

Zmeny indexov boli bez významnej zmeny a jednoznačnej tendencie nárastu. Degradačná funkcia únosnosti zisťovaná prostredníctvom indexu krivosti povrchu SCI sa nedala odvodiť. Jednotlivé body sú zobrazené na obrázku 26.5.



Obrázok 26.6

Degradáčna funkcia únosnosti zisťovaná prostredníctvom indexu krivosti podkladu BCI sa nedala odvodiť, jednotlivé body degradácie sú zobrazené na obrázku 26.6.

26.4 Záver úsek 23 Chochoľná

Vozovka bola doteraz zaťažená 39,31 mil. prejazdmi návrhových náprav. Nevýrazné zmeny únosnosti a indexov krivosti poukázali, že vozovka zatiaľ nedegradovala. Ekvivalentný modul je väčší ako 1 600 MPa.

Je potrebné stanoviť presnú konštrukciu vozovky na základe vývrtov. Vzhľadom k tomu, že vozovka bola ostatne meraná v roku 2010 je potrebné realizovať merania čo najskôr a na základe toho sa rozhodnúť.

27 Záver

Výsledky pravidelných meraní únosnosti na dlhodobu sledovaných úsekoch nám poskytujú cenné informácie o degradácii vozoviek ciest a diaľnic. 20 ročné merania umožnia zostaviť dostatočný časový rad údajov pre odvodenie degradačných funkcií z hľadiska únosnosti. Poznanie stavu a vývoja kvality vozovky nám pomôže rozšíriť poznatky v oblasti vývoja cestných stavebných materiálov a tiež v oblasti navrhovania vozoviek. Vo vykonávaných meraniach je potrebné pokračovať aj naďalej. Počet sledovaných úsekov je možné upraviť.

Analýza podrobných údajov však ukázala potrebu vyradenia takých meraní z hodnotenia, pri ktorých bola zaznamenaná výrazná odchýlka v meraných údajoch. Takéto merania boli najmä tie, pri ktorých nebola dodržaná podmienka o požadovanom rozsahu teplôt na povrchu vozovky pri meraní, alebo boli ovplyvnené inými vonkajšími faktormi.

Pri stanovení základných vstupov do hodnotenia sa vykonalo porovnanie konštrukcií vozovky z podkladov od správcov ciest a údajov získaných meraniami GEORADAROM. Z porovnania vyplýva, že na mnohých úsekoch nie je zhoda v hrúbkach vrstiev a odporúča sa realizovať vývrty vozoviek. Dá sa predpokladať, že presnejšie informácie o hrúbkach stmelených vrstiev poskytujú merania GEORADAROM, keďže tieto boli vykonané v minulom roku. Naopak údaje o konštrukcii vozoviek od správcov cestných komunikácií sú zo starších podkladov. V budúcnosti je potrebné dôsledne sledovať akýkoľvek zásah do vozovky a opravy vozoviek realizovať s ohľadom na miesta dlhodobu sledovaných úsekov.

Dôležitý údaj pre odvodenie degradačných funkcií predstavuje rok výstavby, resp. rok uvedenia úseku do prevádzky. Do budúcnosti sa odporúča vybrať a sledovať najmä také úseky ciest a diaľnic, ktoré vieme sledovať a merať od začiatku odovzdania komunikácie do prevádzky, t. j. od začiatku zaťažovania vozovky dopravou. V súčasnosti prebiehajúca výstavba najmä diaľnic nám takéto úseky ponúka.

Pri súčasných technologických možnostiach odporúčame sledovať intenzitu dopravného zaťaženia na dlhodobu sledovaných úsekoch so zabudovanými sčítačmi dopravy, ktorými vieme presnejšie vysledovať vplyv dopravného zaťaženia na vozovku. Údaje z pravidelných 5-ročných sčítaní môžu slúžiť ako doplnkové údaje. Taktiež v prípade možností je výhodné zabudovať na dlhodobu sledované úseky snímače teplôt pre presnejší obraz o vplyve klimatických podmienok na vozovku.

