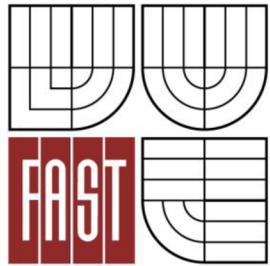




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ

FACULTY OF CIVIC ENGINEERING
INSTITUTE OF ROAD STRUCTURES

NOČNÍ VIDITELNOST VODOROVNÉHO DOPRAVNÍHO ZNAČENÍ

NIGHT-TIME VISIBILITY OF HORIZONTAL ROAD MARKING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

DAVID FIŠER

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Dr. Ing. MICHAL VARAUS

BRNO 2013



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav pozemních komunikací

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	David Fišer
Název	Noční viditelnost vodorovného dopravního značení
Vedoucí bakalářské práce	doc. Dr. Ing. Michal Varaus
Datum zadání bakalářské práce	30. 11. 2012
Datum odevzdání bakalářské práce	24. 5. 2013
V Brně dne 30. 11. 2012	

.....
doc. Dr. Ing. Michal Varaus
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

1. ČSN EN 1436 + A1 Vodorovné dopravní značení - Požadavky na dopravní značení
2. ČSN EN 1824 Vodorovné dopravní značení – Materiály pro dopravní značení – Zkoušení na zkušebních úsecích
3. Projekt CE801110102 Noční a denní viditelnost dopravního značení a noční viditelnost svislého dopravního značení
4. Projekt TA02031156 Optimalizace hospodaření s vodorovným dopravním značením
5. TP 70 Zásady pro provádění a zkoušení vodorovného dopravního značení

Zásady pro vypracování

Popis noční viditelnosti vodorovného dopravního značení, poznatky v dané oblasti, měření provedená v terénu, vyhodnocení měření.

Předepsané přílohy

.....
doc. Dr. Ing. Michal Varaus
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt:

Bakalářská práce je zaměřena na nejdůležitější vlastnost vodorovného dopravního značení, a to noční viditelnost, neboli retroreflexi. Úvodní část práce se zabývá vlastnostmi vodorovného dopravního značení s důrazem na noční viditelnost, obsahuje přehled hmot používaných pro značení, materiály na dodatečný posyp a také různé typy i technologie provádění značení. Další část je věnována metodám měření a jejich popisu včetně zařízení pro měření. V praktické části jsou uvedeny údaje z měření retroreflexe provedené na zkušebním úseku a na vybraných úsecích pozemních komunikací, součástí je také vyhodnocení naměřených hodnot. Závěr práce zahrnuje získané poznatky a souhrnné hodnocení.

Klíčová slova:

Vodorovné dopravní značení, noční viditelnost, retroreflexe (R_L), retroreflektometr, materiál na dodatečný posyp, balotina, protismykové přísady

Abstract:

This work is focused on important characteristic of horizontal road marking, which is night-time visibility, or retroreflection. Introductory part deals with characteristics of horizontal road marking with emphasis on night-time visibility, contains summary of materials used for marking, material on drop, and also various kinds and technologies of application of horizontal marking. Next part is devoted to methods of measurement and their description including equipment for measurement. In the practical part there are listed data from measurement of retroreflection made on test area and on chosen areas of roads and also evaluation of measured data. End of this work includes obtained knowledges and review summary.

Keywords:

Horizontal road marking, night-time visibility, retroreflection (R_L), the reflectometer, drop on material, glass beads (ballotini), antiskid aggregates

Bibliografická citace VŠKP

FIŠER, David. *Noční viditelnost vodorovného dopravního značení*. Brno, 2013. 57 s., 30 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav pozemních komunikací. Vedoucí práce doc. Dr. Ing. Michal Varaus.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Noční viditelnost vodorovného dopravního značení“ vypracoval samostatně a použil jsem pramenů, které uvádím v přiloženém seznamu literatury.

Datum odevzdání práce: 24.5.2013

.....
podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce doc. Dr. Ing. Michalu Varausovi za rady, připomínky a metodické vedení mé práce. Dále bych chtěl poděkovat firmě Silniční vývoj – ZDZ spol. s.r.o. za vytvoření podmínek vedoucích k získání dat potřebných pro praktickou část této práce. Poděkování patří i mé rodině za podporu a trpělivost během studia a zpracování bakalářské práce.

Obsah

OBSAH.....	7
ÚVOD.....	8
VYMEZENÍ POJMŮ	9
VODOROVNÉ DOPRAVNÍ ZNAČENÍ.....	11
ROZDĚLENÍ VODOROVNÉHO DOPRAVNÍHO ZNAČENÍ.....	11
PŘÍSADY (balotina, protismykové přísady).....	15
POŽADAVKY NA VODOROVNÉ DOPRAVNÍ ZNAČENÍ.....	16
DOBA NÁHLEDU A DOHLEDNOST VDZ.....	18
VLASTNOSTI VODOROVNÉHO DOPRAVNÍHO ZNAČENÍ.....	20
ZKOUŠKY VLASTNOSTÍ VODOROVNÉHO DOPRAVNÍHO ZNAČENÍ.....	24
POROVNÁVACÍ MĚŘENÍ MOBILNÍCH PŘÍSTROJŮ S PŘENOSNÝM PŘÍSTROJEM.	31
VLASTNÍ MĚŘENÍ MĚRNÉHO SOUČINITELE SVÍTIVOSTI R_L (RETROREFLEXE) PŘENOSNÝM PŘÍSTROJEM DELTA LTL-X.....	34
VLASTNÍ MĚŘENÍ MĚRNÉHO SOUČINITELE SVÍTIVOSTI R_L (RETROREFLEXE) MOBILNÍM PŘÍSTROJEM DELTA LTL-M.....	44
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	56
SEZNAM PŘÍLOH.....	57

Úvod

Nejefektivnějším nástrojem pro vytvoření bezpečné a snadno pochopitelné dopravní infrastruktury je kvalitně provedené vodorovné dopravní značení (VDZ). Hlavní význam ve funkci organizace a usměrnění dopravy na pozemních komunikacích přebírá vodorovné dopravní značení za tmy nebo v pracovních zónách. Noční viditelnost neboli zpětná světelná odrazivost (retroreflexe) vodorovného dopravního značení při osvětlení světlomety vozidla, patří k nejdůležitějším ukazatelům kvality provedeného VDZ. Retroreflexe je jedním z parametrů vodorovného dopravního značení a musí vyhovovat požadavkům, které stanoví norma ČSN EN 1436+A1 „Vodorovné dopravní značení - Požadavky na dopravní značení“. Za normy týkající se problematiky vodorovného dopravního značení je zodpovědná pracovní skupina WG2 – Horizontal signs, která je společně s dalšími deseti pracovními skupinami součástí technického výboru TC 226 spadajícího pod Evropskou komisi pro normalizaci.

Pro zajištění bezpečnosti provozu v silniční dopravě je nezbytně nutné, aby hodnota retroreflexe neklesla pod předem stanovenou hodnotu. V České republice je minimální požadovaná hodnota retroreflexe $100 \text{ mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$ měřená za sucha a $25 \text{ mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$ měřená za vlhka nebo za mokra. Kromě požadavků na noční viditelnost VDZ norma ČSN EN 1436+A1 stanoví funkční požadavky též na denní viditelnost (odraz za denního světla nebo při osvětlení pozemní komunikace), barvu a na drsnost vodorovného dopravního značení.

Noční viditelnost VDZ je zajištěna použitím drobných skleněných kuliček nazývaných balotina, které se aplikují do hmoty určené pro značení při její aplikaci. Odrazem světelných paprsků reflektoru vozidla zpět směrem k řidiči je tak zajištěna viditelnost VDZ. Ve dne je pak viditelnost vodorovného dopravního značení zajištěna kontrastem mezi obrusnou vrstvou vozovky a vodorovným dopravním značením.

Zajištění jednoznačného vizuálního vedení řidiče výrazným způsobem usnadňuje jeho pohyb po komunikaci a snižuje pravděpodobnost nepředvídatelného chování, čímž se vytváří bezpečnější prostředí, které vede ke zvýšení plynulosti provozu. Tím dochází ke snížení celospolečenských nákladů, které vznikají následkem dopravních nehod či zdržením a zpomalením dopravy. Je zřejmé, že při srovnání nákladů na udržování kvalitního vodorovného značení s celospolečenskými náklady vzniklými z důvodů nehodovosti a zpomalení dopravy, je právě vodorovné značení nejefektivnějším nástrojem správců komunikací.

Je třeba si uvědomit, že při kvalitně provedeném VDZ může poklesnout počet smrtelných nehod o 5 – 35%. V této souvislosti je třeba zmínit, že dle statistických údajů ČR z roku 2009 činí ekonomické ztráty na jedno smrtelné zranění 10 653 000 Kč, European Transport Safety Council však v roce 2012 udával podstatně vyšší částku, a to 1 840 000 Eur.

Vymezení pojmů ^[3]

stálé vodorovné dopravní značení (VDZ)

vodorovné dopravní značení typu I nebo typu II určené pro řízení a usměrňování silničního provozu

přechodné vodorovné dopravní značení

vodorovné dopravní značení typu I sloužící k vyznačení přechodné změny místní úpravy provozu

vodorovné dopravní značení – typ I

vodorovné dopravní značení, u kterého není zajištěna noční viditelnost v podmínkách za vlhka a za deště

vodorovné dopravní značení – typ II

vodorovné dopravní značení, u kterého je splněn požadavek na noční viditelnost v podmínkách za vlhka a za deště

provizorní vodorovné dopravní značení

je stálé vodorovné dopravní značení typu I provedené jako dočasné značení, které může být položeno i nezávisle na povětrnostních podmínkách. Je zpravidla pokládáno na nové obrusné vrstvy, na nichž se zpočátku mohou objevit problémy s přilnavostí, nebo slouží k překlenutí časového období mezi otevřením nového úseku pozemní komunikace a pokládkou stálého VDZ typu II nebo typu I

parametry vodorovného dopravního značení

obecné vyjádření základních funkčních charakteristik VDZ - denní viditelnost, noční viditelnost a drsnost

noční viditelnost - retroreflexe (R)

je vyjádřena měrným součinitelem svítivosti a určuje viditelnost VDZ tak, jak je značení viděno řidiči motorových vozidel při osvětlení předními světly jejich vozidel

denní viditelnost – odraz za denního světla nebo při umělém osvětlení komunikace (Qd)

je vyjádřena součinitelem jasu při difúzním osvětlení a představuje viditelnost VDZ tak, jak je značení viděno řidiči motorových vozidel za typického nebo průměrného denního světla nebo při umělém osvětlení pozemní komunikace

denní viditelnost - barva (x,y,β)

je určena trichromatickými souřadnicemi v kolorimetrickém trojúhelníku CIE

drsnost (SRT)

je vlastnost povrchu VDZ daná jeho texturou, která určuje míru spolupůsobení pneumatiky a vodorovného dopravního značení při pohybu kola

index opotřebení - trvanlivost

vyjadřuje míru zakrytí povrchu pozemní komunikace plochou zbývajícího VDZ

měřené místo

část úseku vodorovného dopravního značení, na kterém se provede měření v jednom nebo více bodech

barva

je tekutý produkt obsahující pevné látky rozptýlené a/nebo rozpuštěné v organickém rozpouštědle nebo ve vodě

plastická hmota nanášená za studena

je substance v jedno nebo vícesložkové formě. Podle typu systému jsou složky smíchány v různých poměrech.

termoplastická hmota

je substance ve formě bloků, granulí nebo prášku. Je zahřívána až do roztavení a potom aplikována

předem připravené vodorovné dopravní značení

je předem připravený materiál, jehož přilnavost k podkladu je zajištěna pomocí tepla, tlaku, lepidel nebo jejich kombinací. U těchto materiálů nejsou většinou během poklady výrazně měněny jejich charakteristiky

materiál na dodatečný posyp

je obecné označení pro balotinu, protismykové přísady nebo směs těchto materiálů, které jsou nanášeny na hmoty pro VDZ ihned po jejich aplikaci

balotina

skleněné kuličky zajišťující retroreflexi vodorovného dopravního značení prostřednictvím zpětného odrazu světla reflektorů vozidla směrem k řidiči

index lomu balotiny

poměr rychlostí šíření světla ve vzduchu a v měřeném materiálu

povrchová úprava balotiny

úprava balotiny zajišťující zlepšení jejích vlastností

protismykové přísady

tvrdá zrna přírodního nebo umělého původu, používaná k zajištění protismykových vlastností vodorovného dopravního značení

zrnitost

poměrný obsah zrn různých velikostí

tloušťka vrstvy

představuje převýšení vrstvy hmoty VDZ nad podkladem (bez dodatečného posypu)

Vodorovné dopravní značení

Vodorovné dopravní značení slouží k vedení a usměrňování dopravy. Pojem vodorovné dopravní značení zahrnuje podélné čáry, šipky, příčné čáry, texty a jiné symboly na povrchu pozemní komunikace. Vodorovné dopravní značení se provádí použitím barev, termoplastických materiálů, za studena pokládaných plastů, předem připravených materiálů (čáry, text, symboly) nebo jiných prostředků (např. dopravní knoflíky) a bývá nejčastěji provedeno v barvě bílé nebo žluté, ve zvláštních případech se ovšem používají i jiné barvy.

Značení může být buď stálé nebo přechodné. Pro stálé vodorovné dopravní značení platí, že by jeho funkční životnost měla být pokud možno co nejdelší. U přechodného značení je třeba zajistit jeho funkční životnost po celou dobu trvání prací na pozemních komunikacích.

Vodorovné dopravní značení v České republice musí být provedeno v retroreflexní úpravě, která je dosažena přidáním balotiny do hmoty určené pro značení při její aplikaci. Retroreflexe značení je dosažena osvětlením značení světlomety vozidla. Pro zvýšení retroreflexe vodorovného dopravního značení v podmínkách za deště nebo za vlhka se provádí zvláštní úpravy. Tyto úpravy mohou být zajištěny např. texturou povrchu (jako u strukturálního značení) nebo balotinou s kuličkami o větším průměru. Výrazná makrotextura povrchu značení může vyvolávat vibrační a akustické efekty při přejezdu koly přes vodorovné dopravní značení.

Hodnoty parametrů značení na jednotlivých místech dopravního značení závisí na stavu povrchu vodorovného dopravního značení, který je ovlivňován místními podmínkami, ročním obdobím a klimatickými faktory, intenzitou dopravy a dalšími vlivy. Je třeba brát v úvahu, že naměřené hodnoty v konkrétním místě měření nemusí být vždy bezpodmínečně průměrnými nebo typickými hodnotami pro dané vodorovné dopravní značení.

Rozdělení vodorovného dopravního značení ^[3]

Rozdělení VDZ podle druhů použitých hmot

Vodorovné dopravní značení stálé i přechodné se provádí použitím následujících hmot:

- barev,
- plastických materiálů nanášených za studena,
- termoplastických materiálů,
- předem připravených materiálů.

Na všechny hmoty určené pro vodorovné dopravní značení jsou bezprostředně po položení nanášeny materiály na dodatečný posyp – balotina nebo směs balotiny a protismykových přísad. Výjimku tvoří fólie a některé předem připravené termoplastické materiály, na které je materiál pro dodatečný posyp aplikován již při výrobě.

1) Barvy

- podle typu použitého ředidla se dělí na:
 - rozpuštědlové,
 - vodouředitelné,
- podle složek se dělí na:
 - jednosložkové,
 - vícesložkové barvy.

2) Plastické materiály nanášené za studena

- podle báze se dělí na:
 - na bázi akrylátů,
 - na bázi vodních disperzí,
- podle typu reaktivních složek se dělí na:
 - stříkané plasty (reaktivní složkou je balotina obalená peroxidem, směs balotiny s peroxidem nebo peroxid v kapalném stavu),
 - studené plasty (reaktivní složka je většinou v podobě prášku nebo pasty).

3) Termoplastické materiály

- podle formy tavitelné hmoty se dělí na:
 - bloky,
 - granule,
 - prášek.

4) Předem připravené materiály

- podle použitého materiálu se dělí na:
 - fólie,
 - termoplasty,
- podle způsobu aplikace se dělí na:
 - materiály aplikované pomocí adheziv,
 - materiály aplikované pomocí tlaku,
 - materiály aplikované pomocí tepla,
 - materiály aplikované pomocí jejich kombinací.

Rozdělení VDZ podle typu

• Typ I

Jedná se o běžné vodorovné značení, které se provádí zejména z barev a u kterého není zajištěna noční viditelnost v podmínkách za vlhka a za deště. Při provádění tohoto typu značení je na hmotu nanášen materiál na dodatečný posyp, kterým je buď balotina s velikostí zrn do 1 mm nebo směs balotiny a protismykových přísad. Další způsob je přidávání těchto složek již při výrobě – fólie a jiná předem připravená vodorovná dopravní značení. V podmínkách za vlhka a za deště se na povrchu VDZ typu I tvoří vodní film, který výrazně snižuje hodnotu retroreflexe, tudíž za těchto podmínek nedochází ke splnění požadavku na hodnotu retroreflexe.

