

Přínos využití 3D přístupu při realizaci rekonstrukce silnice I/2 průtah Říčany u Prahy

Ing. Petr Douša, Control System International a.s.
Ing. Lukáš Kutil, Control System International a.s.
Ing. Marek Přikryl, Ph.D., Control System International a.s.

Anotace

Zadání investora - obnova obrusné vrstvy s prioritou dosažení výrazného zlepšení hlukových poměrů užitím takové obrusné vrstvy vozovky, která svými fyzikálně-technickými parametry a provedením rovinatostí povrchu zajistí snížení hlukových emisí na okolní zástavbu.

Pro frézování v rámci projektu byl využit systém dálkového řízení frézování (automatická nivelace frézy) na cca 25% 2,7km úseku, díky čemuž byla pozitivně ovlivněna kvalita rovnosti podkladu i rovinatost následujících asfaltových vrstev. Na zbytku úseku byly vytyčeny a vyznačeny výškové rozdíly (mocnost frézování) na povrch stávající asfaltové vrstvy geodetem stavby pro obsluhu frézy.

Příspěvek ukáže rozdíly při použití automatické nivelace frézy a při použití navigace obsluhy frézy pomocí vyznačení výškových rozdílů na povrch vozovky. Kontrola geometrické kvality v obou případech byla provedena přesným laserovým skenováním (mocnost vrstvy, rovinatost, podélné a příčné sklony, dodržení výšek, odtokové poměry atd.) a 3D informace byly předány objednateli pomocí on-line informačního kanálu www.3ddata.cz.

Jako obrusná vrstva byla použita tenká obrusná vrstva s nízkou hlučností a protismykovými vlastnostmi VIAPHONE® položená na novou nebo stávající ložnou, či podkladní vrstvu.

Na projektu spolupracovaly tyto společnosti:

EUROVIA CS, a. s. - zhotovitel stavby, zhotovitel 3D digitálního terénu
SITECH CZ, s. r. o. – dodání nivelačního systému 3D
Control System International, a. s. – provedení technického 3D měření technologií laserového skenování a pořízení podkladů pro kontrolu 3D kvality.

Úvod

Článek prezentuje postup pořízení 3D dat (digitální model terénu; DMT) - mapových podkladů pro projekt rovinatosti asfaltové vrstvy (digitální model projektu; DMP) a následné využití DMP pro vlastní rekonstrukci vozovky. Využití 3D podrobných modelů (DMT, DMP) je možnost jak zpřesnit projektovou dokumentaci a následně optimalizovat náklady na vlastní rekonstrukci.

Zaměření článku se zabývá efektivním využitím přesných 3D dat pro potřeby přípravy stavby a následné rekonstrukce v následujících kapitolách:

- Popis úseku
- Zaměření před rekonstrukcí
- Digitální model projektu rovinatosti (DMP)
- Frézování
 - Automatická nivelace frézy
 - Vytyčování pro nivelaci frézy
- Asfaltování
- Závěr

Popis úseku

Realizace rekonstrukce vozovky s 3D přístupem bylo využito na komunikaci I/2 Černokostelecká průtah Říčany u Prahy v délce 2,7km. Tato komunikace je dvoupruhová směrově nerozdělená, obousměrně poježděná s odstavnými pruhy pro parkování. Koruna pozemní komunikace je v průměru 7m široká, pouze v křižovatkových úsecích je rozšířena o odbočovací pruhy. Celý úsek prochází přes město Říčany, nacházející se cca 5 km jihovýchodně od Prahy. Denně zde projede přes dvacet tisíc aut.

