

Diagnostický průzkum vozovek

Ing. Jan Zajíček

SENS 11

Jednotlivé kroky diagnostického průzkumu

- ▶ Vizuální prohlídka (sběr poruch)
- ▶ Měření únosnosti rázovým zařízením
- ▶ Jádrové vývrty ze stmelených vrstev
- ▶ Vrtané (kopané) sondy do podkladních vrstev a podloží
- ▶ Měření georadarem pro kontrolu homogenity
- ▶ Laboratorní zkoušky na odebraných vzorcích
- ▶ Stanovení příčin poruch a zhodnocení stavu vozovky
- ▶ Návrh opravy včetně jejího zdůvodnění

Jednotlivé kroky diagnostického průzkumu

Provádění některých výše uvedených kroků se musí přizpůsobit daným podmínkám jako např.

- ▶ **Jádrové vývrty nelze provádět na vozovkách s obrusnou vrstvou z nátěrů na penetračním makadamu.**
- ▶ **U starých asfaltových vrstev nemá smysl zkoumat příčiny poruch, pokud odpovídají obvyklému opotřebení a je předem jasné, že se musí odstranit.**
- ▶ **Některým krokům se naopak musí věnovat zvýšená pozornost, např. zvýšit četnost sond při podezření na proměnlivou kvalitou podkladních vrstev a podloží.**
- ▶ **Je samozřejmé, že komunikace, které se liší svým významem, skladbou a výskytem poruch, budou vyžadovat i různý rozsah diagnostických výkonů.**

Jednotlivé kroky diagnostického průzkumu

Špatná interpretace diagnostického průzkumu

- ▶ Diagnostický průzkum vozovky je často medializován jako činnost, kterou lze plně zajistit pomocí různých moderních sofistikovaných zařízení bez lidského zásahu.
- ▶ Ve výstupu jsou podrobné údaje o použitém zařízení, jeho kalibracích, teorie jak zařízení pracuje, seznam certifikátů a osvědčení, ale proveditelný a zdůvodněný návrh opravy chybí.
- ▶ Nedávno jeden správce komunikace řešil otázku, zda diagnostiku provést „klasicky pomocí vývrtů nebo raději průkaznějším nedestrukčním měřením“, asi o tom, co je diagnostický průzkum, ještě nikdy neslyšel.

Jednotlivé kroky diagnostického průzkumu

Program diagnostiky

- ▶ **Proto musí být vždy podle konkrétních podmínek každý diagnostický průzkum pečlivě připraven a naplánován zpracováním programu diagnostiky s podrobným uvedením rozsahu diagnostických prací.**
 - ▶ Počet a místa provedení jádrových vývrtů, sond a měření, požadavek na konkrétní laboratorní zkoušky apod.
- ▶ **Správné provedení diagnostického průzkumu rovněž záleží na jeho správném zadání.**
 - ▶ Pro potřeby výběrového řízení z důvodu zachování stejných podmínek zadání musí být stanoven přesný rozsah požadovaných diagnostických výkonů, tj. počet jádrových vývrtů a sond, druh a rozsah zkoušek a měření apod.

Jednotlivé kroky diagnostického průzkumu

Program diagnostiky

- ▶ Znalost konstrukce vozovky a stav jejího povrchu je tedy nezbytná i pro zadavatele diagnostického průzkumu, který by měl před každým zadáním provést vlastní zjednodušenou vizuální prohlídku za účelem získání přehledu o druhu a rozsahu poruch.
 - ▶ Pokud by fungoval SHV, tento problém by neexistoval.
- ▶ Jen tak lze správně stanovit potřebný rozsah všech diagnostických výkonů.
- ▶ Přesto by mělo být v odůvodněných případech možné druh a rozsah diagnostických výkonů později upravit, protože je běžné, že teprve po zahájení prací vyjdou najevo nové důležité skutečnosti.

Jednotlivé kroky diagnostického průzkumu

Program diagnostiky

- ▶ **Bohužel při zadávání diagnostického průzkumu ze strany státní správy nerozhoduje odbornost a dobré reference ale nejnižší cena.**
 - ▶ V podstatě se jedná o výběr nabídky nejnižších cen rutinních zkoušek a měření jako by se žádné odborné vyhodnocení s vypracováním návrhu opravy ani nepožadovalo.
 - ▶ Ve výběrových řízeních pak často vítězí firmy za ceny, které stěží pokrývají náklady na prostou reprodukci použitého zkušebního a měřicího zařízení.
 - ▶ Představa, že by se někdo za tuto cenu mohl vážně zabývat myšlenkou správného návrhu opravy vozovky je absurdní.
 - ▶ Výběr dodavatele s nejnižší cenou je nehorázné plýtvání s veřejnými financemi.

