

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA SPECIÁLNÍ GEODÉZIE

Studijní program: Geodézie a kartografie

Studijní obor: Geodézie, kartografie a geoinformatika



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

TESTOVÁNÍ APLIKACE LEICA INSPECT SURFACES

TESTING APPLICATION LEICA INSPECT SURFACES

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jaroslav Braun, Ph.D.

PRAHA, 2018

Adam Vaněk



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Vaněk Jméno: Adam Osobní číslo: 458636

Zadávací katedra: Katedra speciální geodézie

Studijní program: Geodézie a kartografie

Studijní obor: Geodézie, kartografie a geoinformatika

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Testování aplikace Leica Inspect surfaces

Název bakalářské práce anglicky: Testing of application Leica Inspect surfaces

Pokyny pro vypracování:

Nastudujte ovládání a nastavení aplikace Leica Inspect surfaces pro prostředí Leica Captivate. Proved'te testovací měření. Porovnejte výsledky z aplikace s výsledky z DMT Atlas.

Seznam doporučené literatury:

[1] Hampacher, M. - Štroner, M.: Zpracování a analýza měření v inženýrské geodézii. 2. vyd. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, ČVUT v Praze, 2015. 336 s. ISBN 978-80-01-05843-5.

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Jaroslav Braun, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 22.2.2018

Termín odevzdání bakalářské práce: 27.5.2018

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

22.2.2018

Datum převzetí zadání

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci s názvem „Testování aplikace Leica Inspect surfaces“ vypracoval samostatně, pouze pomocí vedoucího bakalářské práce Ing. Jaroslava Brauna, Ph.D, a s použitím uvedené odborné literatury a zdrojů informací.

V Praze dne:

.....
Adam Vaněk

Poděkování:

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu práce Ing. Jaroslavu Braunovi, Ph.D. za jeho rady a pomoc při zpracování práce. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Milanu Bláhovi z firmy RIGES s r.o. za půjčení přístroje a poskytnutí testovacích dat. Chtěl bych také poděkovat své rodině za podporu a trpělivost při mém studiu.

Abstrakt

Tématem bakalářské práce je seznámení se, popis postupů ovládání a testování aplikace Inspect surfaces v prostředí Leica Captivate. Konkrétně se zaměřením na kontrolu povrchu vozovek.

Práce seznamuje s problematikou 3D modelu terénu v aplikaci, která umožňuje přímo v terénu náhled k výsledkům a řešit případné problémy ihned.

Výsledkem této práce je porovnání identifikace problémových částí vozovky pomocí klasického řešení v programu Atlas DMT a pomocí přímého řešení v terénu pomocí aplikace Leica Inspect surfaces.

Klíčová slova

Digitální model terénu (DMT), Leica Captivate, Inspect surfaces, Atlas DMT, multistanice MS50

Abstract

The topic of the bachelor thesis is to present, describe the processes of control and testing of Inspect surfaces in Leica Captivate. Specifically, with a focus on road surface inspection.

The thesis introduces the problem of 3D terrain model in an application, which allows the field to preview the results and to solve any problems immediately.

The result of this work is to compare the identification of problematic parts of the roadway with the classic solution in Atlas DMT and with the help of a direct solution in the field using Leica Inspect surfaces.

Key words

Digital terrain model (DMT), Leica Captivate, Inspect surfaces, Atlas DMT, MS50 multistation

Obsah

1	Úvod	8
2	Popis aplikace Inspect surfaces v prostředí Leica Captivate	9
2.1	Obecně o aplikaci Leica Captivate	9
2.2	Inspect surfaces	10
3	Ovládání aplikace Inspect surfaces	11
3.1	Zadání referenční plochy	12
3.1.1	Novým skenováním	12
3.1.2	Existující sken	14
3.1.3	Z existujících bodů	18
3.1.4	Předdefinovaná rovina	22
3.1.5	Načtení referenční plochy ze souboru nebo projektu	25
3.1.6	Projekt silnice nebo tunelu	28
4	Testovací měření	33
4.1	Příprava referenčních dat	33
4.1.1	Lokalita 1	33
4.1.2	Lokalita 2	35
4.1.3	Lokalita 3	35
4.2	Skenování povrchů s Leica MS50	37
4.3	Vyhodnocení v aplikaci Leica Inspect surfaces	38
4.3.1	Lokalita 1	38
4.3.2	Lokalita 2	40
4.3.3	Lokalita 3	44
4.4	Vyhodnocení v Atlas DMT	45
4.4.1	Lokalita 1	46
4.4.2	Lokalita 2	49
4.4.3	Lokalita 3	50
5	Porovnání metod	53
5.1	Lokalita 1	53
5.2	Lokalita 3	55
6	Závěr	57
	Použitá literatura a internetové zdroje	58
	Seznam obrázků	59
	Přílohy	61

1 Úvod

Měření nerovností povrchu vozovek patří ke standardně kontrolovaným geometrickým parametrům dopravních staveb. Nerovnost vozovek nepříznivě ovlivňuje životnost komunikací a jízdní komfort a kontrola nerovností nabývá v současnosti na významu oproti jiným geodeticky měřeným parametrům. Kontrola povrchu se provádí na stávajících vozovkách v místech s předpokládanými poruchami vozovky nebo během budování nových vozovek při kontrole tloušťky jednotlivých vrstev. Při provádění stavebních prací a montáže konstrukcí je nutné postupovat v souladu s předpisy a normami, platnými v České republice. Jedná se o české technické normy označené zkratkou ČSN a šestimístním číselným označením, nebo zkratkou ČSN EN a pětimístním označením. V případě stavebních prací u vozovek jsou normy a postupy specifikovány v Technických kvalitativních podmínkách staveb pozemních komunikací, které vydává a schvaluje Ministerstvem dopravy ČR [1]. Postupy pro měření nerovností povrchu vozovek a požadované výstupy jsou pak uváděny v zvláštních technických kvalitativních podmínkách, které jsou nadřazené technickým kvalitativním podmínkám a upřesňují a doplňují jejich obecná ustanovení a jsou vydávány pro konkrétní stavební zakázku [2]. Povrch vozovky se běžně kontroluje v předem zadaných bodech kvůli porovnání s projektem, a především na mostech se povrchy skenují a plošně porovnávají s projektem [3].

Tato práce se zaměřuje na určování nerovností povrchu komunikací, a to způsobem plošného vyhodnocení nerovností vozovek z mračna bodů, pořízeného laserovým skenováním multistanicí Leica MS50. Cílem práce je určit, zda lze případné poruchy povrchu vozovky vyhodnotit okamžitě v aplikaci Inspect surfaces se shodnou přesností, jaké by mělo kancelářské vyhodnocení v programu Atlas DMT.

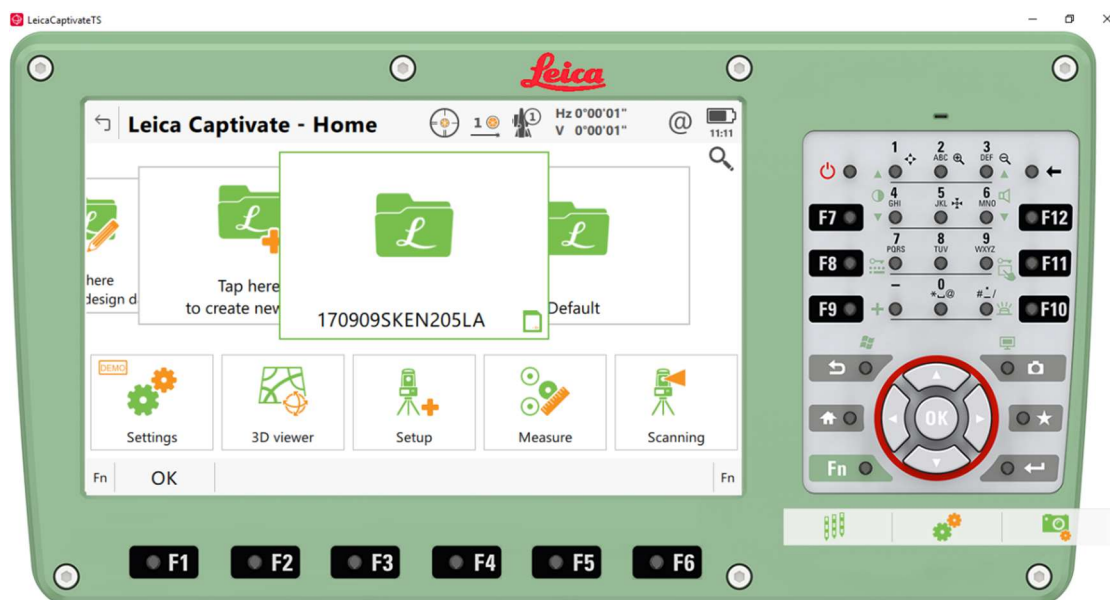
Měření bylo prováděno ve spolupráci s Katedrou speciální geodézie Fakulty stavební ČVUT v Praze, a firmou RIGES s r.o., která zapůjčila multistanici Leica MS50 a kontroler s aplikací Inspect surfaces.

Práce je rozdělena na dvě hlavní části. Kapitola 2 a 3 je věnována seznámení s aplikací Inspect surfaces pro práce při měření nerovností povrchu vozovek a následně popisu aplikace v prostředí Leica Captivate a jejímu ovládání. Kapitola 4 a 5 je věnována testovacímu měření, vyhodnocení dat a porovnání výsledků z aplikace Inspect surfaces a Atlasu DMT.

2 Popis aplikace Inspect surfaces v prostředí Leica Captivate

2.1 Obecně o aplikaci Leica Captivate

Software Leica Captivate není klasickým softwarem, tak jak bývá známo. Místo vyhodnocení v kanceláři nabízí program možnost zpracování již v terénu. Software propojuje aplikace od měření a vytyčování bodů až po složitější aplikace, jako jsou např. silnice, železnice, skenování a digitální modely terénu. Aplikace umožňují provádět většinu základních geodetických výpočtů, a i základní vyhodnocení přesnosti např. z protínání nebo z měření ve skupinách [4]. Zároveň umožňuje vytvářet 3D realistické scény z měřených a importovaných dat, včetně 3D mračen bodů. Ovládání softwaru je řešeno velice snadno díky moderní dotykové architektuře známé z tabletů a chytrých telefonů. Software Leica Captivate je dodáván v nejnovějších typech totálních stanic a kontrolerů Leica (multistanice Nova MS50, totální stanice Viva TS16, kontroler CS20, CS35) [5].



Obr. 1: Grafické prostředí Leica Captivate na ovládacím panelu multistanice MS60

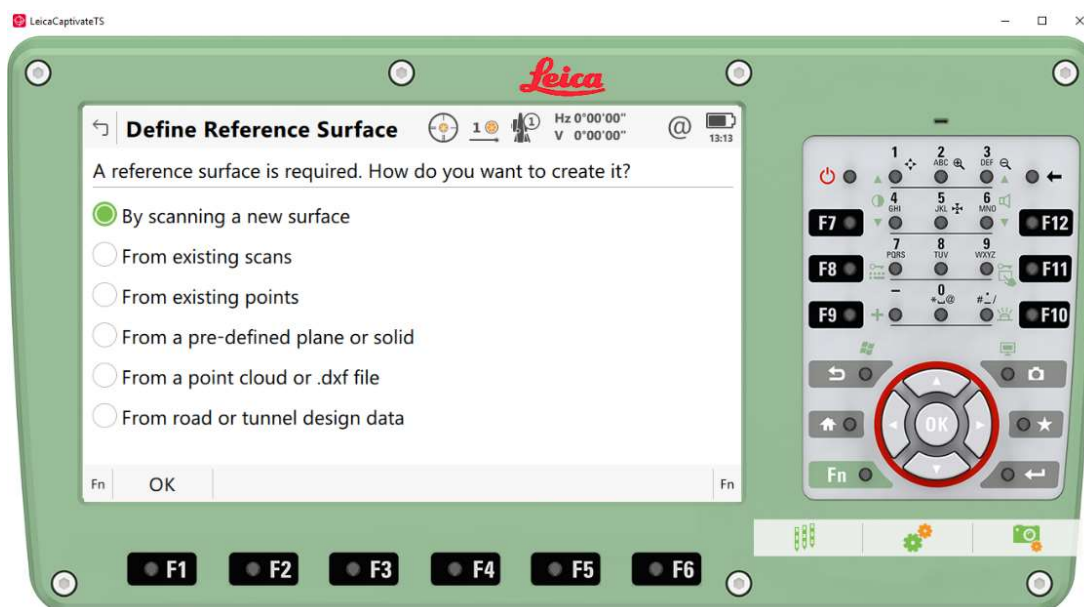
V hlavním menu softwaru se nachází dvě palety dlaždic, v horní části lze zakládat a otevírat zakázky a spravovat naměřená nebo importovaná data. Spodní paleta nabízí funkce pro nastavení, 3D prostorový prohlížeč dat, nastavení přístroje, dále funkci měření a skenování. Nachází se zde také další speciální aplikace jako je Inspect surfaces, na kterou je zaměřena tato bakalářská práce.

2.2 Inspect surfaces

Aplikace Inspect surfaces může ušetřit spoustu času a financí tím, že umožňuje geodetovi přímo v terénu dělat rozhodnutí, která by za použití klasických metod mohl dělat, až při zpracování v kanceláři. Geodet v terénu může jednoduše identifikovat problémy s povrchem a může okamžitě vyznačit problémovou oblast. Předtím identifikace a vyznačení mohlo být učiněno až po zpracování v kanceláři. Klíčovou vlastností aplikace je 3D vizualizace měření a jeho porovnání s referenční plochou. Aplikace je multifunkční a neumožňuje měřit pouze nerovnosti vozovek, ale lze ji využít také v dalších odvětvích. S aplikací lze porovnávat dva skeny jednoho objektu z různých etap (možné využití při měření deformací), lze vyhodnocovat rovinnost podlah a svislosti stěn nebo tvar a umístění válcových zásobníků [6].

3 Ovládání aplikace Inspect surfaces

Zakázka, se kterou je pracováno v aplikaci Inspect surfaces, se v hlavním menu prostředí Leica Captivate přesune doprostřed, tak jako na obr. 1. Spustí se aplikace Inspect surfaces ze spodního otočného menu. V prvním kroku se volí referenční plocha, variant určení referenční plochy je několik. Jako první je možnost udělat nový sken, druhá možnost je vybrat existující sken z libovolné zakázky. Mezi další možnosti patří určení referenční plochy z existujících bodů, definice roviny nebo tělesa jinými parametry, může se také načíst mračno bodů nebo *.dxf soubor, podporované jsou soubory typu *.pts, *.dxf nebo ASCII. Poslední možností definice referenční plochy je připojení dříve vytvořených plánů, tato volba je využívána především pro komunikace a tunely [11].

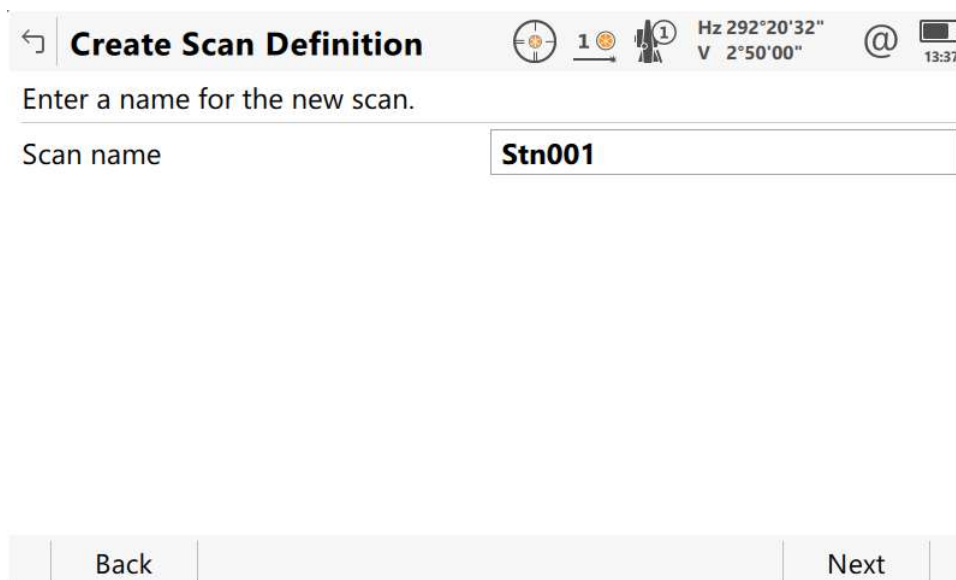


Obr. 2: Okno aplikace Inspect surfaces pro volbu referenční plochy

3.1 Zadání referenční plochy

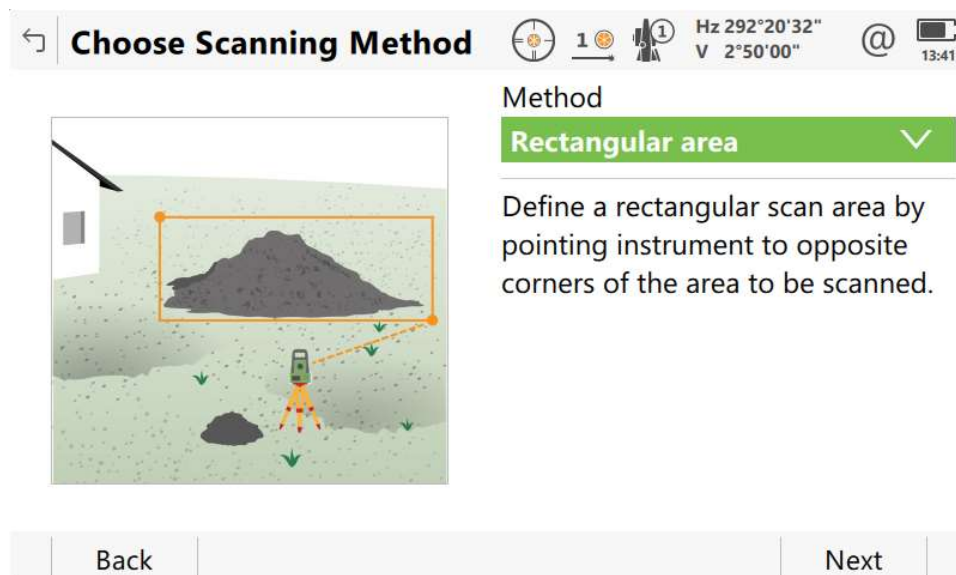
3.1.1 Novým skenováním

Nejdříve bude představena možnost určení referenční plochy novým skenováním. Zvolí se tedy možnost „By scanning a new surface“.



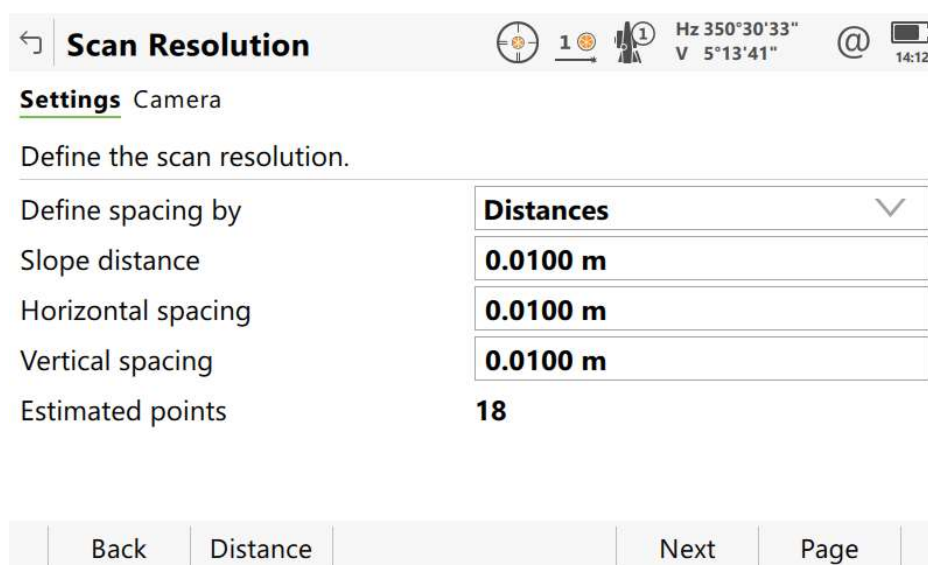
Obr. 3: Okno Aplikace *Inspect surfaces* pro zadání názvu nového skenu

V okně je zadán název skenu a je potvrzen tlačítkem „Next“.



