

# **Příloha IV. Most – podklad pro projekt rekonstrukce**

Název:

## **Zaměření a zpracování 3D dat mostu pro projekt rekonstrukce**

Lokalizace:

Dálniční most 240 na 197,8 km dálnice D1 - Česká republika

Datum provedení:

28. 5. 2012

Provedl:

Control System International a.s.

Stručný popis:

Zaměření konstrukce mostu metodou laserového skenování před jeho rekonstrukcí, vyhodnocení dat a zpracování výstupů vhodných jako podklad pro projekt rekonstrukce mostu.

### **1 Důvod provedení měření**

Měření a zpracování bylo provedeno na základě objednávky od projektanta rekonstrukce stávajícího mostu, požadovány byly výstupy dokumentace skutečného stavu mostu – geometrické parametry.

### **2 Sledovaný úsek vozovky**

Lokalizace: Dálniční most 240 na 197,8 km dálnice D1 - Česká republika

Délka mostovky: 55,8 m

### **3 Provedení měření a zpracování měřených dat**

#### **3.1 Popis metody/zařízení**

Pro zaměření mostu byla použita technologie sběru dat 3D laserové skenování. Laserové skenování je technologie spočívající v zaměření objektu pomocí velkého množství 3D bodů za krátký čas (tzv. mračno bodů). Technologie laserového skenování umožňuje zaměřit detailně celé těleso mostu a nejbližšího okolí v daném souřadnicovém systému. Jde o mnohem podrobnější zaměření, než jaké poskytují ostatní technologie, kdy zaměřujeme pouze vybrané profily nebo vybrané části.



Obr. 1: Dálniční most 240 na 197,8 km dálnice D1 - Česká republika (zdroj: mapy.cz)

### 3.2 Zaměření mostu metodou laserového skenování

Dálniční most 240 na 197,8 km dálnice D1 se skládá ze dvou rovnoběžných mostovek o šířce 15,6 m a délce 55,8 m mezi závěry s dvěma jízdními pruhy a jedním odstavným. Most je vynesena na dvou krajních opěrách a osmi pilířích o průměrné výšce 6m. Pod mostem je vedena elektrifikovaná železnice a místní asfaltová komunikace.



Obr. 2: Přehledka mostu s body vytyčovací sítě (zdroj: Control System)

### 3.3 Bodové pole a připojení měření do souřadnicového systému

Kolem mostu byly čtyři body vytyčovací sítě, která byla vytvořena pro rekonstrukci vozovkových vrstev komunikace. Body vytyčovací sítě byly polohově i výškově vyrovnány s charakteristickou souřadnicovou směrodatnou odchylkou souboru bodů 3mm. Takto kvalitní bodové pole je základní předpoklad přesného a homogenního mračenja bodů. Pomocí totální stanice byly zaměřeny přesně polohy laserového skeneru a vřícovacích bodů pro orientaci. Přesná poloha a výška skeneru se určuje zaměřením všesměrového hranolu, který je umístěn na vršku skeneru. Vřícovací body byly stabilizovány reflexní folií na mostě. K měření byla použita kalibrovaná totální stanice Leica 1103.



Obr. 3: Riegl VZ-400 (zdroj: Control System)



Obr. 4: Leica 1103 (zdroj: Control System)

### 3.4 Skenování konstrukce mostu

Laserové skenování bylo provedeno pulzním skenerem Riegl VZ-400, který má tyto základní parametry:

směrodatná odchylka v délce: 3 mm

směrodatná odchylka zaměření jednoho bodu: 5 mm

divergence paprsku: 0.3 mrad

pracovní rozsah: 280 m při odrazivosti 20%

rychlost měření: až 125 000 bodů/s

Předností skeneru Riegl VZ-400 je jeho vysoká odolnost vůči prachu a vodě, bezpečnost provozu pro oči, značný dosah měření a dobrá geometrická přesnost. Tímto skenerem lze tedy dosáhnout přesnosti jednoho bodu v souboru mračka bodů do 5mm.