- Typ II

Jedná se o vodorovné dopravní značení, které je prováděno zejména z plastických materiálů a u kterého je splněn požadavek na noční viditelnost v podmínkách za vlhka a za deště. Většina značení tohoto typu bývá provedena tak, že části značení s materiálem na dodatečný posyp zřetelně vyčnívají z povrchu a tím i z vodního filmu, čímž se podstatně zlepšuje noční viditelnost v podmínkách za vlhka a za deště, z toho plyne, že požadavek na retroreflexi je splněn.

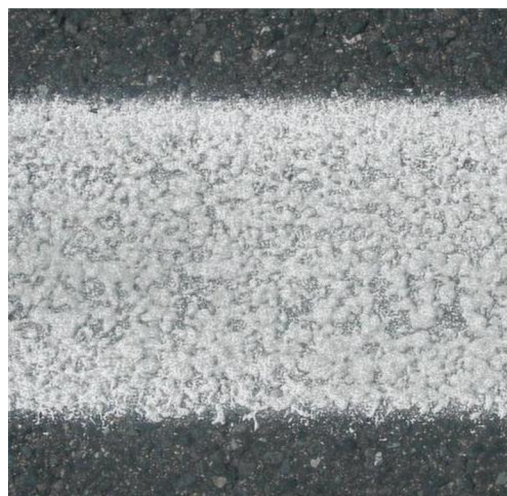
Vodorovné značení typu II se vytváří následujícími způsoby:

- 1) VDZ s hladkým povrchem, na jehož povrchu je celoplošně nanesená hmota opatřená balotinou s velkými zrny (o průměru cca 1000 – 2000 μm), které vyčnívají z vodního filmu.



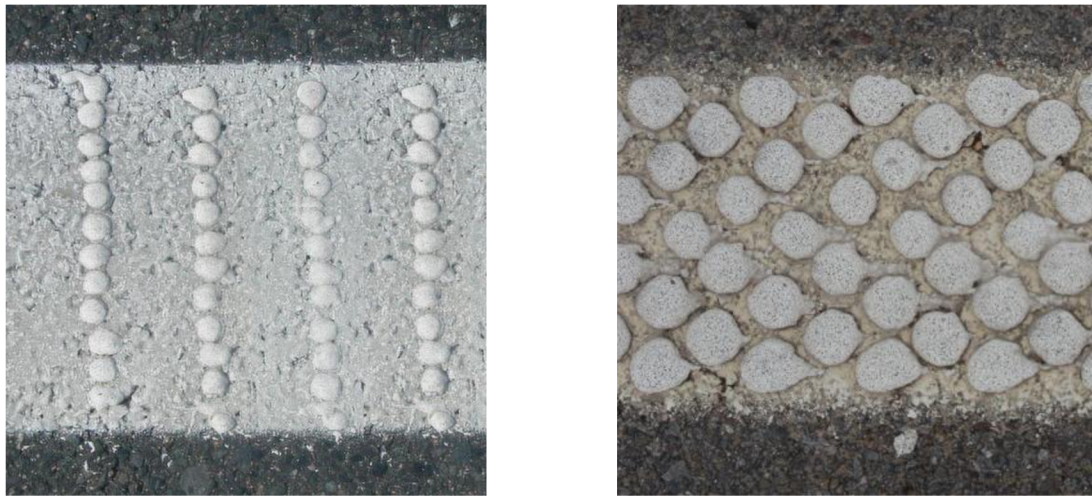
Obr. 1 – Příklad VDZ s hladkým povrchem

- 2) Strukturální VDZ, u kterého se hmota nenanáší celoplošně. Struktura značení umožňuje odtok vody, takže hmota i balotina vyčnívají z vodního filmu.



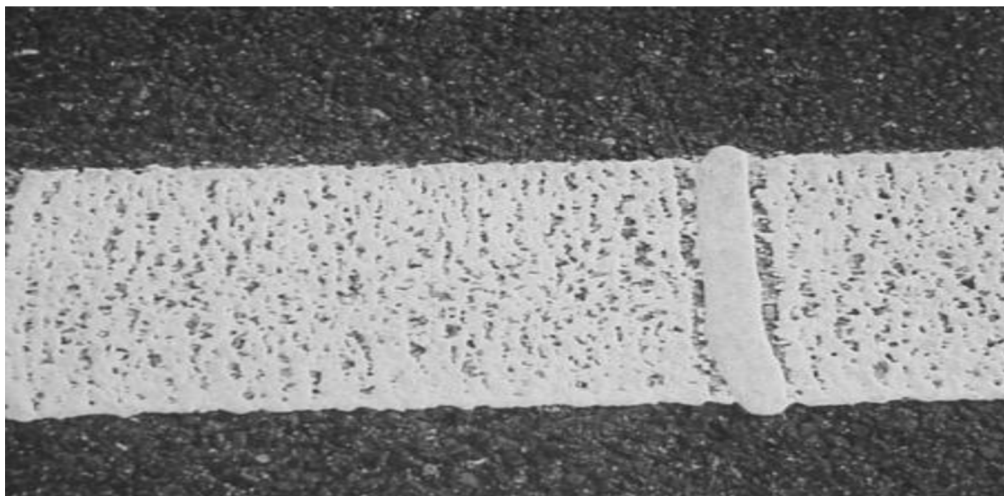
Obr. 2 – Příklad strukturálního VDZ

3) Profilovaná VDZ, kde hmota v pravidelných intervalech vytváří příčné výstupky, které společně s balotinou vyčnívají z vodního filmu.



Obr. 3 – Příklad profilovaného VDZ

4) Kombinace výše uvedených technologií, např. strukturální VDZ s profilovaným VDZ.



Obr. 4 – Příklad kombinace strukturálního a profilovaného VDZ

Strukturální a profilovaná VDZ se při přejezdu koly v závislosti na jejich způsobu provedení vyznačují zvukovým a vibračním efektem. Pokud jde o profilovaná dopravní značení, je třeba vzít v úvahu, že přejezd vozidlem je doprovázen hlukem a vibracemi uvnitř vozidla i hlukem mimo vozidlo. Hluk a vibrace ve vozidle jsou výhodou tohoto dopravního značení, protože signalizuje řidiči vyjetí mimo jízdní pruh. Takový druh značení může také způsobit problémy se stabilitou cyklistů.

Hluk vně vozidla může být rušivý pro osoby v okolí komunikace. Značení s akustickým efektem se proto nemá používat v intravilánu.

PŘÍSADY (balotina, protismykové přísady)

Nedílnou součástí vodorovného dopravního značení je materiál na dodatečný posyp, který je tvořen samotnou balotinou nebo balotinou s příměsí protismykových přísad. Tyto materiály se výrazně podílí na konečných vlastnostech prováděného vodorovného dopravního značení.

Balotina patří mezi neekonomičtější prostředky k vytvoření bezpečných jízdnicích podmínek. Pouze dopravní značení, které obsahuje balotinu je viditelné v noci nebo v podmínkách snížené viditelnosti. Poprvé byla balotina použita jako materiál pro zlepšení vlastností vodorovného dopravního značení roku 1934 při výstavbě dálnice.

Při provádění vodorovného dopravního značení je balotina do hmoty aplikována určitou energií, která je ovlivnitelná použitým strojním zařízením. Je zřejmé, že balotina ukotvená do hmoty pouze pomocí své gravitační energie bude v této hmotě uchycena nedostatečně, což se v krátkém časovém úseku projeví jejím vydrolením. Negativní vliv však může mít i nadbytečná energie, která způsobí „utopení“ balotiny ve hmotě nebo „rozprach“. Nejčastějším prostředkem pro dodání energie balotině je tlakový vzduch. Ten může být použit jak v tlakovém zásobníku balotiny, tak v tlakové pistoli pro aplikaci balotiny. V některých případech je možné vmíchat balotinu přímo do nátěrové látky. Kvalita zabudování balotiny závisí na tloušťce nástřiku, kde by měla být ponořena zhruba 50 - 60% svého objemu, množství použité balotiny se pohybuje v rozmezí 250 - 450 g/m². Při takovém obsahu lze docílit požadovaný efekt, zejména co se týče retroreflexe a ukotvení balotiny proti vypadávání.

Výroba balotiny je výsledkem procesu recyklace. Ploché skleněné střepy (např. odpadní sklo z oken výrobců) jsou rozdrčeny a taveny v pecích na kuličky. V některých případech bývá balotina silanizovaná, tedy upravená silany pro lepší přilnavost (adhezi) k hmotám používaných pro zhotovení vodorovného dopravního značení, dále se používá silikonovaná, stříbrovaná nebo flotační úprava proti potopení balotiny,

Balotinu lze rozdělit podle mnoha hledisek: ^[3]

- Podle technologie použití:
 - premixová balotina (je určena do hmot při jejich výrobě),
 - balotina na dodatečný posyp,
 - balotina do folií.

- Podle účelu použití:
 - do rozpouštědlových barev,
 - do vodouředitelných barev,
 - do plastických hmot nanášených za studena,
 - do termoplastických hmot.

- Podle úpravy povrchu:
 - bez povrchové úpravy,
 - s povrchovou úpravou (silanizace, silikonizace, flotace, reaktivita, jiné).

- Podle indexu lomu:
 - index lomu větší než 1,5 - běžně používaná balotina,
 - index lomu větší než 1,9 - vysoko indexová balotina.
- Podle zrnitosti:
 - normální balotina (velikost zrn cca 100-1000 μm),
 - balotina pro zvýšení viditelnosti za vlhka a za deště (velikost zrn cca 1000-2000 μm),
 - premixová balotina (velikost zrn cca 60-200 μm nebo 100-600 μm).

Druhy protismykových přísad pro zvýšení drsnosti značení:

- cristobalit,
- korund,
- drcené sklo.

Požadavky na vodorovné dopravní značení ^[3]

Vodorovné dopravní značení musí splňovat minimální požadavky na hodnoty jednotlivých parametrů značení, které stanoví norma ČSN EN 1436+A1 „Vodorovné dopravní značení - Požadavky na dopravní značení“. Těmito parametry jsou součinitel jasu Q_d , měrný součinitel svítivosti R_L , trichromatické souřadnice X a Y, drsnost SRT a trvanlivost. Minimální požadavky se liší v závislosti na tom, zda se jedná o stálé či přechodné vodorovné dopravní značení.

Vodorovné dopravní značení se z důvodu zvýšení trvanlivosti a noční viditelnosti provádí v ČR v retroreflexní úpravě. Vodorovné dopravní značení v neretroreflexní úpravě lze provádět pouze pro vyznačení způsobu stání, na účelových komunikacích a komunikacích s nemotorovou dopravou. Rozměry VDZ musí vyhovovat požadavkům uvedeným v TP 65, TP 169, TP 133 a VL 6.2. Osa podélných čar smí být plynule odchýlena od stanovené osy o ± 25 mm a to nejvýše jednou na 100 m délky značení.

Stálé vodorovné dopravní značení (včetně provizorního) – typ I musí po celou záruční dobu splňovat následující požadavky:

parametr	barva VDZ	povrch	min. hodnota	třída
součinitel jasu Q_d	bílá	asfaltový	100 mcd.m-2.lx-1	Q 2
		cementobetonový	130 mcd.m-2.lx-1	Q 3
	žlutá	všechny povrchy	80 mcd.m-2.lx-1	Q 1
	modrá	všechny povrchy	80 mcd.m-2.lx-1	Q 1
měrný součinitel svítivosti R_L za sucha	červená	všechny povrchy	30 mcd.m-2.lx-1	-
	bílá	všechny povrchy	100 mcd.m-2.lx-1	R 2
	žlutá	všechny povrchy	80 mcd.m-2.lx-1	R 1
drsnost	nespecifikována	všechny povrchy	45 SRT	S 1
trvanlivost: index opotřebení musí být 1				

Tab. 1 – Požadavky na měrný součinitel svítivosti, součinitel jasu, drsnost a trvanlivost VDZ typu I

parametr: trichromatické souřadnice, povrch: všechny povrchy						
barva VDZ	vrcholy	1	2	3	4	třída
bílá	x	0,355	0,305	0,285	0,335	-
	y	0,355	0,305	0,325	0,375	
žlutá	x	0,443	0,545	0,465	0,389	Y 1
	y	0,399	0,455	0,535	0,431	
modrá	x	0,130	0,190	0,280	0,260	-
	y	0,220	0,160	0,285	0,300	
červená	x	0,494	0,478	0,650	0,686	-
	y	0,314	0,342	0,358	0,314	

Tab. 2 – Požadavky na trichromatické souřadnice VDZ typu I

Stálé vodorovné dopravní značení – typ II musí po celou záruční dobu splňovat následující požadavky:

parametr	barva VDZ	povrch	min. hodnota	třída
součinitel jasu Qd	bílá	asfaltový	100 mcd.m-2.lx-1	Q 2
		cementobetonový	130 mcd.m-2.lx-1	Q 3
	žlutá	všechny povrchy	80 mcd.m-2.lx-1	Q 1
měrný součinitel svítivosti R _L	za sucha (R _L)	bílá	100 mcd.m-2.lx-1	R 2
		žlutá	80 mcd.m-2.lx-1	R 1
	za vlhka (R _W)	bílá	25 mcd.m-2.lx-1	RW 1
		žlutá	25 mcd.m-2.lx-1	RW 1
	za deště (R _{RR})	bílá	25 mcd.m-2.lx-1	RR 1
		žlutá	25 mcd.m-2.lx-1	RR 1
drsnost	nespecifikována	všechny povrchy	45 SRT	S 1
trvanlivost: index opotřebení musí být 1				

Tab. 3 - Požadavky na měrný součinitel svítivosti, součinitel jasu, drsnost a trvanlivost VDZ typu II

Poznámka: na strukturálním a profilovaném VDZ se drsnost neměří.

parametr: trichromatické souřadnice, povrch: všechny povrchy						
barva VDZ	vrcholy	1	2	3	4	třída
bílá	x	0,355	0,305	0,285	0,335	-
	y	0,355	0,305	0,325	0,375	
žlutá	x	0,443	0,545	0,465	0,389	Y 1
	y	0,399	0,455	0,535	0,431	

Tab. 4 - Požadavky na trichromatické souřadnice VDZ typu II

Přechodné vodorovné dopravní značení musí po celou záruční dobu splňovat následující požadavky:

parametr	barva VDZ	povrch	min. hodnota	třída
součinitel jasu Qd	žlutá	všechny povrchy	80 mcd.m-2.lx-1	Q 1
měrný součinitel svítivosti R za sucha	žlutá	všechny povrchy	150 mcd.m-2.lx-1	R 3
drsnost	nespecifikována	všechny povrchy	45 SRT	S 1
trvanlivost: index opotřebení musí být 1				

Tab. 5 - Požadavky na měrný součinitel svítivosti, součinitel jasu, drsnost a trvanlivost přechodného VDZ

parametr: trichromatické souřadnice, povrch: všechny povrchy						
barva VDZ	vrcholy	1	2	3	4	třída
žlutá	x	0,494	0,545	0,465	0,427	Y 2
	y	0,427	0,455	0,535	0,483	

Tab. 6 - Požadavky na trichromatické souřadnice přechodného VDZ

Vodorovné dopravní značení provedené v červené barvě se používá např. na stezkách pro cyklisty, na doplnění přechodů pro chodce a pro vyznačení únikové zóny. Značení v barvě modré nebo červené je v neretroreflexní úpravě a může být také v provedení strukturálním nebo profilovaném.

Doba náhledu a dohlednost VDZ

Předpisy (zejména ČSN EN 1436+A1) stanoví minimální hodnoty pro parametry VDZ, které však definují základní vlastnosti (noční viditelnost, denní viditelnost a drsnost), aniž by vždy byly brány v úvahu skutečné vizuální potřeby řidičů.

Na jedné straně dopravní značení dává určité dohlednosti v závislosti zejména na stavu značení, na druhé straně tyto dohlednosti mohou nebo nemusí být dostatečné vzhledem k potřebám řidiče.

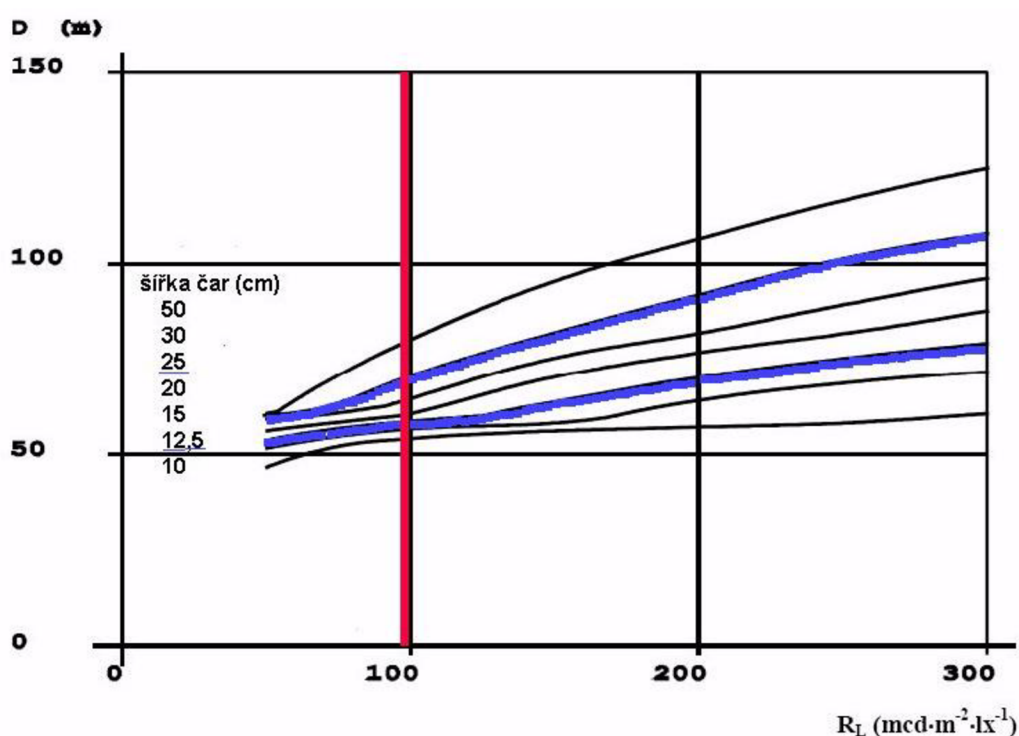
Za denního světla je vodorovné dopravní značení viditelné na velké vzdálenosti, pokud je dostatečný kontrast mezi dopravním značením a vozovkou. Totéž platí i pro osvětlené komunikace.