Technické 3D měření a zpracování dat



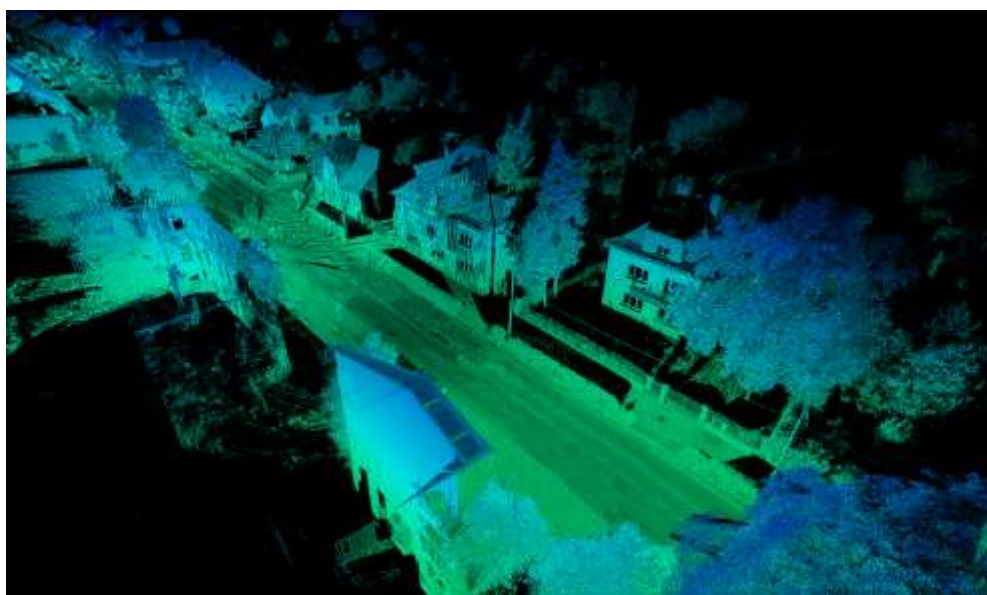
Obrázek 1

Bodové pole

Na celém úseku bylo vybudováno bodové pole stabilizované nastřelovacími hřeby s hustotou přibližně každých 90 m jeden bod. Poloha bodového pole byla zaměřena pomocí GNSS se směrodatnou polohovou odchylkou 0,015m a výšky bodů byly určeny nivelací s přesností technické nivelace zvýšené přesnosti.

3D měření metodou laserového skenování stop&go

Úsek byl zaměřen pomocí technického 3D měření s přesností (do 5mm výškové směrodatné odchylky) metodou laserového skenování stop&go (obrázek 1). Jednotlivé scanpozice byly měřeny přibližně po 30 m. Poloha skeneru byla měřena pomocí GPS s referenční stanicí a výška skeneru byla určena pomocí vličovacích bodů na asfaltu. Tyto vličovací body na asfaltu byly zaměřeny trigonometricky totální stanicí z bodového pole stavby. Výsledná polohová přesnost mračen bodů odpovídá GPS měření, tedy 2 cm v poloze a výška modelu byla vyrovnána na plošky se směrodatnou výškovou odchylkou 3 mm. Výsledkem měření jsou mračna bodů s hustotou větší než 2000 bodů na 1m² (obrázek 2).



Obrázek 2

3D data - digitální model terénu (DMT)

Zpracování mračen bodů naskenovaných při měření probíhalo v několika postupných krocích. Jednotlivé body se transformovaly do souřadnicového systému. Poté se provedlo odstranění šumu z měření a

odmazání objektů, které nejsou předmětem měření (auta, vegetace, ...). Data se následně nařadila na hustotu 20 bodů na 1m², takováto hustota umožňuje pracovat s modelem terénu v CAD systémech a provádět výpočty a grafické práce jako generalizaci modelu, výpočty objemů, vytvoření projektu rovinatosti, a podobně. Výsledný digitální model terénu je základní výstup 3D měření.

Stejným způsobem technického 3D měření byl zaměřen úsek po frézování za použití obou metod frézování a také byl metodou 3D měření zaměřen stejný úsek po položení asfaltu.

3D data - digitální model projektu (DMP)

Na základě přesné znalosti stávajícího stavu povrchu komunikace se vytvořil digitální projekt rovinatosti vozovky (trojúhelníkový digitální model projektu; DMP), to je finální model komunikace po rekonstrukci vozovky. Tento projekt se vytvoří tak aby byly splněny sklonové vlastnosti vozovky v příčném i podélném směru, dodrženy mocnosti nových konstrukčních vrstev a zároveň aby se optimalizovali náklady rekonstrukce.

Frézování

Na rekonstrukci byly použity dva odlišné způsoby nivelace frézy. První byl za pomoci systému dálkového řízení tzv. automatická nivelace frézy (obrázek 3). Druhý způsob byl vyznačením výškových rozdílů (mocnost frézování) na povrchu stávající asfaltové vozovky (tzv. vytyčování pro nivelaci frézy). Rychlost obou metod byla negativně ovlivněna značnou hustotou dopravy a její regulací, což zabíralo někdy i polovinu času.