Zaměření podrobných bodů bylo provedeno metodou měření ze stativu. To znamená, že skener se vhodně umístil na stativ a nahruho se zhorizontoval (přesná horizontace není nutná skener má vlastní urovnávací systém – inclination senzor). Následně se provedlo zaměření polohy skeneru z totální stanice. Poté se naskenovalo okolí skeneru a mostní konstrukce s úhlovým rozlišením 0,04 stupně což zajistí průměrně bod každé dva centimetry (2500 bodů na 1m<sup>2</sup>)

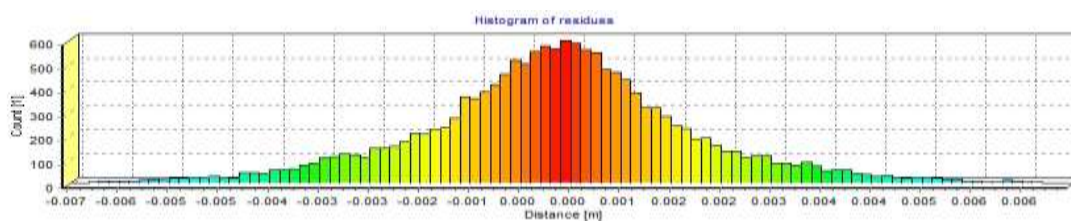
Jednotlivým postavením skeneru se říká skenpozice. Pro dobré zmapování mostu, tedy naskenování všech viditelných a dostupných konstrukcí, jich bylo provedeno 21 v okolí mostu. Skenpozice je dobré umístit tak, aby mezi jednotlivými mračny bodů byl překryv pro následnou korelaci mračen. Výstupem každé skenpozice jsou souřadnice XYZ v systému skeneru a intenzita odraženého paprsku. Intenzita dává informaci jak o barvě povrchu, od které se paprsek odrazil, tak o materiálu ze kterého je vyroben. Zobrazení mračen bodů s intenzitou dodává 3D skenu reálnou podobu.



Obr. 5: Mračno bodů laserové skenování (zdroj: Control System)

### 3.5 Zpracování a pospojování mračen bodů

Jednotlivá mračna bodů, je potřeba nejprve transformovat do souřadnicového systému bodového pole pomocí zaměření totální stanicí a vřícovacích bodů. Následně se provede korelace mračen, kdy se jednotlivá mračna k sobě vyrovnají na základě podobnosti tvarů na společných překryvných místech. Vyrovnávací proces korelace mračen, vytvoří z jednotlivých skenpozic jeden homogenní celek dat, který u mostu obsahuje 56 500 000 bodů. Směrodatná odchylka z vyrovnání korelací mračen je 0,002m. Poté se provedlo odstranění šumu z měření a odmazání nežádoucích naskenovaných objektů (auta, lidé, ...)