Jednotlivé kroky diagnostického průzkumu

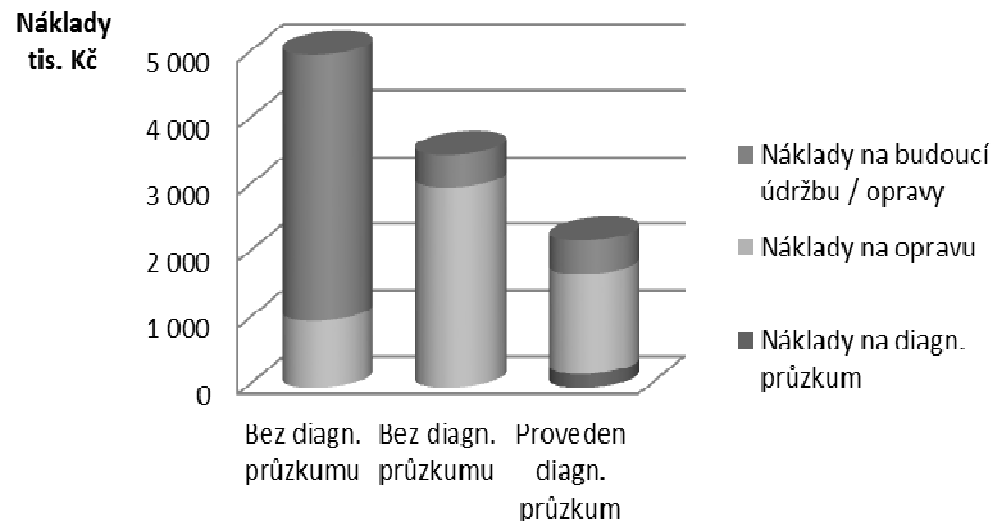
Efektivita diagnostického průzkumu

- ▶ Špatně provedený diagnostický průzkum může znamenat značné finanční ztráty.

Nesprávný způsob opravy může být

- zbytečně nákladný
- nebo nemusí být účinný a vozovka se musí v krátké době opravovat znovu.

Význam diagnostického průzkumu



Jednotlivé kroky diagnostického průzkumu

Vizuální prohlídka (záznam poruch) – metody

- ▶ **Záznam poruch do formulářů, tabulek nebo podrobná fotodokumentace při pěší pochůzce**
 - ▶ tento způsob se hodí pro krátké úseky s nízkým dopravním zatížením nebo k podrobnému lokálnímu doplnění informací.
- ▶ **Záznam poruch do počítače pomocí sledování z pomalu jedoucího vozidla**
 - ▶ vyžaduje zkušenosti a případná doplňující pozorování, některé poruchy lze takto zpozorovat jen obtížně.
- ▶ **Video nebo fotodigitální záznam s vysokým rozlišením, provádí se z vozidla při rychlostí cca 70 km/h**
 - ▶ Při velkém rozsahu a na komunikacích s hustým provozem je toto v podstatě jediná možná metoda.

Jednotlivé kroky diagnostického průzkumu

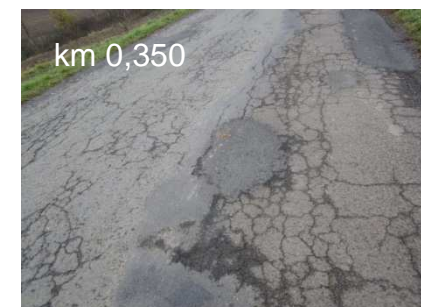
Vizuální prohlídka (záznam poruch) – výstup

- ▶ **Zjištění druhu obrusné vrstvy**
- ▶ **Záznam poruch, tj. inventarizace jejich druhu a rozsahu**
 - ▶ Není nutné každou poruchu naprosto přesně lokalizovat, důležitý je celkový přehled.
- ▶ **Vymezení rozdílných úseků na homogenní úseky, podle typu krytu nebo typu a rozsahu poruch**
 - ▶ Pokud se takové úseky vyskytují, potom se posuzují zvlášť.
- ▶ **Další důležité informace**
 - ▶ Šířkové uspořádání, stav krajnic, odvodnění, objekty apod.