Při osvětlení reflektory vozidla je dohlednost dopravního značení většinou kratší než u denního světla/osvětlených komunikací a je ovlivněna retroreflexí značení a také plochou značení.

Podmínky „za mokra“ snižují míru odrazivosti a viditelnost dopravního značení při osvětlení světlomety. Stupeň degradace je závislý na stupni vlhkosti, ale v některých případech může dojít k téměř úplné ztrátě odrazivosti a viditelnosti značení (vodní film zcela pokrývá povrch značení, resp. balotina je zcela ponořená ve vodě a neplní funkci zpětného odrazu). Toto je velmi nepříjemná a nebezpečná situace pro

řidiče. Aby řidič udržel vůz pod plnou kontrolou v jízdní dráze, musí být schopen identifikovat jízdní prvek na určitou minimální vzdálenost nebo po určité době náhledu.

Doba náhledu je čas potřebný pro přemístění vozidla z daného místa k nejbližšímu viditelnému bodu značení a bere v úvahu jak dohlednost, tak rychlost. Doba náhledu by měla být použita jako měřítko, protože tento údaj je nezávislý na rychlosti jízdy. Výsledky několika experimentů ukazují, že bezpečná hranice viditelnosti VDZ pro schopnost řidiče udržet vozidlo v jízdním pruhu je kolem 40 m při jízdě rychlostí 90 km/h. Této dohlednosti odpovídá doba náhledu 1,8 s, což je považováno za absolutní minimum pro bezpečnou jízdu. Pro zajímavost uvádím, že retroreflexi $100 \text{ mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$, což je limitní hodnota pro tento parametr, odpovídá doba náhledu 2,2 s, ale při retroreflexi $300 \text{ mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$ měřené na přerušované čáře je doba náhledu už 3,9 s, na plné čáře se ještě zvýší, a to na 4,3 s.



Obr. 5 - Dohlednost (D) pro dělicí čáry v osvětlení potkávácími světly.

Když má řidič možnost volit rychlost, pak ji upraví podle rozhledových podmínek. Lze pozorovat, že se rychlost zvyšuje s viditelností dopravního značení a to až do vzdálenosti asi 67 metrů. Nad tuto vzdálenost se již rychlost nezvyšuje. Rychlost je ovlivněna nejen dohledností, ale také směrovými poměry. Čím menší je poloměr oblouku, tím nižší je rychlost.

Zvýšená dohlednost sice prodlužuje doby náhledu, ale řidiči nevyužívají tuto výhodu při zvýšení rychlosti zcela, takže ta částečně zvyšuje dobu náhledu, což znamená, že řidiči mají větší rezervu pro svá rozhodování či chyby.

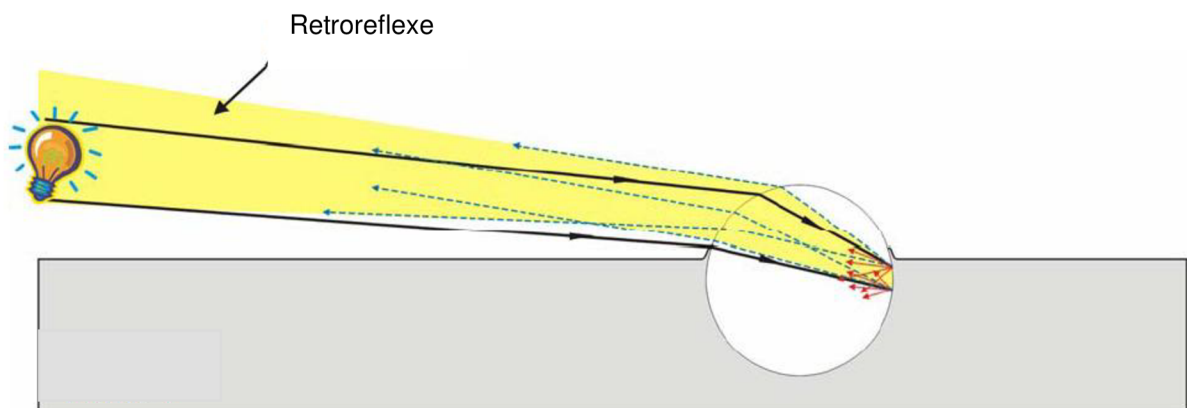


Obr. 6 - Silniční scéna, čísla v pravém rohu udávají dohlednost v metrech

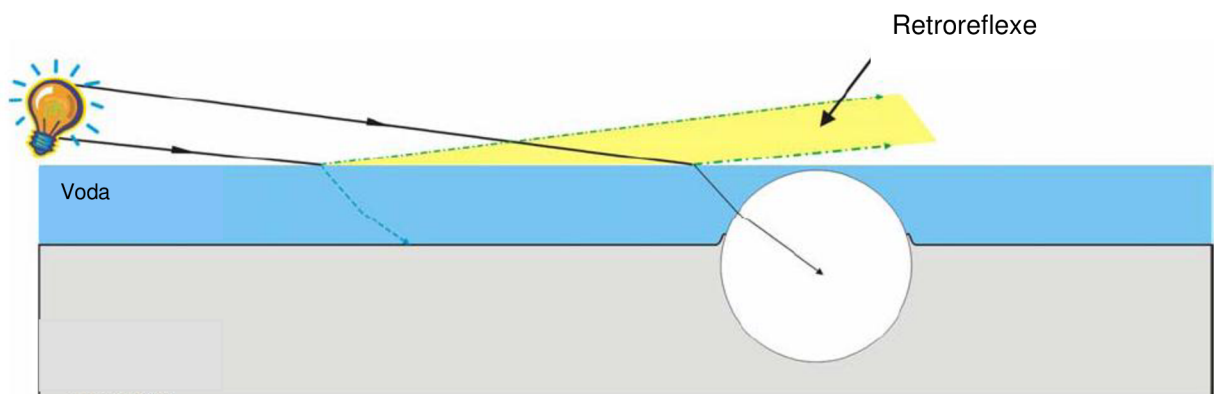
Vlastnosti vodorovného dopravního značení

Vodorovné dopravní značení je nejefektivnějším nástrojem pro vytvoření bezpečné a snadno pochopitelné dopravní infrastruktury, na jehož kvalitě zásadním způsobem závisí bezpečnost silničního provozu. Snížená viditelnost dopravního značení výrazně komplikuje orientaci řidičů.

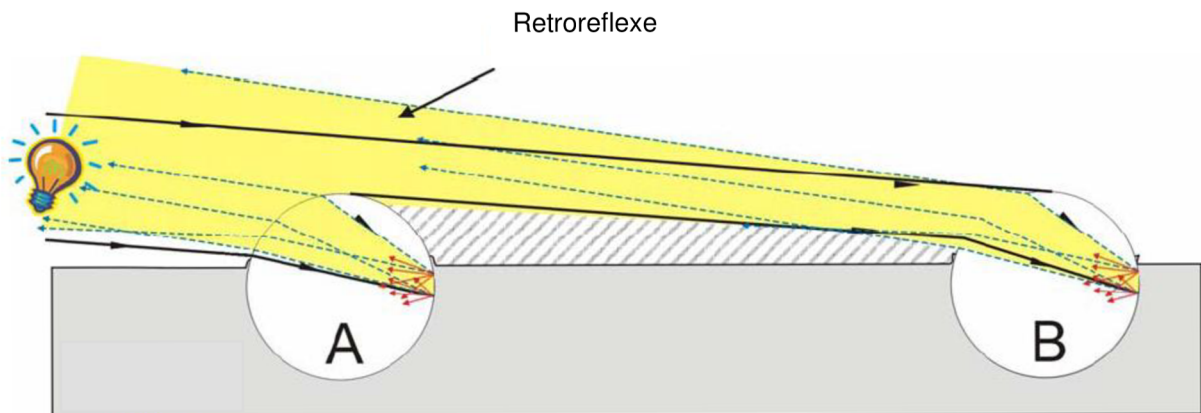
Ze statistik dopravních nehod lze vyčíst, že závažnost dopravních nehod, které se staly v noci, je 3x větší než u nehod, které se staly v průběhu dne. Na základě tohoto jevu můžeme noční viditelnost vodorovného dopravního značení a viditelnost za zhoršených povětrnostních podmínek považovat za jednu z nejdůležitějších vlastností vodorovného dopravního značení. Noční viditelnost značení (retroreflexe) lze ovlivnit zabudováním materiálu na dodatečný posyp, zejména zabudováním balotiny, která zajišťuje zpětný odraz světla z čelních reflektorů vozidla zpět k řidiči. Mezi vlivy, které působí na retroreflexi vodorovného dopravního značení patří zejména hloubka zabudování balotiny a množství balotiny. Na následujících obrázcích je zobrazeno, jaký vliv na retroreflexi mají výše zmíněné vlivy.



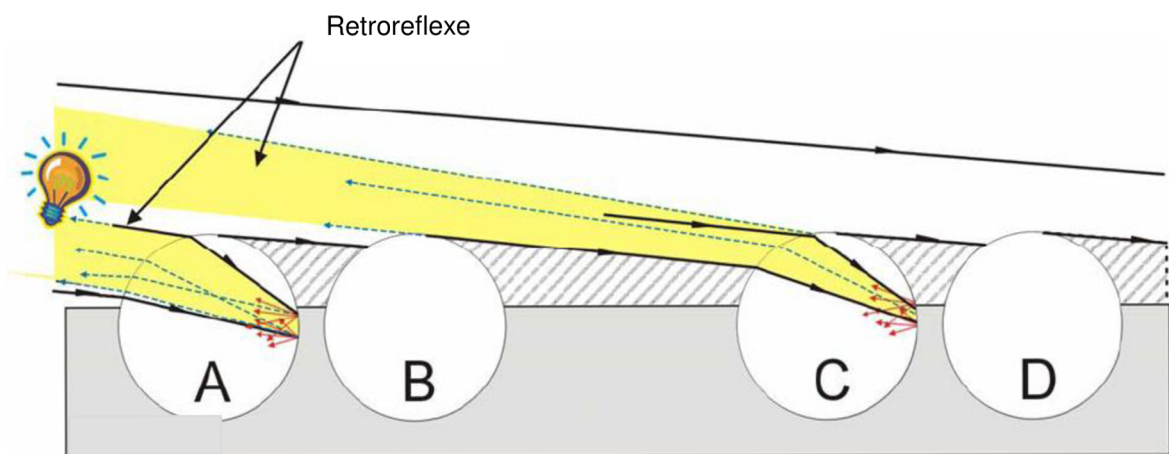
Obr. 7 - Hloubka zabudování balotiny – příznivé hodnoty retroreflexe získáme, pokud je balotina do vodorovného dopravního značení zabudována cca 50 – 60 % svého objemu.



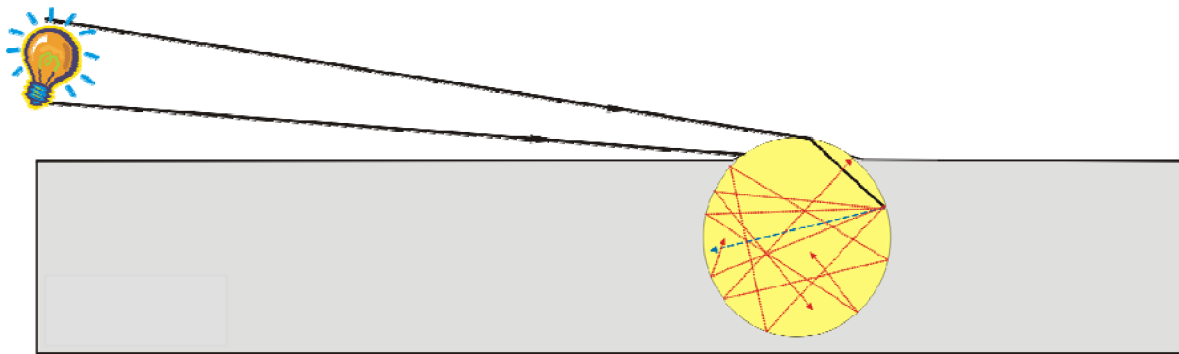
Obr. 8 – Retroreflexe v podmínkách za mokra – přítomnost vodního filmu na vodorovném dopravním značení má za následek to, že se světelný paprsek z čelních reflektorů vozidla nedostane k balotině. Naopak dochází k jeho odrazu od vodního filmu do protisměru, což může způsobit oslnění řidiče jedoucího v protisměru.



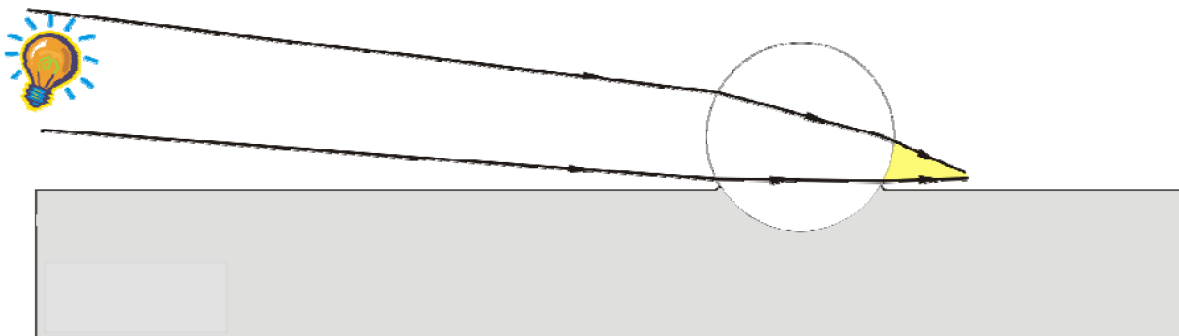
Obr. 9 – Zvýšené množství balotiny ve vodorovném dopravním značení má pozitivní vliv na hodnotu retroreflexe. Světelný paprsek dopadá pod příznivým úhlem na kuličku A i na kuličku B a díky tomuto jevu dosáhneme vyšších hodnot retroreflexe.



Obr. 10 - Na tomto obrázku je znázorněn jev, kdy i přes zvýšené množství zabudované balotiny do povrchu vodorovného dopravního značení nedochází ke zvýšení hodnoty retroreflexe. Naopak může dojít k tomu, že hodnota retroreflexe bude nižší. U kuličky A dojde k nejlepšímu odrazu světla. U kuliček B a D nedojde vůbec k žádné retroreflexi, protože jsou ve stínu kuliček A a C a světelný paprsek z čelních reflektorů projíždějícího vozidla se k nim vůbec nedostane. Kulička C je v mírném zákrytu kuličky B, proto u ní nedojde k optimální hodnotě retroreflexe.



Obr. 11 – Pokud dojde k přílišnému ponoření skleněné kuličky do hmoty vodorovného dopravního značení, světelný paprsek se bude odrážet pouze uvnitř kuličky a nedostane se zpět k řidiči – v tomto případě se vodorovné dopravní značení stává v noci neviditelným.



Obr. 12 – Pokud není kulička dostatečně zabudována do hmoty vodorovného dopravního značení, světelný paprsek pronikne skrze ní a nedojde k jeho zpětnému odrazu. Značení se i v tomto případě stává v noci neviditelným.

Jinou podstatnou vlastností vodorovného dopravního značení je odraz za denního světla, který má také významný vliv na viditelnost značení, ale ve dne.

Další významnou vlastností vodorovného dopravního značení, která má vliv na bezpečnost provozu na pozemních komunikacích je drsnost značení. Drsnost ovlivňuje přítomnost materiálu na dodatečný posyp – balotiny s příměsí dostatečného množství zdrsňujících přísad. Dále může být drsnost ovlivněna použitým typem značení nebo drsností původního podkladu.

Další vlastnost vodorovného dopravního značení, kterou je třeba zmínit, je jeho barva, která se vyjadřuje pomocí součinitele jasu a trichromatických souřadnic.

Všechny výše zmíněné charakteristiky vodorovného dopravního značení podléhají zkouškám, které budou popsány v následující kapitole. Dále je potřeba zmínit, že existuje mnoho jevů, které mají vliv na výše uvedené charakteristiky. Mezi tyto jevy můžeme zahrnout např.:

- schnutí, které ovlivňuje viditelnost v noci a ve dne a také trvanlivost VDZ,
- zpracovatelnost, která má vliv na trvanlivost a viditelnost v noci,
- skladovací stálost, která má vliv na trvanlivost, denní a noční viditelnost,
- krycí schopnost, která ovlivňuje viditelnost ve dne.