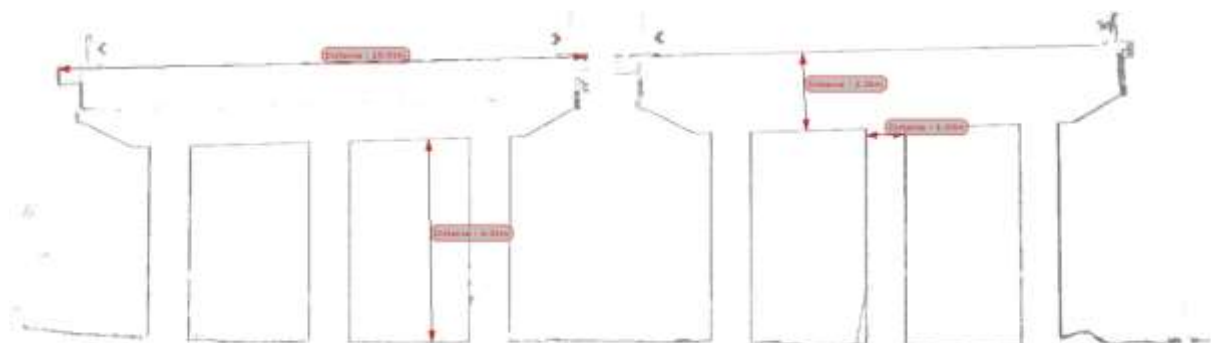


Obr. 6: Histogram korelace mračen z 21 skenovacích pozic vykazuje přesnost 2 mm (zdroj: Control System)

## 4 Výstupy měření

### 4.1 Mračna bodů

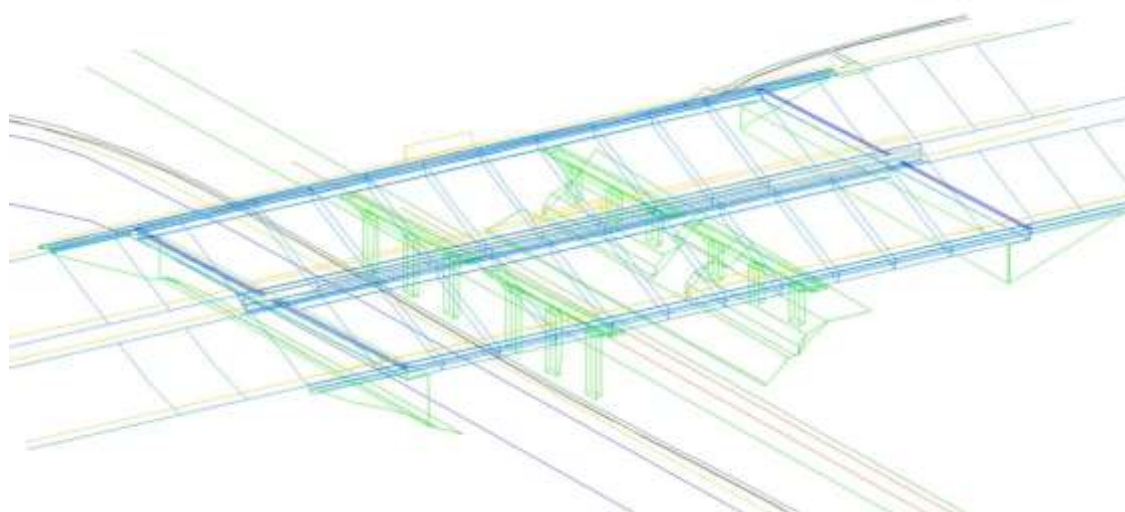
Základní výstup mračna bodů umožňují jednoduchým způsobem prohlížení a měření reálného modelu mostu a všech jeho konstrukcí. Dají se provádět řezy jednotlivých konstrukcí v libovolném místě, odměřovat souřadnice jednotlivých bodů, vytvářet různá zobrazení a pohledy. Nedílnou součástí jsou také video průlety a simulace pro prezentace. V podstatě se veškeré měřické práce, přenesou z terénu do kanceláře na počítač. Zobrazení mračen bodů vyžaduje speciální softwaru anebo nadstavby CAD softwarů.



Obr. 7: Řez konstrukce mostu v mračně bodů s měřenými vzdálenostmi konstrukcí (zdroj: Control System)