Jednotlivé kroky diagnostického průzkumu

Vizuální prohlídka (záznam poruch) - příklad

► Podrobná fotodokumentace při pěší pochůzce



Jednotlivé kroky diagnostického průzkumu

Vizuální prohlídka (záznam poruch) - příklad

- ▶ Vozidlo pro provádění fotodigitálního záznamu



Jednotlivé kroky diagnostického průzkumu

Měření únosnosti (FWD)

- ▶ Měření průhybů rázovým zatěžovacím zařízením, tzv. deflektometrem (Falling Weight Deflectometer – FWD)



Jednotlivé kroky diagnostického průzkumu

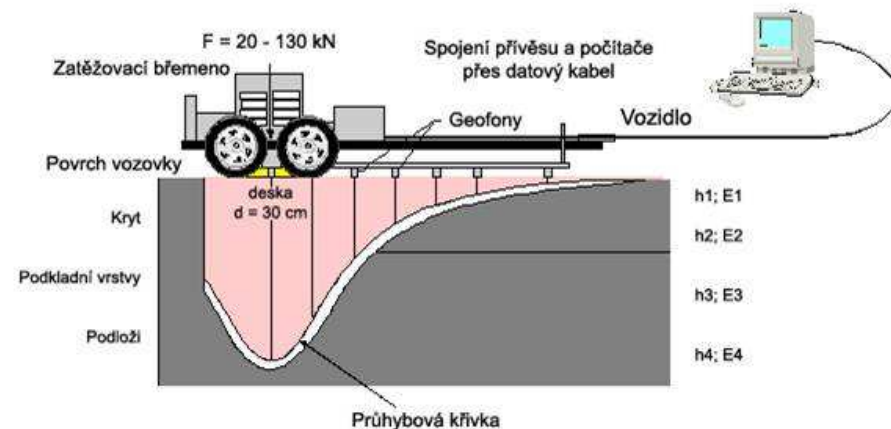
Měření únosnosti (FWD)

- Zařízení zatěžuje vozovku rázovým pulzem, který je vyvolán pádem břemene přes tlumicí vrstvu na kruhovou zatěžovací desku o průměru 300 mm

Vyhodnocení měření průhybu je prováděno jako řešení vícevrstvého pružného poloprostoru zatíženého kruhovou zatěžovací deskou zcela automaticky iteračními postupy.

Z rázových modulů pružnosti se vypočte průhybová čára, která se porovná s průhybovou čarou zjištěnou měřením. Lze rozlišit i moduly pružnosti jednotlivých vrstev a podloží, protože tvar průhybové čáry neovlivňují všechny vrstvy a podloží stejným způsobem.

PRINCIP MĚŘENÍ ÚNOSNOSTI RÁZOVÝM ZATĚŽOVACÍM ZAŘÍZENÍM - FWD

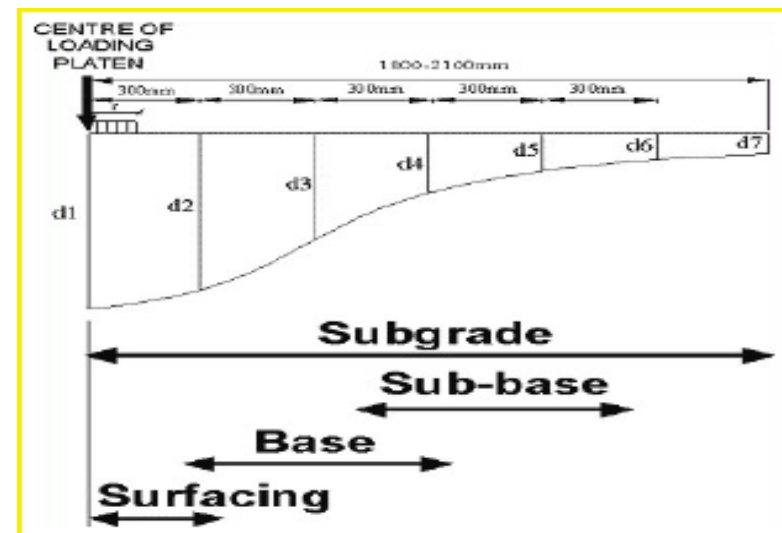


Jednotlivé kroky diagnostického průzkumu

Měření únosnosti (FWD)

- Výstupními parametry jsou hodnoty průhybu, moduly pružnosti vrstev a podloží, zbytková životnost vozovky a návrh tloušťky potřebného zesílení.