Schnutí

Jestliže je doba schnutí krátká, utrpí tím viditelnost v noci, protože balotina nebude dostatečně smáčena a zabudována do hmoty. Materiál pro VDZ bude mít málo času, aby se zapustil do podkladu a nebude s ním dostatečně spojen. Příliš pomalé schnutí sice zlepší zabudování balotiny, ale může způsobit tzv. „prokrvácení“ podloží.

Zpracovatelnost

Důležitým kritériem zpracovatelnosti je viskozita hmoty. Stejně jako schnutí je i viskozita tepelně závislá. Příliš vysoká viskozita hmoty snižuje přilnavost balotiny i smáčení podkladu, čímž se vysvětluje nedostatečná trvanlivost a viditelnost v noci. Je-li viskozita příliš nízká, dojde k pohlcení zrn balotiny. Ani v tomto případě tak nedochází k odolnosti proti otěru v návaznosti na tloušťku vrstvy.

Skladovací stabilita

Jedná se o nutnost vyrábět takové materiály, které jsou homogenní i po dlouhém skladování, tedy nedochází ke vzniku tvrdých usazenin, které se nedají znova rozmíchat. Obtížně rozmíchatelný materiál má proměnlivý poměr koncentrací plniva a pigmentu a tím i rozdílné výsledky při pokládce. Tyto rozdíly v pojivu a v pigmentu nepříznivě ovlivňují trvanlivost, drsnost, noční i denní viditelnost.

Krycí schopnost

Krycí schopnost se zvyšuje množstvím a řádným rozptýlením barvodárných pigmentů. Vybrané a světlostálé druhy umožňují, aby byla dodržena denní viditelnost značení po dobu jeho funkční životnosti.

Zkoušky vlastností vodorovného dopravního značení

Principem zkušebních metod využívaných pro měření parametrů VDZ je přiblížení se reálným skutečnostem. U noční i denní viditelnosti značení je to zachování geometrie měření, která představuje řidiče v osobním automobilu a chodce na přechodu, obdobně je tomu také u drsnosti, kdy je simulováno chování s pneumatiky vozidla při jízdě rychlostí $50 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ na mokrém povrchu.

Správně provedené a funkční vodorovné dopravní značení měřené dle těchto zkušebních metod musí splňovat minimální hodnoty uvedené v kapitole „Požadavky na vodorovné dopravní značení“. Mezi základní zkušební metody používané při měření parametrů vodorovného dopravního značení patří následující metody.

Měření součinitele jasů při difuzním osvětlení Q_d ^[1]

Zařízení pro měření součinitele jasů při difuzním osvětlení Q_d zahrnuje osvětlovací systém, fotometr a prostředky pro stanovení vodorovné referenční roviny s referenčním středem. Difuzního osvětlení lze dosáhnout ve fotometrické kouli, kdy se zdroj světla umístí takovým způsobem, aby přímé osvětlení dopadalo pouze na dolní polovinu koule. Odrazem a meziodrazem se horní polovina koule velmi

přibližuje konstantnímu osvětlení. Zařízení simuluje pohled řidiče osobního automobilu s očima 1,2 m nad povrchem vozovky na vzdálenost 30 m při rozptýleném osvětlení za denního světla nebo při umělém osvětlení komunikace.



Obr. 13 - Měřicí přístroj Qd 30

Měření činitele jasu β a trichromatických souřadnic x a y ^[1]

Touto metodou se měří viditelnost dopravního značení tak, jak je viděno při průměrném nebo typickém denním světle nebo při umělém osvětlení pozemní komunikace. Činitel jasu β a trichromatické souřadnice x a y musí být měřeny s použitím normalizovaného světla D65. Geometrie měření je určena při $45^\circ/0^\circ$, což znamená osvětlení při $(45 \pm 5)^\circ$ a měření při $(0 \pm 10)^\circ$. Úhly jsou měřeny ve vztahu k normále povrchu vodorovného dopravního značení. Trichromatické souřadnice x a y pro vodorovné dopravní značení za sucha musí ležet v oblastech definovaných souřadnicemi bodů, které jsou uvedeny v tabulce v kapitole „Požadavky na provedení vodorovného dopravního značení“ a musí se nacházet ve vymezených oblastech diagramu barev CIE. Hlavní rozdíl oproti metodě měření součinitele jasu při difuzním osvětlení Qd spočívá v úhlu pohledu, který při difuzním osvětlení Qd odpovídá pohledu na větší vzdálenost a pro činitel jasu β pozorování na krátkou vzdálenost.



Obr. 14 - Spektrofotometr CM-508c

Měření drsnosti vodorovného dopravního značení^[1]

Drsnost vodorovného dopravního značení se měří kyvadlem, které je na volném konci opatřené pryžovou patkou. Měří se ztráta energie způsobená třením patky po specifikované délce povrchu vodorovného dopravního značení a výsledek je vyjádřen v jednotkách SRT. Zkouška je platná pro ploché vodorovné dopravní značení. Tato metoda však není vhodná pro strukturální / profilované značení. Zařízení k měření drsnosti simuluje provozní vlastnosti vozidla s pneumatikami s dezénem, brzdícího pomocí zablokovaných kol při rychlosti 50 km/h na vlhké vozovce. Před samotným měřením je třeba ustavit přístroj do vodorovné polohy a pomocí měřky nastavit délku prokluzu. Zkoušený povrch musí být očištěn a navlhčen 100 ml \pm 20 ml vody. Po aplikaci vody se rameno kyvadla okamžitě uvolní a na daném místě se provede 5 měření. Účinek teploty na odrazovou pružnost pryžové patky zřetelně ovlivňuje všechna měření drsnosti. Tento vliv se projevuje jako pokles drsnosti při stoupání teploty a proto v závěrečné fázi dochází ke korekcím výsledků vzhledem k teplotě vzorku při měření.



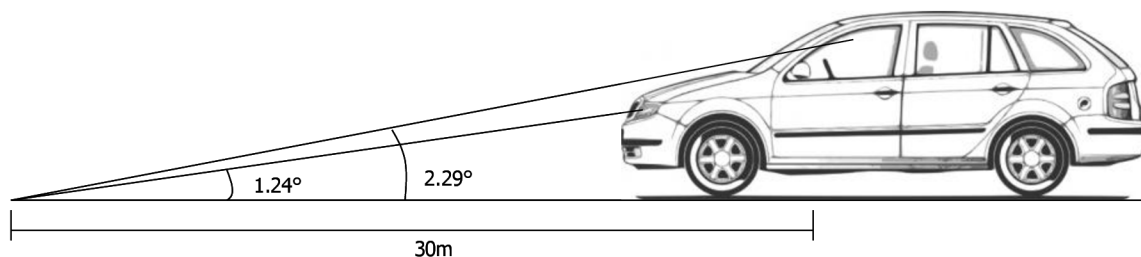
Obr. 15 - Kyvadlový přístroj TRRL

Měření měrného součinitele svítivosti R_L (retroreflexe)

Měření měrného součinitele svítivosti R_L (retroreflexe) vodorovného dopravního značení je věnována praktická část této práce, proto bude tato metoda popsána podrobněji. K měření retroreflexe byly použity přístroje dánské firmy Delta, konkrétně se jedná o přenosný přístroj Delta LTL – X a mobilní přístroj Delta LTL – M.

Účelem zkoušky je zjištění zpětného odrazu – retroreflexe VDZ za podmínek, které simulují zrakový vjem řidiče za volantem automobilu při pozorování vodorovného dopravního značení za jízdy v noci. Parametrem retroreflexe je měrný součinitel svítivosti R_L .

Geometrie světelných paprsků, při kterých je prováděno měření odpovídá evropské, tzv. 30 m geometrii. Geometrie měření je znázorněna na následujícím obrázku.



Obr. 16 – Standardní evropská geometrie měření 30m.

Standardní podmínky měření mají simulovat pohled řidiče osobního automobilu s očima ve výšce 1,2 m nad povrchem vozovky na vzdálenost 30 m se světly umístěnými 0,65 m nad povrchem vozovky.

Měřicí zařízení simuluje pohled řidiče osobního automobilu s očima ve výšce 1,2 m nad povrchem vozovky na vzdálenost 30 m se světly umístěnými 0,65 m nad povrchem vozovky. Měrný součinitel svítivosti určuje viditelnost vodorovného dopravního značení tak, jak je viděno řidiči motorových vozidel při osvětlení světlomety jejich vozidel.

Přenosné měřicí zařízení Delta LTL –X^[1]

Přenosné měřicí zařízení Delta LTL-X měří všechny typy vodorovného dopravního značení na simulovanou vzdálenost 30 m v nejvyšší přesnosti a lze jej využít k měření retroreflexe za podmínek sucha, mokra a trvalého deště.

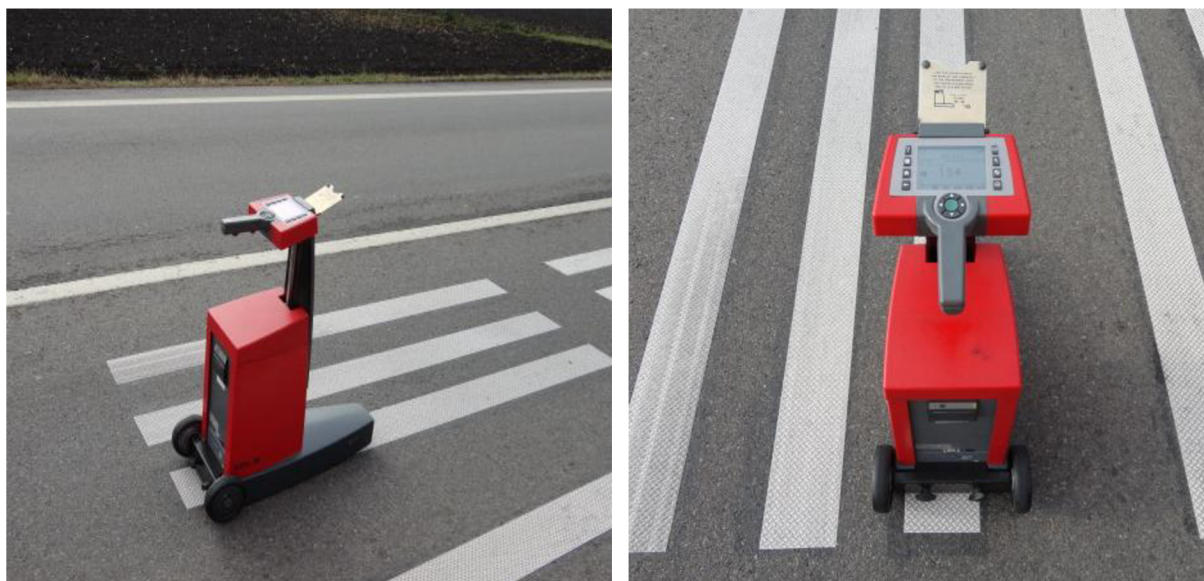
Měřicí zařízení zahrnuje osvětlovací systém, fotometr prostředky pro stanovení vodorovné referenční roviny s referenčním středem. Tento přístroj je určen k měření retroreflexe přímo na vozovce, ale může být použit i k měření retroreflexe materiálů vodorovného dopravního značení na vzorových panelech ještě před aplikací VDZ. Při měření strukturálního vodorovného dopravního značení přenosným přístrojem je nezbytné stanovit, zda je přístroj schopen měřit strukturální VDZ se skutečnou výškou profilů a mezerami mezi nimi. Hodnota retroreflexe se stanoví jako průměr z několika měření prováděných při postupném posunu přístroje po značení.

Směr pozorování odpovídá střednímu směru všech paprsků, které směřují z měřené oblasti k fotometru a jsou detekovány. Úhel pozorování je úhel mezi směrem pozorování a referenční rovinou. Směr osvětlení odpovídá střednímu směru všech paprsků, které směřují z osvětlovacího systému do měřené oblasti. Úhel osvětlení je úhel mezi směrem osvětlení a referenční rovinou. V běžných podmínkách měření je úhel pozorování $2,29^\circ \pm 0,05^\circ$, úhel osvětlení je $1,24^\circ \pm 0,05^\circ$. Zařízení má mít dostatečnou citlivost a rozsah pro očekávané hodnoty retroreflexe běžně v rozmezí $1 \text{ mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1} - 2000 \text{ mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$. Přenosné přístroje se používají v podmínkách plného denního světla a musí být vyrobeny tak, aby měřené hodnoty v takových podmínkách nebyly ovlivněny okolním světlem. Dále jsou přenosné přístroje využívány k měření mokrého povrchu VDZ, jehož hodnoty retroreflexe mohou být velmi malé, ale odraz povrchu velmi velký a proto musí být přenosné přístroje sestaveny nebo seřizeny tak, aby odrazy povrchu nezpůsobovaly zkreslení hodnot.

Přenosný přístroj se kalibruje pomocí kalibrační jednotky (etalonu) se známou hodnotou retroreflexe. Pro běžné ověření kalibrace lze použít přenosnou kalibrační jednotku, aby se zabránilo časté manipulaci etalonu v silničních podmínkách.

Zkušební podmínky za vlhka se vytvoří užitím čisté vody nalévané z vědra z výšky cca 0,3 m nad povrchem. Voda je rozlévaná po zkušebním povrchu rovnoměrně tak, aby měřené pole a plocha, která je obklopuje, byly krátkodobě zaplaveny vodou. Měrný součinitel svítivosti R_L v podmínkách za vlhka musí být měřen (60 ± 5) s po nalití vody. Množství vody nalévané na každé místo má být minimálně 3 litry.

Pokud je přenosné zařízení po přepravě chladné, při jeho umístění na horký, vlhký povrch vozovky dojde k zamlžení optiky přístroje a proto je třeba ponechat určitý čas, aby se přenosné zařízení mohlo ohřát a povrch vozovky mohl být ochlazen.



Obr. 17 - Přenosný přístroj Delta LTL – X

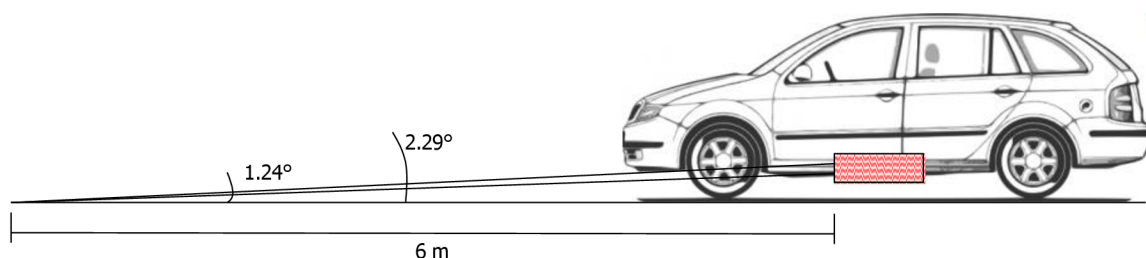
Mobilní měřicí zařízení Delta LTL -M

Mobilní přístroj LTL-M dánského výrobce Delta k měření noční viditelnosti VDZ byl v České republice poprvé použit v roce 2011.

Měření mobilními přístroji je popsáno v příloze B normy ČSN EN 1436+A1. Zařízení připevňena na vozidle se používají k měření hodnot R_L vodorovného značení při jízdě běžnou rychlostí. Mohou být užívána k měření delších úseků pozemních komunikací a v situacích, kdy použití přenosných zařízení vyžaduje zvýšenou opatrnost, zvláště na dálnicích.

Zařízení umístěná na vozidle by měla v podstatě splňovat stejné požadavky jako přenosná zařízení, měla by být schopna zvládat pohyb vozidla a měnit se podmínky denního světla.

Stejně jako v případě měření noční viditelnosti přenosnými přístroji, i mobilní přístroje splňují evropskou geometrii 30 m, která je redukována na pozorování ze vzdálenosti 6 m při zachování osvětlovacího a pozorovacího úhlu. Geometrii měření znázorňuje následující obrázek.



Obr. 18 – Standardní evropská geometrie měření 30 m redukována pro měření mobilními přístroji.

Měřicí zařízení – Retroreflektometr LTL-M se skládá z vlastního měřicího přístroje obsahujícího měřící optiku, počítače k průběžnému zpracování a ukládání dat a tabletu Toshiba sloužícímu jako uživatelské rozhraní k ovládní měřicího přístroje. Měřicí přístroj namontovaný na vozidle je znázorněn na následujícím obrázku.



Obr. 19 – Retroreflektometr LTL-M namontovaný na vozidle

Před každou sérií měření (minimálně však před prvním měřením dne) je prováděna kalibrace přístroje pomocí kalibrační jednotky.

Před měřením se přístroj uchytlí na montážní zařízení připevněné pod vozidlem a provede se kalibrace. Měřicí přístroj je ovládán pomocí tabletu z kabiny vozidla a měřená data jsou automaticky zpracovávána a ukládána na PC umístěné ve vozidle. Měření se provádí zpravidla na suchém povrchu, lze však měřit i za deště a na mokřem povrchu, je však nutné zajistit, aby průzory měřící optiky v přední části přístroje nebyly znečištěny vodou a špínou. V průběhu měření je možné jet rychlostí až 90 km/h. Měřicí zařízení provede 25 měření za sekundu a do zápisu zaznamenává údaje o naměřené retroreflexi, a to jak v celé šíři čáry VDZ, tak i ve středu čáry. Dále jsou zaznamenány údaje o šířce čáry VDZ a kontrastu mezi VDZ a vozovkou. Záznam obsahuje datum a čas měření, data ze zařízení GPS (poloha, směr, rychlost, nadmořská výška), a informace o měřeném úseku a osobě provádějící měření, která byla do záznamu zanesena uživatelem před začátkem měření.