### 4.2 Vektorový model

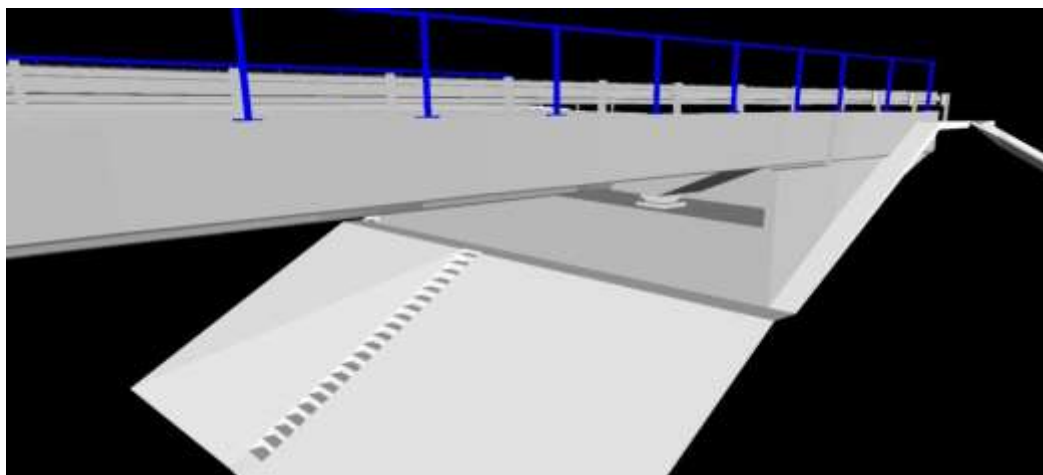
Vektorizací se nazývá překreslení hran a rozhraní, která jsou patrná v mračnech bodů do linií. Linie se uchopují na jednotlivé body v mračnu. Tvorbu vektorového modelu, lze částečně zautomatizovat, ale stále je to pečlivá kresličská práce. Lze vektorizovat hlavní hrany, nebo i detaily záleží na nastavené míře generalizace. Vektorový model je dobrý výstup pro CAD softwaru a tisk.



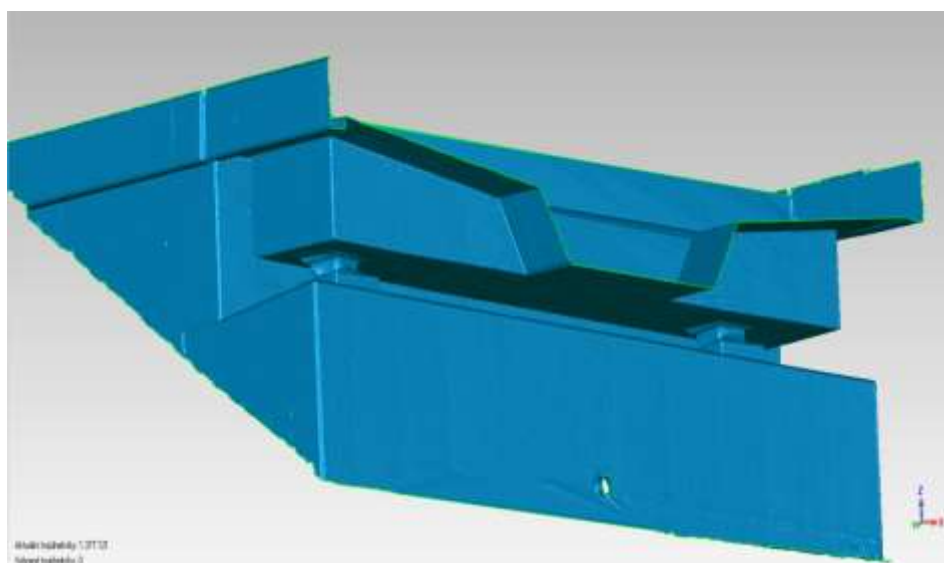
Obr. 8: Vektorový model mostu (zdroj: Control System)

### 4.3 Objektový model

Objektový model je podobný vektorovému, ale vyplňují se u něj plochy. Rozeznáváme dva hlavní způsoby tvorby ploch. Prvním je 3D CAD modelování pomocí základních geometrických tvarů (geometrický). Druhý se nazývá 3D polygonové triangulované plochy (polygonový neboli triangulovaný model). Objektový model je dobrý pro CAD softwary, BIM softwary a vizualizace.