Čím je měřený bod dále od zatěžovací desky, tím je průhyb ovlivněn jen vlastnostmi materiálu až od určité hloubky. Průhyb pod zatěžovací deskou je ovlivněn všemi vrstvami včetně podloží, průhyb ve vzdálenosti 100 cm od zatěžovací desky již ovlivňují jen podkladní vrstvy s podložím a průhyb měřený nejvzdálenějším geofonem je závislý jen na materiálu v hloubce, kde se obvykle nachází jen podloží.



Jednotlivé kroky diagnostického průzkumu

Měření únosnosti (FWD)

- ▶ **Výsledky nelze přebírat rutinně.**
 - ▶ Zejména vypočtené zesílení nelze jednoduše převzít jako návod na opravu vozovky překrytím další vrstvou, protože reálné porušení vozovky obvykle vyžaduje další opatření.
 - ▶ Např. nelze „zesilovat“ vozovku zasaženou síťovými trhlinami překrytím další vrstvou, tyto trhliny by se prokopírovaly na povrch.
 - ▶ Stejně nelze tvrdit, že vozovka nepotřebuje opravu, když podle měření únosnosti nepotřebuje žádné zesílení, protože důvodem opravy mohou být poruchy, které (zatím) únosnost významně nesnižují.

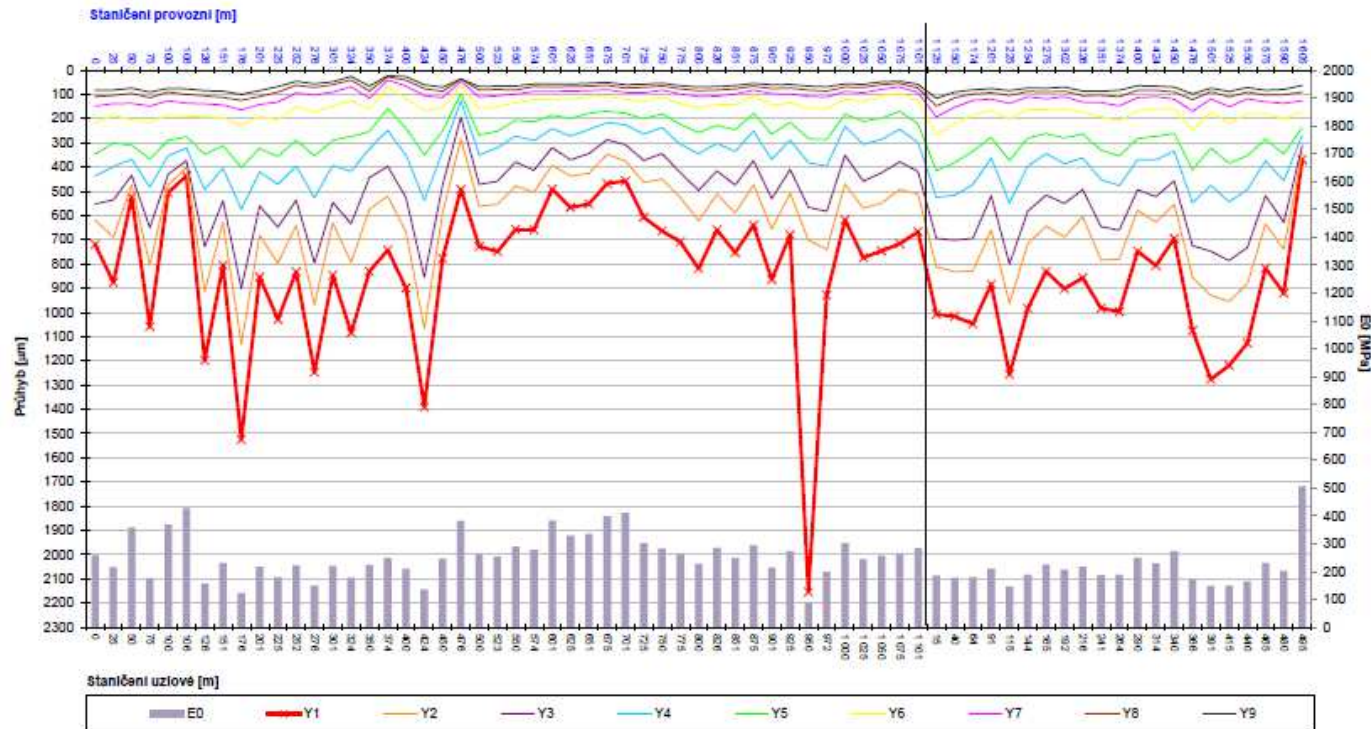
Jednotlivé kroky diagnostického průzkumu