Po skončení měření je záznam vyexportován z počítače retroreflektometru LTL-M na záznamové médium ve formě databázového souboru .txt (.csv) a uložen v běžném počítači k dalšímu zpracování. Při exportu dochází k automatickému zprůměrování dat podle předem zadané hodnoty. Minimální hodnota zprůměrování je 1 m. Horní hranice průměru není omezena.

Následující obrázek zobrazuje naměřené hodnoty zprůměrované po 100m.

Series name	RSD D11 VCP	
Direction	Směr HK	
Side	VCP	
Length (km)	0	
Driven Length (km)	97.749	
Reference		
Comment		
User name	Martin	
Comment		
Maximum	470	360
Minimum	34	62
Standard Dev.	91	95
Average	148	188

Driven distance (km)	Timestamp	Logmark	RL Center Left	Width Left (cm)	Daylight contrast Left	RL Center Right	Width Right (cm)	Daylight contrast Right	No of Roadstuds	Latitude (deg)	N/S Indicator	Longitude (deg)	E/W Indicator	Datum	Fix description	No of Sats. in fix	Altitude (m)
0	5/11/2011 13:36		51	54	0.002397447	2.061689959			0	50.09870429	N	14.59831636	E	w847	Standard GPS (2D/3D)	9	262.64095
0.1	5/11/2011 13:36		51	57	0.002518907	2.353639852			0	50.0986142	N	14.59972592	E	w847	Standard GPS (2D/3D)	8	269.55175
0.2	5/11/2011 13:36		197	191	0.002420212	2.849978193			0	50.09859159	N	14.60113031	E	w847	Standard GPS (2D/3D)	8	267.83560
0.3	5/11/2011 13:36		244	242	0.002435732	2.854802831			0	50.09866937	N	14.60252774	E	w847	Standard GPS (2D/3D)	8	266.49491
0.4	5/11/2011 13:36		209	218	0.002441333	2.290609357			0	50.09881118	N	14.60391135	E	w847	Standard GPS (2D/3D)	7	268.75391
0.5	5/11/2011 13:36		245	251	0.002398975	2.463956128			0	50.09902811	N	14.60527443	E	w847	Standard GPS (2D/3D)	7	274.84174
0.6	5/11/2011 13:36		246	255	0.002428833	2.597773209			0	50.09929506	N	14.60660556	E	w847	Standard GPS (2D/3D)	7	275.83644
0.7	5/11/2011 13:36		294	313	0.002464907	2.409569413			0	50.09963416	N	14.60790795	E	w847	Standard GPS (2D/3D)	7	273.38205
0.8	5/11/2011 13:37		248	260	0.002477482	2.430319071			0	50.10002702	N	14.60917404	E	w847	Standard GPS (2D/3D)	7	268.70000
0.9	5/11/2011 13:37		226	220	0.002502747	2.240554486			0	50.10044523	N	14.61039801	E	w847	Standard GPS (2D/3D)	8	259.79835
1	5/11/2011 13:37		254	275	0.002397572	2.0286623251			0	50.10087729	N	14.61162361	E	w847	Standard GPS (2D/3D)	8	251.45403
1.1	5/11/2011 13:37		290	324	0.002507336	2.182400583			0	50.10129491	N	14.6128471	E	w847	Standard GPS (2D/3D)	9	252.99524
1.2	5/11/2011 13:37		289	302	0.002437058	2.208291704			0	50.10178273	N	14.61402134	E	w847	Standard GPS (2D/3D)	8	254.49339
1.3	5/11/2011 13:37		289	302	0.00233832	2.336157216			0	50.10233339	N	14.61514467	E	w847	Standard GPS (2D/3D)	8	255.65242
1.4	5/11/2011 13:37		287	290	0.002388468	2.291167546			0	50.10283361	N	14.61630298	E	w847	Standard GPS (2D/3D)	7	252.78197
1.5	5/11/2011 13:37		290	306	0.002467826	2.389058266			0	50.10327291	N	14.61752956	E	w847	Standard GPS (2D/3D)	7	253.38049
1.6	5/11/2011 13:37		285	289	0.002468564	2.36121526			0	50.10386246	N	14.61876871	E	w847	Standard GPS (2D/3D)	7	245.28406
1.7	5/11/2011 13:37		267	271	0.00245909	2.700178121			0	50.10410337	N	14.62000527	E	w847	Standard GPS (2D/3D)	8	230.45878
1.8	5/11/2011 13:37		293	295	0.002470731	2.559120124			0	50.10453177	N	14.62122816	E	w847	Standard GPS (2D/3D)	8	217.43130
1.9	5/11/2011 13:37		301	313	0.002488068	2.452076055			0	50.10486166	N	14.62253971	E	w847	Standard GPS (2D/3D)	9	220.85197
2	5/11/2011 13:38		322	341	0.002332887	2.627073163			0	50.10524643	N	14.62378527	E	w847	Standard GPS (2D/3D)	9	213.83095
2.1	5/11/2011 13:38		302	322	0.002287429	2.707665768			0	50.10562465	N	14.62504967	E	w847	Standard GPS (2D/3D)	8	206.90833
2.2	5/11/2011 13:38		310	332	0.002369533	2.442040287			0	50.1060054	N	14.62631694	E	w847	Standard GPS (2D/3D)	8	206.50435
2.3	5/11/2011 13:38		331	361	0.002371541	2.433572777			0	50.10632132	N	14.6276259	E	w847	Standard GPS (2D/3D)	9	216.21835
2.4	5/11/2011 13:38		313	337	0.002451894	2.478916829			0	50.10655712	N	14.6289693	E	w847	Standard GPS (2D/3D)	10	232.9673
2.5	5/11/2011 13:38		304	329	0.002398478	2.412087422			0	50.10681409	N	14.63032881	E	w847	Standard GPS (2D/3D)	10	248.89649
2.6	5/11/2011 13:38		318	328	0.002453406	2.673007826			0	50.1070789	N	14.63168095	E	w847	Standard GPS (2D/3D)	10	260.65929

Obr. 20 – ukázka výpisu záznamu z měřicího zařízení LTL-M, průměry měřených hodnot po 100 m

Výsledky měření jsou dále zpracovány, doplněny o staničení dané komunikace, poznámky apod. a pro názornost prezentovány v grafické podobě.

Porovnávací měření mobilních přístrojů s přenosným přístrojem

První mobilní přístroje pro měření retroreflexe se na trhu objevily koncem 90. let minulého století, ale jejich využití výrazně vzrostlo po roce 2006, kdy byla revidována norma EN 1436. S rostoucím využíváním mobilních přístrojů ovšem došlo k řadě spekulací ohledně správnosti naměřených dat a tak bylo v září roku 2010 v Belgii pod záštitou pracovní skupiny WG2 provedeno porovnávací měření 1 přenosného přístroje se 4 mobilními přístroji, které v té době byly na trhu dostupné. Na základě dohody výrobců byly mobilní přístroje náhodně označeny čísly 1 – 4 a toto označení bylo použito i při prezentaci výsledků porovnávacího měření.

Porovnávací měření bylo provedeno celkem na 21 úsecích. Na 19 úsecích byla měřena plná čára (zkušební úseky č. 1 – 20, na úseku č. 5 nedošlo k žádnému měření z důvodu vysoké intenzity provozu). Na 2 úsecích byla měřena čára přerušovaná (zkušební úseky 1L a 4L). Každý úsek byl 200 m dlouhý. Pro porovnání opakovatelnosti měření bylo na 8 úsecích provedeno každým mobilním přístrojem dvě až šest měření, zbylé úseky byly změřeny pouze jednou. Přenosný přístroj byl vždy před a po jednotlivém měření nakalibrován, aby byla zajištěna a ověřena správnost měření. Data naměřená přenosným přístrojem byla prohlášena za skutečné hodnoty retroreflexe zkušebních vzorků a s těmito hodnotami byly následně porovnány hodnoty naměřené mobilními přístroji.

Měření bylo provedeno na suchém povrchu vozovky za polojasného počasí. Přenosným přístrojem bylo na každém zkušebním úseku provedeno měření přibližně v ose vodorovného značení na místech vzdálených od sebe přibližně 6 metrů, tudíž

bylo z každého zkušebního úseku získáno 32 – 38 naměřených hodnot. Měření přenosným přístrojem na jednotlivých úsecích bylo provedeno vždy maximálně hodinu předtím, než došlo k měření mobilními přístroji. Rychlost vozidla, při které se prováděla měření mobilními přístroji, byla přibližně 50 km/h. Všechny přístroje mají shodnou geometrii měření, ale nejednotnou četnost měření a plochu snímání, proto je možné říci, že porovnávané hodnoty retroreflexe nebyly změřeny v přesně stejných bodech zkušebních vzorků.

Zkušební úsek	LTL-2000	Mobilní přístroj č. 1	Mobilní přístroj č. 2	Mobilní přístroj č. 3	Mobilní přístroj č. 4
1	110	120	101	223	157
2	260	254	257	367	293
3	279	251	265	362	254
4	260	363	213	464	327
6	353	314	355	362	348
7	247	229	231	319	239
8	263	238	255	342	254
9	178	172	154	278	183
10	242	210	251	371	293
11	365	286	359	451	359
12	383	292	375	374	383
13	215	230	238	411	321
14	359	325	342	487	390
15	338	341	351	374	406
16	307	303	312	194	325
17	231	207	159	141	239
18	359	345	328	475	399
19	489	512	434	385	477
20	507	539	541	444	581
1L	150	62	148	144	161
4L	419	176	366	405	362

Tab. 7 – Přehled hodnot retroreflexe získaných zprůměrováním 1 – 6 provedených měření na jednotlivých zkušebních úsecích ^[11]

Další poznatky získané z měření jsou uvedeny v následujících tabulkách. V prvním sloupci jsou vždy uvedené výsledky včetně zkušebních úseků 17, 1L a 4L, v druhém sloupci jsou z výše zmíněných důvodů tyto úseky vyloučeny.

Měřicí přístroj	ϵ_{acc}	ϵ_{acc}
LTL-2000	-	-
Mobilní přístroj č. 1	-8,4%	-2,7%
Mobilní přístroj č. 2	-4,8%	-3,1%
Mobilní přístroj č. 3	+23,7%	+30,2%
Mobilní přístroj č. 4	+9,1%	+10,8%

Tab. 8 – Systémové chyby jednotlivých mobilních přístrojů ϵ_{acc}

Měřicí přístroj	ϵ_{prec}	ϵ_{prec}
LTL-2000	-	-
Mobilní přístroj č. 1	14,8%	9,8%
Mobilní přístroj č. 2	7,1%	5,7%
Mobilní přístroj č. 3	26,9%	24,6%
Mobilní přístroj č. 4	10,8 %	11,2%

Tab. 9 – Náhodné chyby vzniklé při měření jednotlivými mobilními přístroji ϵ_{prec}

Měřicí přístroj	ϵ_{unc}	ϵ_{unc}
LTL-2000	-	-
Mobilní přístroj č. 1	14,8%	10,2%
Mobilní přístroj č. 2	7,4%	6,1%
Mobilní přístroj č. 3	35,0%	38,3%
Mobilní přístroj č. 4	12,4%	13,1%

Tab. 10 - Nejistoty jednotlivých mobilních přístrojů ϵ_{unc}

Měřicí přístroj	ϵ_{rep}
Mobilní přístroj č. 1	1,8%
Mobilní přístroj č. 2	1,8%
Mobilní přístroj č. 3	2,9%
Mobilní přístroj č. 4	3,3%

Tab. 11 - Opakovatelnost měření jednotlivých mobilních přístrojů

Z uvedených údajů vyplývá, že chyby a nejistoty měření získané z naměřených hodnot retroreflexe mobilními přístroji č. 1, 2 a 4 nejsou v porovnání s hodnotami naměřenými přenosným přístrojem příliš velké a některé z nich mohly vzniknout na základě toho, že každý přístroj nezměřil retroreflexi přesně stejných bodů zkušebních vzorků jako ostatní přístroje. U mobilního přístroje č. 3 jsou naopak hodnoty chyb a nejistot měření příliš vysoké, protože byla objevena chyba v kalibraci přístroje. Co se týče opakovatelnosti měření, tak bylo zjištěno, že u všech mobilních přístrojů dochází k velmi malým rozdílům při opakovaném měření retroreflexe na stejném zkušebním vzorku.

Vlastní měření měrného součinitele svítivosti R_L (retroreflexe) přenosným přístrojem Delta LTL-X

Měření měrného součinitele svítivosti R_L (retroreflexe) přenosným přístrojem bylo provedeno na zkušebním úseku, který slouží k ověřování základních vlastností hmot určených pro vodorovné dopravní značení. Zkušebním úsekem se rozumí pozemní komunikace, která vyhovuje požadavkům normy ČSN EN 1824. Zkušební úsek se musí nacházet v lokalitě, jež spadá do jedné z klimatických tříd stanovené dle uvedené normy, a to se zohledněním ročního množství srážek v dané lokalitě, průměrné roční teploty, průměrné teploty v nejchladnějším a v nejteplejším měsíci a také zimní údržby definované počtem zásahů sněhovým pluhem. Zkušební úsek musí zahrnovat plochu, na kterou budou nanášeny materiály pro vodorovné dopravní značení a určitý manipulační prostor pro přípravu vzorků a vlastní aplikaci. Silnice využívané jako zkušební úseky musí být směrově i výškově přímé, bez křížovatek, bez významnějších překážek pro denní světlo, bez zdrojů zvýšené prašnosti (např. lomy nebo výjezdy z polí) a nesmí být pojížděny pásovými vozidly. Intenzita dopravy v místě zvoleného zkušebního úseku se zjistí z posledních výsledků celostátního sčítání dopravy, procento těžkých vozidel musí tvořit 10% - 25% všech vozidel.

Vzorky jednotlivých hmot se aplikují na zkušební úsek formou buď příčných čar (tzn. příčně k ose silnice přes celou šířku jízdního pruhu) nebo formou podélných čar (tzn. podélně k ose silnice). V případě příčných čar musí být z každého materiálu pro vodorovné dopravní značení nanášeny nejméně tři čáry. Vzdálenost mezi sousedními čarami musí být nejméně 0,35 m a jejich šířka nejméně 0,15 m. Čára může být položena přes jeden nebo dva jízdní pruhy. Čáry musí být nejméně 0,13 m široké a nejméně 1,0 m dlouhé. Neoznačená vzdálenost mezi čarami je nejméně 0,5 m v podélném směru.

Hmota na vodorovné dopravní značení s materiálem na dodatečný posyp se aplikuje na suchý a předem očištěný povrch pozemní komunikace v souladu s požadavky výrobce nebo dovozce, který rovněž specifikuje druh materiálu na dodatečný posyp, dávkování hmoty i materiálu na dodatečný posyp, typ VDZ (typ I nebo II) a provedení VDZ (např. hladké nebo strukturální). Pokud je to možné, musí být materiál pro vodorovné dopravní značení pokládán pomocí samohybného zařízení, materiály na dodatečný posyp musí být pokládány mechanicky.

U příčných i podélných čar musí být prováděno měření měrného součinitele svítivosti R_L (retroreflexe) ve směru pokládky, měření drsnosti ve směru jízdy vozidel.



Obr. 21 - Zkušební úsek

V našem případě se zkušební úsek nachází na silnici I/47 u obce Hoštice-Heroltice. Na tomto zkušebním úseku bylo z 22 vzorků označených A až X vybráno po vizuálním posouzení 15 vzorků různých hmot určených pro VDZ, a to 1 folie, 5 rozpouštědlových barev, 3 plastické hmoty nanášené za studena hladké a 6 v provedení strukturálním / profilovaném plastických hmot nanášených za studena. Všechny tyto vzorky byly aplikovány v roce 2012 a jsou reprezentovány sedmi čarami aplikovanými v podélném směru. Na všech vzorcích byly provedeny dvě série měření. První série měření byla provedena 1.12.2012 na suchém povrchu vozovky, teplota vzduchu byla 5 - 7°C, polojasno. Druhá série měření byla provedena 22.4.2013 rovněž na suchém povrchu vozovky. V době měření bylo jasno a teplota vzduchu byla 21 - 22°C. Při měření retroreflexe aplikovaných vzorků bylo na jednotlivých čarách každého vzorku provedeno 5 měření, hodnota retroreflexe jednotlivých čar byla vypočítána jako aritmetický průměr 5 hodnot naměřených na dané čáře. Výsledná hodnota retroreflexe daného vzorku byla získána zprůměrováním hodnot retroreflexe jednotlivých čar. Tyto hodnoty retroreflexe byly zaříděny dle ČSN EN 1436+A1 a jsou pro vzorky A, B, E, F, H, J, L, O, Q, R, S, T, U, V a X uvedeny v následujících tabulkách včetně fotodokumentace stavu vzorků k datu měření 2. série. Všechny naměřené hodnoty retroreflexe jsou uvedeny v příloze č. 1 a 2.