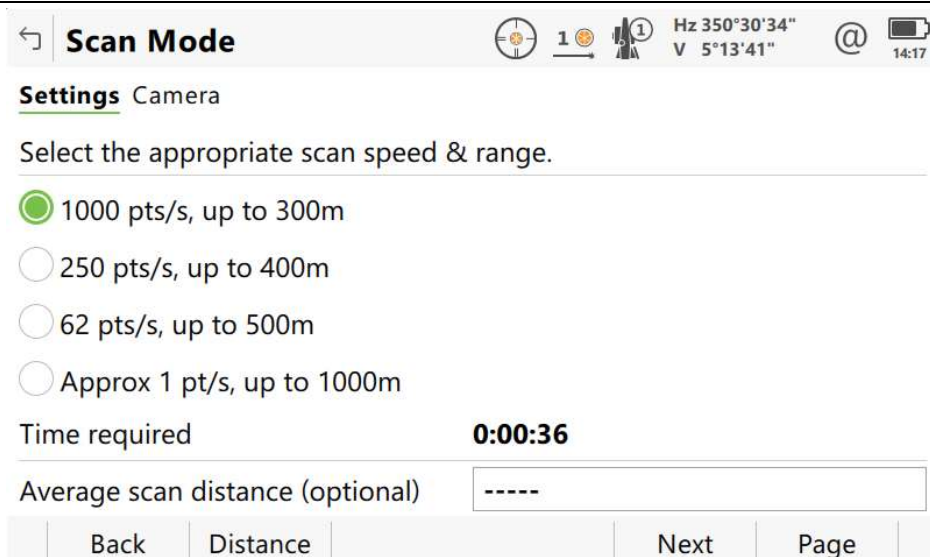
Obr. 4: Okno Aplikace *Inspect surfaces* pro volbu metody skenování

V okně „Choose Scanning Method“ je volena metoda skenování. Na výběr je ze čtyř možností, kterými jsou „rectangular area“, „polygonal area“, „manually entered“ a „full dome scan area“ (obr. 4). Rectangular area je zvolena při potřebě naskenování obdélníkové plochy, obdélník se jednoduše určuje dvěma rohy. Při možnosti polygonal area je určena skenovaná plocha pomocí třech a více bodů, které je třeba zadávat ve směru chodu hodinových ručiček. Předposlední možností je ruční zadání, v tomto zadání se určí vodorovné a svislé úhly pro vymezení obdélníkové plochy. Jako poslední je možnost kompletního skenu, kdy je naskenováno celé okolí okolo multistanice. Po výběru vhodné metody se výběr potvrzuje tlačítkem „Next“. V případě potřeby se nyní definují body skenované plochy.



Obr. 5: Nastavení rozlišení skenu

Následující krok je věnován nastavení skenu, kde je volena hustota mračna a rozlišení skenu. Rozlišení se nastavuje vzdálenostmi nebo úhly (obr. 5).



Obr. 6: Okno pro nastavení hustoty skenu

Okno „Scan mode“ (obr. 6) slouží k nastavení hustoty skenu, s tím souvisí také rychlost skenování. Hustotu bodů je třeba volit s rozvahou a brát v potaz vzdálenost skenovaného objektu od multistanice. Po výběru se stiskne tlačítko „next“ a skenování může začít.

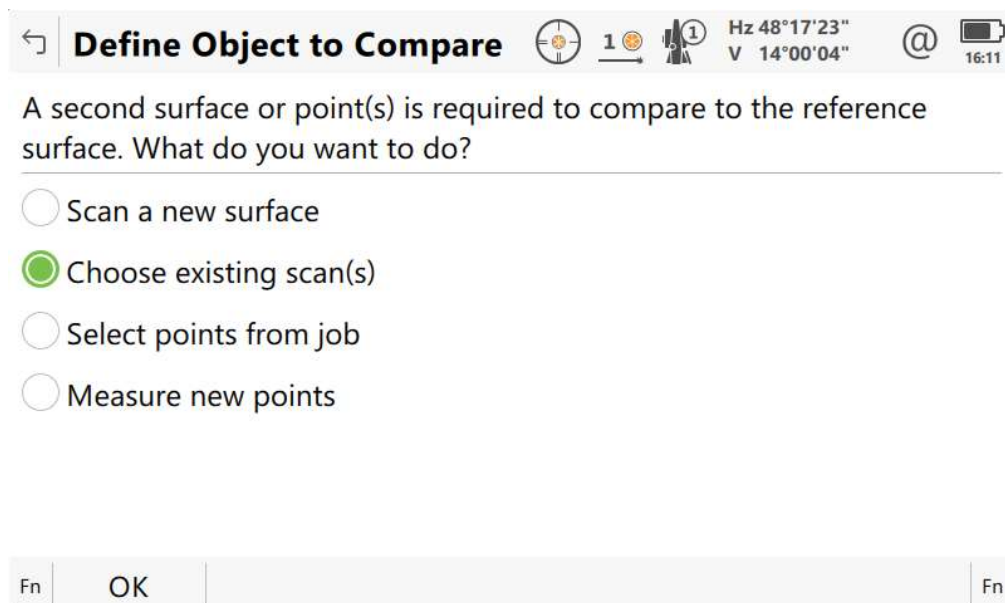
3.1.2 Existující sken

Druhou možností definice referenční plochy je z již existujícího skenu. V záložce výběru referenční plochy se zaškrtně tedy „from existing scans“ a potvrdí se „OK“.



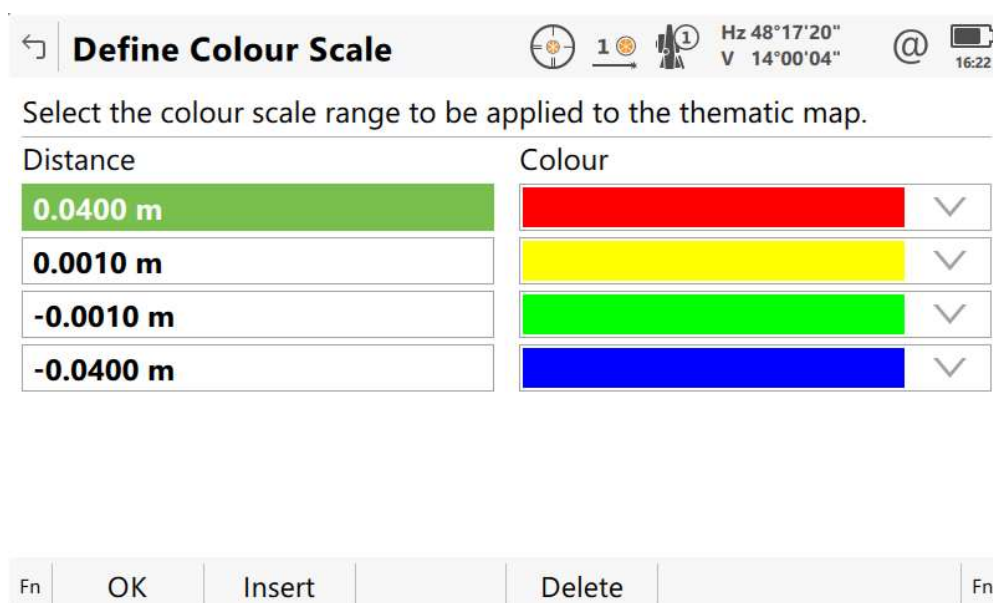
Obr. 7: Okno výběru požadovaných skenů

V okně „Select Scans“ se vybrá odpovídající sken, případně více skenů a výběr se potvrdí tlačítkem „OK“ (obr. 7).



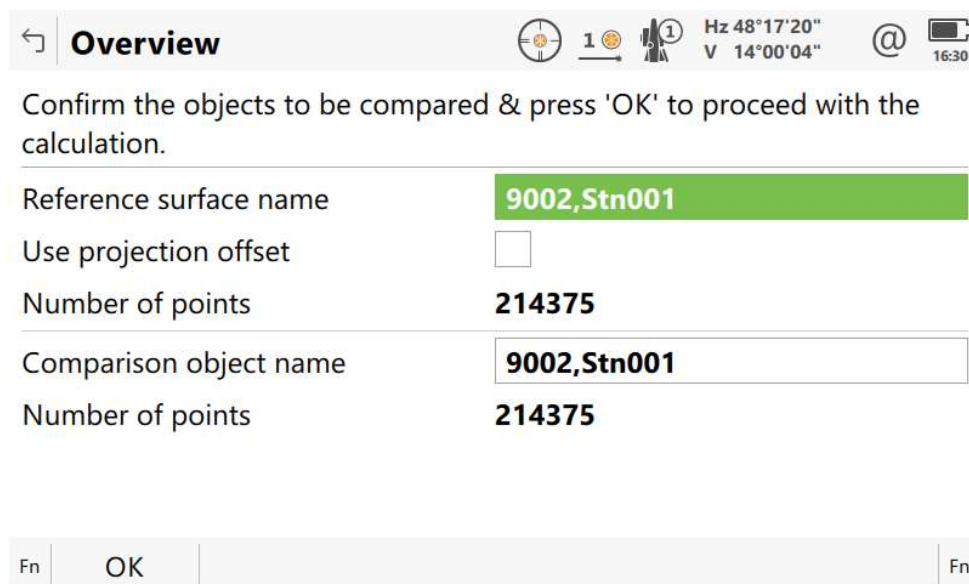
Obr. 8: Okno pro definici objektu pro porovnání s referenční plochou

Nyní je čas pro zvolení objektu pro porovnání s referenční plochou. Je na výběr zase z několika možností. Výběr je podobný s volbou referenční plochy, může se tedy naskenovat povrch objektu nezávisle, vybrat existující sken, zvolit body ze zakázky, případně mohou být měřeny nové body.



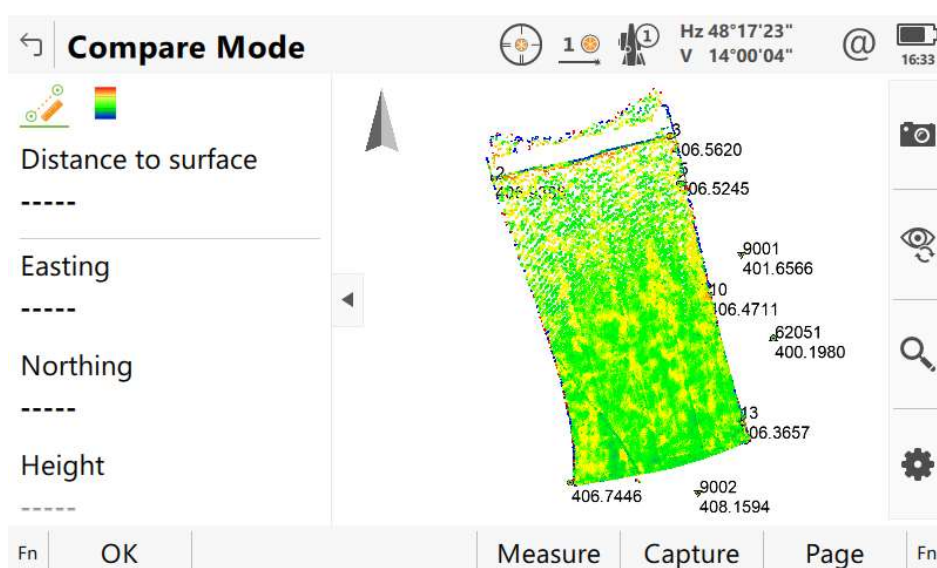
Obr. 9: Okno pro volbu barevné stupnice

V dalším kroku je definována vhodná barevná stupnice pro projekt. Tlačítkem „Insert“ jsou vkládány další barvy pro vytvoření podrobnějšího náhledu, naopak tlačítkem „Delete“ je škála barev snížena. Barvy ukazují míru neshody referenční plochy s měřenými daty v podobě hypsometrického modelu. Po nadefinování barevné škály je výběr potvrzen tlačítkem „OK“ (obr. 9).



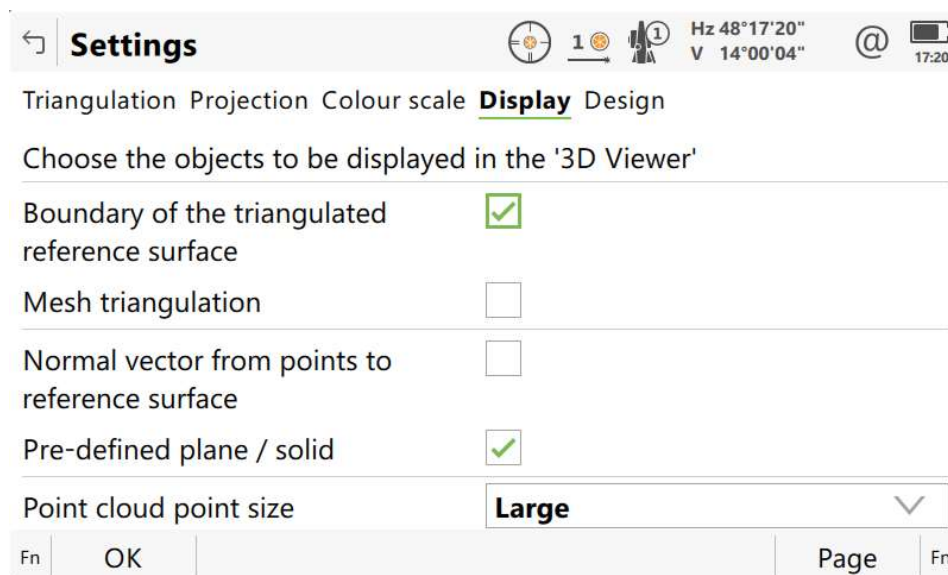
Obr. 10: Kontrolní okno shrnutí

V posledním okně před zobrazením výsledků se nachází shrnutí (obr. 10), kde se lze dozvědět co bylo zvoleno za referenční plochu a co za porovnávanou plochu. Po potvrzení tlačítkem „OK“ již proběhne výpočet a zobrazí se data.



Obr. 11: Grafické okno porovnání obou ploch

V prvním kroku je vytvořena referenční trojúhelníková síť z mračna bodů podle nastavení, které bylo uděláno dříve. Poté je vypočtena vzdálenost mezi porovnávaným skenem a referenční plochou. Po dokončení jsou vidět rozdíly mezi dvěma skeny. Výsledky se prohlíží v 3D prohlížeči. Pod tlačítkem „Fn“ se skrývá nastavení „Settings“. V tomto okně se nalézají dvě užitečná nastavení (obr. 12).



Obr. 12: Možnosti nastavení porovnání obou ploch

První nastavení se skrývá pod záložkou „Display“. Umožňuje zobrazit hranici triangulovaného povrchu. Zaškrtně se tedy políčko s názvem „Boundary of the triangulated reference surface“ a potvrdí „OK“. Druhé nastavení se nachází pod políčkem „Mesh triangulation“ a umožňuje zobrazit triangulační síť.

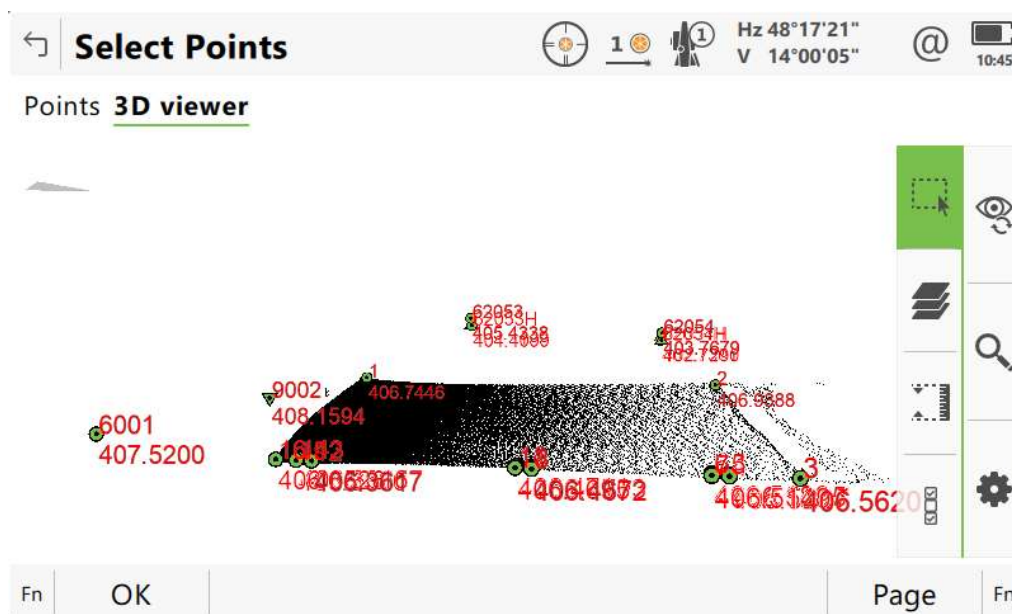


Obr. 13: Okno porovnání ploch s trojúhelníkovou sítí

Veškeré nastavení se děje přímo v terénu bez dalšího zpracování v kanceláři. Jsou viděny všechny díry v trojúhelníkové síti a rozdíly mezi modely, pokud je třeba, lze změnit nastavení triangulace a vypočítat povrch znovu.

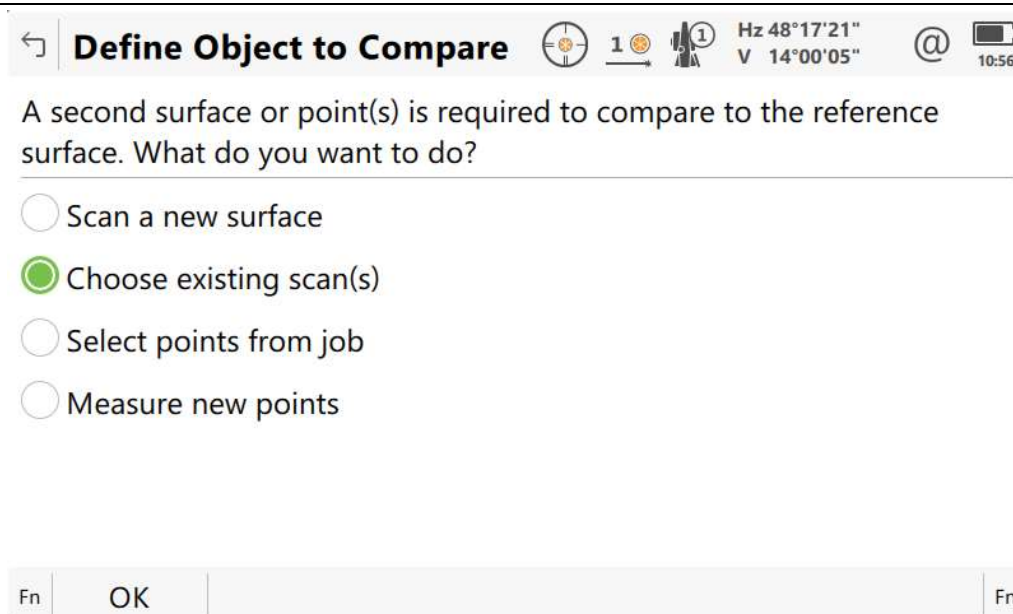
3.1.3 Z existujících bodů

Další možností definice referenční roviny je z existujících bodů. V okně „Define Reference Surface“ je zvolena možnost „From existing points“.