Měření únosnosti (FWD)

- ▶ Výsledky jsou závislé na přesnosti zadaných tloušťek vrstev poloprostoru, což je při obvyklé variabilitě skutečných tloušťek vrstev vozovky obtížné.
- ▶ Některé levné diagnostické firmy „dovedou vyhodnotit“ měření únosnosti FWD, aniž by měli k dispozici informace o tloušťkách vrstev zjištěných z vývrtů, nebo aniž by tyto informace použily. Vtip je v tom, že používají stále stejné fixní tloušťky vrstev bez ohledu na realitu a nikomu to nevadí.
- ▶ Vždy se dá nalézt několik variant modulů jednotlivých vrstev, pro které je vypočtená čára průhybů povrchu vozovky blízká čáře naměřené při zkoušce, na toto se musí dávat velký pozor.
- ▶ Měření je zatíženo mnoha nejistotami, vyhodnocení vyžaduje zkušenosti a zahrnutí všech dalších informací zjištěných při diagnostickém průzkumu.

Jednotlivé kroky diagnostického průzkumu

Měření únosnosti (FWD) – průhybové čáry



Jednotlivé kroky diagnostického průzkumu

Měření únosnosti (FWD) – Moduly pružnosti vrstev

Úsek	Bod	Staničení		Poznámky Pruh Porušení aj.	Tloušťky vrstev			Moduly pružnosti vrstev				TNV=100			
		Uzlové	Provozní		H1	H2	H3	E1	E2	E3	Ep	Doprava [Nd]	Životnost [roků]	Zesílení [mm]	
															[mm]
44926.1	1	0	0	1	C,F	80	100	200	11242	362	115	58	20	18	10
	2	25	25	2		80	100	200	7484	82	118	75	20	2	60
	3	50	50	1		80	100	200	3786	4815	391	65	20	25	0
	4	75	75	2	D	80	100	200	4108	132	125	55	20	2	55
	5	100	100	1		80	100	200	3692	4695	303	70	20	25	0
	6	106	106	1		80	100	200	5543	7049	548	69	20	25	0
	7	126	126	2		80	100	200	3826	93	121	49	20	1	70
	8	151	151	1	D,E	80	100	200	5754	302	90	71	20	4	45
	9	176	176	2	N,D,,K KAF	80	100	200	2746	89	66	44	20	0	90
	10	201	201	1	N,D,E	80	100	200	6541	171	96	67	20	4	45
	11	225	225	2	D,E	80	100	200	4509	128	140	53	20	2	50
	12	252	252	1	D,E	80	100	200	3512	357	226	57	20	15	15
	13	276	276	2	N,D,E	80	100	200	2337	200	148	40	20	3	60
	14	301	301	1	N,D,E	80	100	200	3277	433	210	57	20	16	15
	15	324	324	2	N,D	80	100	200	2454	296	177	51	20	7	40
	16	350	350	1	D	80	100	200	2396	257	153	85	20	5	45
	17	374	374	2	N,D	80	100	200	2977	339	254	79	20	12	20
	18	400	400	1	D,E	80	100	200	2709	300	202	61	20	8	30
	19	424	424	2	N,D	80	100	200	3065	80	137	40	20	0	80
	20	450	450	1	N,D,E	80	100	200	5543	208	116	85	20	6	40
	21	476	476	2	D,E	80	100	200	3398	303	193	238	20	10	25
	22	500	500	1	D,E	80	100	200	5583	321	144	79	20	12	20

Jednotlivé kroky diagnostického průzkumu

Jádrové vývrty, vrtané nebo kopané sondy

- ▶ Slouží ke stanovení typu, tloušťky a stavu porušení jednotlivých vrstev
- ▶ Stanovení vlhkosti materiálů vrstev a zeminy v podloží
- ▶ K odběru vzorků pro laboratorní zkoušky
 - ▶ Vývrty a sondy musí zajistit získání potřebného množství materiálu pro zvolené laboratorní zkoušky. Je možné slučovat materiál z vývrtů a sond různých odběrných míst pouze v rámci homogenního úseku.
 - ▶ Je nepřípustné nerozlišování jednotlivých konstrukčních vrstev na jádrových vývrtech nebo sondách.