Vzorek: A

Druh použité hmoty: Rozpouštědlová barva									
Měření	Retroreflexe ($\text{mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$)								Třída R_L
	1	2	3	4	5	6	7	$\emptyset R_L$	
1.12.2012	146	132	140	177	152	139	137	146	R2
22.4.2013	126	106	111	152	132	106	111	121	R2

Tab. 12 – Naměřená retroreflexe vzorku A



Obr. 22 – Vzorek A

Vzorek: B

Druh použité hmoty: Folie									
Měření	Retroreflexe ($\text{mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$)								Třída R_L
	1	2	3	4	5	6	7	$\emptyset R_L$	
1.12.2012	236	187	195	240	138	171	164	190	R3
22.4.2013	214	150	165	218	115	134	132	161	R3

Tab. 13 – Naměřená retroreflexe vzorku B



Obr. 23 – Vzorek B

Vzorek: E

Druh použité hmoty: Plastická hmota nanášená za studena										
Měření	Retroreflexe ($\text{mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$)								Ø R _L	Třída R _L
	1	2	3	4	5	6	7			
1.12.2012	185	171	192	192	176	165	182	180	R3	
22.4.2013	158	127	170	166	151	135	153	153	R3	

Tab. 14 – Naměřená retroreflexe vzorku E



Obr. 24 – Vzorek E

Vzorek: F

Druh použité hmoty: Rozpouštědlová barva										
Měření	Retroreflexe ($\text{mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$)								Ø R _L	Třída R _L
	1	2	3	4	5	6	7			
1.12.2012	151	124	127	181	125	126	120	136	R2	
22.4.2013	130	91	92	151	104	105	97	110	R2	

Tab. 15 – Naměřená retroreflexe vzorku F



Obr. 25 – Vzorek F

Vzorek: H

Druh použité hmoty: Rouzpouštědlová barva									
Měření	Retroreflexe ($\text{mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$)								Třída R_L
	1	2	3	4	5	6	7	$\emptyset R_L$	
1.12.2012	213	173	179	206	193	175	194	190	R3
22.4.2013	191	141	148	184	169	154	166	165	R3

Tab. 16 – Naměřená retroreflexe vzorku H



Obr. 26 – Vzorek H

Vzorek: J

Druh použité hmoty: Rouzpouštědlová barva									
Měření	Retroreflexe ($\text{mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$)								Třída R_L
	1	2	3	4	5	6	7	$\emptyset R_L$	
1.12.2012	219	192	241	273	228	201	207	223	R4
22.4.2013	199	168	207	237	197	170	174	193	R3

Tab. 17 – Naměřená retroreflexe vzorku J



Obr. 27 – Vzorek J

Vzorek: L

Druh použité hmoty: Plastická hmota nanášená za studena									
Měření	Retroreflexe ($\text{mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$)								Třída R_L
	1	2	3	4	5	6	7	$\emptyset R_L$	
1.12.2012	216	212	208	251	198	168	205	208	R4
22.4.2013	191	181	173	224	172	136	164	177	R3

Tab. 18 – Naměřená retroreflexe vzorku L



Obr. 28 – Vzorek L

Vzorek: O

Druh použité hmoty: Stříkaná plastická hmota									
Měření	Retroreflexe ($\text{mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$)								Třída R_L
	1	2	3	4	5	6	7	$\emptyset R_L$	
1.12.2012	212	180	252	257	206	174	197	211	R4
22.4.2013	183	149	211	231	186	141	165	181	R3

Tab. 19 – Naměřená retroreflexe vzorku O



Obr. 29 – Vzorek O

Vzorek: Q

Druh použité hmoty: Plastická hmota nanášená za studena, strukturální									
Měření	Retroreflexe ($\text{mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$)								Třída R_L
	1	2	3	4	5	6	7	$\emptyset R_L$	
1.12.2012	237	252	232	294	217	230	216	238	R4
22.4.2013	207	224	196	267	175	205	182	208	R4

Tab. 20 – Naměřená retroreflexe vzorku Q



Obr. 30 – Vzorek Q

Vzorek: R

Druh použité hmoty: Rozpouštědlová barva									
Měření	Retroreflexe ($\text{mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$)								Třída R_L
	1	2	3	4	5	6	7	$\emptyset R_L$	
1.12.2012	226	195	211	238	193	163	172	200	R4
22.4.2013	201	164	175	208	165	132	137	169	R3

Tab. 21 – Naměřená retroreflexe vzorku R



Obr. 31 – Vzorek R

Vzorek: S

Druh použité hmoty: Plastická hmota nanášená za studena, strukturální										
Měření	Retroreflexe ($\text{mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$)								Ø R _L	Třída R _L
	1	2	3	4	5	6	7			
1.12.2012	382	304	406	369	341	325	315	349	R5	
22.4.2013	348	277	373	331	307	293	281	316	R5	

Tab. 22 – Naměřená retroreflexe vzorku S



Obr. 32 – Vzorek S

Vzorek: T

Druh použité hmoty: Plastická hmota nanášená za studena, strukturální										
Měření	Retroreflexe ($\text{mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$)								Ø R _L	Třída R _L
	1	2	3	4	5	6	7			
1.12.2012	186	162	196	250	215	195	202	201	R4	
22.4.2013	162	130	153	225	183	159	178	170	R3	

Tab. 23 – Naměřená retroreflexe vzorku T



Obr. 33 – Vzorek T

Vzorek: U

Druh použité hmoty: Plastická hmota nanášená za studena, strukturální										
Měření	Retroreflexe ($\text{mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$)								Ø R _L	Třída R _L
	1	2	3	4	5	6	7			
1.12.2012	189	184	179	253	217	185	208	202	R4	
22.4.2013	166	147	145	227	193	150	184	173	R3	

Tab. 24 – Naměřená retroreflexe vzorku U

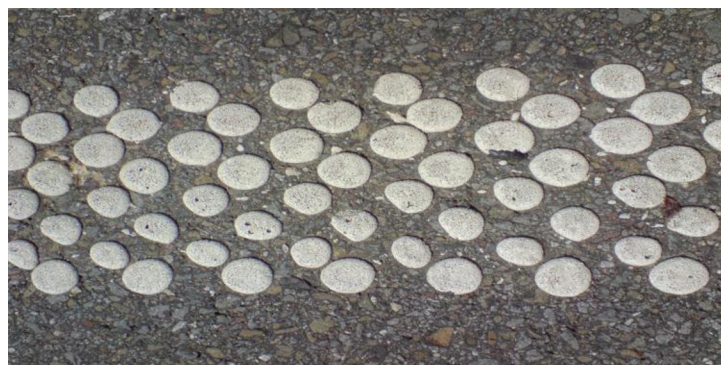


Obr. 34 – Vzorek U

Vzorek: V

Druh použité hmoty: Plastická hmota nanášená za studena, strukturální										
Měření	Retroreflexe ($\text{mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$)								Ø R _L	Třída R _L
	1	2	3	4	5	6	7			
1.12.2012	194	262	292	367	241	219	218	256	R4	
22.4.2013	171	231	257	330	214	180	185	224	R4	

Tab. 25 – Naměřená retroreflexe vzorku V

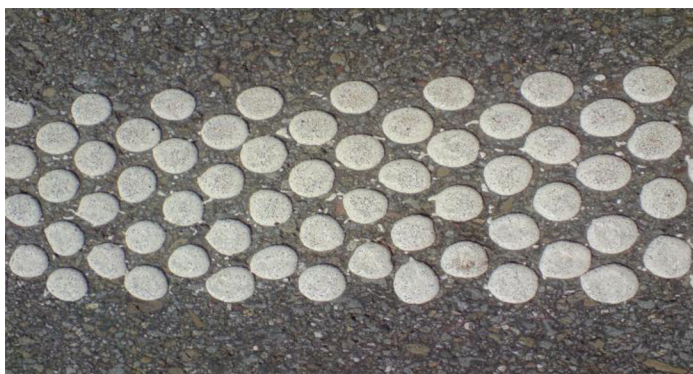


Obr. 35 – Vzorek V

Vzorek: X

Druh použité hmoty: Plastická hmota nanášená za studena, strukturální									
Měření	Retroreflexe ($\text{mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$)							Výsledná R_L	Třída R_L
	1	2	3	4	5	6	7		
1.12.2012	286	267	396	382	289	247	279	306	R5
22.4.2013	261	233	360	350	256	210	243	275	R4

Tab. 26 – Naměřená retroreflexe vzorku X



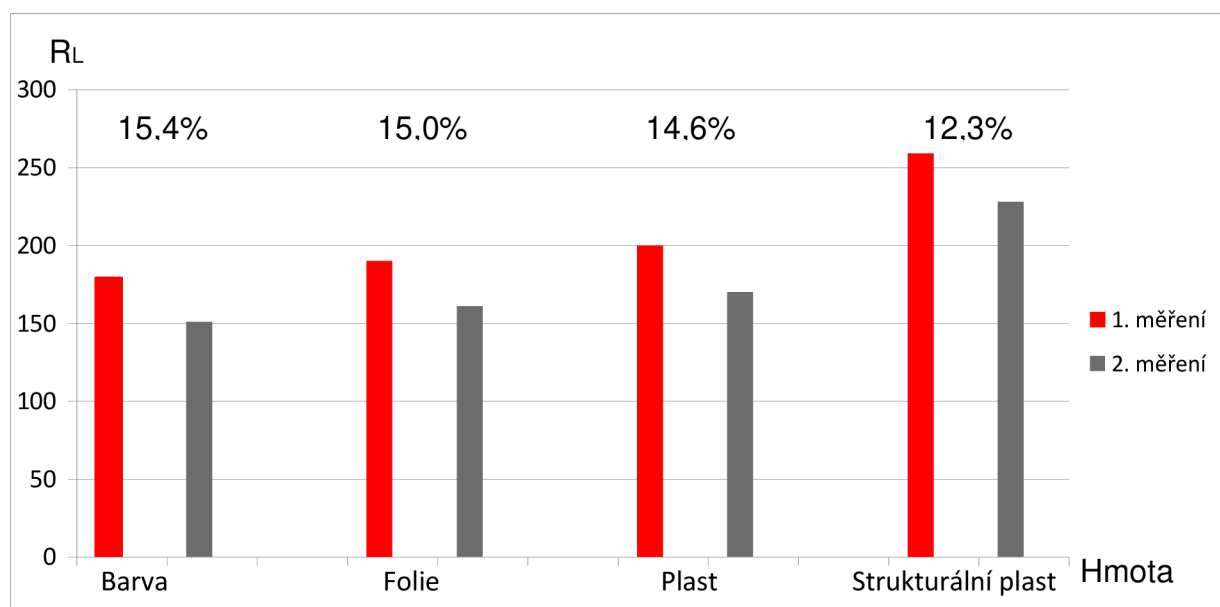
Obr. 36 – Vzorek X

Vyhodnocení

Na základě dosažených výsledků je možné konstatovat, že u všech vzorků byl mezi první a druhou sérií měření zaznamenán pokles retroreflexe, a to od 10% do 19%. Při porovnání poklesu retroreflexe na čarách je však rozdíl výraznější, pohybuje se od 8% do 27%, přičemž u jednoho vzorku rozpouštědlové barvy byly při druhé sérii měření na 3 čarách naměřeny již nevyhovující hodnoty. Je zřejmý také rozdíl v retroreflexi mezi jednotlivými čarami každého vzorku. Nejvíce patrný pokles o 15,4% byl zjištěn u vzorků zhotovených z rozpouštědlových barev, zatímco u vzorků strukturálního / profilovaného značení pouze o 12,3%. Obecně nejnižší naměřené hodnoty retroreflexe byly zaznamenány rovněž na vzorcích z barev, což potvrzuje také zařazení retroreflexe dle ČSN EN 1436+A1 do tříd. U této skupiny vzorků je 40% v nejnižší třídě R2 a žádný vzorek ve třídě R5. U vzorků strukturálního / profilovaného značení však není žádný vzorek ve třídě R2, ale naopak 25% vzorků je v nejvyšší třídě R5. Absolutně nejnižší hodnoty retroreflexe byly naměřeny opět na vzorku barvy - $91 \text{ mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$, naopak nejvyšší hodnota retroreflexe byla naměřena na vzorku ze strukturálního / profilovaného značení - $406 \text{ mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$. Obecně lze tedy říci, že z měřeného souboru vzorků, resp. čar, vykazují nejlepší retroreflexi vzorky zhotovené ze strukturálního / profilovaného značení.

	Ø RL - barvy	Ø RL - folie	Ø RL - plastu	Ø RL - strukturálního plastu
1. měření	179	190	200	259
2. měření	151	161	170	228
Ø pokles RL v %	15,4	15,0	14,6	12,3

Tab. 27 - Pokles retroreflexe u jednotlivých typů hmot v $\text{mcd.m}^{-2}.\text{lx}^{-1}$



Obr. 37 – Pokles retroreflexe u jednotlivých typů hmot v %

Vlastní měření měrného součinitele svítivosti R_L (retroreflexe) mobilním přístrojem Delta LTL-M

V našem případě byly do této kapitoly vybrány úseky silnic sledované v rámci projektu TA02031156 - Optimalizace hospodaření s vodorovným dopravním značením, který řeší společnost Silniční vývoj – ZDZ spol. s r.o. společně s ústavem pozemních komunikací na stavební fakultě VUT v Brně. Cílem projektu je vytvoření nástroje pro optimalizaci nakládání s finančními prostředky určenými na obnovu vodorovného dopravního značení – Systém hospodaření s VDZ.

Pro tuto práci bylo vybráno 9 úseků v celkové délce 73,0 km, z toho dálnice jsou zastoupeny úseky o celkové délce 4,0 km, rychlostní komunikace reprezentuje úsek o délce 5,5 km, silnice I. třídy jsou zastoupeny úseky o celkové délce 48,5 km a silnice II. třídy reprezentuje úsek o délce 15,0 km.

Dálnice D11

Úsek: km 68,5 – 70,5

Popis úseku: Úsek se nachází na dálnici D11 v rovinném, místy zalesněném území u obce Chýšť.

Popis vzorku: Vodící čára pravá směr Hradec Králové

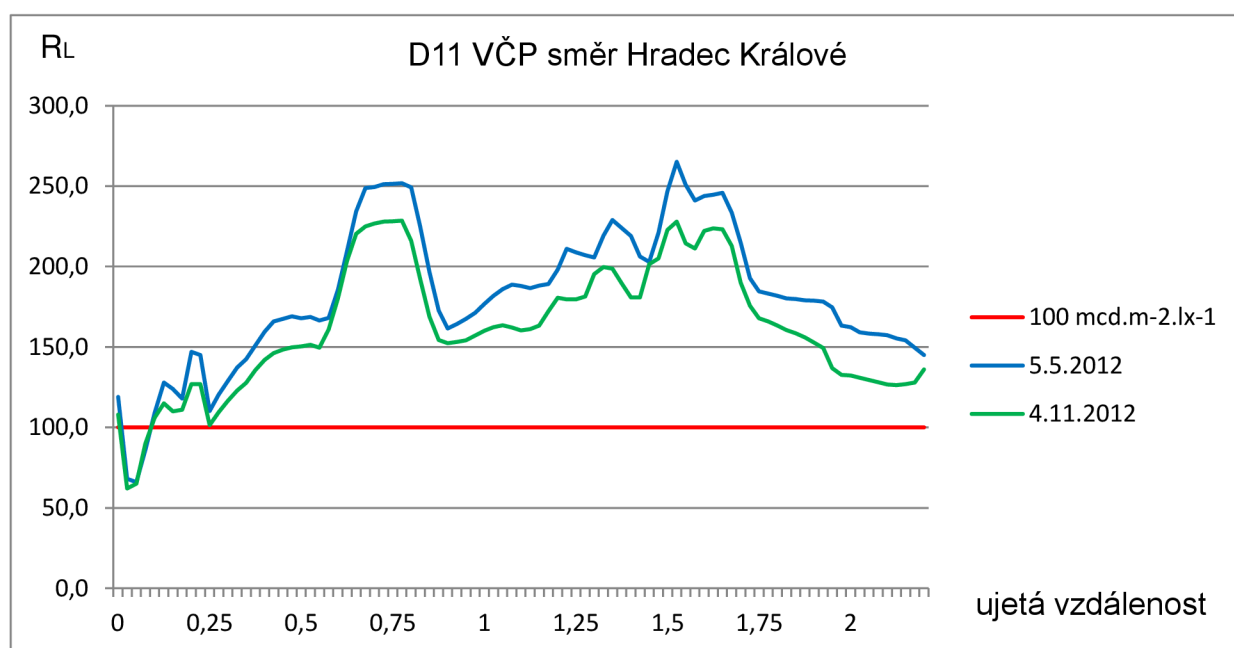
Povrch vozovky: Beton, přemostění asfalt

Značení: Plast

Datum pokládky značení: Podzim 2011

Intenzita dopravy dle sčítání dopravy 2010: 15394

Datum měření: 5.5.2012 a 4.11.2012



Obr. 38 – Retroreflexe na dálnici D11, VČP, směr Hradec Králové, km 68,5 – 70,5



Obr. 39 – Dálnice D11, VČP, ujetá vzdálenost 0,55 km

Dálnice D11

Úsek: km 68,5 – 70,5

Popis úseku: Úsek se nachází na dálnici D11 v rovinném, místy zalesněném území u obce Chýšť.