Obr. 9: Objektový model - geometrický (zdroj: Control System)



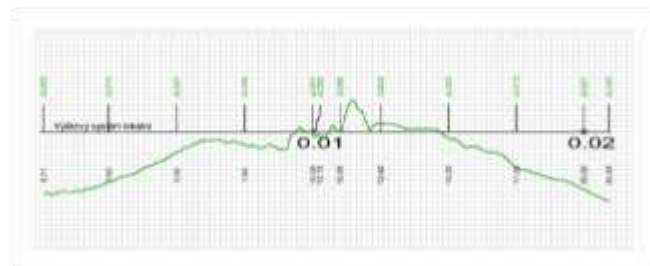
Obr. 10: Objektový model – polygonový (zdroj: Control System)

#### 4.4 Mostní závěry

Vyhodnocení mračen bodů v okolí mostních závěrů je dobré pro hodnocení povrchových vlastností vozovky. Vytvořením podrobného digitálního modelu terénu vozovky závěru, lze vyhodnotit nerovnosti, míru poškození a stanovit nápravná opatření.



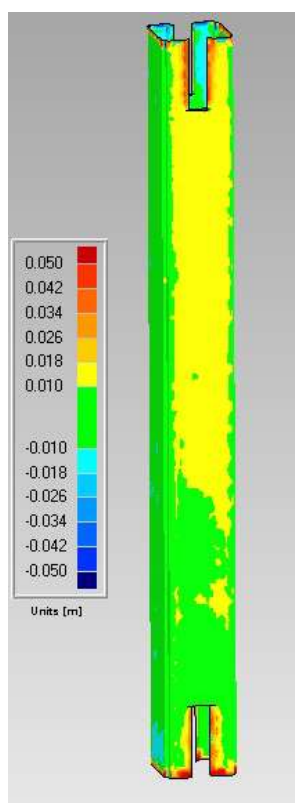
Obr. 11: Mračno na mostním závěru



Obr. 12: Řez mostním závěrem

#### 4.5 Porovnání s projektem

V případě výstavby nového mostu nebo rekonstrukce stávajícího, lze úspěšně porovnat tvar a umístění jednotlivých konstrukcí mostu vzhledem k projektu. Vytvářet dokumentaci skutečného provedení stavby a výkresy odchylek od projektu.



Obr. 13: 3D Porovnání projektu a polygonového modelu pilíře mostu

## **5 Závěr**

### **5.1 Laserové skenování mostu pohledem geodeta**

Technologie laserového skenování se nezadržitelně stává součástí měření ve stavebnictví. Přináší spousty změn v práci geodeta a nových možností realizace. Jako je úsporu času na sběr dat v terénu, možnost měření a kreslení v kanceláři, nové formy výstupů, snížení chybovosti výsledků a možnost ověřitelnosti výstupů, ale také vyšší nároky na zpracovatele a počítačové vybavení se softwarem.

### **5.2 Laserové skenování mostu pohledem projektanta**

Geodetické podklady získané pomocí laserového skenování mohou být s výhodou využity pro zpracování projektové dokumentace především rekonstrukcí mostů a dalších inženýrských konstrukcí. Nutným předpokladem je spolehlivé dosažení požadované přesnosti podmíněné dobrou adjustací mračen. Takovéto zaměření může poskytnout kompletní informaci o geometrii konstrukce včetně mnoha konstrukčních detailů a to i na špatně přístupných místech (spodní povrch nosné konstrukce). Vzhledem k náročnosti SW zpracování zaměřených dat je tento způsob zaměření vhodný zejména při zpracování menších konstrukčních celků. Na kapacitní problémy narážíme při běžném kancelářském HW a SW vybavení především při vytváření triangulovaných modelů. Nutné ředění mračen potom pro udržení dostatečné přesnosti vyžaduje dobré zpracování vektorizovaných hran a jejich uplatnění v triangulovaném modelu.