Jednotlivé kroky diagnostického průzkumu

Jádrové vývrty



Jednotlivé kroky diagnostického průzkumu

Vrtané sondy



Jednotlivé kroky diagnostického průzkumu

Kopané sondy



Jednotlivé kroky diagnostického průzkumu

Jádrové vývrty, vrtané nebo kopané sondy

- Příklad potřebného množství materiálu pro nejčastěji prováděné laboratorní zkoušky z jádrových vývrtů

Zkouška	Množství materiálu v g				Orientační počet vzorků vývrtu průměr 100 mm/150 mm, výška 40 mm			
	Maximální velikost zrna kameniva v mm				Maximální velikost zrna kameniva v mm			
Rozbor asfaltové směsi z jádrového vývrtu	8	11	16	22	8	11	16	22
obsah pojiva, zrnitost, maximální objemová hmotnost, objemová hmotnost (vývrtů), mezerovitost (vývrtů), objemová hmotnost a mezerovitost zkušebních těles po přeformování	4 000	4 500	5 000	6 000	6/3	6/3	7/3	8/4

Jednotlivé kroky diagnostického průzkumu

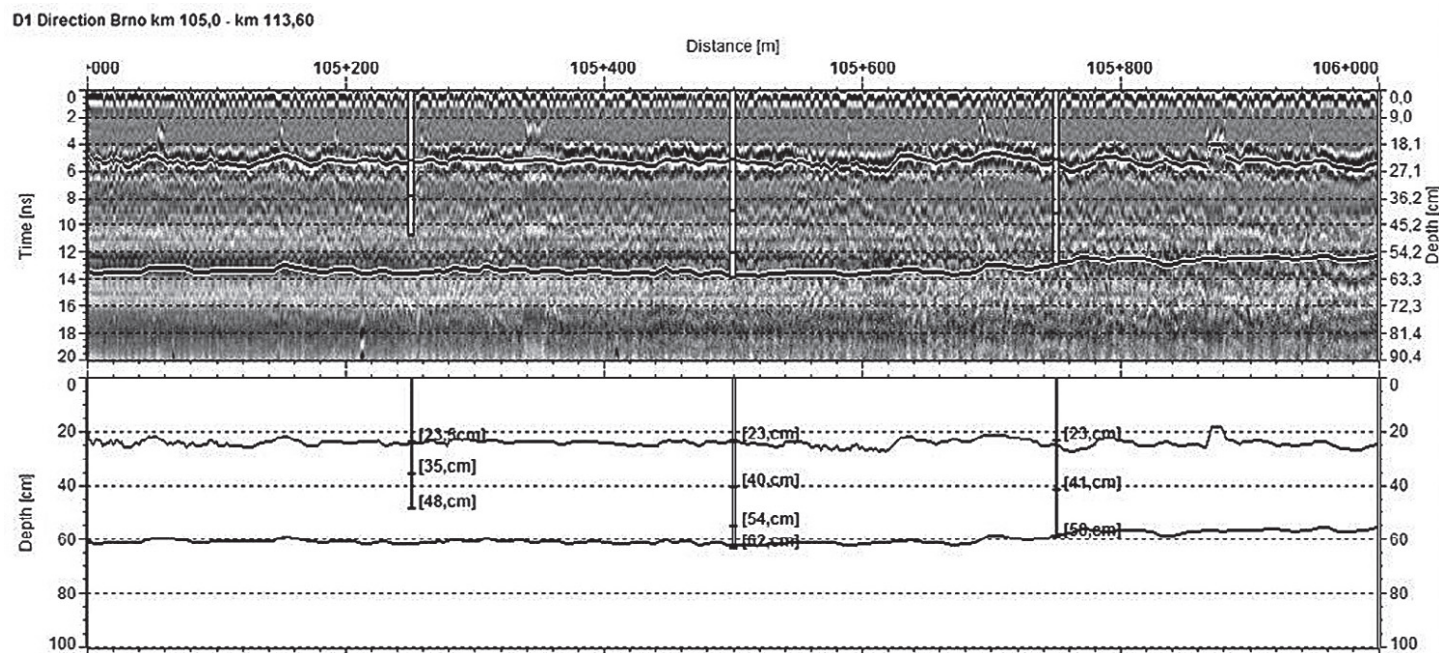
Jádrové vývrty, vrtané nebo kopané sondy

- ▶ Příklad potřebného množství materiálu pro nejčastěji prováděné laboratorní zkoušky z vrtaných nebo kopaných sond

Zkouška		Množství materiálu v kg	Počet vzorků vrtané sondy průměr 150 mm, výška 100 mm
Zatřídění zeminy		5	2
CBR		7	2
IBI		7	2
Zrnitost podkladní vrstvy	D = 32 mm	10	3
	D = 63 mm	40	12
Index plasticity		0,5	