Popis vzorku: Dělicí čára směr Hradec Králové

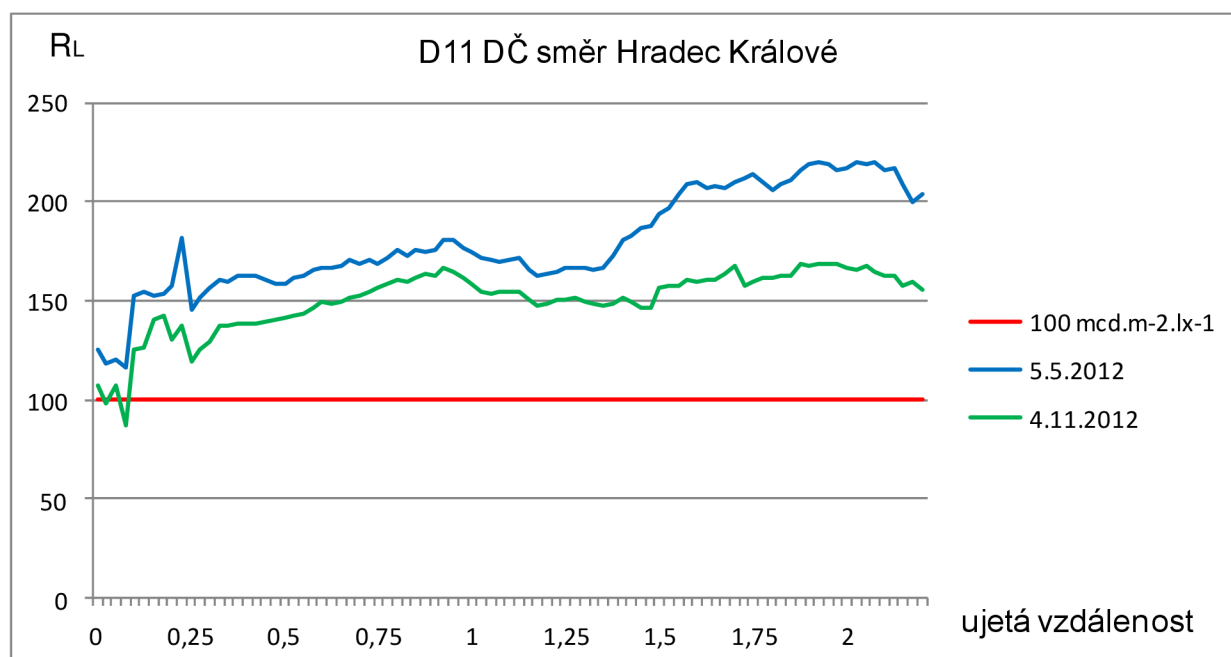
Povrch vozovky: Beton, přemostění asphalt

Značení: Plast

Datum pokládky značení: Podzim 2011

Intenzita dopravy dle sčítání dopravy 2010: 15394

Datum měření: 5.5.2012 a 4.11.2012



Obr. 40 – Retroreflexe na dálnici D11, DČ, směr Hradec Králové, km 68,5 – 70,5



Obr. 41 – Dálnice D11, DČ, ujetá vzdálenost 0,55 km

Rychlostní komunikace R4

Úsek: Mirovice - Předotice

Popis úseku: Úsekem je rychlostní komunikace procházející mírně zvlněným územím převážně zemědělského charakteru.

Popis vzorku: Dělicí čára směr Předotice

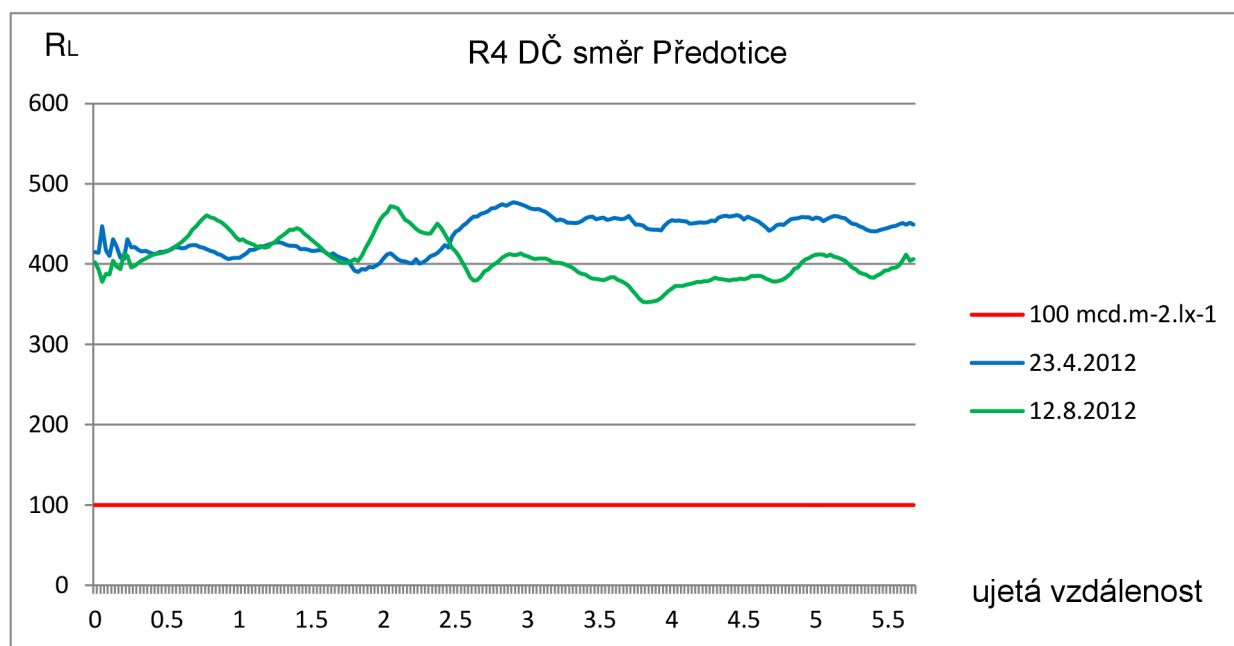
Povrch vozovky: Asfalt

Značení: Barva

Datum pokládky značení: Červenec 2011

Intenzita dopravy dle sčítání dopravy 2010: 10938

Datum měření: 23.4.2012 a 12.8.2012



Obr. 42 – Retroreflexe na rychlostní komunikaci R4, DČ, směr Předotice, úsek Mirovice - Předotice



Obr. 43 – Rychlostní komunikace R4, DČ, ujetá vzdálenost 2,20 km

Silnice I/50

Úsek: Holubice - Slavkov u Brna

Popis úseku: Úsek se nachází ve zvlněné, zemědělsky využívané oblasti mezi Slavkovem u Brna a dálnicí D1.

Popis vzorku: Dělicí čára směr Slavkov u Brna

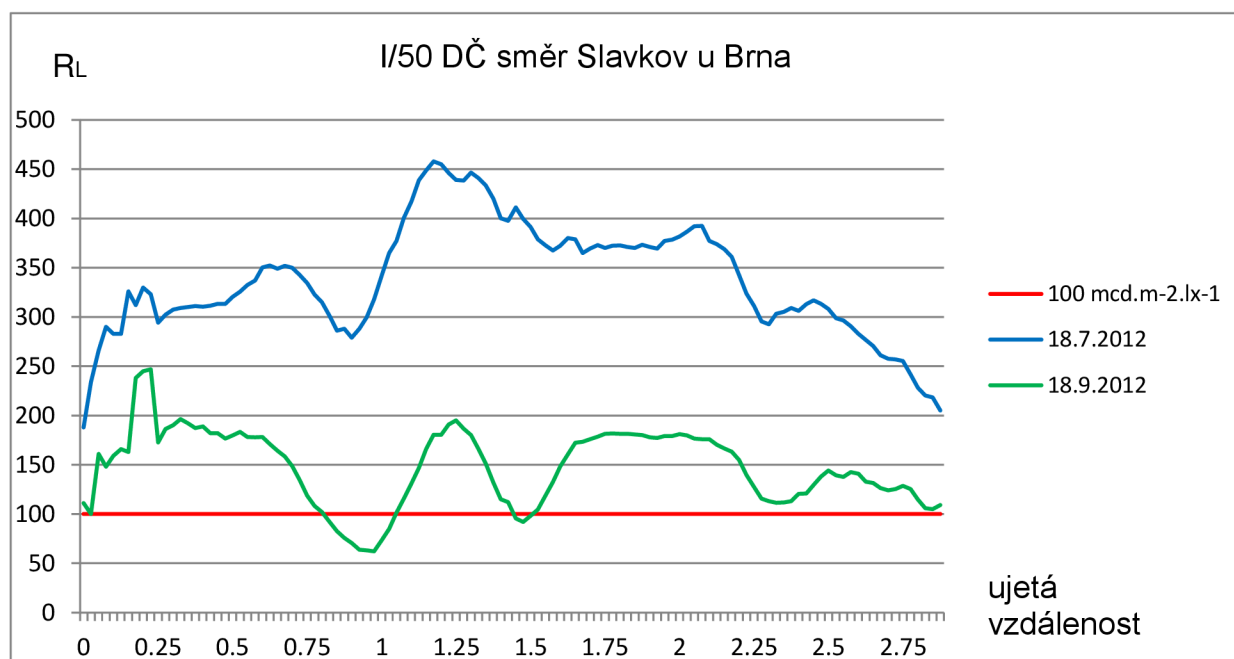
Povrch vozovky: Asfalt

Značení: Kombinace barvy a strukturálního plastu

Datum pokládky značení: Říjen 2011

Intenzita dopravy dle sčítání dopravy 2010: 17693

Datum měření: 18.7.2012 a 18.9.2012



Obr. 44 – Retroreflexe na silnici I/50, DČ, směr Slavkov u Brna, úsek Holubice – Slavkov u Brna



Obr. 45 – Silnice I/50, DČ, ujetá vzdálenost 1,90 km

Silnice I/50

Úsek: hranice okresu Uherské Hradiště - Buchlovice

Popis úseku: Úsek se nachází ve zvlněném terénu Buchlovských kopců, převážně zalesněné území, vyšší počet směrových oblouků, ve směru od Brna po většině délky úseku dva jízdní pruhy.

Popis vzorku: Dělicí čára směr Brno

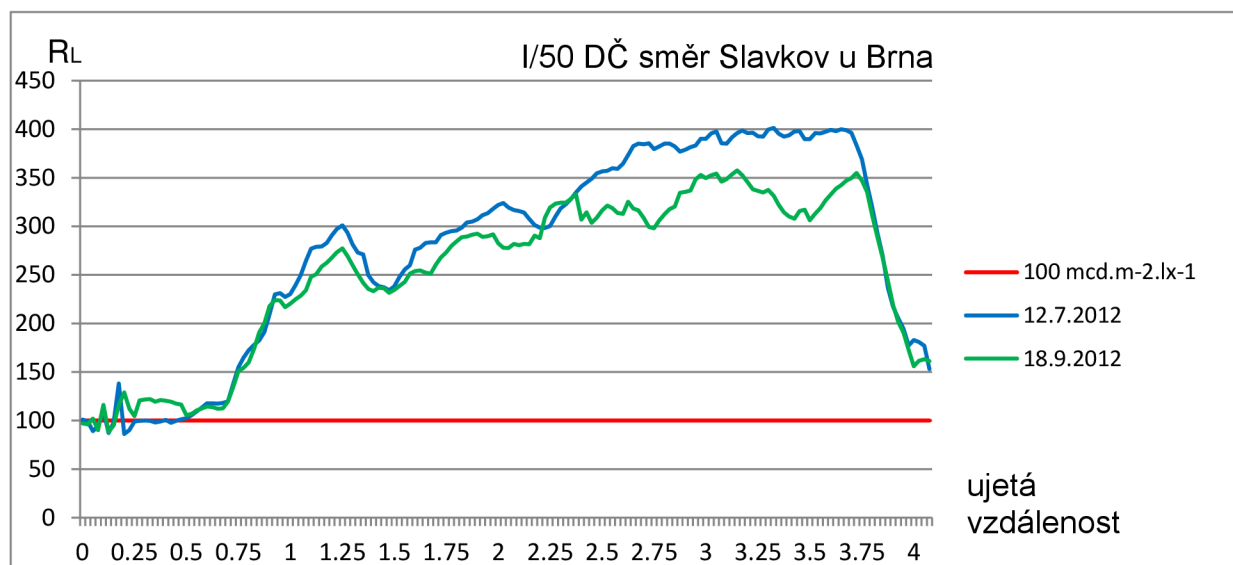
Povrch vozovky: Asfalt

Značení: Strukturální plast

Datum pokládky značení: Říjen 2011

Intenzita dopravy dle sčítání dopravy 2010: 8819

Datum měření: 12.7.2012 a 18.9.2012



Obr. 46 – Retroreflexe na silnici I/50, DČ, směr Slavkov u Brna, úsek hranice okresu Uherské Hradiště - Buchlovice



Obr. 47 – Silnice I/50, DČ, ujetá vzdálenost 1,20 km

Silnice I/57

Úsek: Valašské Příkazy – hraniční přechod Brumov

Popis úseku: Úsek se nachází ve zvlněném a zalesněném území Javorníků a Bílých Karpat, vede skrz obce Valašské Klobouky a Brumov-Bylnice až na státní hranici se Slovenskou republikou.

Popis vzorku: Dělicí čára směr hraniční přechod Brumov

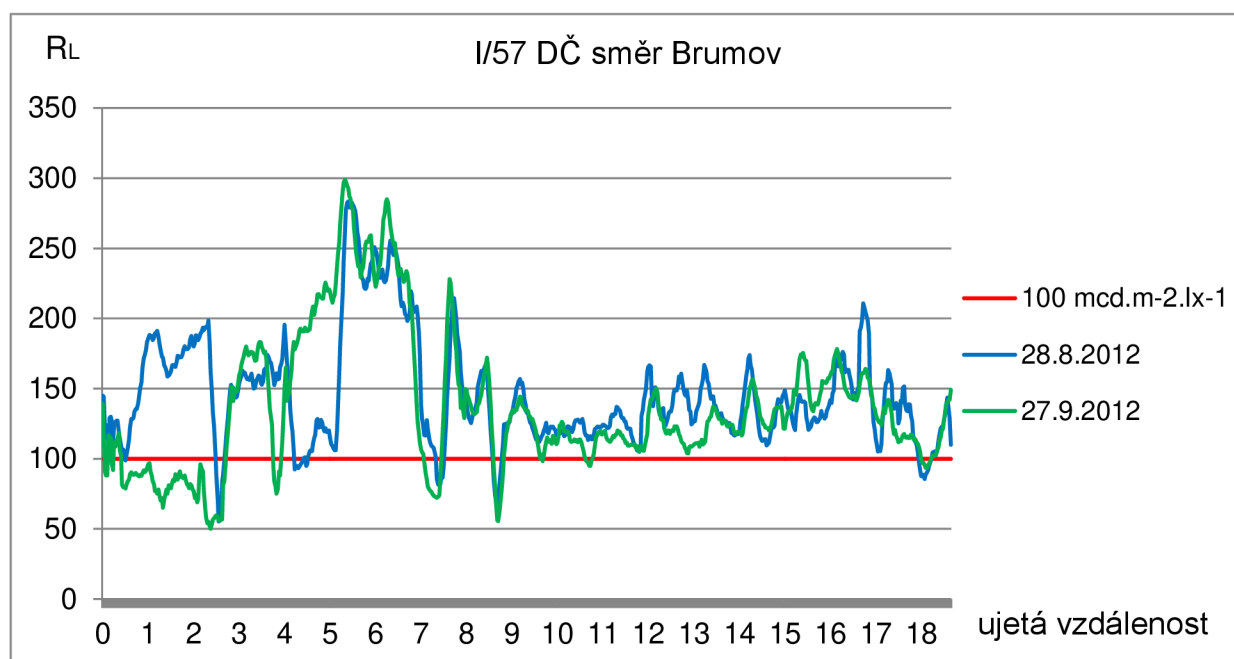
Povrch vozovky: Asfalt

Značení: Barva

Datum pokládky značení: Podzim 2011

Intenzita dopravy dle sčítání dopravy 2010: 5009

Datum měření: 28.8.2012 a 27.9.2012



Obr. 48 – Retroreflexe na silnici I/57, DČ, směr Brumov, úsek Valašské Příkazy - Brumov



Obr. 49 – Silnice I/57, DČ, ujetá vzdálenost 4,90 km

Silnice I/57

Úsek: Valašské Příkazy – hraniční přechod Brumov

Popis úseku: Úsek se nachází ve zvlněném a zalesněném území Javorníků a Bílých Karpat, vede skrz obce Valašské Klobouky a Brumov-Bylnice až na státní hranici se Slovenskou republikou.