Obr. 14: Okno grafického výběru bodů

Nejjednodušším způsobem výběru je použití výběrového okna ve 3D prohlížeči. Pro výběr je třeba stisknutí tlačítka vpravo dole „ozubené kolo“, poté je stisknuta první ikona a následně je proveden výběr požadovaných bodů. V tomto případě jsou to všechny body (obr. 14).



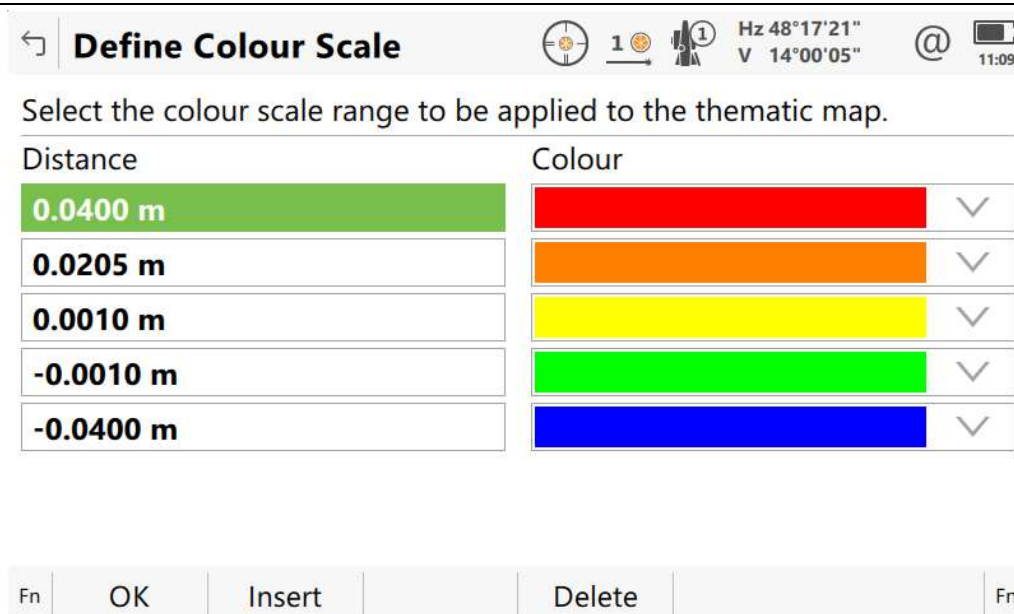
Obr. 15: Okno pro zadání porovnávaného objektu

Nyní se vybírá objekt pro porovnání s referenční plochou. Na výběr je ze čtyř možností, kterými jsou provedení nového skenování, výběr existujícího skenu, volba existujících bodů a měření nových bodů. V tomto případě je zvolen již vytvořený sken, je tedy potvrzena volba „Choose existing scan(s)“.



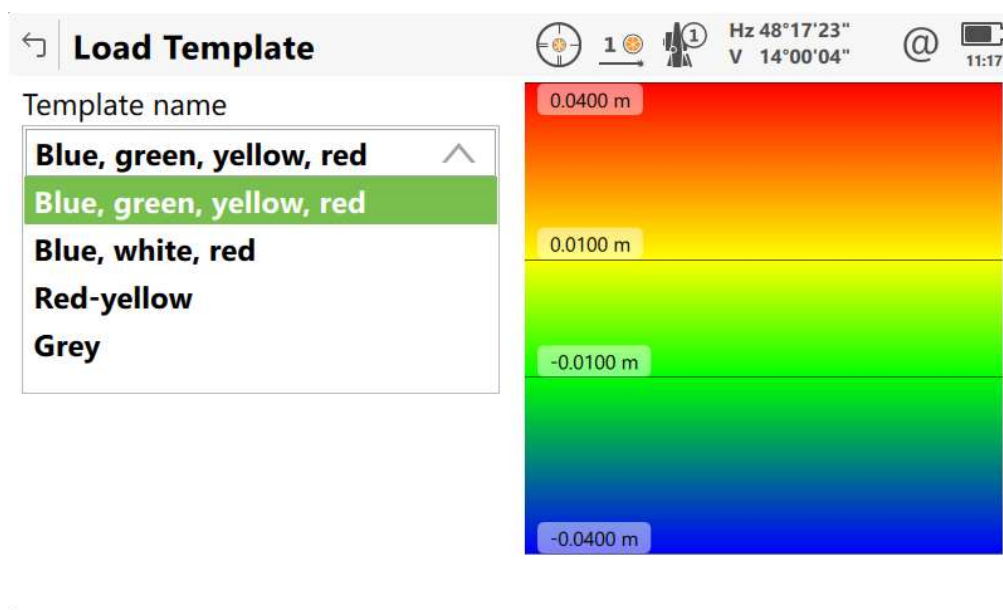
Obr. 16: Okno výběru skenů

Okno „Select Scans“ (obr. 16) je určeno pro výběr vstupujících skenů, je možno zvolit jeden nebo více skenů. Po zvolení potřebného počtu skenů je výběr potvrzen tlačítkem „OK“.



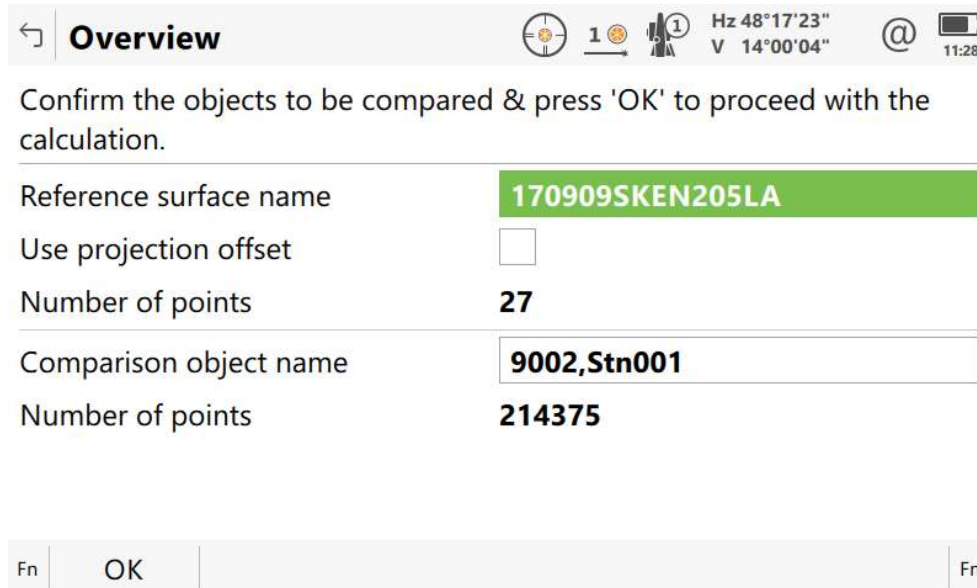
Obr. 17: Výběr barevné škály

Při výběru barevné škály (obr. 17) jsou pečlivě zvoleny vzdálenosti mezi jednotlivými barvami, aby bylo možné z 3D prohlížeče získat co nejlepší informace. Tlačítka „Insert“ a „Delete“ jsou přidávány nebo odebírány hodnoty. Může být zadáno až 6 hodnot rozdílů.



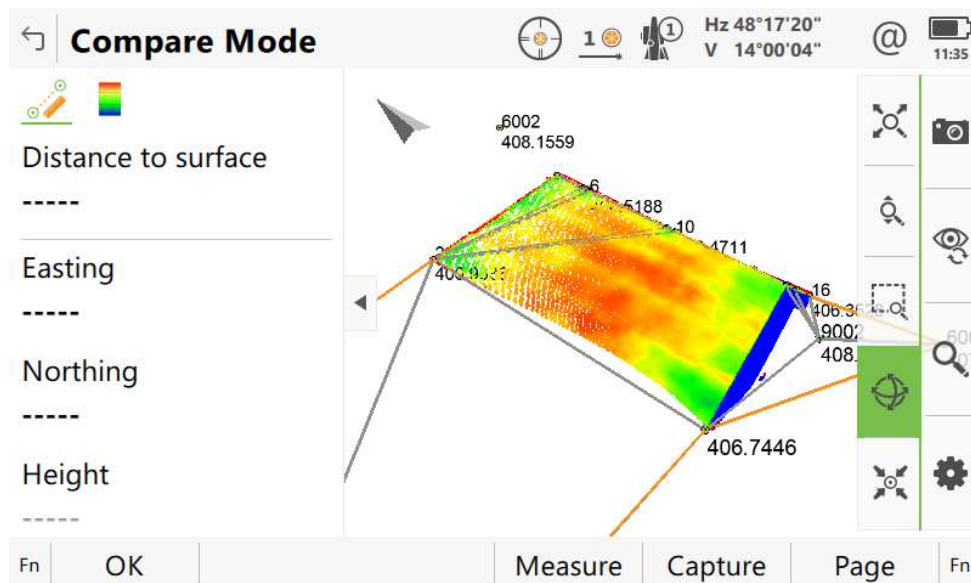
Obr. 18: Možnost načtení předdefinované barevné škály

Užitečný nástroj načtení a ukládání barevné škály se skrývá pod tlačítkem „Fn“ a následně „Load“. Nástroj nabízí vytvoření knihovny barevných stupnic a výběr vhodné škály k vyhodnocovanému povrchu. Po výběru je stisknuto tlačítko „OK“ a objeví se přehled dat, která budou porovnávána.



Obr. 19: Okno přehledu porovnávaných dat

Okno „Overview“ je posledním oknem před vyhodnocením. Slouží ke kontrole předem zvolených porovnávaných dat. Po potvrzení tlačítkem „OK“ již proběhne výpočet a následné zobrazení výsledků ve 3D prohlížeči.

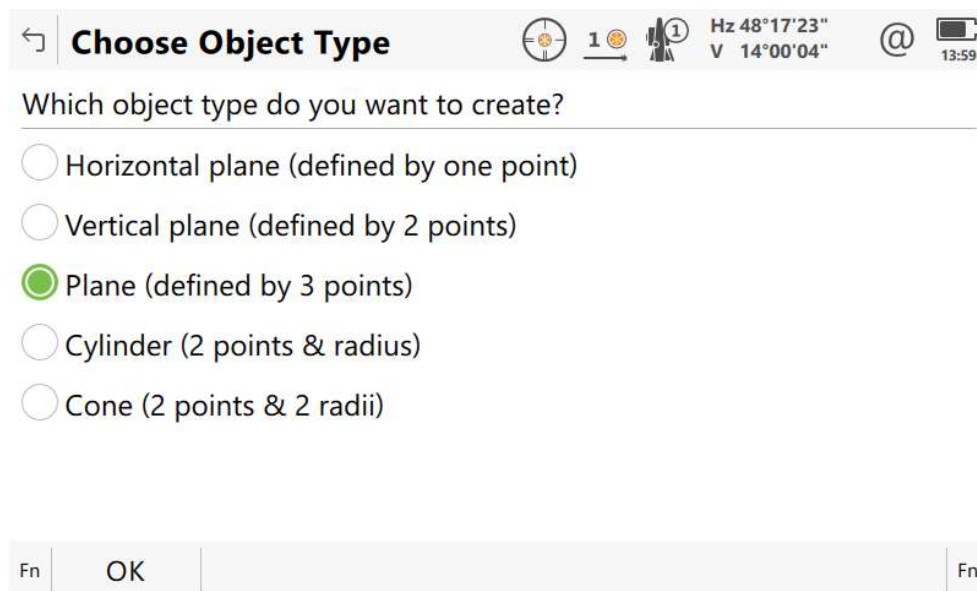


Obr. 20: Okno 3D prohlížeče se zobrazením porovnání

Měřené body jsou obarveny podle vzdálenosti od referenčního povrchu. Již v terénu jsou zjištěny neshody s referenční plochou a je tak možno provést nové měření, případně upravit jiné parametry vstupující do porovnání nebo vytyčit body definující problémovou oblast.

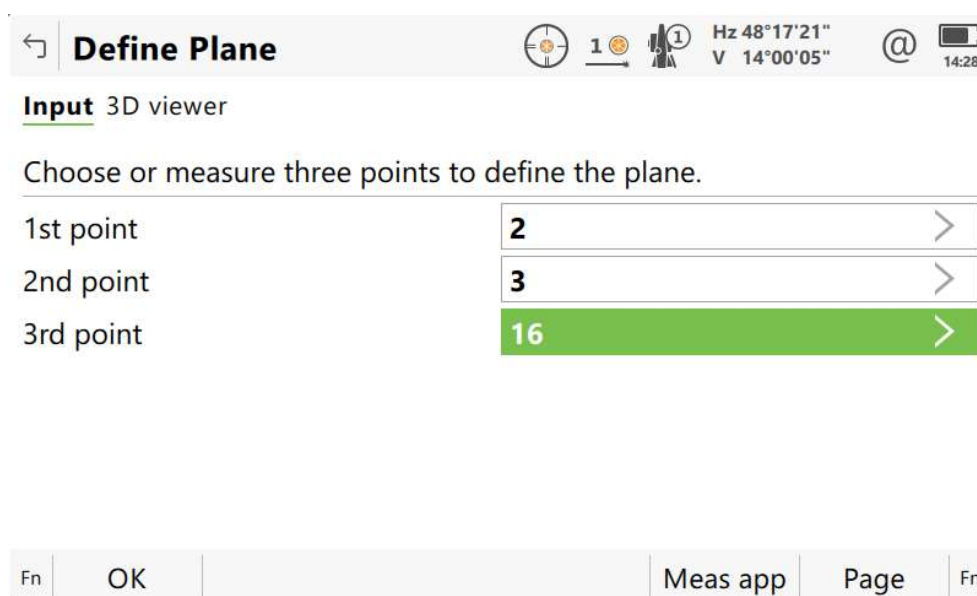
3.1.4 Předdefinovaná rovina

Další možností je určení referenční plochy pomocí předdefinované roviny, která je určena jedním nebo více body. V případě že se nejedná o rovinu, ale o válec či kužel, provádí se definice dvěma body a poloměrem.



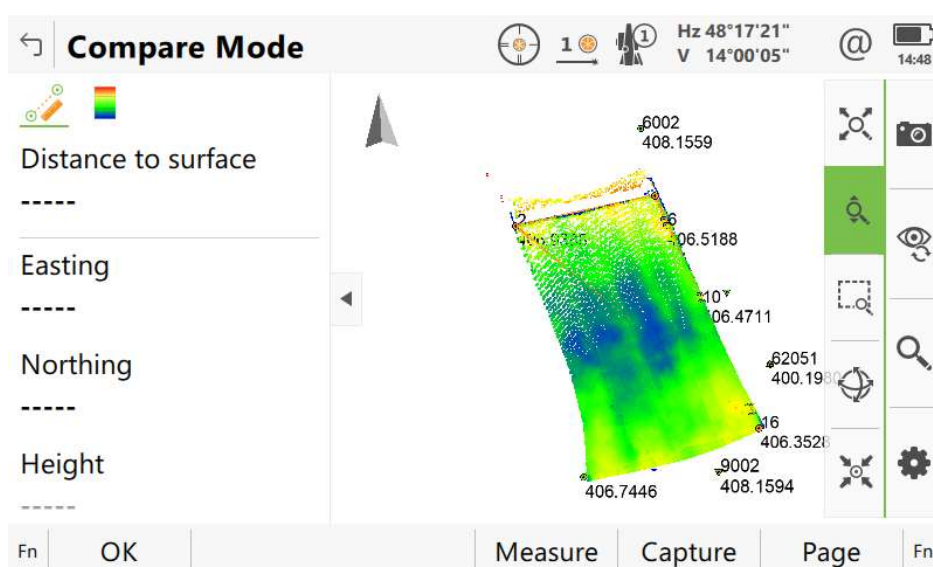
Obr. 21: Výběr předdefinované plochy

Nabízí se použití vodorovné roviny, která je určena jedním bodem. Dále je v nabídce svislá rovina určená dvěma body, rovina určená třemi body, válec určený dvěma body a poloměrem nebo kužel určený také dvěma body a poloměrem. V tomto případě (obr. 21) vybereme rovinu určenou třemi body „Plane (defined by 3 points)“.



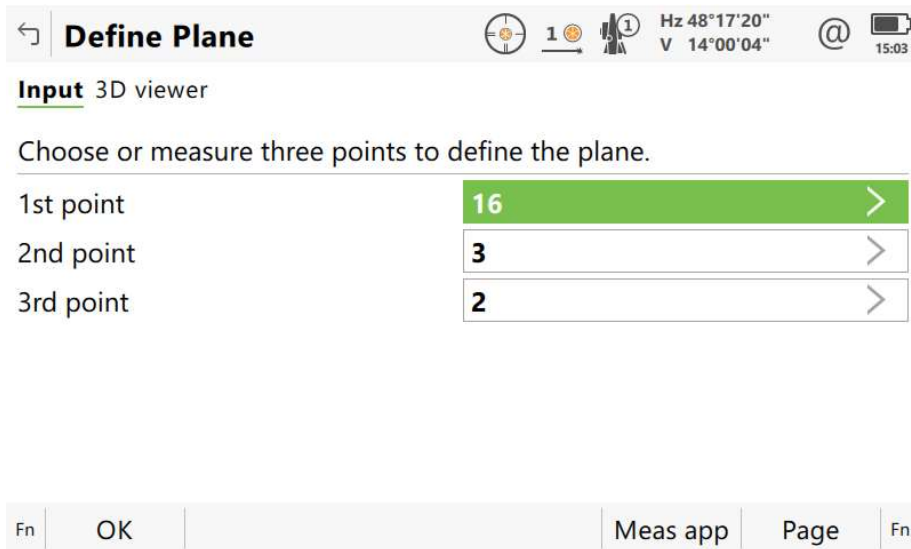
Obr. 22: Okno pro zadání třech bodů

Body lze zadat ručně, nebo graficky. Pro grafické znázornění je třeba v levém horním rohu stisknout „3D viewer“ a pohodlně zadat body z grafického prostředí. Po výběru vhodných bodů se stiskne tlačítko „OK“. Při zadávání bodů je třeba brát ohled na pořadí bodů. Volba bodů dle směru hodinových ručiček znamená, že osa bude směřovat dolů. Následující obrázek (obr. 23) ukazuje volbu bodů dle směru hodinových ručiček, další obrázek (obr. 25) znázorňuje volbu stejných bodů, které ale byly zadány opačným směrem. Dále je potřeba zadat plochu k porovnání. V ukázce je vybrán již existující sken, proto je potvrzena volba „Choose existing scan(s)“, tak jako v předchozích případech. Vybírá se požadovaný sken, nastavuje barevná škála a je zobrazeno porovnání.