V tabuľke 27.1 sú uvedené údaje o dopravnom zaťažení jednotlivých úsekov, ktoré boli vstupnými údajmi do odvodenia degradačných funkcií, medzi inými aj obdobie užívania do roku 2016 a zaťaženie vozovky doteraz realizované.

V tabuľke 27.2 sú uvedené údaje o porovnaní vozoviek meraním GEORADAROM a zadanou skladbou vozovky.

V tabuľke 27.3 sú uvedené výsledky odvodených degradačných funkcií a ich exponentov. Všetky hodnoty exponenta B degradačných funkcií únosnosti majú hodnotu väčšiu ako 1,0. V prípade, že vrstvy vozovky degradujú rovnomerne exponent B_E stanovený z degradačnej funkcie ekvivalentného modulu pružnosti vozovky sú hodnoty exponenta B_{SCI} a B_{BCI} približne rovnaké.

Ak sa porušujú viac vrstvy v krytu, potom hodnota povrchového indexu degradačnej funkcie $B_{SCI} > B_E$, kde B_E je exponent stanovený z degradácie ekvivalentného modulu pružnosti vozovky.

Ak sa porušujú viac vrstvy podkladu a podložia, potom hodnota podkladového indexu degradačnej funkcie $B_{BCI} > B_E$, kde B_E je exponent stanovený z degradácie ekvivalentného modulu pružnosti vozovky.

V prípade, že únosnosť vozovky degradovala nedala sa odvodiť degradačná funkcia ani stanoviť indexy $> B_E$, B_{SCI} , a B_{BCI} .

Pri odvodzovaní degradačných funkcií únosnosti vznikli niektoré anomálie, vyplývajúce z nereálnych hodnôt výsledkov meraní. Anomálie mohli vzniknúť pri meraniach (odlišné podmienky merania) alebo v realizovaných stavebných úpravách na vozovke, ktoré neboli zaznamenané (prudký nárast modulu v danom a ďalších rokoch).

V súhrnnej tabuľke 27.4 sú uvedené odporúčania, ktoré úseky je potrebné vyradiť z merania, na ktorých je potrebné pokračovať v meraní, ktorá vozovka degraduje a kde je potrebné robiť vývrty za účelom stanovenia skladby a hrúbok vozovky.

Z tabuľky 27.4 vyplývajú tieto odporúčania a výsledky:

- 3 úseky vyradiť a nepokračovať v meraní;
- pre jednotlivé úseky, ktoré sa budú merať bola stanovená periodicita meraní;
- na 10 úsekoch je zhoda v meraniach GEORADAROM a zadanou skladbou vozovky, na 8 nezhoda;
- na 12 úsekoch vozovka degraduje a dala sa odvodiť degradačná funkcia;
- na 8 úsekoch vozovka vykazuje veľkú únosnosť ešte nezačala degradovať s hľadiska únosnosti;
- na 8 úsekoch by bolo dobré realizovať vo vozovke vývrt za účelom stanovenia skladby vozovky (materiály vrstiev) a hrúbok konštrukčných vrstiev vozovky.