Obrázek 3

Automatická nivelace frézy

Tým frézování: řidič frézy (pojezd frézy), obsluha frézy (nastavení dálkového řízení frézy, korekce frézování), geodet (kontrola frézování za frézou)

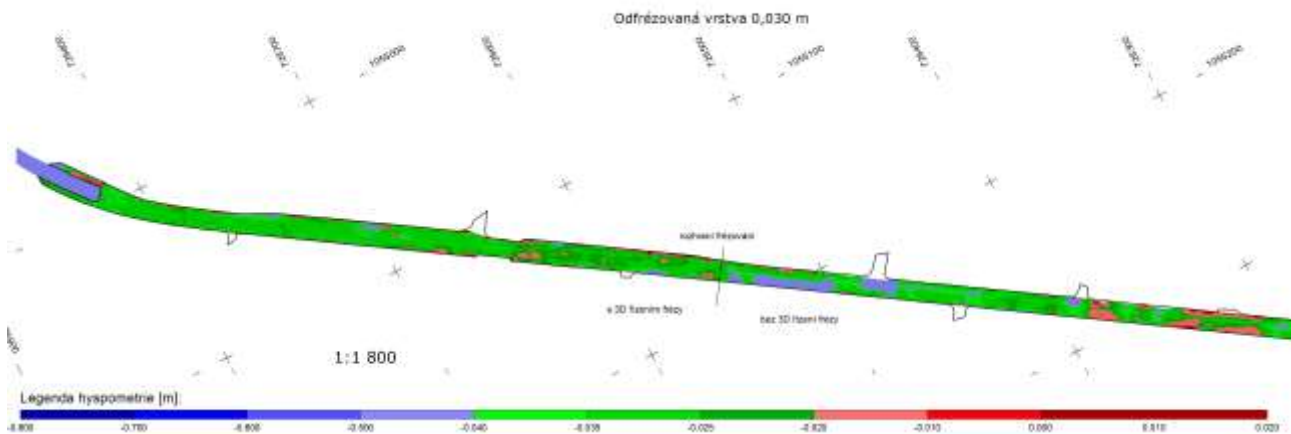
První část úseku byla frézována pomocí systému dálkového řízení frézy. Tento úsek se nachází přibližně od benzínové stanice na začátku Říčan, až ke světelné křižovatce u autobusové zastávky směr z Prahy. Pro frézování byla vždy uzavřena nejdříve část jednoho pruhu silnice směrem z Prahy. Do druhého pruhu byl sveden silniční provoz řízený dočasnými semaforem. Po dokončení jedné části se provoz na silnici obrátil z nefrézovaného pruhu do již vyfrézovaného pruhu. Frézování probíhalo vždy od osy (střechy) silnice směrem ke kraji silnice ve třech pružích.

Frézovalo se za pomoci jedné stavební frézy, která byla vybavena řídicím počítačem a měla z jedné strany připevněno rameno, které sahalo přibližně 30 cm nad frézu, na rameni byl umístěn válcový odrazný hranol. Vedle bočního venkovního ovládání frézy byl připevněn panel s grafickým displejem pro ovládání

automatického řízení frézy. Dále byly pro frézování připraveny dvě totální stanice, jedna řídicí a jedna kontrolní. Řídicí totální stanice se umístila na výsuvný stativ na místo, ze kterého mohla sledovat frézu v celém úseku. Následně se důkladně zkalibrovala totální stanice s hrotem na fréze a odzkoušelo se nastavení ovládání na fréze.

Touto metodou se odfrézovalo průměrně 300m za den v obou směrech (šest pruhů frézování). V ovládacím panelu byl nahrán digitální model projektu rovinatosti budoucí finální obrusné vrstvy a do řídicího panelu se zadávalo, jen kolik bude v daném místě frézovaný povrch od finálního. Kvalita provedeného frézování byla kontrolována okamžitě za frézu pomocí kontrolní totální stanice, ve které byl také nahrán model rovinatosti a většinou odchyly frézování od projektu nepřekračovali 3mm.

Po frézování byl celý úsek zaměřen ve 3D (technické 3D měření metodou laserového skenování stop&go) a byly vypočítány rozdílové modely terénu k projektu rovinatosti (obrázek 4). Z výpočtů rozdílových modelů byla získána 3D informace, že 90% vozovky je odfrézováno správně v toleranci ± 1 cm (obrázek 5).