Popis vzorku: Vodící čára směr Valašské Příkazy

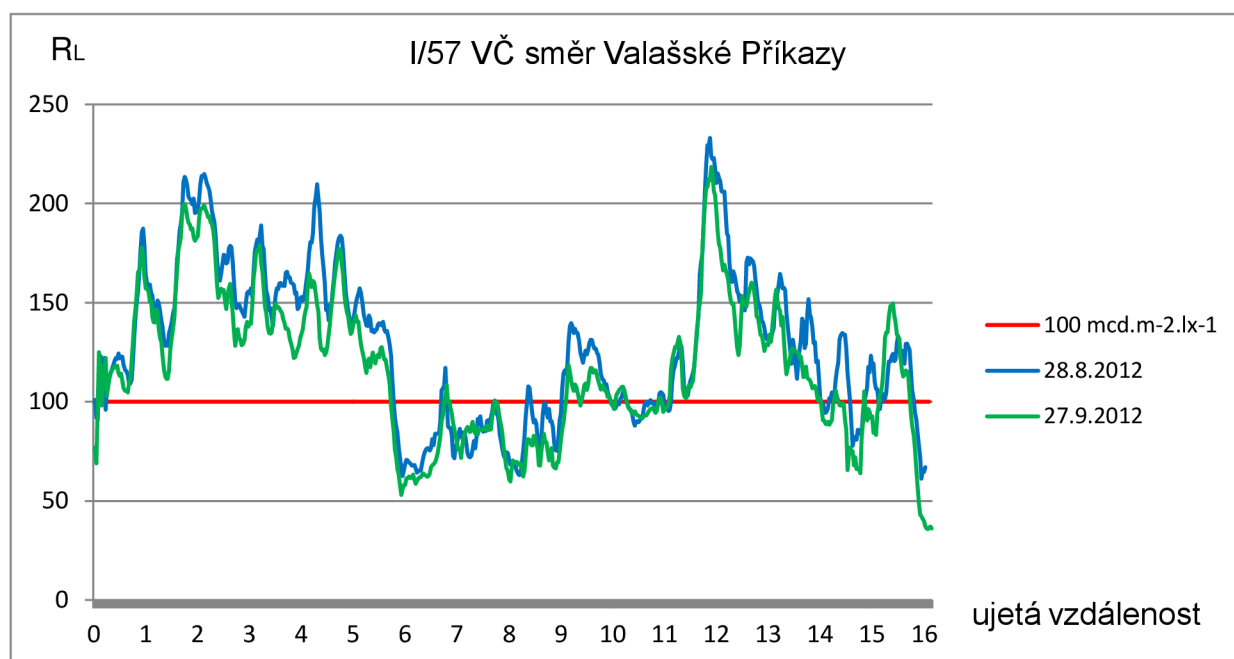
Povrch vozovky: Asfalt

Značení: Barva

Datum pokládky značení: Podzim 2011

Intenzita dopravy dle sčítání dopravy 2010: 5009

Datum měření: 28.8.2012 a 27.9.2012



Obr. 50 – Retroreflexe na silnici I/57, VČ, směr Valašské Příkazy, úsek Valašské Příkazy – Brumov



Obr. 51 - Silnice I/57, VČ, ujetá vzdálenost 11,80 km

Silnice I/54

Úsek: Slavkov u Brna – hranice okresu Vyškov

Popis úseku: Úsek se nachází ve zvlněném, částečně zalesněném území, začíná v obci Slavkov u Brna a vede skrz obec Nížkovice.

Popis vzorku: Dělicí čára směr hranice okresu Vyškov

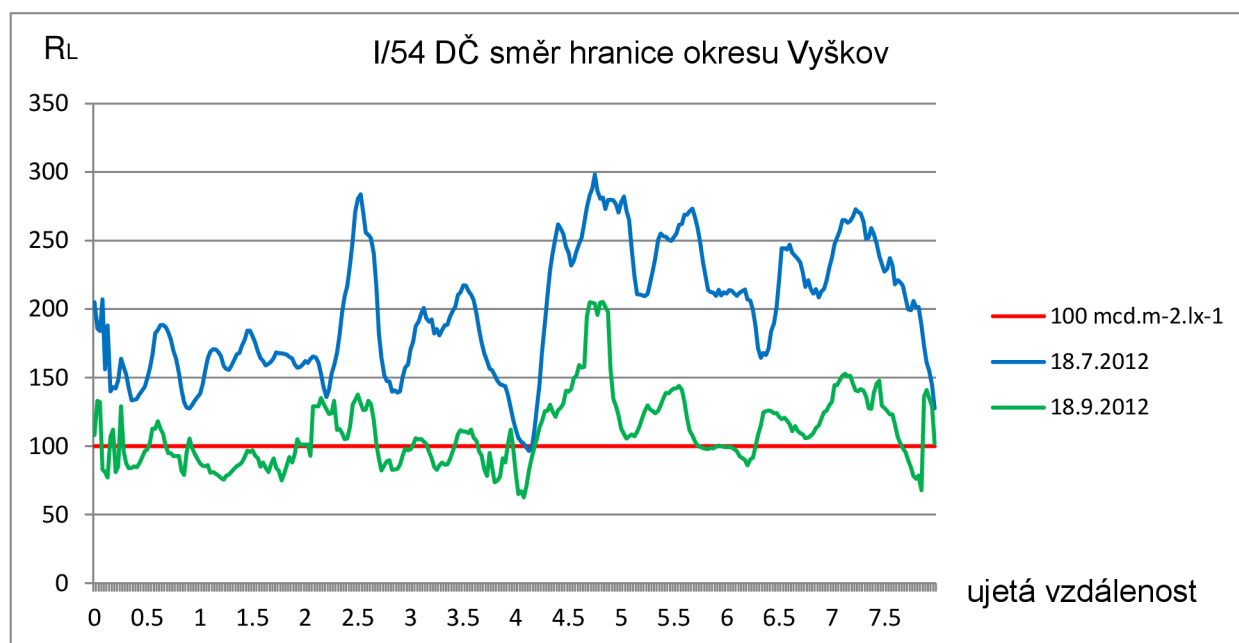
Povrch vozovky: Asfalt

Značení: Kombinace barvy a plastu

Datum pokládky značení: Říjen 2011

Intenzita dopravy dle sčítání dopravy 2010: 5758

Datum měření: 18.7.2012 a 18.9.2012



Obr. 52 – Retroreflexe na silnici I/54, DČ, směr hranice okresu Vyškov, úsek Slavkov u Brna – hranice okresu Vyškov



Obr. 53 – Silnice I/54 DČ, ujetá vzdálenost 5,60 km

Silnice II/431

Úsek: Bohdalice – hranice okresu Hodonín

Popis úseku: Úsek se nachází na silnici II. třídy ve vlněném a zemědělsky využívaném území, konec úseku se pak nachází v zalesněném území. Silnice vede skrz obec Bučovice, kde kříží silnici I/50.

Popis vzorku: Dělicí čára směr hranice okresu Hodonín

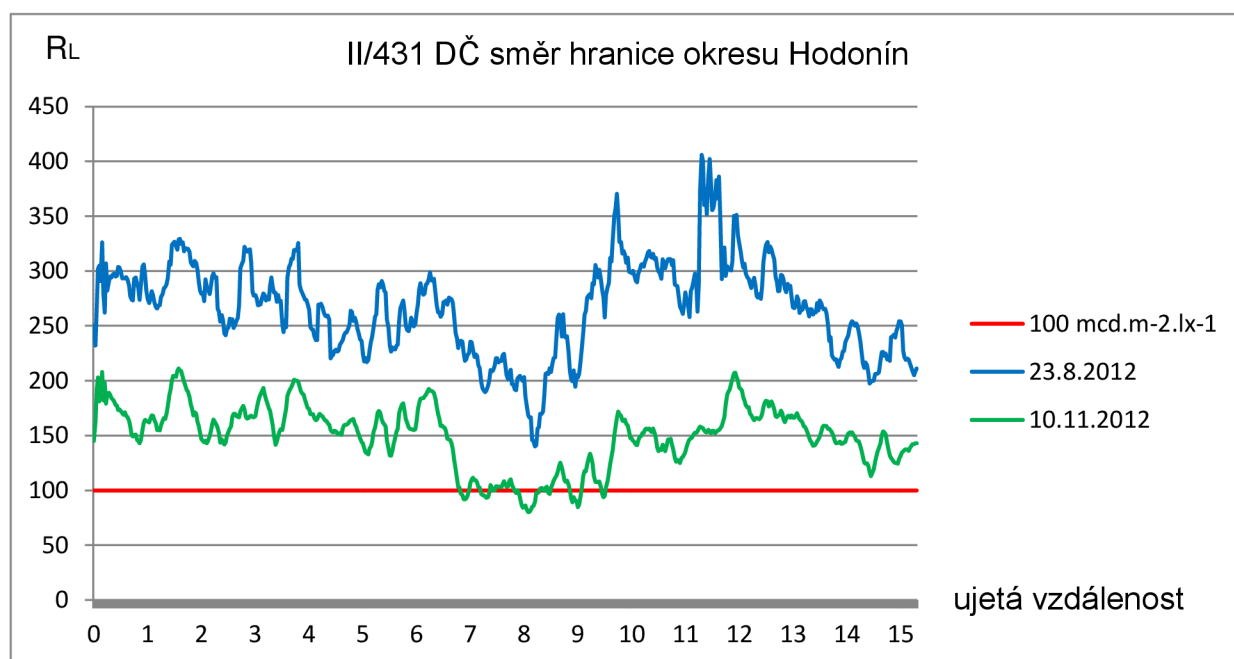
Povrch vozovky: Asfalt

Značení: Barva

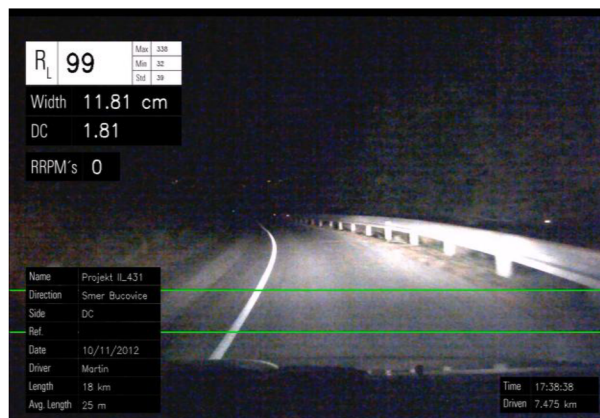
Datum pokládky značení: Květen 2012

Intenzita dopravy dle sčítání dopravy 2010: 4131

Datum měření: 23.8.2012 a 10.11.2012



Obr. 54 – Retroreflexe na silnici II/431, DČ, směr hranice okresu Hodonín, úsek Bohdalice – hranice okresu Hodonín



Obr. 55 – Silnice II/431 DČ, ujetá vzdálenost 7,30 km

Vyhodnocení

Z provedených měření retroreflexe VDZ mobilním přístrojem Delta LTL-M na vybraných úsecích vyplývá, že nejvyšší hodnoty retroreflexe byly naměřeny na rychlostní komunikaci R4 na dělicí čáře v úseku Mirovice – Předotice, kde se hodnoty retroreflexe i po druhém měření provedeném v srpnu roku 2012 pohybují okolo $400 \text{ mcd.m}^{-2}.\text{lx}^{-1}$. Průměrný pokles retroreflexe na tomto úseku je 7,0%. Zajímavostí je, že v úseku ujeté vzdálenosti 0,5 - 2,5 km je vyšší hodnota retroreflexe naměřená při druhém měření, což mohlo být způsobeno větším ponořením balotiny do hmoty při provádění VDZ.

Nejnižší hodnoty retroreflexe byly naměřeny na dálnici D11 na dělicí čáře ve směru na Hradec Králové, kde pouze na konci úseku při prvním měření hodnoty retroreflexe přesáhly hranici $200 \text{ mcd.m}^{-2}.\text{lx}^{-1}$. Průměrný pokles retroreflexe na tomto úseku je 16,3%. Na vodící čáře pravé, měřené na dálnici D11 ve stejném úseku jako dělicí čára, můžeme pozorovat vyšší hodnoty retroreflexe (místy až $250 \text{ mcd.m}^{-2}.\text{lx}^{-1}$) a nižší pokles retroreflexe než u dělicí čáry, což může být následkem menšího počtu přejezdů na vodící čáře pravé oproti dělicí čáře.

K dalším úsekům, kde došlo k naměření nízkých hodnot retroreflexe, patří dělicí a vodící čára na silnici I/57 v úseku Valašské Příkazy – hraniční přechod Brumov. Tento jev mohl být způsoben geografickou polohou úseku na území Javorníků a Bílých Karpat, kde se dá předpokládat rozsáhlejší zimní údržbou, než je tomu u ostatních úseků. Je třeba zmínit, že vodící čára v cca polovině délky úseku nesplňuje požadavek na minimální hodnotu retroreflexe. Vysoký rozdíl v retroreflexi na dělicí čáře na začátku úseku mezi prvním a druhým měřením je způsoben průběhem prací na silnici v době druhého měření, rozdíl v retroreflexi mezi prvním a druhým měřením na pátém kilometru opět na vodící čáře byl způsoben obnovením VDZ v daném úseku (viz obr.).

Nejvyšší pokles retroreflexe (o 56,4% během dvou měsíců) můžeme pozorovat na silnici I/50 v úseku Holubice – Slavkov u Brna. Příčinou může být nesprávný postup při pokládce značení, vyšší intenzity dopravy (včetně nákladní dopravy) na daném úseku nebo také provedení VDZ z barvy v některých místech tohoto úseku. Kromě toho je třeba zmínit, že při druhém měření již v některých místech došlo k poklesu retroreflexe pod hodnotu $100 \text{ mcd.m}^{-2}.\text{lx}^{-1}$. Na úseku mezi hranicemi okresu Uherské Hradiště – Buchlovice, nacházejícím se též na silnici I/50 můžeme konstatovat, že i přes jeho méně příznivou geografickou polohu oproti předchozímu měřenému úseku lze pozorovat výrazně nižší pokles retroreflexe, což mohlo být způsobeno nižší intenzitou dopravy v daném místě a provedením značení ze strukturálního plastu.

Dalším úsekem, u kterého došlo k výraznému poklesu retroreflexe, a to o 44,6% je silnice I/54 mezi Slavkovem u Brna a hranicí okresu Vyškov. Toto lze vysvětlit nesprávným zhotovením VDZ. I v tomto případě je nutné zmínit, že cca polovina úseku vykazuje nevyhovující hodnoty retroreflexe.

Na silnici II/431 v úseku mezi obcemi Bohdalice a hranicí okresu Hodonín bylo provedeno VDZ za použití barvy v květnu roku 2012. Vzhledem k tomu, že značení nebylo před jednotlivými měřeními ovlivněno zimní údržbou, tak i přesto lze v některých místech u druhého měření pozorovat pokles hodnot retroreflexe pod $100 \text{ mcd.m}^{-2}.\text{lx}^{-1}$, což svědčí rovněž o možném nekvalitním způsobu pokládky VDZ na daném úseku.

Úsek	Ø RL 1. měření	Ø RL 2. měření	Ø Pokles RL
Dálnice D11, DČ	180	150	16,3%
Dálnice D11, VČP	182	162	11,0%
Rychlostní komunikace R4, DČ	437	406	7,0%
Silnice I/50, DČ Holubice - Slavkov u Brna	337	147	56,4%
Silnice I/50, DČ hr. okresu Uherské Hradiště - Buchlovice	276	252	8,7%
Silnice I/57, DČ	146	138	5,7%
Silnice I/57, VČP	128	117	8,1%
Silnice I/54, DČ	196	109	44,6%
Silnice II/431, DČ	267	150	43,8%

Tab. 28 - Průměrný pokles retroreflexe u úseků měřených mobilním přístrojem Delta LTL-M

Seznam použité literatury:

- [1] ČSN EN 1436+A1. *Vodorovné dopravní značení - Požadavky na dopravní značení*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- [2] ČSN EN 1824. *Vodorovné dopravní značení – Materiály pro dopravní značení – Zkoušení na zkušebních úsecích*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [3] TP 70. *Zásady pro provádění a zkoušení vodorovného dopravního značení na pozemních komunikacích*. Brno: Silniční vývoj – ZDZ spol. s.r.o., 2005.
- [4] Zákon č. 361/2000 Sb. o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů (zákon o silničním provozu), Praha, Ministerstvo dopravy a spojů, 2012, v aktuálním znění.
- [5] Vyhláška č. 30/2001 Sb. kterou se provádějí pravidla provozu na pozemních komunikacích a úprava a řízení provozu na pozemních komunikacích, Praha, Ministerstvo dopravy a spojů, 2001, v aktuálním znění.
- [6] Zehntner GmbH Testing Instruments [online]. [cit. 2013-03-10]. Dostupné z: www.zehntner.com.
- [7] Swarco Traffic [online]. [cit. 2013-03-15]. Dostupné z: www.swarco.com.
- [8] Delta [online]. [cit. 2013-03-29]. Dostupné z: www.madebydelta.com.
- [9] COST 331 - Requirements for Horizontal Road Marking, Office for Official Publications of the European Communities, 1999, ISBN 92-828-6506-1.
- [10] Projekt TA02031156 - Optimalizace hospodaření s vodorovným dopravním značením, Technologická agentura ČR, 2012 (v řešení).
- [11] Draft report of the first round robin test for mobile reflectometers, L. Goubert (BRRC) – S.O.Lundkvist (VTI), BRRC, 2011.

Seznam příloh

Příloha č. 1 – Přehled výsledků měření retroreflexe na zkušebním úseku 1.12.2012

Příloha č. 2 - Přehled výsledků měření retroreflexe na zkušebním úseku 22.4.2013