Tabuľka 27.1 Vstupné údaje

Číslo úseku	Označenie	Popis úseku	Cesta	Nové označenie	Druh vozovky netuhá / polotuhá	Počet nákladných vozidiel	Trieda dopravného zaťaženia	Vozovka daná do prevádzky	Vozovka na konci životnosti	Životnosť	nc v mil.	roky doteraz	zaťaženie doteraz
								rok	rok				
1	Rovensko	Rovensko - Senica	I/51	I/51	N	1 644	1	1971	2021	50	14,31	45	12,88
2	Koválov	Koválov - Čáčov	II/500	II/500	N	2 076	1	1970	2020	50	18,07	46	16,63
3	Pernek	Pernek - Malacky	II/503	II/503	N	459	4	1970	2020	50	4,00	46	3,68
4	Domkárska	Prístavný most - Domkárska	D1.1	D1	P	14 943	1	1991	2041	50	145,18	25	72,59
5	Zeleneč	Senec - Trnava	D1.1	D1	P	9 267	1	1978	2028	50	90,03	38	68,42
6	Piešťany	Piešťany - Horná Streda	D1.1	D1	P	7 562	1	1988	2038	50	73,47	28	41,14
7	Brunovce	Horná Streda - Potvorice	I/61	I/61	N	1 553	1	1970	2020	50	13,52	46	12,44
8	Nitra	Báb - Kynek	I/51.1	R1	P	4 899	1	1980	2030	50	47,60	36	34,27
9	Zlaté Moravce	Tes. Mlyňany - Zlaté Moravce	I/65	I/65									
10	Sliach	Zvolen - Banská Bystrica	I/66.1	R1	P	4 154	1	1980	2030	50	40,36	36	29,06
11	Šášov	Šášov - Jalná	I/50.1	R1	P	5 228	1	1986	2036	50	50,79	30	30,48
12	Žilina - STK	Žilina - Mojšova Lúčka	I/18	I/18	N	7 345	1	1965	2015	50	78,42	51	79,99
13	Brodno	Brodno - Žilina	I/11.1	I/11	P	7 515	1	1997	2047	50	73,01	19	27,74
14	Slnčné skaly	Poluvsie - Porúbka	I/64	I/64	N	1 657	1	1970	2020	50	14,42	46	13,27
15	Hybe	Lipt. Hrádok - Hybe	D1.1	D1	P	3 308	1	1991	2041	50	32,14	25	16,07
16	Smokovce	Poprad - Smokovce	II/534	II/534	N	324	4	1970	2020	50	2,82	46	2,59
17	Matliare	Tatr. Lomnica - Tatr. Kotlina	II/537	II/537	N	282	4	1971	2021	50	2,45	45	2,21
18	Gánovce	Poprad - Gánovce	I/18	I/18	N	1 757	1	1970	2020	50	15,30	46	14,07
19	Zdoba	Zdoba - hr. okresu KE/KS	I/50.1	I/19	N	2 512	1	1973	2023	50	21,87	43	18,81
20	Okres KS/KE	Budimír - Košice	I/68.1	PR3	P	5 538	1	1982	2032	50	53,80	34	36,59
21	Budimír	Ličartovce - Budimír	D1.1	D1	P	5 039	1	1988	2018	30	29,37	28	27,42
22	Zlatovce	SSÚD Zlatovce - Nemšová	D1.1	D1	P	9 541	1	1996	2046	50	92,69	20	37,08
23	Chocholná	SSÚD Zlatovce - Drietoma	D1.2	D1	P	10 115	1	1996	2046	50	98,27	20	39,31