Obrázek 4

Vytyčování pro nivelaci frézy

Tým frézování: řidič frézy (pojezd frézy), obsluha frézy (řídí pod jakým úhlem a jak hluboko se frézuje podle bodů na asfaltu), geodet (vytyčení bodů na asfalt a kontrola frézování za frézu)

Druhá část úseku od autobusové zastávky až na konec obce Říčany směrem z Prahy byla frézována stejným systémem jako předchozí případ ve třech pruzích v jednom směru při použití semaforového řízení dopravy. Frézování probíhalo za pomoci jedné stavební frézy, která byla vybavena řídicím počítačem pro nastavení výšky a sklonu frézování. Dále byla použita jedna totální stanice pro vyznačení hodnot frézování a zároveň se použila pro kontrolu. Před začátkem prací obsluha spolu s geodetem zkalibrovala mocnost frézování na fréze. Tento úsek byl frézován za pomoci manuálního nastavení frézování podle číselných hodnot vyznačených na stávající vozovce. Na vozovce se reflexním sprejem vyznačila osa vozovky (střecha silnice). U vyznačené střechy silnice se vždy zapsal údaj v cm zaokrouhlen na půl centimetru, kolik se na daném místě má odfrézovat podle modelu rovinatosti. Vzdálenost mezi hodnotami byla stanovena tak, aby rozdíl mezi následujícími čísly nepřekročil 1,5cm což bylo povětšinou 2-5m. U kraje vozovky se také označily dané sklony vycházející také z modelu rovinatosti.

Touto metodou se odfrézovalo průměrně 400m za den v obou směrech (šest pruhů frézování). Frézování probíhalo opět nejdříve od vyznačené střechy silnice a pak postupně směřovalo ke kraji silnice v závislosti na šíři frézování. Kvalita provedeného frézování byla kontrolována v průběhu dne geodetem za frézu a většinou odchyly frézování od projektu rovinatosti nepřekračovali 1cm. Pokud se odchylka od frézování začala lišit více jak 1 cm od projektové, upozornil na to obsluha frézy, která pomocí nastavení sklonu tento údaj srovnala. Po frézování byl celý úsek zaměřen ve 3D (technické 3D měření metodou laserového skenování stop&go) a byly vypočítány rozdílové modely terénu k projektu rovinatosti (obrázek 4). Z výpočtů rozdílových modelů byla získána 3D informace, že 75% vozovky je odfrézováno správně v toleranci ± 1 cm (obrázek 6).