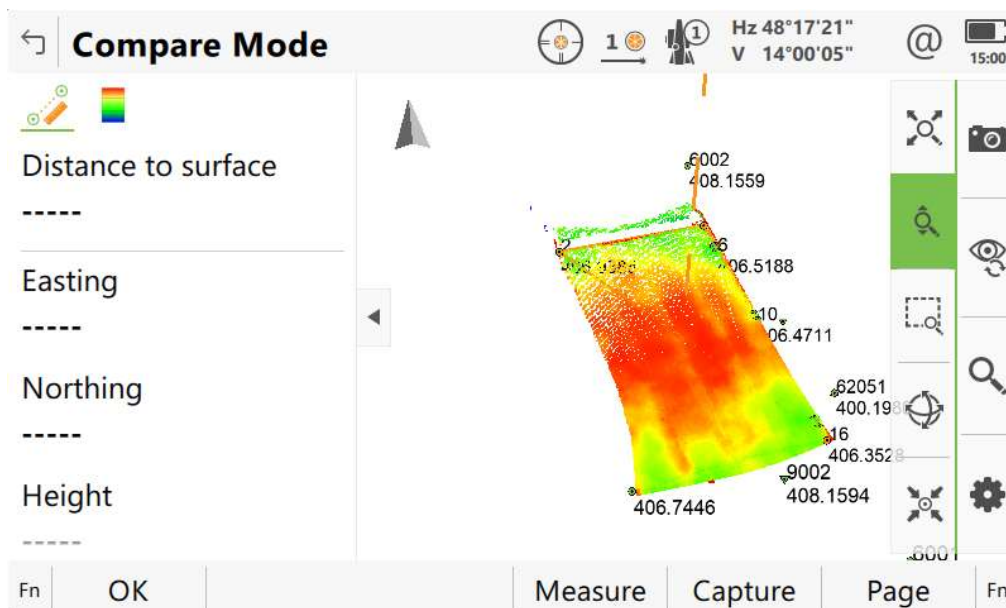
Obr. 23: Výsledné porovnání obou ploch ve 3D prohlížeči

Definované body referenční plochy byli vlevo nahoře, vpravo nahoře a vpravo dole celého skenu. Na barevném modelu je vidět, jak v prostředku skenované plochy je povrch níže oproti referenční ploše.



Obr. 24: Okno pro zadání třech bodů – opačně

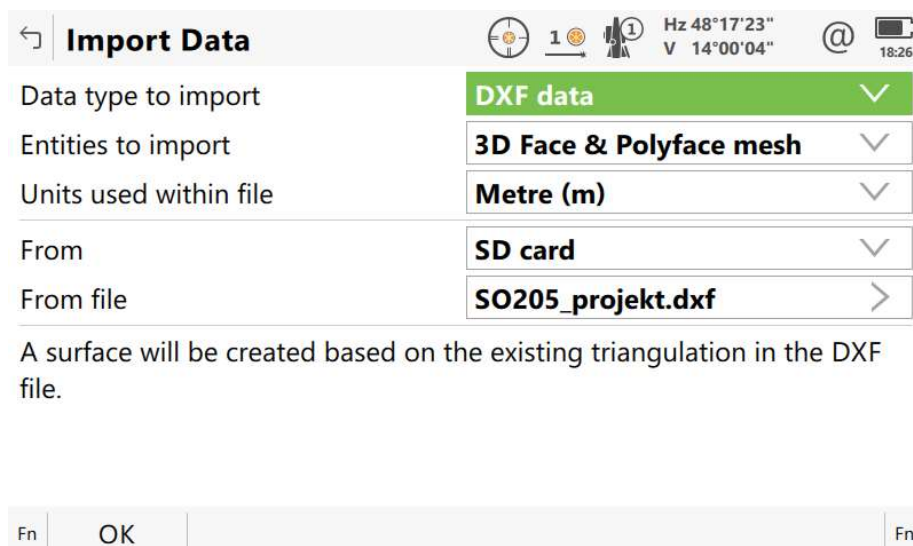
V tomto případě byly body zadány v opačném pořadí, tedy v opačném směru hodinových ručiček. Při této volbě bude normála plochy směřovat vzhůru. Barevná škála je tedy opačně oproti předchozí volbě.



Obr. 25: Porovnání při zadání bodů opačně

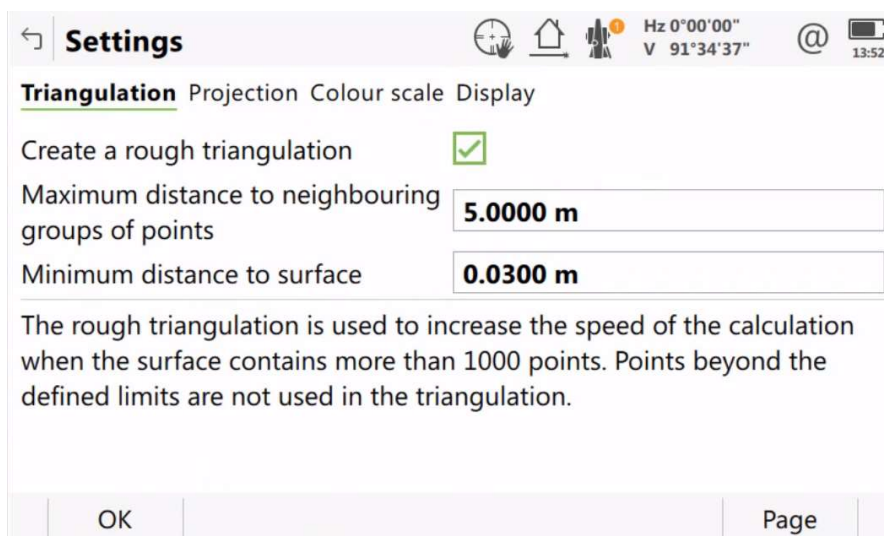
3.1.5 Načtení referenční plochy ze souboru nebo projektu

V případě, že byl již někdy dříve vytvořen sken, například jinou stanicí nebo skenerem, je možnost načíst soubory typu *.dxf, *.pts a ASCII data. Je možno načíst také předem vytvořený projekt. V okně „Define Reference Surface“ je tedy zvolena možnost „From a point cloud or .dxf file“.



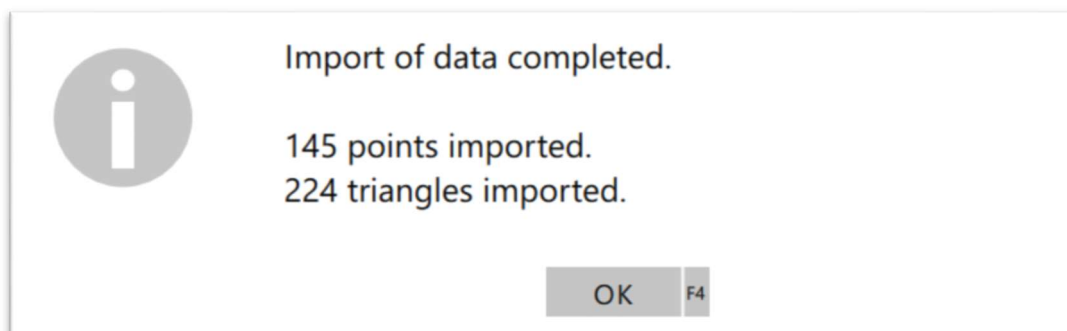
Obr. 26: Okno výběru typu dat

V tomto ukázkovém případě se jedná o projekt a data jsou tedy ve formátu *.dxf. Z načteného mračka bodů bude vytvořena referenční síť, která bude sloužit jako referenční plocha. Mračno bodů může obsahovat až miliony bodů, v nastavení je tedy možno zadat, jak bude trojúhelníková síť vytvářena. Po kliknutí na tlačítko „Fn“ je zobrazeno tlačítko „Settings“, které je vybráno a obsahuje nastavení tvorby trojúhelníkové sítě.



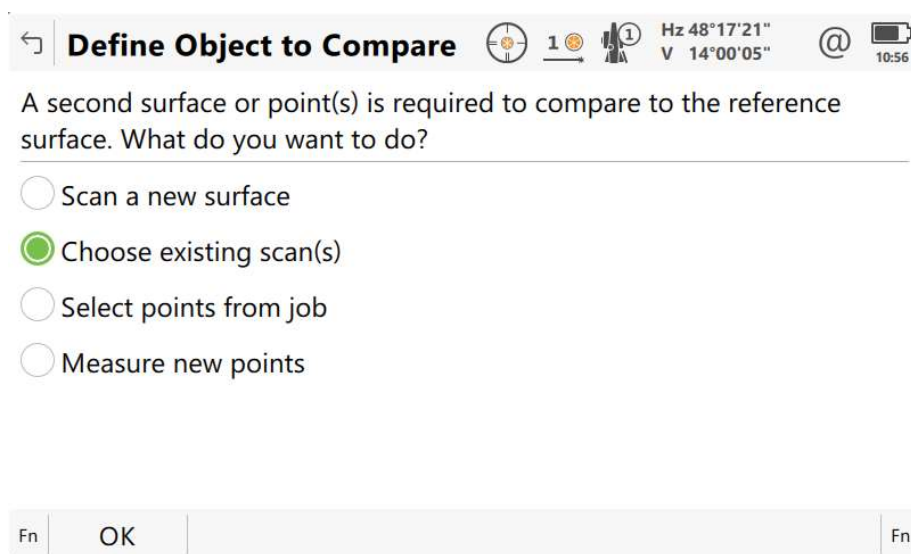
Obr. 27: Nastavení tvorby trojúhelníkové sítě

Správné nastavení ušetří čas při tvorbě trojúhelníkové sítě. Je stisknuto tlačítko „OK“ a znovu „OK“ pro načtení dat z bodového mračna. Body ještě nejsou triangulovány.



Obr. 28: Informační okno s počty bodů a trojúhelníků

Po stisknutí tlačítka „OK“ se objeví informační okno (obr. 28) s přehledem počtu načtených bodů a trojúhelníků. Okno je potvrzeno tlačítkem „OK“.



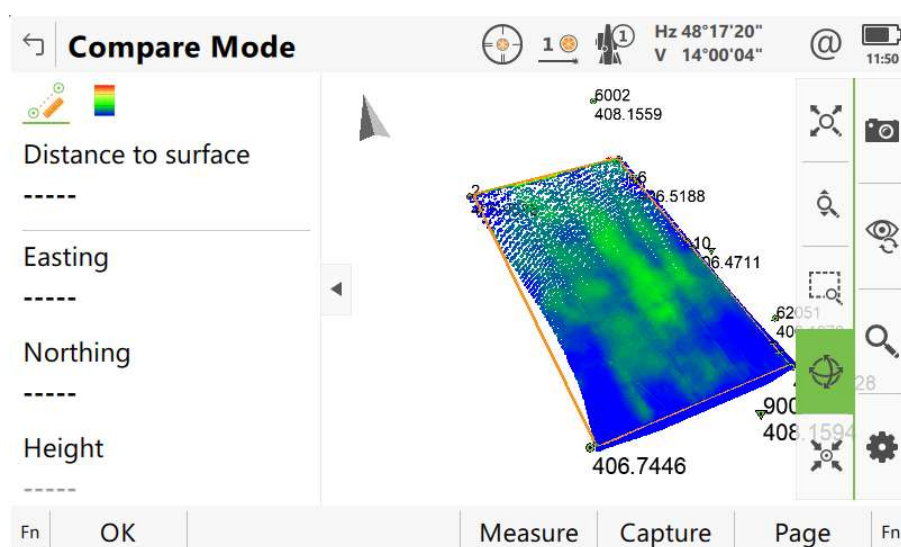
Obr. 29: Okno pro definici porovnávaného skenu

Projekt je porovnáván s již existujícím skenem, který byl uložen v zakázce. Je tedy vybrána možnost „Choose existing scan(s)“.



Obr. 30: Výběr vhodných skenů

Je vybrán sken pro území projektu, v tomto případě se jedná pouze o jeden sken. Je tedy zaškrtnut a potvrzen „OK“. Další postup je shodný s předchozími postupy, je tedy navolena barevná škála a potvrzený přehled informací. Vypočtou se výsledky, které jsou zobrazeny v 3D prohlížeči.

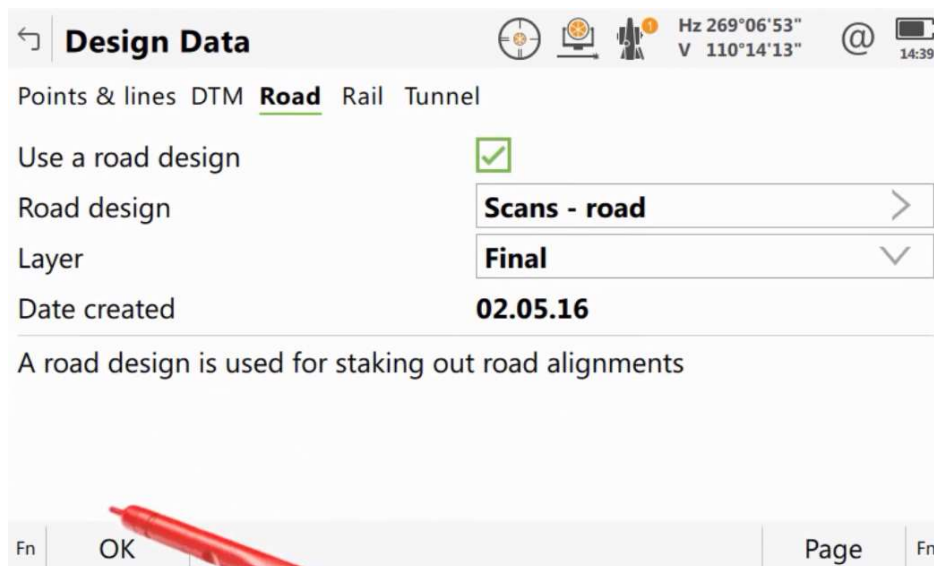


Obr. 31: Okno 3D prohlížeče

Tentokrát byla v prvním kroku vytvořena referenční trojúhelníková síť z mračna bodů podle nastavení, které bylo uděláno dříve. Poté byla vypočtena vzdálenost mezi projektem a skenem. Po dokončení jsou vidět rozdíly mezi projektem a skenem.

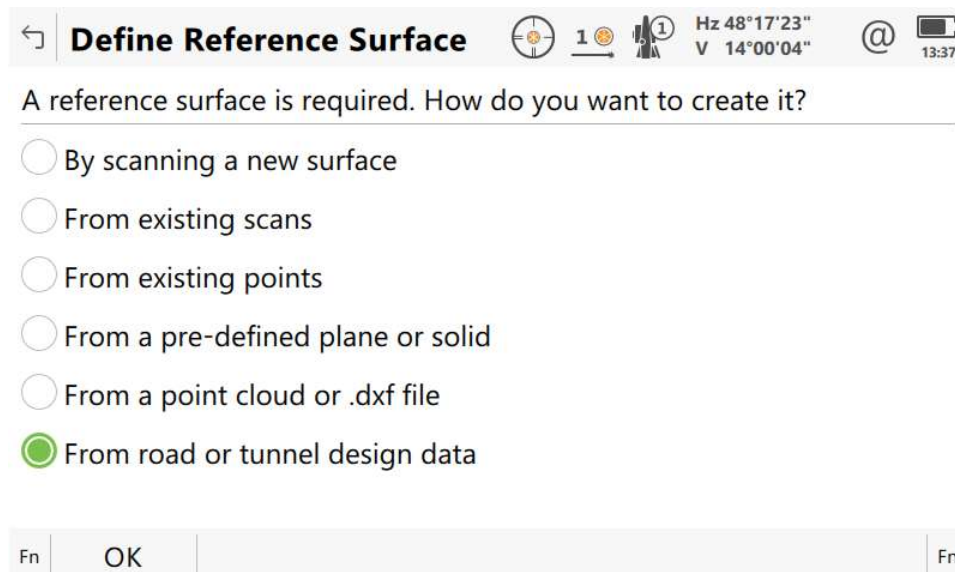
3.1.6 Projekt silnice nebo tunelu

Poslední možností je volba referenční plochy projektem silnice nebo tunelu. Přímo v terénu je porovnáván změřený povrch silnice nebo tunelu s projektem a jsou prohlíženy odchylky mezi nimi. Prvním krokem je zvolení správného projektu v hlavním prostředí Leica Captivate.



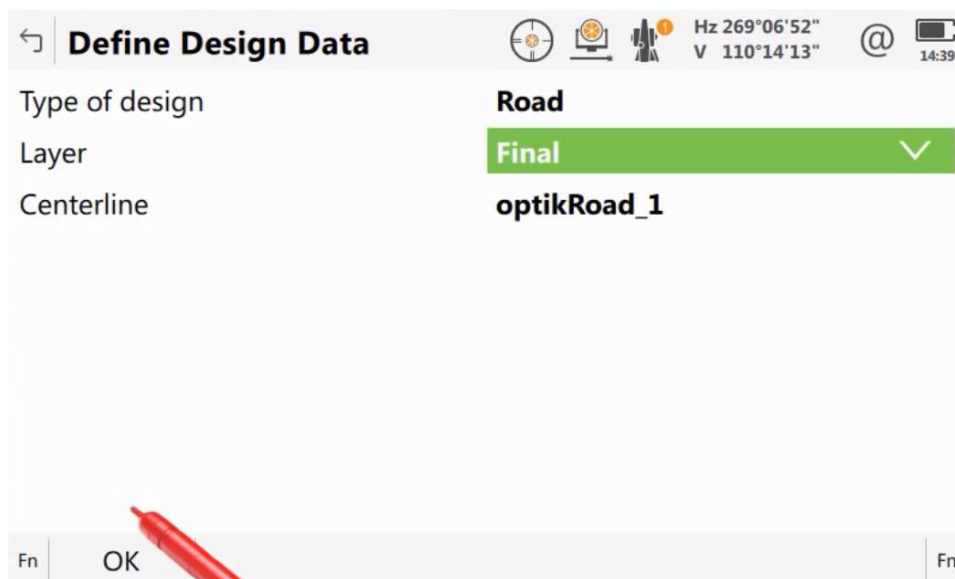
Obr. 32: Okno pro upřesnění vybraného projektu [7]

Po zvolení projektu v prostředí Leica Captivate jsou podrobněji definována data pro aplikaci. V nabídce v levém horním rohu je vybrána záložka „Road“, dále je zaškrtnuto políčko „Use a road design“ a v dalších rozbalovacích oknech vybrán konkrétní projekt. Nakonec je výběr potvrzen tlačítkem „OK“.



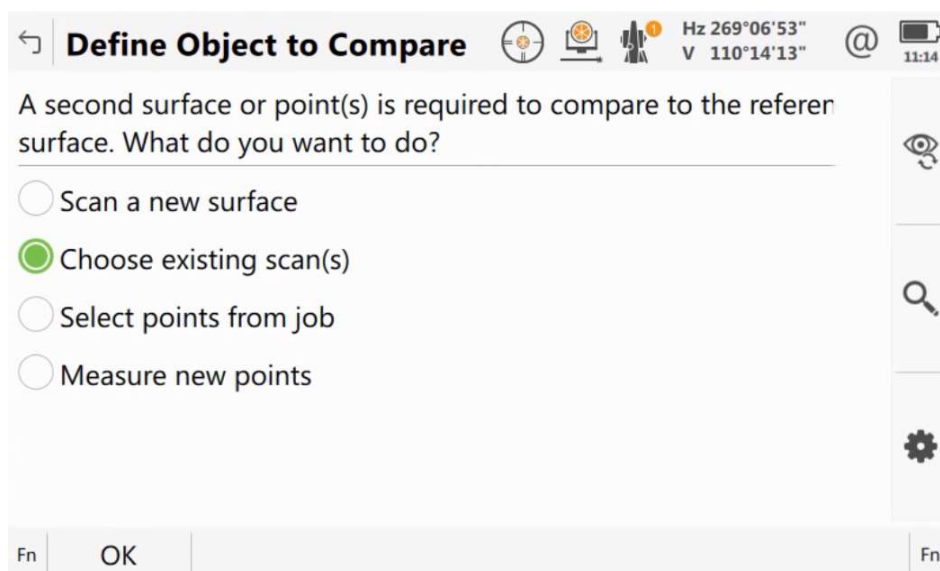
Obr. 33: Okno výběru referenční plochy

Dále ve spuštěné aplikaci Inspect Surfaces je vybrána referenční plocha „From road or tunnel design data“. Referenční plochou je vlastně projekt, v tomto případě je to projekt silnice.