Tabuľka 27.2 Údaje o vozovkách

Číslo úseku	Označenie	Popis úseku	Cesta	Nové označenie	Druh vozovky netuhá /polotuhá	Hrúbka vozovky zo skladby	Hrúbka vozovky GEORADAR	Hrúbka stmlených vrstiev zo sklady	Hrúbka stmlených vrstiev GEORADAR	Vývrty
						mm	mm	mm	mm	
1	Rovensko	Rovensko - Senica	I/51	I/51	N	300	700	300	300	N
2	Koválov	Koválov - Čáčov	II/500	II/500	N	900	925	325	320	N
3	Pernek	Pernek - Malacky	II/503	II/503	N	-	730	-	355	A
4	Domkárska	Prístavný most - Domkárska	D1.1	D1	P	600	-	450	-	N
5	Zeleneč	Senec - Trnava	D1.1	D1	P	650	-	430	-	N
6	Piešťany	Piešťany - Horná Streda	D1.1	D1	P	630	584	430	220	N
7	Brunovce	Horná Streda - Potvorice	I/61	I/61	N	620	580	270	226	N
8	Nitra	Báb - Kynek	I/51.1	R1						
9	Zlaté Moravce	Tes. Mlyňany - Zlaté Moravce	I/65	I/65						
10	Sliač	Zvolen - Banská Bystrica	I/66.1	R1	P	640	800	390	380	A
11	Šášov	Šášov - Jalná	I/50.1	R1	P	670	760	420	207	A
12	Žilina - STK	Žilina - Mojšova Lúčka	I/18	I/18	N	730	628	130	258	A
13	Brodno	Brodno - Žilina	I/11.1	I/11	N	860	800	410	380	N
14	Slnečné skaly	Poluvsie - Porúbka	I/64	I/64	N	650	-	450	-	A
15	Hybe	Lipt. Hrádok - Hybe	D1.1	D1	N	460	710	210	230	A
16	Smokovce	Poprad - Smokovce	II/534	II/534	N	780	540	280	75	A
17	Matliare	Tatr. Lomnica - Tatr. Kotlina	II/537	II/537	N	830	830	170	190	N
18	Gánovce	Poprad - Gánovce	I/18	I/18	N	650	605	450	212	A
19	Zdoba	Zdoba - hr. okresu KE/KS	I/50.1	I/19	N	630	590	180	220	A
20	Okres KS/KE	Budimír - Košice	I/68.1	PR3	P	630	580	480	220	A
21	Budimír	Ličartovce - Budimír	D1.1	D1	P	-	730	-	240	A
22	Zlatovce	SSÚD Zlatovce - Nemšová	D1.1	D1	P	580	826	2230	230	A
23	Chocholná	SSÚD Zlatovce - Drietoma	D1.2	D1	P	550	670	220	212	A

Tabuľka 27.3 Údaje degradačných funkcií

Číslo úseku	Označenie	Popis úseku	Cesta	Nové označenie		Počet meraní	Rok posledného merania	Najmenší E modul	Exponent degraďačnej funkcie E-modul	Exponent degraďačnej funkcie index SCI	Exponent degraďačnej funkcie index BCI
								MPa	B _E	B _{SCI}	B _{BCI}
1	Rovensko	Rovensko - Senica	I/51	I/51	N	14	2014	400	3,30	3,00	2,70
2	Koválov	Koválov - Čáčov	II/500	II/500	N	14	2014	1000	-	-	-
3	Pernek	Pernek - Malacky	II/503	II/503	N	14	2014	830	-	-	-
4	Domkárska	Prístavný most - Domkárska	D1.1	D1	P	8	2005	1600	-	-	-
5	Zeleneč	Senec - Trnava	D1.1	D1	P	11	2007	1450	-	-	-
6	Piešťany	Piešťany - Horná Streda	D1.1	D1	P	12	2013	1800	-	-	-
7	Brunovce	Horná Streda - Potvorice	I/61	I/61	N	14	2014	580	1,60	2,60	3,30
8	Nitra	Báb - Kynek	I/51.1	R1	P						
9	Zlaté Moravce	Tes. Mlyňany - Zlaté Moravce	I/65	I/65							
10	Sliač	Zvolen - Banská Bystrica	I/66.1	R1	P	16	2014	1200	1,90	3,50	3,80
11	Šášov	Šášov - Jalná	I/50.1	R1	P	16	2014	1100	1,20	1,70	1,90
12	Žilina - STK	Žilina - Mojšova Lúčka	I/18	I/18	N	14	2013	800	4,10	2,10	3,20
13	Brodno	Brodno - Žilina	I/11.1	I/11	P	14	2013	2000	-	-	-
14	Slnčné skaly	Poluvsie - Porúbka	I/64	I/64	N	13	2010	700	3,90	-	-
15	Hybe	Lipt. Hrádok - Hybe	D1.1	D1	P	15	2013	1100	1,60	1,30	2,00
16	Smokovce	Poprad - Smokovce	II/534	II/534	N	13	2012	550	4,30	2,00	3,40
17	Matliare	Tatr. Lomnica - Tatr. Kotlina	II/537	II/537	N	16	2014	800	4,90	2,40	4,20
18	Gánovce	Poprad - Gánovce	I/18	I/18	N	15	2014	650	2,90	2,40	3,90
19	Zdoba	Zdoba - hr. okresu KE/KS	I/50.1	I/19	N	17	2014	500	1,30	2,90	3,70
20	Okres KS/KE	Budimír - Košice	I/68.1	PR3	P	16	2014	990	-	-	-
21	Budimír	Ličartovce - Budimír	D1.1	D1	P	17	2014	900	2,20	4,80	5,50
22	Zlatovce	SSÚD Zlatovce - Nemšová	D1.1	D1	P	10	2010	1800	-	-	-
23	Chocholná	SSÚD Zlatovce - Drietoma	D1.2	D1	P	11	2010	1600	-	-	-