Jednotlivé kroky diagnostického průzkumu

Georadar



Jednotlivé kroky diagnostického průzkumu

Laboratorní zkoušky

- ▶ **Provádějí se za účelem**
 - ▶ přesnější identifikace typu a kvality vrstev,
 - ▶ zatřídění zeminy podloží,
 - ▶ nebo objasnění příčiny poruch tam, kde je to potřebné pro stanovení způsobu opravy nebo míry zavinění vzniku poruchy.
- ▶ **Jsou potřebné pro stanovení technicky správného způsobu opravy.**
- ▶ **Pro správné stanovení jejich druhu a četnosti je nezbytná znalost technologie výroby stavebních směsí a mechanismu vzniku poruch.**

Jednotlivé kroky diagnostického průzkumu

Laboratorní zkoušky – asfaltových směsí

- ▶ **Obsah asfaltového pojiva a zrnitost směsi kameniva**
- ▶ **mezerovitost asfaltové směsi**
- ▶ **míra zhutnění a mezerovitost vrstvy**
- ▶ **odolnost asfaltové směsi proti trvalým deformacím**
- ▶ **vlastnosti zpětně získaného asfaltového pojiva**

Požadavky na zkoušky zejména u asfaltových směsí mohou být z hlediska rozsahu poruch rozdílné. Toto se při zadání obvykle nerespektuje a podmínky soutěže nejsou rovnocenné. Zodpovědný uchazeč je při snaze získat všechny potřebné informace příliš drahý a nemá šanci před levným uchazečem s nabídkou minimálního rozsahu zkoušek, které v daném případě nemusí mít žádný význam.

Jednotlivé kroky diagnostického průzkumu

Laboratorní zkoušky – nestmelené směsí

- ▶ aktuální vlhkost materiálu nestmelené vrstvy
- ▶ zrnitost směsi kameniva
- ▶ kvalita jemných částic
- ▶ CBR (u směsí MZK, MZ)
- ▶ namrzavost (při podezření na vysoký obsah jemných č.)

Jednotlivé kroky diagnostického průzkumu

Laboratorní zkoušky – vrstvy ze směsí stmelených hydraulickými pojivy

- ▶ vizuální posouzení stavu
- ▶ pevnost v tlaku nebo v příčném tahu na odebraných vývrtech (pokud je možné získat neporušené vzorky)

Laboratorní zkoušky – zeminy z podloží

- ▶ aktuální vlhkost
- ▶ zatřídění zeminy podle klasifikace
- ▶ mez tekutosti a plasticity, číslo plasticity, konzistence
- ▶ zrnitost
- ▶ CBR

Jednotlivé kroky diagnostického průzkumu

Laboratorní zkoušky

- ▶ V odůvodněných případech, zejména u komunikací s nízkým dopravním zatížením, je možno některé laboratorní zkoušky omezit nebo nahradit vizuálním hodnocením nebo polními zkouškami.

Jednotlivé kroky diagnostického průzkumu

Stanovení příčin poruch

- ▶ **Stanovení příčin poruch je souhrnem všech získaných informací z**
 - ▶ vizuální prohlídky,
 - ▶ jádrových vývrtů, vrtaných nebo kopaných sond,
 - ▶ měření únosnosti,
 - ▶ laboratorních zkoušek,
 - ▶ případně také znalostí historie vozovky.
- ▶ **Jako příčinu je nezbytné brát v úvahu i přirozené porušování vozovky, úměrné jejímu stáří.**
 - ▶ Např. přítomnost síťových trhlin ve vozovce staré 30 let by nemělo být předmětem diskusí o příčině poruch.

Jednotlivé kroky diagnostického průzkumu

Návrh opravy

- ▶ Je hlavním výstupem diagnostického průzkumu
- ▶ Předpokládaná životnost vozovky, se nesmí zaměňovat s trvanlivostí obrusné vrstvy !
- ▶ Vykazuje-li vozovka známky únavy (síťové trhliny), musí se provést výměna vrstev.

Součástí návrhu opravy také musí být opatření zajišťující řádné **odvodnění zemního tělesa** (krajnice, příkopy, propustky).



Jednotlivé kroky diagnostického průzkumu

Návrh opravy

- ▶ Pokud se vyloučí únava, je možné rozsah oprav omezit např. jen na obrušnou vrstvu nebo zasaženou část.