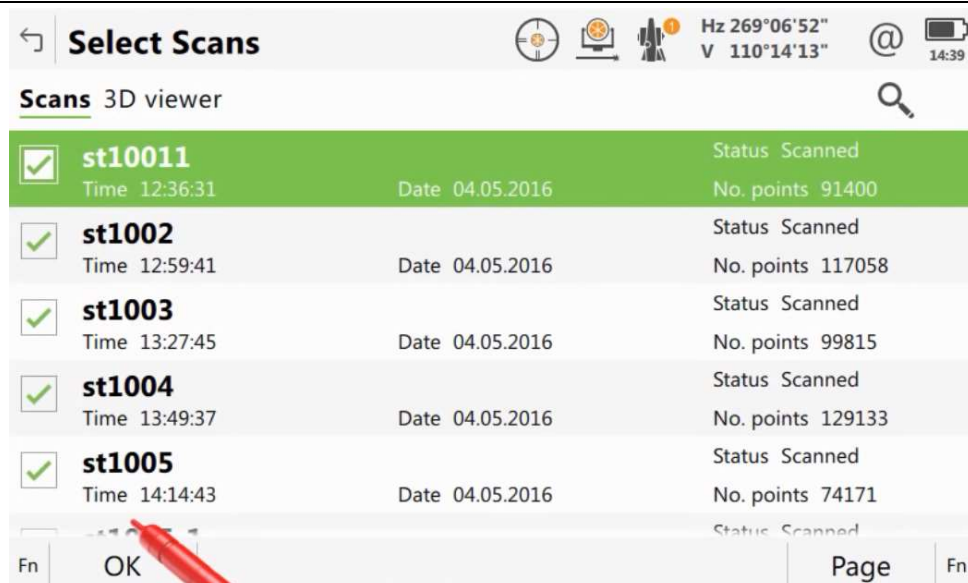
Obr. 34: Okno pro výběr vrstvy silnice [7]

Projekt silnice se obvykle skládá z více vrstev a je třeba vybrat, která vrstva má být referenčním povrchem. Výběr je dokončen stisknutím tlačítka „OK“.



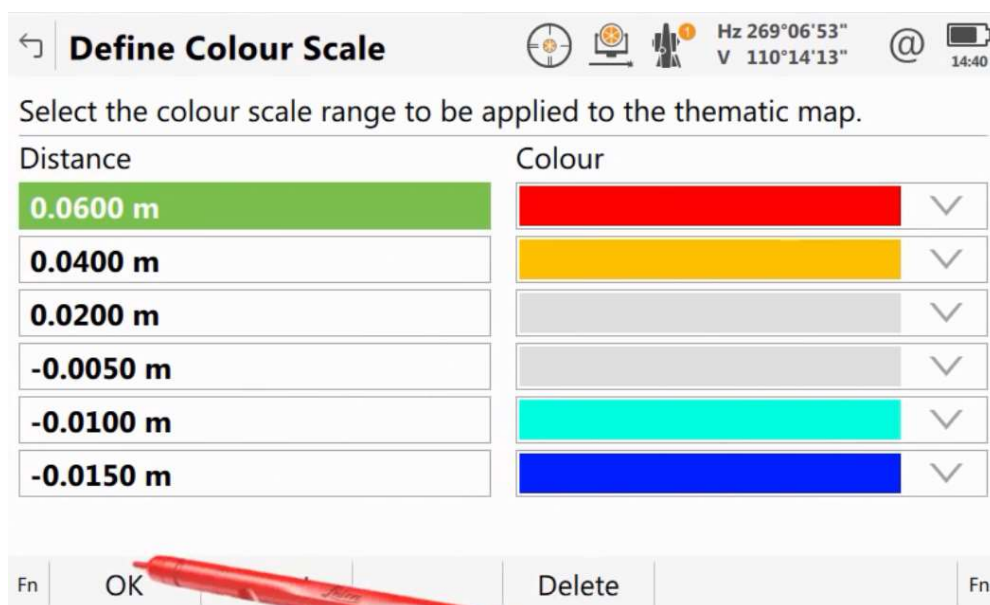
Obr. 35: Okno výběru objektu pro porovnání

V panelu „Define Object to Compare“ jsou vybírána měřená data, která budou porovnávána s referenčním povrchem. V ukázce je použit již hotový sken, proto je vybrána možnost „Choose existing scan(s)“ (obr. 35).



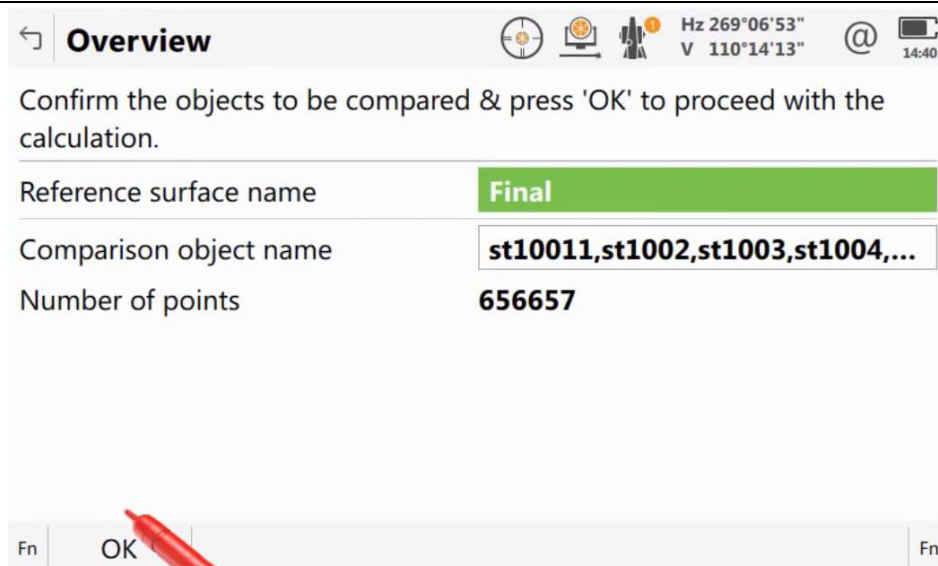
Obr. 36: Okno výběru skenů [7]

V panelu „Select Scans“ jsou vybrány skeny, které mají být použity. Po výběru je stisknuto tlačítko „OK“.



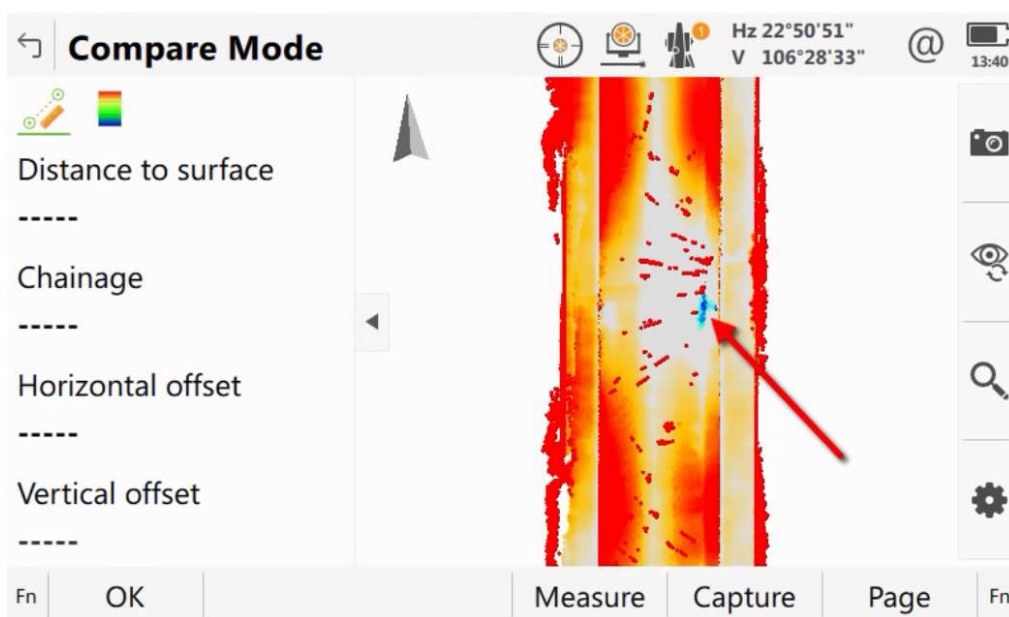
Obr. 37: Okno definice barev [7]

Panel definice barev je určen k obarvení skenu v závislosti na vzdálenosti od referenční plochy. Povrch silnice se hodně blíží projektu, proto jsou použity poměrně malé hodnoty. Výběr je potvrzen tlačítkem „OK“.



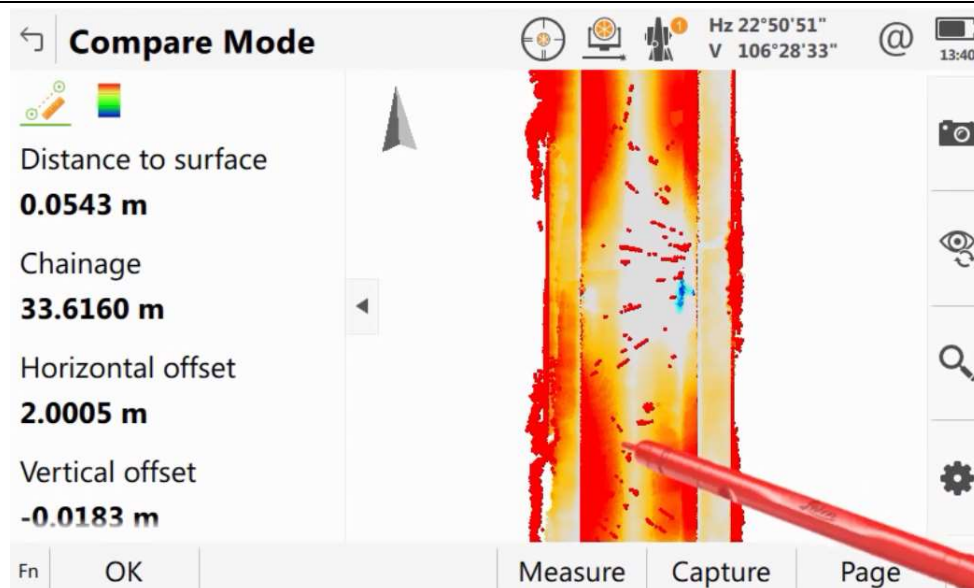
Obr. 38: Okno přehledu [7]

Posledním panelem před zobrazením výsledků je „Overview“ (obr. 38). Je vidět přehled, co s čím se bude porovnávat, přehled je potvrzen „OK“.



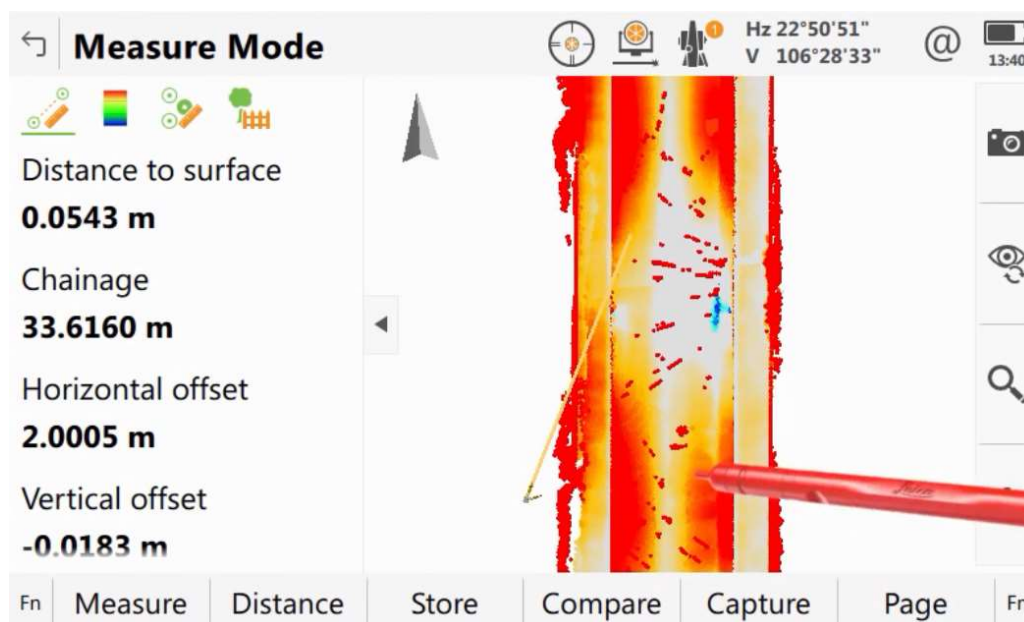
Obr. 39: Analýza povrchu v 3D prohlížeči [7]

Na pravé straně je barevná škála, která označuje rozdíly mezi skutečností a projektem. Modrou barvou jsou označována místa, kde je povrch silnice níže, než by měl být. Naopak červenou barvou jsou označena místa, kde je povrch výš.



Obr. 40: 3D prohlížeč [7]

Po kliknutí na nějaký bod, je na levé straně vidět kolmá vzdálenost skenovaného bodu od referenčního povrchu v poli „Distance to surface“. Pod políčkem „Chainage“ je zobrazeno staničení, „Horizontal offset“ a „Vertical offset“ ukazují horizontální a vertikální odsazení bodu od osy.



Obr. 41: Měření v 3D prohlížeči [7]

Stiskem tlačítka „Measure“ se přepneme do měřicího módu. Zde je možno namířit totální stanicí na vybraný bod. Při zapnutí laserového ukazovátka v totální stanicí je možné dělníkům snadno ukázat, kde je třeba silnici upravit.

4 Testovací měření

4.1 Příprava referenčních dat

Skenování a vyhodnocování v aplikaci Inspect surfaces předcházelo zaměření tří vybraných lokalit. Lokality byly vybrány v okolí Stavební fakulty ČVUT v Praze. Jednotlivé lokality byly vhodně vybrány, aby se na každé lokalitě daly sledovat jiné jevy v aplikaci a ve výsledných modelech.

K měření byla použita robotizovaná totální stanice Trimble S8 HP (výr. č. 98111877). Přesnost určení délek při měření na hranol je $0,8 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$. Úhlová přesnost je $0,3 \text{ mgon}$ [8]. Měření bylo provedeno v místním souřadnicovém a výškovém systému. Při měření byla totální stanice ovládána vzdáleně pomocí kontroleru a cíleno bylo na všesměrný hranol Trimble, který byl přikládán svým hrotem přímo na vozovku (výška cíle cca. 10 cm).

Každá lokalita je změřena ve vlastním místním souřadnicovém systému. Pro aplikaci Leica Inspect surfaces byly vytvořeny seznamy souřadnic, které se importovaly do zakázek skenování.

4.1.1 Lokalita 1

První vybraná lokalita se nachází před budovou Fakulty stavební ČVUT v Praze a povrch vozovky je tvořen hrubým asfaltovým krytem. Zaměření lokality bylo provedeno z jednoho stanoviska pomocí přístroje Trimble S8 HP. V rámci měření bylo určeno 6 jasně identifikovatelných bodů měření ve dvou polohách. Tyto body byly rovnoměrně rozmístěny kolem lokality a slouží pro určení volného stanoviska při dalším měření. Podrobným měřením v jedné poloze bylo zaměřeno 226 bodů, které zachycují pás vozovky o délce 56 m a šířce 6 m a také kus křižovatky (příloha 1). Body byly měřeny v pravidelném rastru. V lokalitě se nachází dvě významné poruchy vozovky v podobě příčných propadů. Tato místa byla detailně zaměřena pro možnost porovnání a vyhodnocení v aplikaci Inspect surfaces.



Obr. 42: Lokalita 1



Obr. 43: Ortofoto znázorňující polohu hrbolů [9]

4.1.2 Lokalita 2

Druhá vybraná lokalita se nachází za budovou Národní technické knihovny (příloha 2). Plocha je tvořena hladkými betonovými panely, které jsou různě výškově natočeny a tvoří prostorový útvar. Byly určeny 4 body na protnutí měřením ve dvou polohách. Podrobným měřením v jedné poloze bylo zaměřeno 55 bodů. Výběr podrobných bodů byl volen s ohledem na zaměření každého panelu zvlášť všemi svými lomy a jedním středovým bodem. Největší šířka lokality je 11 metrů a největší délka je 15 metrů.



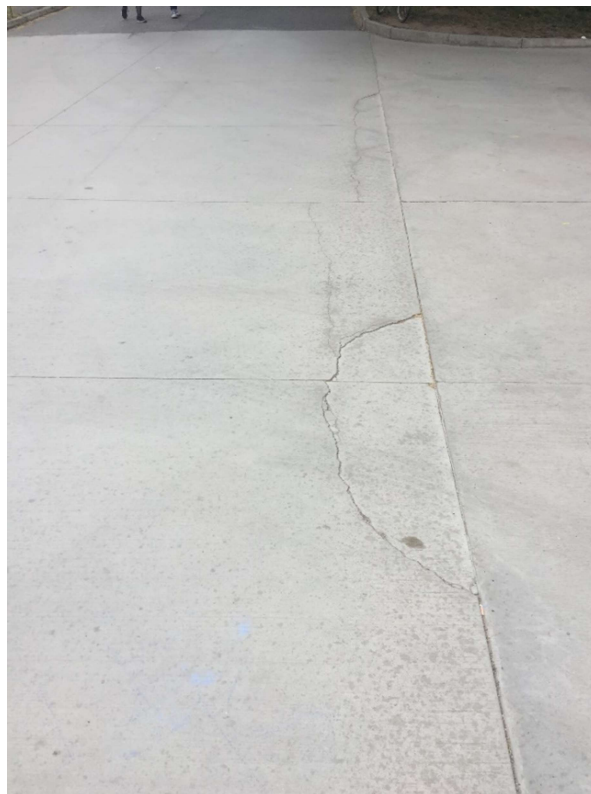
Obr. 44: Lokalita 2

4.1.3 Lokalita 3

Třetí lokalita se nachází před budovou Fakulty architektury ČVUT v Praze (příloha 3) a je tvořena betonovou vozovkou z hladkých obdélníkových panelů. Na ploše se objevují praskliny a mírné deformace (obr. 46). V rámci měření byly určeny 4 jasně identifikovatelné body měřením ve dvou polohách. Body byly vhodně rozmístěny po okolí. Podrobným měřením v jedné poloze bylo zaměřeno 117 bodů, které zachycují pás vozovky o délce 40 m a šířce 6 m.



Obr. 45: Lokalita 3



Obr. 46: Fotografie prasklin na třetí lokalitě

4.2 Skenování povrchů s Leica MS50

Robotizovaná multistanice Leica MS50, která má všechny běžné funkce totálních stanic jako je podrobné měření a vytyčování. Navíc disponuje kamerou, která umožňuje vytvářet i měřické snímky a její konstrukce jí dovoluje pracovat jako laserový skener [10]. Oproti klasickým pozemním statickým skenerům je pomalejší v rychlosti skenování, ale díky funkcím totální stanice umožňuje s mračny bodů pracovat přímo v terénu. Přesnost určení délek při měření na hranol je $1 \text{ mm} + 1,5 \text{ ppm}$. Úhlová přesnost je $0,3 \text{ mgon}$. [11].