Tabuľka 27.4 Návrh úsekov na pokračovanie meraní

Číslo úseku	Označenie	Popis úseku	Cesta	Nové označenie	Počet meraní	Rok posledného merania	Pokarovať v meraní	Periodicita meraní v rokoch	Zhoda v konštrukcii vozovky	Vozovka degraduje	Potreba vývrvtov
1	Rovensko	Rovensko - Senica	I/51	I/51	14	2014	áno	1	áno	áno	nie
2	Koválov	Koválov - Čáčov	II/500	II/500	14	2014	áno	3	áno	nie	nie
3	Pernek	Pernek - Malacky	II/503	II/503	14	2014	áno	1	nie	nie	áno
4	Domkárska	Prístavný most - Domkárska	D1.1	D1	8	2005	nie				
5	Zeleneč	Senec - Trnava	D1.1	D1	11	2007	nie				
6	Piešťany	Piešťany - Horná Streda	D1.1	D1	12	2013	áno	3	nie	nie	áno
7	Brunovce	Horná Streda - Potvorice	I/61	I/61	14	2014	áno	1	áno	áno	nie
8	Nitra	Báb - Kynek	I/51.1	R1			nie				
9	Zlaté Moravce	Tes. Mlyňany - Zlaté Moravce	I/65	I/65			nie				
10	Sliač	Zvolen - Banská Bystrica	I/66.1	R1	16	2014	áno	1	nie	áno	áno
11	Šášov	Šášov - Jalná	I/50.1	R1	16	2014	áno	1	nie	áno	áno
12	Žilina - STK	Žilina - Mojšova Lúčka	I/18	I/18	14	2013	áno	1	nie	áno	áno
13	Brodno	Brodno - Žilina	I/11.1	I/11	14	2013	áno	3	áno	nie	nie
14	Slnečné skaly	Poluvsie - Porúbka	I/64	I/64	13	2010	áno	1	-	áno	áno
15	Hybe	Lipt. Hrádok - Hybe	D1.1	D1	15	2013	áno	1	nie	áno	áno
16	Smokovce	Poprad - Smokovce	II/534	II/534	13	2012	áno	1	nie	áno	áno
17	Matliare	Tatr. Lomnica - Tatr. Kotlina	II/537	II/537	16	2014	áno	1	áno	áno	nie
18	Gánovce	Poprad - Gánovce	I/18	I/18	15	2014	áno	1	nie	áno	áno
19	Zdoba	Zdoba - hr. okresu KE/KS	I/50.1	I/19	17	2014	áno	1	áno	áno	nie
20	Okres KS/KE	Budimír - Košice	I/68.1	PR3	16	2014	áno	3	nie	nie	áno
21	Budimír	Ličartovce - Budimír	D1.1	D1	17	2014	áno	1	nie	áno	áno
22	Zlatovce	SSÚD Zlatovce - Nemšová	D1.1	D1	10	2010	áno	3	nie	nie	áno
23	Chocholná	SSÚD Zlatovce - Drietoma	D1.2	D1	11	2010	áno	3	nie	nie	áno
Súčet úsekov s označením áno							19		6	12	13
Súčet úsekov s označením nie							4		12	7	6

28 Súvisiace a citované právne predpisy

- [Z1] Zákon č. 135/1961 Zb. o pozemných komunikáciách (cestný zákon) v znení neskorších predpisov;
- [Z2] zákon č. 133/2013 Z. z. o stavebných výrobkoch a o zmene a doplnení niektorých zákonov;
- [Z3] vyhláška MDVRR č. 162/2013 Z. z., ktorou sa ustanovuje zoznam skupín stavebných výrobkov a systémy posudzovania parametrov v znení neskorších predpisov;
- [Z4] zákon č. 50/1976 Zb. o územnom plánovaní a stavebnom poriadku (stavebný zákon) v znení neskorších predpisov.