Obrázek 5

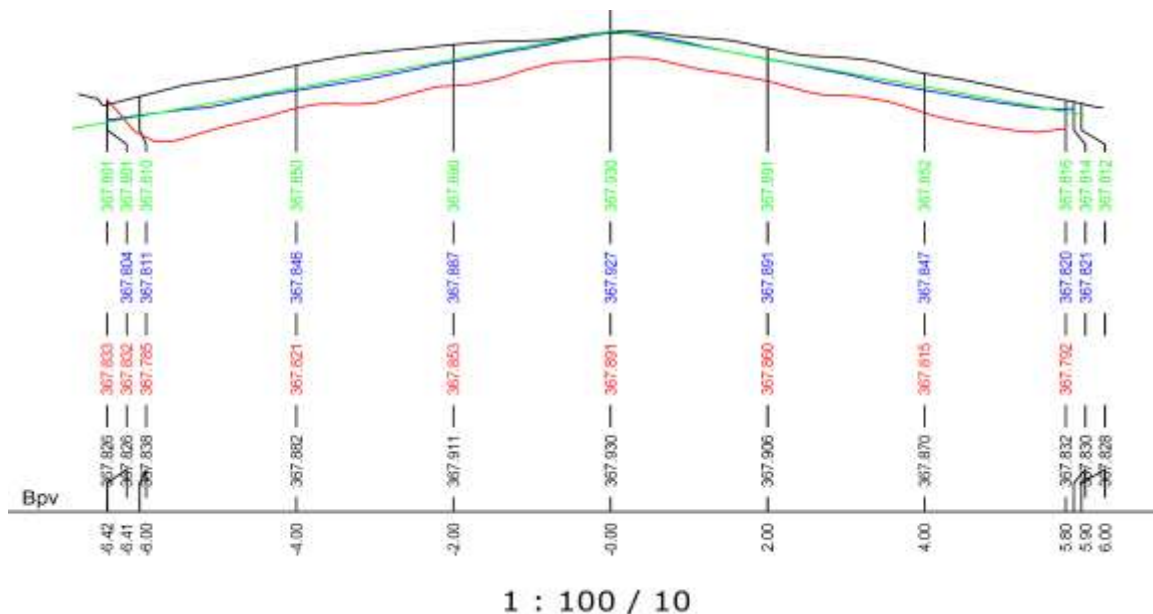


Obrázek 6

Pokládka nové asfaltové vrstvy

Na rekonstrukci výše uvedené komunikace I/2 Černokostelecká byla použita povrchová úprava VIAPHONE, kterou vyvinula společnost Eurovia ve Francii. VIAPHONE je asfaltová směs, která díky svému složení, zejména přetržité křivce zrnitosti a přítomnosti vláken, významně snižuje valivý hluk, má dobré drenážní vlastnosti a zvyšuje protismykové vlastnosti. Dle provedených hlukových měření VIAPHONE snižuje dopravní hlukovou zátěž v průměru o 3 až 5dB(A), tato hodnota odpovídá 50% snížení intenzity dopravy.

Asfaltová směs se nanáší ve velmi tenké vrstvě 20 až 30 mm. Dodržení této tenké vrstvy, ale zvyšuje nároky na přesné odfrézování původního povrchu tak, aby již odfrézovaný povrch měl potřebnou výšku a sklony dle modelu rovinatosti. Po asfaltování byl celý úsek zaměřen ve 3D (technické 3D měření metodou laserového skenování stop&go) a byly vypočítány rozdílové modely terénu k projektu rovinatosti. Z výpočtů rozdílových modelů byla získána 3D informace, že 85% vozovky je položeno správně v toleranci ± 1 cm. V celém úseku byly vytvořeny řezy vozovkou, které zobrazují průběh prováděných prací (Obrázek 7)



Obrázek 7

Závěr

Frézování se systémem dálkového řízení frézy má velmi vysokou přesnost bez ohledu na umístění osy vozovky, sklonu vozovky, změnám příčného sklonu, hloubce a hlavně šířce frézování (členité silnice, křižovatky, nájezdy, zatáčky atd.). Při vyladění systému je tato moderní metoda nejpřesnější, rychlá s minimem chyb zapříčiněných lidským faktorem. Vysoká přesnost frézování je částečně ovlivněna kvalitou frézovaného asfaltu. Například pokud se frézuje blízko předchozí vrstvy, dochází k odlupování, nebo je-li asfalt nekvalitní, po odfrézování vznikají vylámaná místa, která mohou být i o cm níže než byl nastavený průběh frézování. Jedinou kontrolou při frézování je geodet chodící za frézou a kontrolující výsledek frézování. 3D frézování je také omezené vzdáleností od řídicí totální stanice, z důvodu vlivu refrakce, by neměla být vzdálenost delší než 120 m mezi frézou a totální stanicí. Aby se pokaždé nemuselo čekat na

přemístění řídicí stanice, lze jich na daný úsek použít víc. V takovém případě si frézu postupně předávají v místech přesahu. Viditelnost hranolu na vrcholu frézy také může nepříznivě ovlivnit okolní vegetace, projíždějící nákladní auta při vyšším provozu.

Frézování se systémem práce vytyčování pro nivelaci frézy nemá takovou přesnost, hlavně v místech s rostoucí členitostí, ale odpadá u něj stavění řídicích totálních stanic a problémy s viditelností hranolu. Nevýhodou při malé šířce frézy a velké šířce vozovky je, že chyby při frézování prvního pásu se přenáší do dalších frézovaných pásů a chyby se dají měnit jedinou úpravou a to malými změnami v příčném sklonu.

Frézování se systémem dálkového řízení frézy je určitě výhodnější u staveb, kde je požadována vyšší přesnost. Dále u staveb s více jízdními pruhy, kdy kontrolní systém na celé šíři vozovky udrží správnou hloubku frézování a správný sklon. Naopak u jednoproudých silnic není rozdíl v použitém systému frézování zásadní.

Literatura

[1] Příkryl Marek: Optimalizace při výstavbě silnic a dálnic, Stavební a investorské noviny. Ročník XVII, č.4, s.68-69, ISSN 1804-2864, 2010.

[2] Příkryl Marek: Nejpřesnější měření zemních prací, Stavební a investorské noviny. Ročník XVII, č.10, s.6-7, ISSN 1804-2864, 2010.