Obr. 47: Multistanice Leica MS50 [12]

Skenování probíhalo z vhodně zvoleného volného stanoviska. První lokalita měla celkem 3 skeny. Pro vzdálenější sken byla zvolena nižší hustota, pro dva bližší skeny byla zvolena větší hustota mračna bodů. Na druhé lokalitě byly pořízeny dva skeny s velkou hustotou mračna bodů. Na třetí lokalitě byly naskenována 2 mračna bodů pro celý povrch s menší hustotou a jeden sken pro místo s prasklinami, který má velkou hustotu bodů.

Metoda skenování byla volena na všech lokalitách stejná a to „Polygonal area“ tedy manuálním určením nepravidelné plochy. Multistanice má také zabudované dvě kamery a umožňuje nám tak definovat skenovanou plochu pomocí obrazu kamery. Využití kamery je ještě pro vytvoření panoramatické fotky skenovaného území. Dále je prováděno nastavení skenu. Rozlišení je definováno vzdálenostmi, nebo pomocí úhlů. V našem případě byly zvoleny vzdálenosti. Jako ideální poměr se jeví 5:1 v prospěch horizontálních mezer oproti vertikálním. Na základě tohoto poměru, respektive vzdáleností horizontálního a vertikálního odsazování,

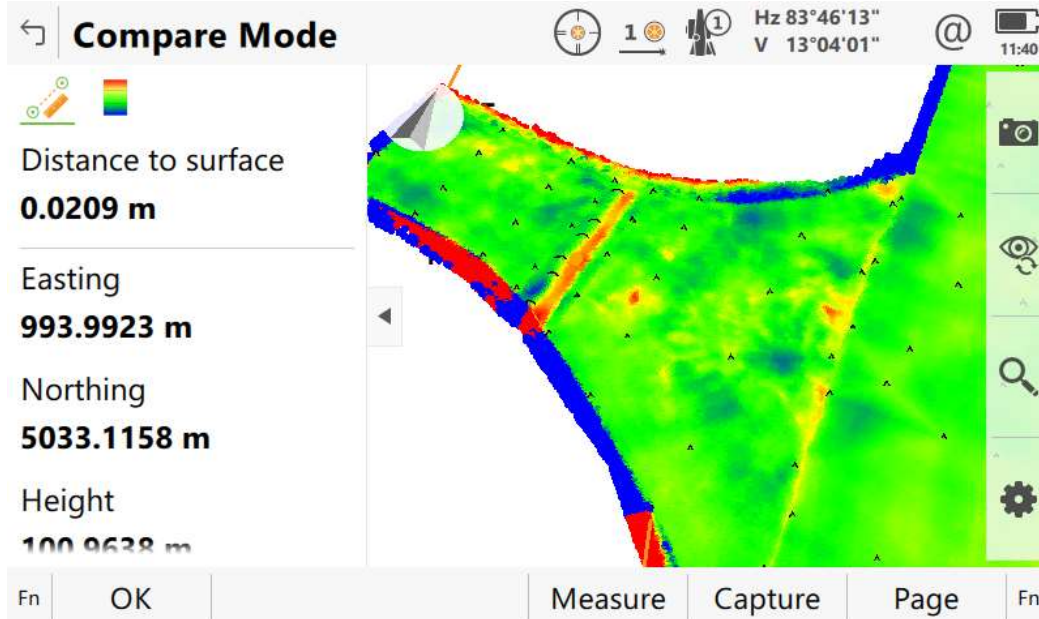
a také vzdálenosti skenovaného území, je vypočten přibližný počet bodů. Z počtu bodů můžeme již dopředu odhadnout délku skenování. Druhým nastavením je rychlost skenování. Zde je volba přizpůsobena vzdálenosti skenovaného území od multistanice a také odrazivosti skenovaného povrchu. V našem měření byla vybírána volba 1000 bodů za vteřinu, pro vzdálenější skeny byla volba 250 bodů za vteřinu. Všechna tato nastavení nám umožňují co možná nejvíce zkrátit dobu skenování a zefektivnit tak práci. Následuje definování dalšího skenu, pro který je třeba udělat stejné nastavení. Po zadání všech skenovaných ploch bylo provedeno kompletní skenování všech nadefinovaných ploch. Následně bylo provedeno porovnání projektu a skenovaného povrchu přímo v terénu. Kromě očekávaných míst s deformacemi vozovky nebyly identifikovány žádné problémy ve skenovaném mračnu.

4.3 Vyhodnocení v aplikaci Leica Inspect surfaces

Z časových důvodů byly nerovnosti povrchů vozovek vyhodnocovány až v kanceláři. K vyhodnocení byl využit simulátor Leica Captive na notebooku. Vyhodnocovalo se postupně po jednotlivých lokalitách. V prostředí Leica captivate byla vybrána požadovaná lokalita a byla spuštěna aplikace Inspect surfaces. Referenční plocha byla definována body, které byly již dříve zaměřeny totální stanicí. Plocha pro porovnání byla vytvořený sken, popřípadě skeny území. V dalším kroku byla nastavena vhodná barevná škála a po potvrzení byly zobrazeny výsledky v 3D prohlížeči (kapitola 3.1.3).

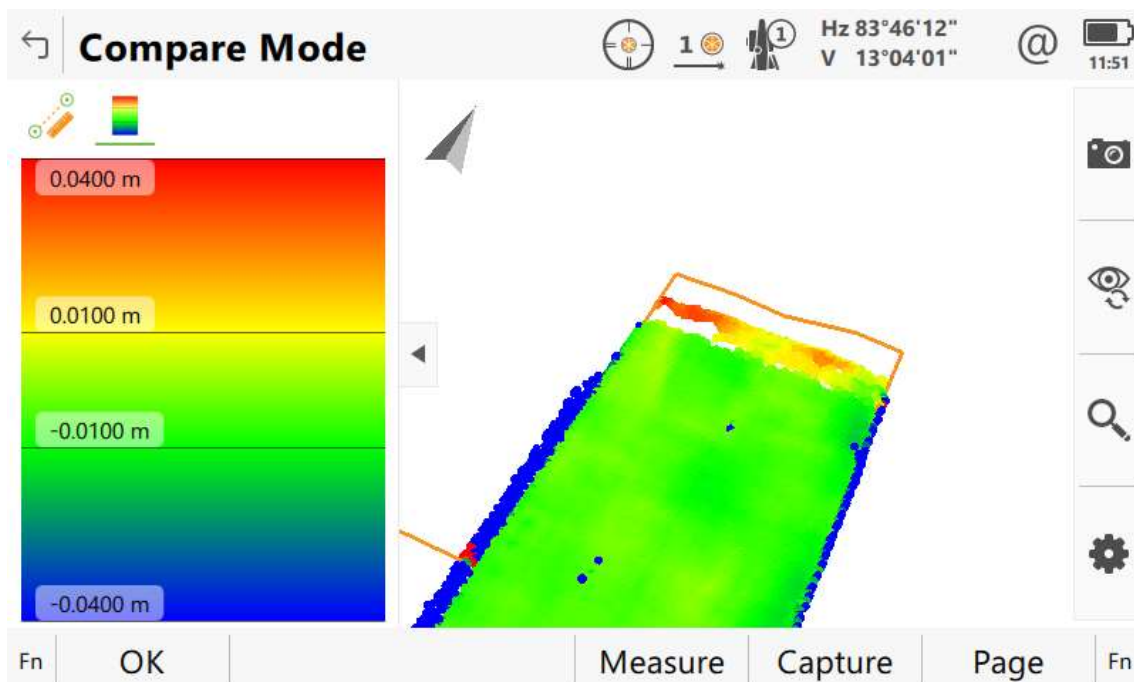
4.3.1 Lokalita 1

Za referenční seznam souřadnic byl brán seznam očištěný o body definující zlomové hrany, aby bylo možno provést porovnání a identifikaci problémových oblastí ve vozovce. V 3D prohlížeči byly vybrány body vymežující poruchovou oblast a lze je případně vytyčit v terénu. Výběr bodů se provádí přidržením kurzoru v příslušném místě a bod je vypsán v levé části 3D prohlížeče odkud může být uložen pomocí tlačítka „Capture“.



Obr. 48: Porovnání referenční plochy se skenem – hrbol 1

V 3D prohlížeči aplikace Inspect surfaces jsou vyjádřeny hrboly barevnou hypsometrií. Byl také zachycen přechod mezi rovnou částí cesty a odbočkou.

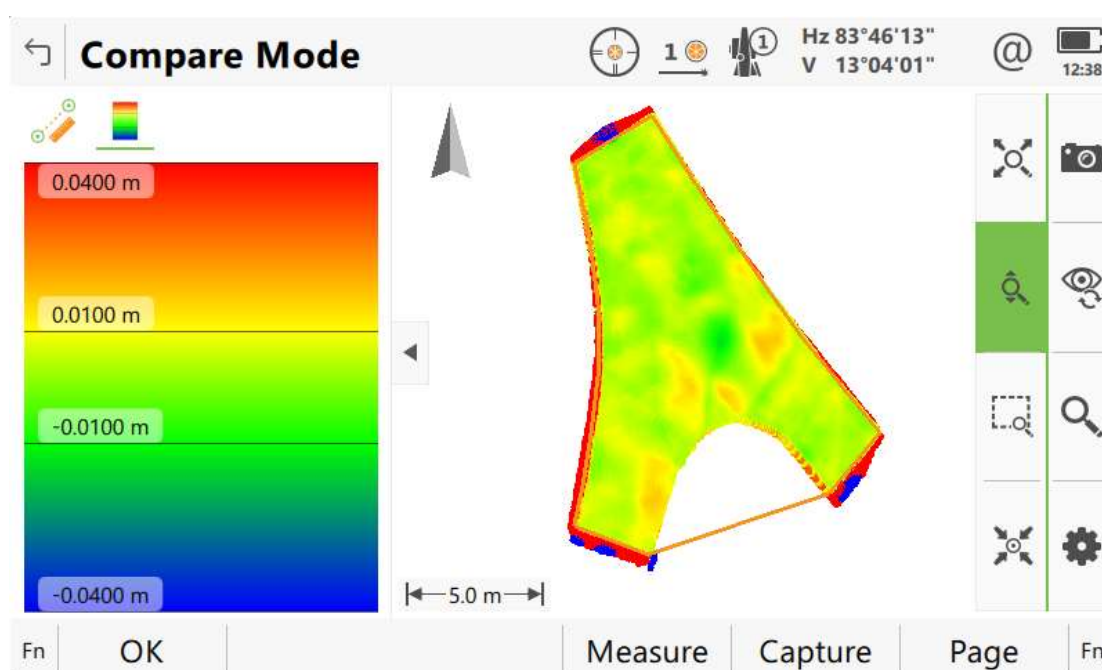


Obr. 49: Porovnání referenční plochy se skenem – hrbol 2

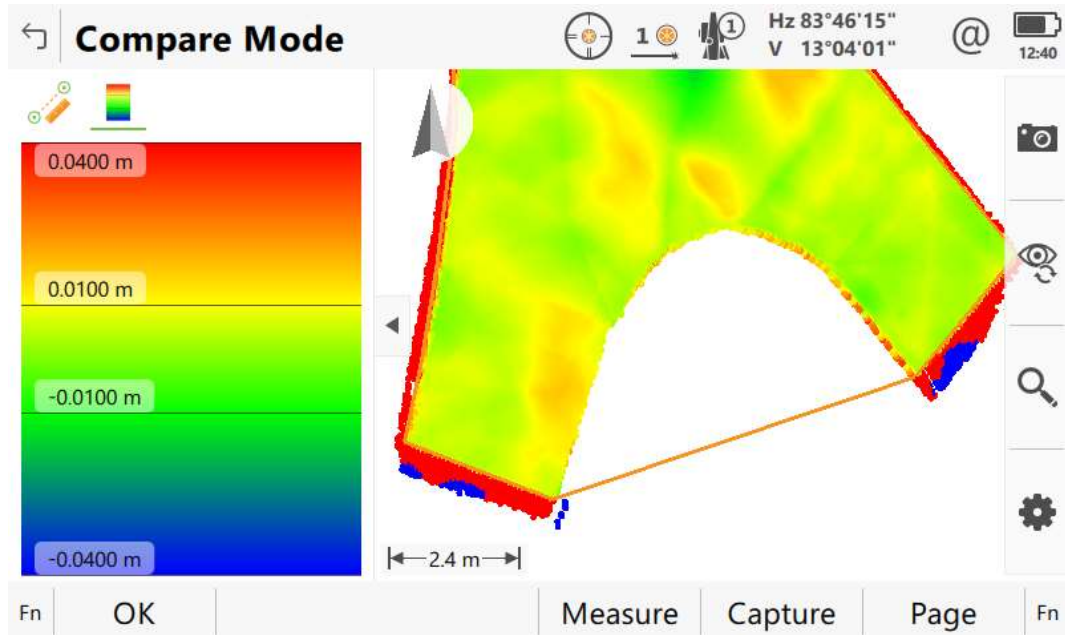
V lokalitě 1 byl také zachycen druhý hrbol, který ohraničuje konec první lokality.

4.3.2 Lokalita 2

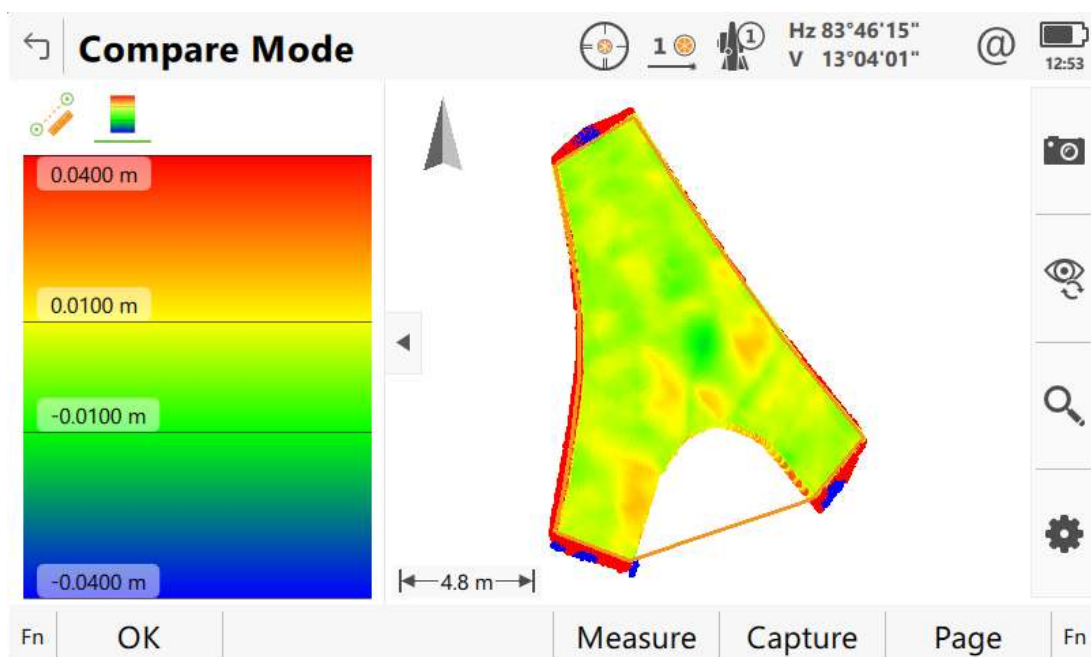
Do aplikace byly postupně nahrávány seznamy souřadnic lokality 2. Tyto seznamy byly postupně generalizovány. První varianta byla tvořena všemi zaměřenými body. Druhá varianta byla zredukována o blízké body, protože každá deska byla zaměřena zvlášť, tak na společných rozích byly vždy 2 body, pro redukci byl jeden z těchto bodů vymazán. Třetí varianta byla zredukována o střední body desek. Čtvrtá varianta byla zredukována o krajní body sousedních desek a v seznamu zůstaly pouze body, které popisují základní tvar lokality. Cílem bylo určit, jak hustě musí být definován takový složitý povrch, aby se při porovnání se skenem neprojevovaly příliš velké rozdíly.



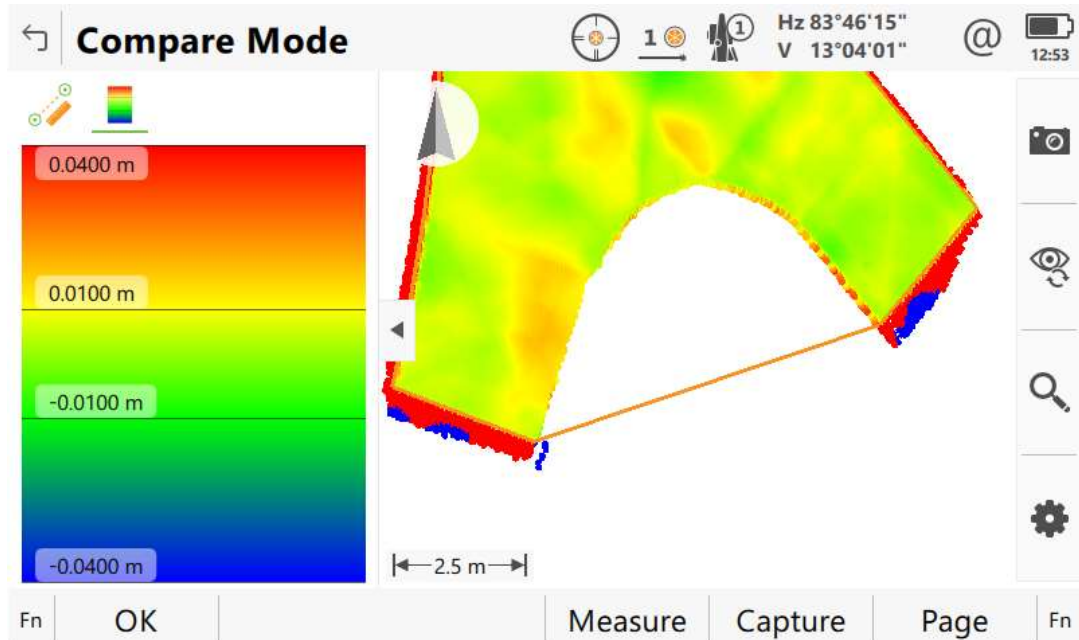
Obr. 50: Porovnání referenční plochy se skenem – všechny body