29 Súvisiace a citované technické predpisy a podmienky

- [T1] TP031 (TP 01/2009) Meranie a hodnotenie únosnosti asfaltových vozoviek pomocou zariadenia FWD KUAB, MDPT SR: 2009;
- [T2] TP033 (TP 03/2009) Navrhovanie netuhých a polotuhých vozoviek, MDPT SR: 2009 + Dodatok č.1, MDVRR SR: 2015;;
- [T3] TP024 (TP10/2006) Systém hospodárenia s vozovkami, MDPT SR: 2006;
- [T4] TP047 (TP 08/2011) Katalóg technológií na opravy základných typov porúch vozoviek, MDVRR SR: 2011;
- [T5] TP071 (TP 08/2013) Prehliadky, údržba a oprava cestných komunikácií. Diaľnice, rýchlostné cesty a cesty, MDVRR SR: 2013;
- [T6] TP083 (TP 05/2014) Katalóg porúch asfaltových vozoviek, MDVRR SR: 2014;
- [T7] TP084 (TP 06/2014) Vykonávanie a vyhodnocovanie podrobných vizuálnych prehliadok asfaltových vozoviek, MDVRR SR: 2014.

30 Literatúra

- [L1] Dlhodobo sledované úseky – prehľad. Slovenská správa ciest, Cestná databanka, 2013.
- [L2] Analýza výstupov meraní premenných parametrov na dlhodobo sledovaných úsekoch, VUIS-CESTY, rozborová úloha, 2015.
- [L3] Prof. Dr. Ing. Martin Decký, Ing. Marek Drličiak, PhD, prof. Dr. Ing. Jozef Komačka, Ing. Peter Múčka, PhD., Ing. Daniel Papán, PhD., doc. Ing. Eva Remišová, PhD., prof. Ing. František Schlosser, CSc., *Mechanika vozoviek pozemných komunikácií*, EDIS 2014.
- [L4] Řikovský V., Fonód A. : Predikcia degradácie vozoviek vplyvom dopravného zaťaženia a prírodných degradačných vplyvov (betónové a asfaltové vozovky), Predikcia nerovnosti, únosnosti, drsnosti a stavu povrchu asfaltových vozoviek, E 4.01.3 Úloha výskumu a vývoja podprogramu štátneho programu VPLYV STAVEBNÝCH MATERIÁLOV A KONŠTRUKCIÍ NA KVALITU ŽIVOTA S 0065 – PPŠP-2/200, Bratislava, november 2004.
- [L5] Basic Steps in Pavement Management Systems, a Leap Forward to Implementation, Lecture notes 1991, TU Delft, Faculty of Civil Engineering (Technická univerzita DELFT, Fakulta stavebná)
- [L6] *Kvalita pozemných komunikácií*, Projekt dištančného vzdelávania, 2001.
- [L7] Doc. Ing. Ján Mikolaj, CSc., Doc. Ing. Ján Čelko, CSc., Ing. Vladimír Řikovský, CSc., Ing. Zdeněk Loveček, CSc., Ing. Milan Valuch, *Systém hospodárenia s vozovkou*, Edičné stredisko Vysokej školy dopravy a spojov v Žiline, 1995.
- [L8] Čorej, J. a kol.: *Mechanika vozoviek. Navrhovanie vozoviek a spevnených plôch*. 1. Vydanie, Žilina: EDIS – vydavateľstvo ŽU, 2001.
- [L9] Čorej, J. a kol.: *Mechanika vozoviek. Navrhovanie vozoviek a spevnených plôch*. 2. Vydanie, Žilina: EDIS – vydavateľstvo ŽU, 2006.