Jednotlivé kroky diagnostického průzkumu

Návrh opravy – zvláštnost lokálních poruch

- ▶ Vyskytují se na malé ploše; svým významem se však mohou výrazně lišit od průměrného stavu vozovky.



Jednotlivé kroky diagnostického průzkumu

Návrh opravy – zvláštnost lokálních poruch

- ▶ Mezi lokální poruchy patří oslabená místa se sníženou únosností, poruchy kolem překopů, armatur a vysprávek.
- ▶ Návrh opravy lokálních poruch musí být posuzován zvlášť, protože nejsou obrazem celkového stavu vozovky a jejich zahrnutí do celkové statistiky poruch je zkreslující.
- ▶ Při nerespektování této zásady se pak provádí jen údržba a závažné lokální poruchy nejsou nikdy účinně opraveny a na stejném místě se objevují stále znovu.
 - ▶ Je to též důsledek některých neuvážených ustanovení v TP 87.

Jednotlivé kroky diagnostického průzkumu

Návrh opravy

- ▶ V rámci rozhodovacího procesu by měly být pomocí multikriteriální analýzy posuzovány vlivy a váhy všech jednotlivých pozorování, výsledků měření a zkoušek.
- ▶ Nedílnou součástí je též posouzení možnosti znovupoužití materiálů konstrukčních vrstev, resp. jejich recyklovatelnost.
- ▶ Stranou nemůže zůstat vliv okolí na tvorbu poruch, jako např. stav a funkčnost povrchového odvodnění.

Jednotlivé kroky diagnostického průzkumu

Návrh opravy – problémy

- ▶ **Za návrh oprav se někdy vydávají výsledky měření a zkoušek bez odborného posouzení.**
 - ▶ Přitom provedené zkoušky vůbec nemusí v daném případě s poruchami vozovky souviset.
- ▶ **Navrhuje se překrývání asfaltových vrstev, zasažených síťovými trhlinami.**
 - ▶ Tyto vrstvy v konstrukci zůstávají nebo se odstraňují jen částečně a trhliny se rychle prokopírují do nové obrusné vrstvy.
- ▶ **Navrhují se neproveditelné „vyrovnávky“.**
- ▶ **Návrhy oprav se zpracovávají jen povrchně s poznámkou, že „bude upřesněno při provádění“.**

Jednotlivé kroky diagnostického průzkumu

Návrh opravy – problémy

- ▶ **Problémy při podezření na nespojení vrstev, v některých případech se zaměřuje příčina a následek.**
 - ▶ Správce vozovky požadoval překrýt asfaltový kryt zasažený síťovými trhlinami.
 - ▶ Trhliny se během krátké doby prokopírovaly na povrch.
 - ▶ Správce nechal provést jádrové vývrty, kde se zjistilo, že vrstvy nebyly spojené.
 - ▶ Z toho učinil závěr, že příčinou poruch na nové obrusné vrstvě je její nespojení s podkladem.
 - ▶ Ve skutečnosti tomu bylo naopak, ke spojení asfaltové vrstvy s neúnosným, popraskaným a tím neúměrně prohýbajícím se podkladem nemohlo nikdy dojít.

Jednotlivé kroky diagnostického průzkumu

Návrh opravy – problémy

- ▶ **Chybí řešení důležitých detailů.**
- ▶ **Tolerování nerovného podkladu**
 - ▶ Pokud se podklad ponechá nerovný, tloušťka čerstvě položené vrstvy není konstantní, což způsobí rozdíly v jejím vertikálním stlačení při hutnění.
 - ▶ Nerovnosti podkladu se tak částečně kopírují na povrch.
 - ▶ Na nerovném podkladu nelze provést rovnou vrstvu.
- ▶ **Oprava vozovky je neúčinná pokud se ponechají zanesené příkopy a tím nefunkční odvodnění.**

Příklady z praxe

Při rozšiřování vozovky nestmelené vrstvy ujíždí a vznikají převisy asfaltových vrstev.



Příklady z praxe

Opravit jen okraj nebo celou vozovku ?



Příklady z praxe

Co je příčinou porušení vozovky po rekonstrukci ?



Příklady z praxe

Je možné toto jen srovnat frézou a překrýt ?



Příklady z praxe

Dny nově „opravené“ vozovky jsou sečteny.



Příklady z praxe

Vozovka po „opravě“ tryskovou metodou



Příklady z praxe

Je nutné toto bourat nebo recyklovat ?



DĚKUJI ZA POZORNOST

**Ing. Jan Zajíček
jzajicek@volny.cz
tel. 602 515 105**