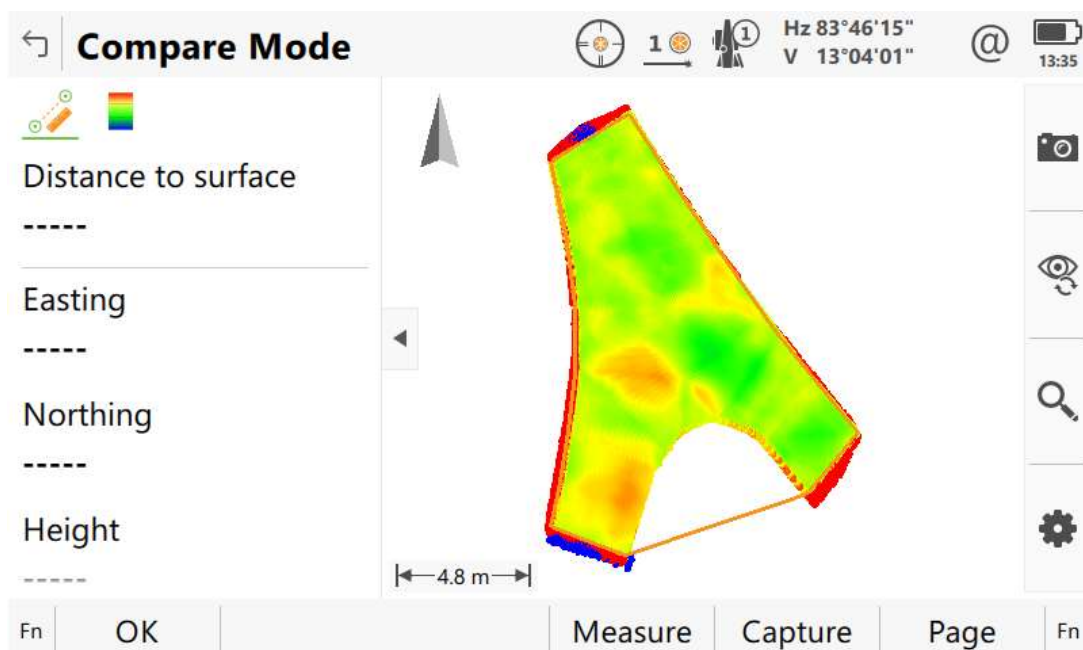
Obr. 51: Porovnání referenční plochy se skenem – všechny body (detail)



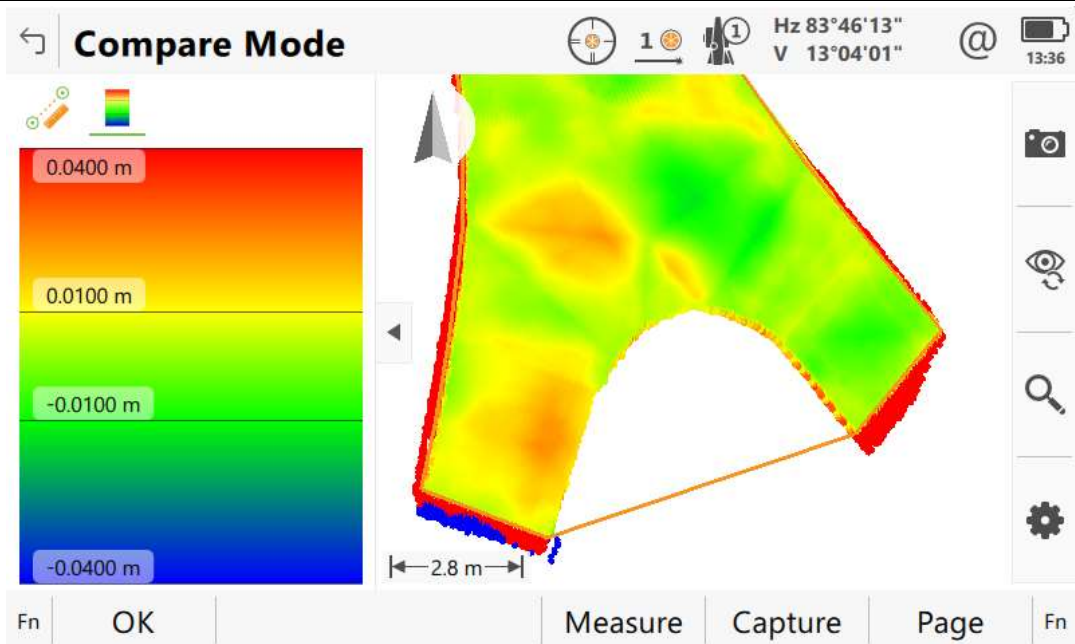
Obr. 52: Porovnání referenční plochy se skenem – první generalizace



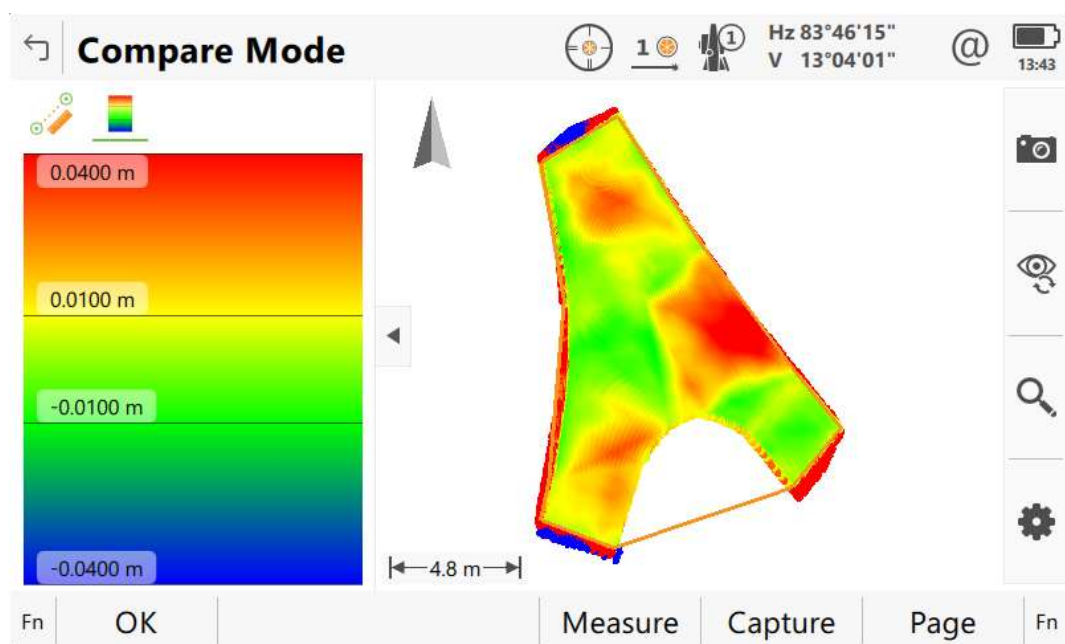
Obr. 53: Porovnání referenční plochy se skenem – první generalizace (detail)



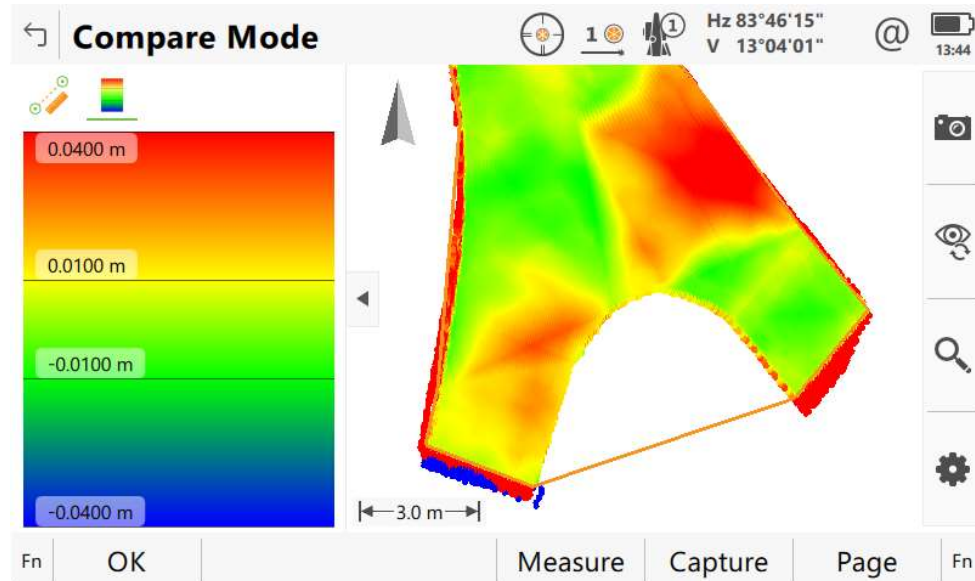
Obr. 54: Porovnání referenční plochy se skenem – druhá generalizace



Obr. 55: Porovnání referenční plochy se skenem – druhá generalizace (detail)



Obr. 56: Porovnání referenční plochy se skenem – třetí generalizace

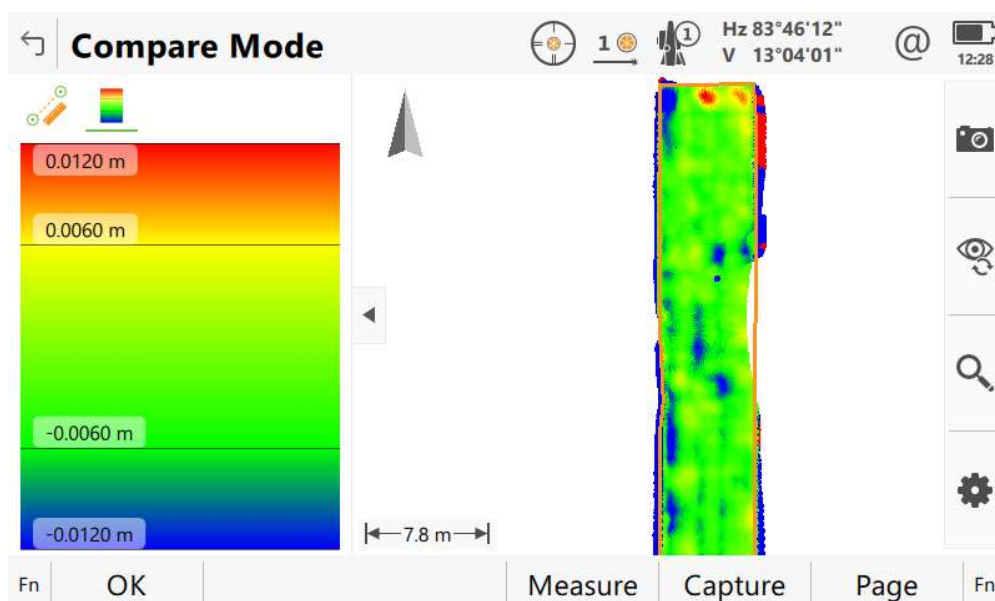


Obr. 57: Porovnání referenční plochy se skenem – třetí generalizace (detail)

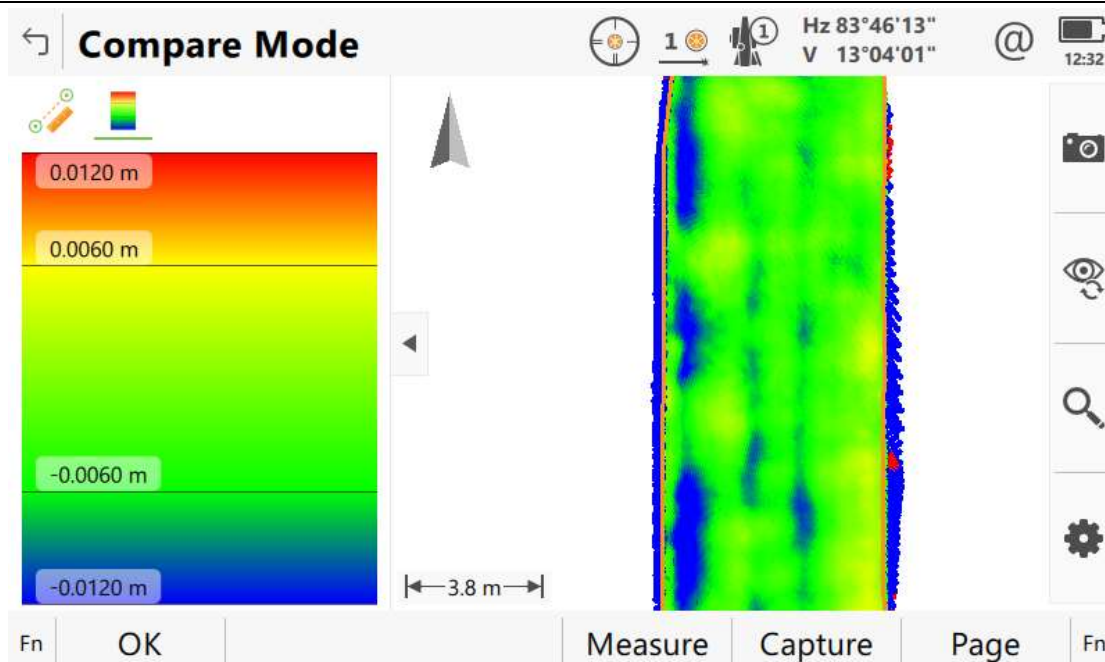
Model bez generalizace a model s první generalizací byl označen za shodný, nebyly zde pozorovány žádné změny. Varianta s druhou generalizací vykazuje již nějaké rozdíly. Varianta s třetí generalizací je již velice špatná a nepoužitelná pro další vyhodnocování.

4.3.3 Lokalita 3

Za referenční seznam souřadnic byl brán seznam očištěný o body definující zlomové hrany, aby bylo možno provést porovnání a identifikaci problémových oblastí ve vozovce (obr. 45). Bohužel ale problémové místo bylo dále od skeneru a ve vyhodnocení v aplikaci se porucha neprojevuje.



Obr. 58: Porovnání referenční plochy se skenem



Obr. 59: Porovnání referenční plochy se skenem (detail)

Ve třetí lokalitě bylo zamýšleno vyhodnocení prasklin na betonových blocích. Tyto praskliny však nebyly zachyceny aplikací Inspect surfaces i přes velmi citlivě volenou barevnou škálu. Při porovnání se zobrazují pouze „vyježděné koleje“ v betonové ploše, které nejsou okem pozorovatelné.

Pokud jsou poruchy blízko stanoviště, jsou zachyceny i drobné detaily viz obr. 46, pokud jsou poruchy dále od stanoviště, ztrácí se jednoznačnost určení a zaměření.

4.4 Vyhodnocení v Atlas DMT

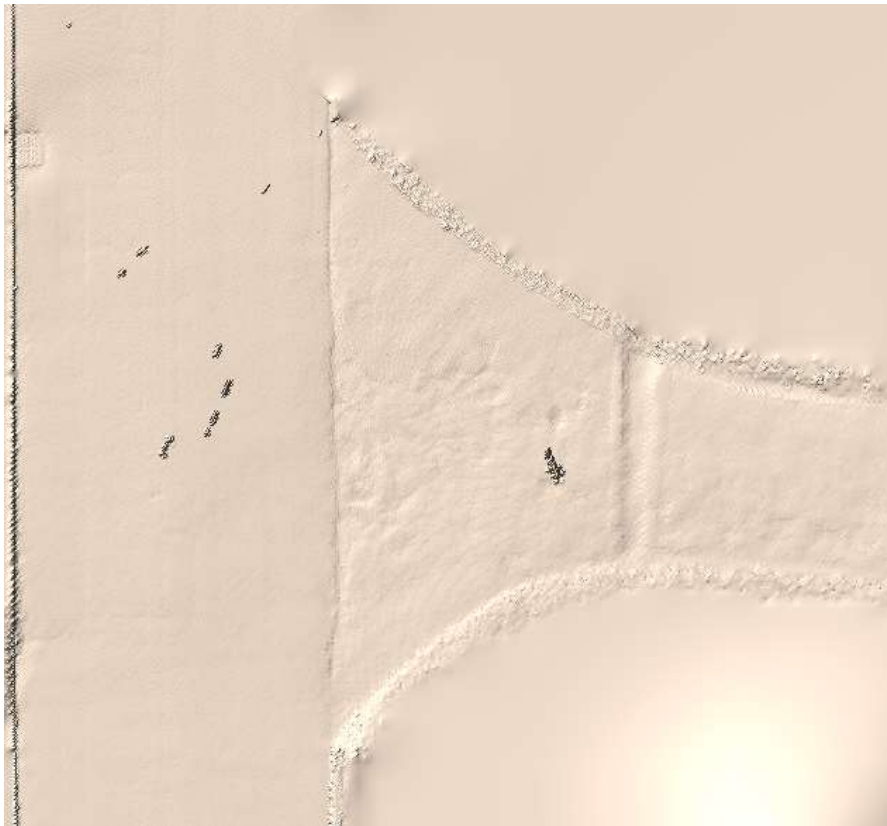
Druhým typem vyhodnocení je v softwaru Atlas DMT. Bylo využito verze softwaru Atlas 16.11.2. Pro práci se skenem v Atlas DMT bylo zapotřebí použití softwaru Leica Infinity. Software Leica Infinity byl potřeba pro vytažení seznamu souřadnic ze zakázky, tuto možnost bohužel Leica Captivate nenabízí. V Atlas DMT byl založen nový dokument, kde bylo ponecháno původní nastavení. Dále byla zvolena možnost DMT – operace s modelem – generace modelu terénu, následně byla vybrána složka, do které se vytvoří model. Dále byly vybrány vstupní data, která jsou ve formátu *.pts. Dokument *.pts obsahuje souřadnice, číselně vyjádřenou intenzitu a normálu. Nyní byl stisknut start. Byla vygenerována síť a stisknuto tlačítko konec. Nyní byly zrušeny nechtěné body například naskenované osoby pomocí funkce DMT – body – zrušit [13]. Pro potřeby experimentu nebylo třeba model dále upravovat.

Následovalo vytvoření porovnání v softwaru Atlas DMT. Pomocí funkce DMT – výpočty – výpočet objemu. Jako hlavní model byl vybrán model měřený totální stanicí, jako srovnávací model byl použit skenovaný model. Dále výstupní soubory – pracovní soubory, bylo zvoleno „průsečnice v DXF“. Výpočet byl zahájen tlačítkem start.

4.4.1 Lokalita 1



Obr. 60: Sken lokality 1 zobrazený v Atlas DMT



Obr. 61: Sken lokality 1 - detail



Obr. 62: Porovnávací model vytvořený z hlavního a srovnávacího modelu

Porovnávací model díky matematickému zpracování zachytil jevy, které se v aplikaci Inspect surfaces nepodařilo postřehnout, jde především o nerovnosti asfaltového povrchu a jeho poškození.

4.4.2 Lokalita 2



Obr. 63: Sken lokality 2 v programu Atlas DMT

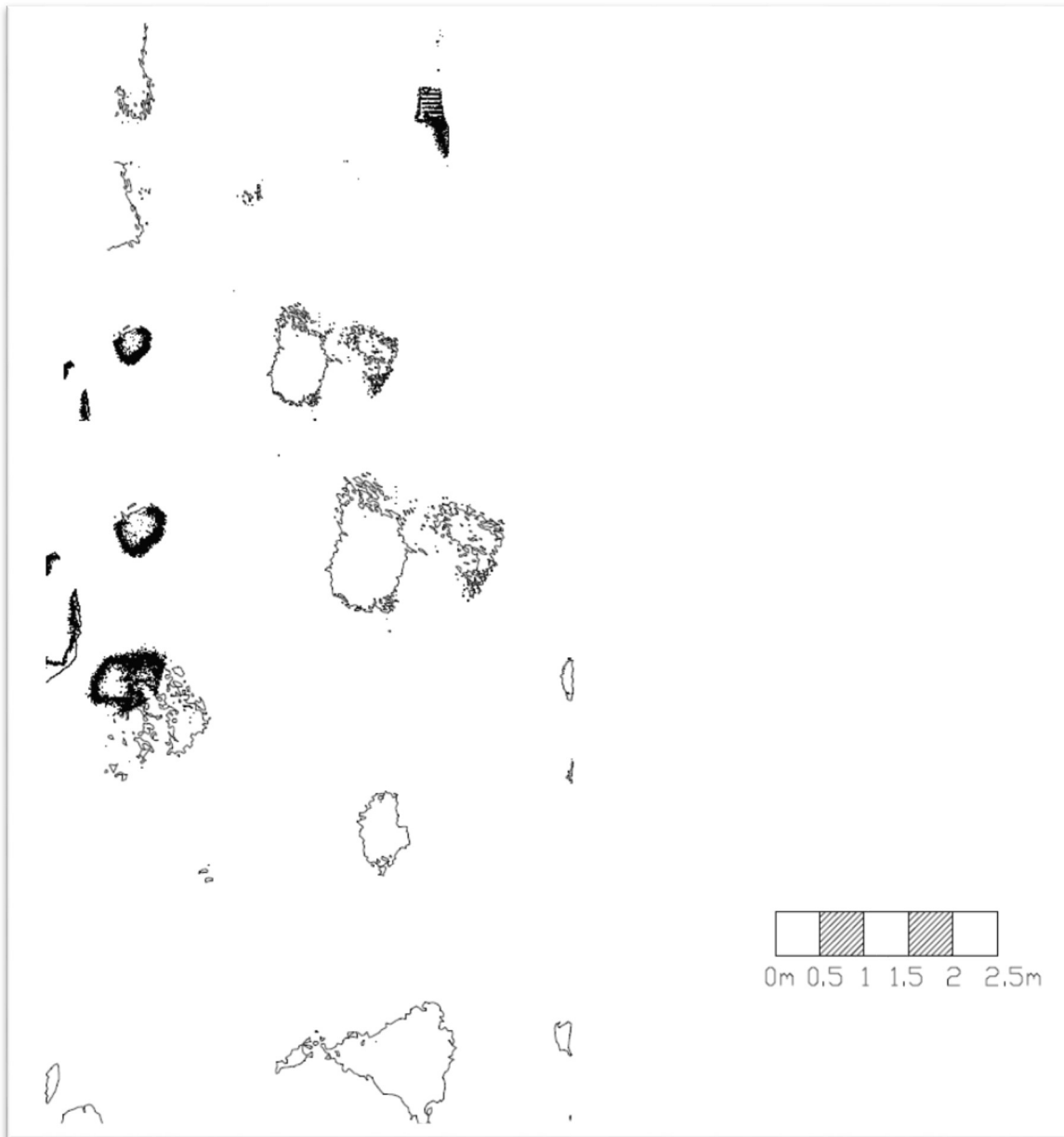
4.4.3 Lokalita 3



Obr. 64: Sken lokality 3 v programu Atlas DMT



Obr. 65: Sken lokality 3 - detail



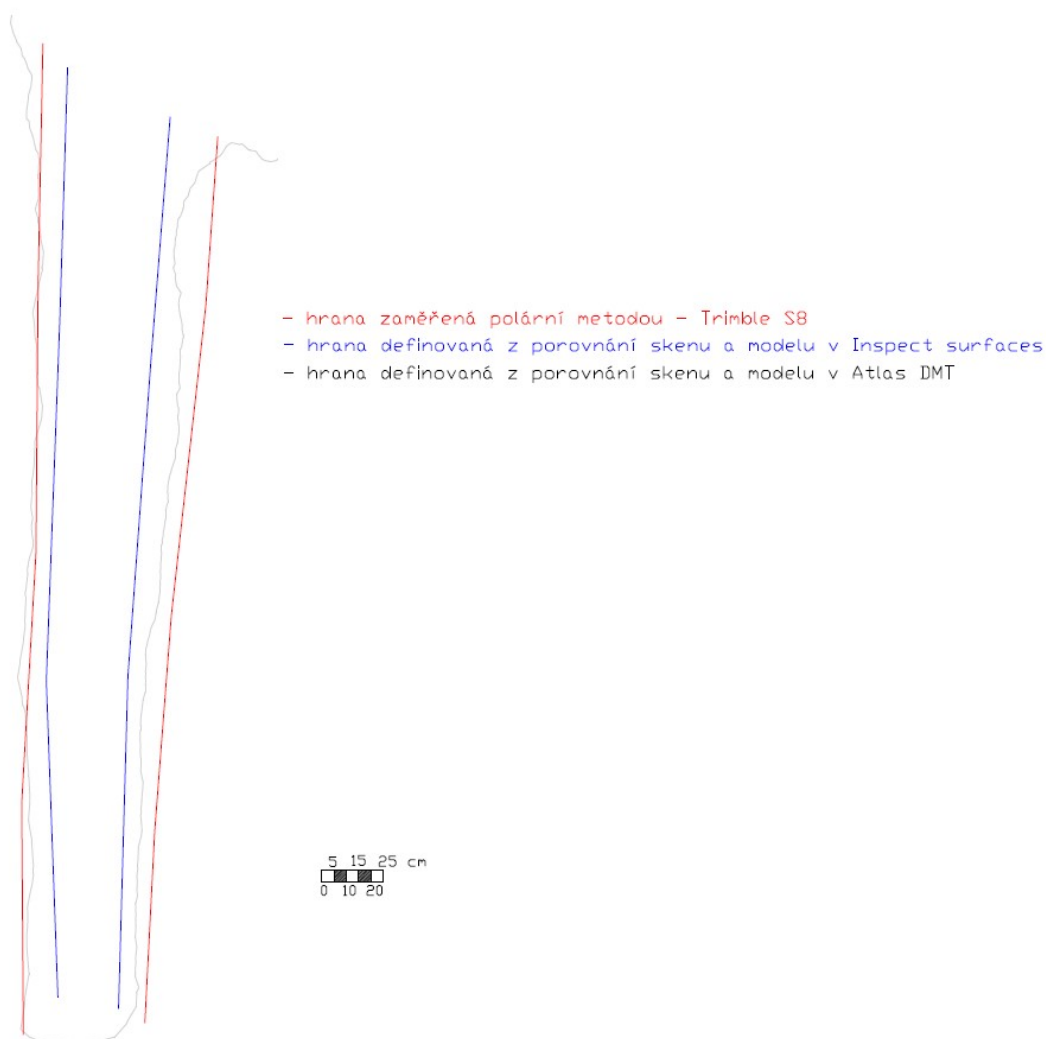
Obr. 66: Porovnávací model vytvořený z hlavního a srovnávacího modelu

V porovnávacím modelu třetí lokality, kde byly vyhodnocovány praskliny betonových desek, praskliny také nebyly zachyceny jako ve výstupu z aplikace Inspect surfaces. Byla zachycena pouze malá část praskliny viz *další vyhodnocení* (obr. 71).

5 Porovnání metod

V softwaru Bentley Microstation bylo vyhotoveno porovnání hran hrbolů z první a třetí lokality. Do porovnání byla zahrnuta hrana definovaná z porovnání skenu a modelu ze softwaru Atlas DMT, hrana zaměřená polární metodou pomocí totální stanice Trimble S8 a hrana definovaná z porovnání skenu a modelu v Inspect surfaces. Jednotlivé hrany byly barevně odlišeny.

5.1 Lokalita 1

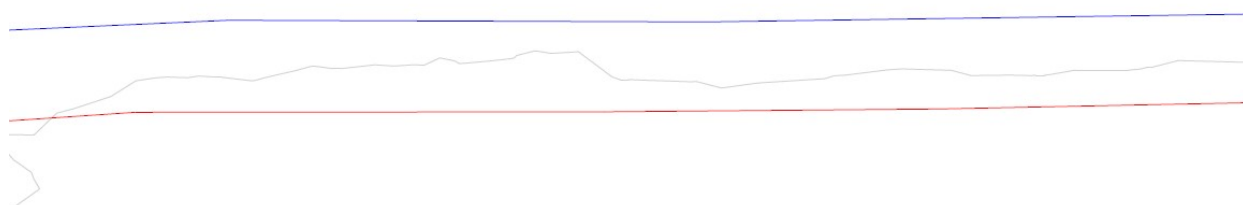


Obr. 67: Porovnání zaměřených hran třemi metodami na první nerovnosti

V porovnání tří metod vyhodnocení hrany hrbolu jsou pozorovány odchylky v řádech jednotek centimetrů. Je třeba uvažovat také subjektivní vyhodnocení v aplikaci Inspect surfaces, hrany byli totiž vybírány ručně v 3D prohlížeči.



Obr. 68: Fotografie první nerovnosti



- hrana zaměřená polární metodou - Trimble S8
- hrana definovaná z porovnání skenu a modelu v Inspect surfaces
- hrana definovaná z porovnání skenu a modelu v Atlas DMT

5 15 25 cm
0 10 20

Obr. 69: Porovnání hran třemi metodami na druhé nerovnosti



Obr. 70: Fotografie druhé nerovnosti

5.2 Lokalita 3

- hrana zaměřená polární metodou - Trimble S8
- hrana definovaná z porovnání skenu a modelu v Atlas DMT

5 15 25 cm
0 10 20



Obr. 71: Porovnání prasklin dvěma metodami na třetí lokalitě



Obr. 72: Fotografie prasklin na třetí lokalitě

Praskliny v třetí lokalitě z matematického vyjádření vyplynuly velice špatně. V aplikaci Inspect surfaces jsme je nezachytili vůbec, v porovnání skenu a modelu v Atlas DMT byla zachycena pouze část jedné praskliny. Vzhledem ke skutečnosti, že praskliny jsou dobře vidět okem, plyne z tohoto jisté omezení použití aplikace pro vyhodnocování málo výškově členěných hran či prasklin.

6 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo popsání aplikace Leica Inspect surfaces, ověření funkčnosti na vybraných třech lokalitách a zjištění případných omezení aplikace. Práce byla rozdělena na popis aplikace v prostředí Leica Captivate, na testovací měření na třech lokalitách v okolí Stavební fakulty ČVUT v Praze a vyhodnocování výsledků s porovnáním.

Popis aplikace probíhal „tvorbou jednoduchého návodu“, ve kterém byly popsány jednotlivé metody zadání referenční plochy, metody zadání porovnávaného objektu – nejčastěji se jedná o sken a vyhodnocování a prohlížení dat v 3D prohlížeči.

Testovací měření probíhalo na třech vybraných lokalitách, které simulovaly různé typy povrchu a nerovností na něm. Při skenování je třeba důkladně zvážit volbu stanovisek. Vzdálenost skenovaného objektu ovlivňuje významným způsobem přesnost vyhodnocení.

Z porovnání metod vychází průměrné hodnoty rozdílů metod okolo 5 cm. Největší rozdíl byl 15 cm, větší rozdíly jsou způsobeny nepřesnou identifikací bodů na obrazovce kontroleru. Pokud by bylo nutné v terénu vytyčovat a vyznačit obvod lokality, je lepší přímo v aplikaci zvolit body lehce za hranou sledované poruchy.

Z vyhodnocení bylo zjištěno, že pro vyhodnocování většiny komunikací a cest je aplikace velice přínosná a ušetří nám spoustu času. Omezení aplikace jsou ve vyhodnocování malých hran či prasklin. Aplikace nedokázala námi naměřené praskliny zobrazit ve 3D prohlížeči, což může být zapříčiněno kvalitou skenu, která je výrazně horší při velké vzdálenosti skenovaného předmětu od stanoviska multistanice. Když je známá poloha poruchy, je vhodné umístit stanoviště přístroje blízko a pořídit husté mračno bodů.

Aplikace fungovala ve všech případech spolehlivě, především při identifikaci větších poruch. Pro vyhodnocování malých poruch je vhodné použití softwaru Atlas DMT. Leica Inspect surfaces je dobře ovladatelná v terénu, ale většinou je třeba využít postprocesingu v kanceláři ať už jiným zpracovatelským programem nebo podrobným reportem z aplikace Inspect surfaces.

Použitá literatura a internetové zdroje

- [1] PJKP: Technické a kvalitativní podmínky staveb. Dostupné z: <http://www.pjpk.cz/technicke-kvalitativni-podminky-staveb-tpk/> [cit. 2018-05-17].
- [2] Zvláštní technické kvalitativní podmínky: Díl 3 Část 2 TECHNICKÁ SPECIFIKACE - D1 modernizace - úsek 15 EXIT 112 Jihlava - EXIT 119 Velký Beranov, 2016.
- [3] CAD: GIS [online]. Jiří Sláma, 2014. Dostupné z: <https://www.cad.cz/gis/80-gis/7005-analyza-nerovnosti-povrchu-vozovky-z-mracna-bodu.html> [cit. 2018-05-17]
- [4] Hampacher, M. - Štroner, M.: Zpracování a analýza měření v inženýrské geodézii. 2. vyd. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, ČVUT v Praze, 2015. 336 s. ISBN 978-80-01-05843-5.
- [5] Leica Geosystems: Leica Captivate [online]. Dostupné z: <https://leica-geosystems.com/products/total-stations/software/leica-captivate> [cit. 2018-05-17].
- [6] Leica Geosystems: Leica Captivate training videos [online]. Dostupné z: <https://leica-geosystems.com/products/total-stations/software/leica-captivate-training-videos> [cit. 2018-05-17].
- [7] Youtube: Leica Geosystems AG [online]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=p98oJASymTg> [cit. 2018-05-17].
- [8] Korecgroup: uploads [online]. Dostupné z: <https://www.korecgroup.com/wp-content/uploads/2016/12/Trimble-S8-Datasheet.pdf> [cit. 2018-05-17].
- [9] Mapy [online]. Dostupné z: <https://mapy.cz/letecka?x=14.3883877&y=50.1033821&z=19&source=ward&id=13698&q=dejvice> [cit. 2018-05-17].
- [10] Štroner, M. - Pospíšil, J. - Koska, B. - Křemen, T. - Urban, R. - et al.: 3D skenovací systémy. 1. vyd. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, ČVUT v Praze, 2013. 396 s. ISBN 978-80-01-05371-3
- [11] Gefos: NOVA [online]. Dostupné z: http://www.gefos-leica.cz/ftp/Totalni_stanice/NOVA/Leica_Nova_MS50_letak_CZ.pdf [cit. 2018-05-17].
- [12] Onepointsurvey: Leica NOVA MS50 multi station [online]. Dostupné z: <https://www.onepointsurvey.com/products/leica-nova-ms50-multi-station> [cit. 2018-05-17].
- [13] Atlasltd: Návodů a odkazy [online]. Dostupné z: <http://www.atlasltd.cz/navody-a-odkazy.html> [cit. 2018-05-17].

Seznam obrázků

Obr. 1: Grafické prostředí Leica Captive na ovládacím panelu multistanice MS60	9
Obr. 2: Okno aplikace Inspect surfaces pro volbu referenční plochy.....	11
Obr. 3: Okno Aplikace Inspect surfaces pro zadání názvu nového skenu	12
Obr. 4: Okno Aplikace Inspect surfaces pro volbu metody skenování.....	12
Obr. 5: Nastavení rozlišení skenu	13
Obr. 6: Okno pro nastavení hustoty skenu.....	14
Obr. 7: Okno výběru požadovaných skenů.....	14
Obr. 8: Okno pro definici objektu pro porovnání s referenční plochou.....	15
Obr. 9: Okno pro volbu barevné stupnice	15
Obr. 10: Kontrolní okno shrnutí	16
Obr. 11: Grafické okno porovnání obou ploch	16
Obr. 12: Možnosti nastavení porovnání obou ploch.....	17
Obr. 13: Okno porovnání ploch s trojúhelníkovou sítí	17
Obr. 14: Okno grafického výběru bodů	18
Obr. 15: Okno pro zadání porovnávaného objektu.....	19
Obr. 16: Okno výběru skenů.....	19
Obr. 17: Výběr barevné škály	20
Obr. 18: Možnost načtení předdefinované barevné škály	20
Obr. 19: Okno přehledu porovnávaných dat.....	21
Obr. 20: Okno 3D prohlížeče se zobrazením porovnání.....	21
Obr. 21: Výběr předdefinované plochy	22
Obr. 22: Okno pro zadání třech bodů.....	22
Obr. 23: Výsledné porovnání obou ploch ve 3D prohlížeči	23
Obr. 24: Okno pro zadání třech bodů – opačně	24
Obr. 25: Porovnání při zadání bodů opačně.....	24
Obr. 26: Okno výběru typu dat.....	25
Obr. 27: Nastavení tvorby trojúhelníkové sítě	26
Obr. 28: Informační okno s počty bodů a trojúhelníků	26
Obr. 29: Okno pro definici porovnávaného skenu	26
Obr. 30: Výběr vhodných skenů	27
Obr. 31: Okno 3D prohlížeče	27
Obr. 32: Okno pro upřesnění vybraného projektu [7]	28
Obr. 33: Okno výběru referenční plochy.....	28
Obr. 34: Okno pro výběr vrstvy silnice [7].....	29
Obr. 35: Okno výběru objektu pro porovnání	29
Obr. 36: Okno výběru skenů [7]	30
Obr. 37: Okno definice barev [7].....	30
Obr. 38: Okno přehledu [7]	31
Obr. 39: Analýza povrchu v 3D prohlížeči [7]	31
Obr. 40: 3D prohlížeč [7]	32
Obr. 41: Měření v 3D prohlížeči [7]	32
Obr. 42: Lokalita 1	34
Obr. 43: Ortofoto znázorňující polohu hrbolů [9]	34
Obr. 44: Lokalita 2	35
Obr. 45: Lokalita 3	36
Obr. 46: Fotografie prasklin na třetí lokalitě	36



Obr. 47: Multistanice Leica MS50 [12]	37
Obr. 48: Porovnání referenční plochy se skenem – hrbol 1	39
Obr. 49: Porovnání referenční plochy se skenem – hrbol 2	39
Obr. 50: Porovnání referenční plochy se skenem – všechny body	40
Obr. 51: Porovnání referenční plochy se skenem – všechny body (detail)	41
Obr. 52: Porovnání referenční plochy se skenem – první generalizace	41
Obr. 53: Porovnání referenční plochy se skenem – první generalizace (detail)	42
Obr. 54: Porovnání referenční plochy se skenem – druhá generalizace	42
Obr. 55: Porovnání referenční plochy se skenem – druhá generalizace (detail)	43
Obr. 56: Porovnání referenční plochy se skenem – třetí generalizace	43
Obr. 57: Porovnání referenční plochy se skenem – třetí generalizace (detail)	44
Obr. 58: Porovnání referenční plochy se skenem	44
Obr. 59: Porovnání referenční plochy se skenem (detail)	45
Obr. 60: Sken lokality 1 zobrazený v Atlas DMT	46
Obr. 61: Sken lokality 1 - detail	47
Obr. 62: Porovnávací model vytvořený z hlavního a srovnávacího modelu	48
Obr. 63: Sken lokality 2 v programu Atlas DMT	49
Obr. 64: Sken lokality 3 v programu Atlas DMT	50
Obr. 65: Sken lokality 3 - detail	51
Obr. 66: Porovnávací model vytvořený z hlavního a srovnávacího modelu	52
Obr. 67: Porovnání zaměřených hran třemi metodami na první nerovnosti	53
Obr. 68: Fotografie první nerovnosti	54
Obr. 69: Porovnání hran třemi metodami na druhé nerovnosti	54
Obr. 70: Fotografie druhé nerovnosti	55
Obr. 71: Porovnání prasklin dvěma metodami na třetí lokalitě	55
Obr. 72: Fotografie prasklin na třetí lokalitě	56



Přílohy

Příloha 1: Přehledka zaměřených podrobných bodů s ortofotem první lokality

Příloha 2: Přehledka zaměřených podrobných bodů s ortofotem druhé lokality

Příloha 3: Přehledka zaměřených podrobných bodů s ortofotem třetí lokality

Příloha 4: Seznam souřadnic podrobného měření první lokality (CD)

Příloha 5: Seznam souřadnic podrobného měření druhé lokality (CD)

Příloha 6: Seznam souřadnic podrobného měření třetí lokality (CD)

Příloha 7: Skeny lokality 1 (CD)

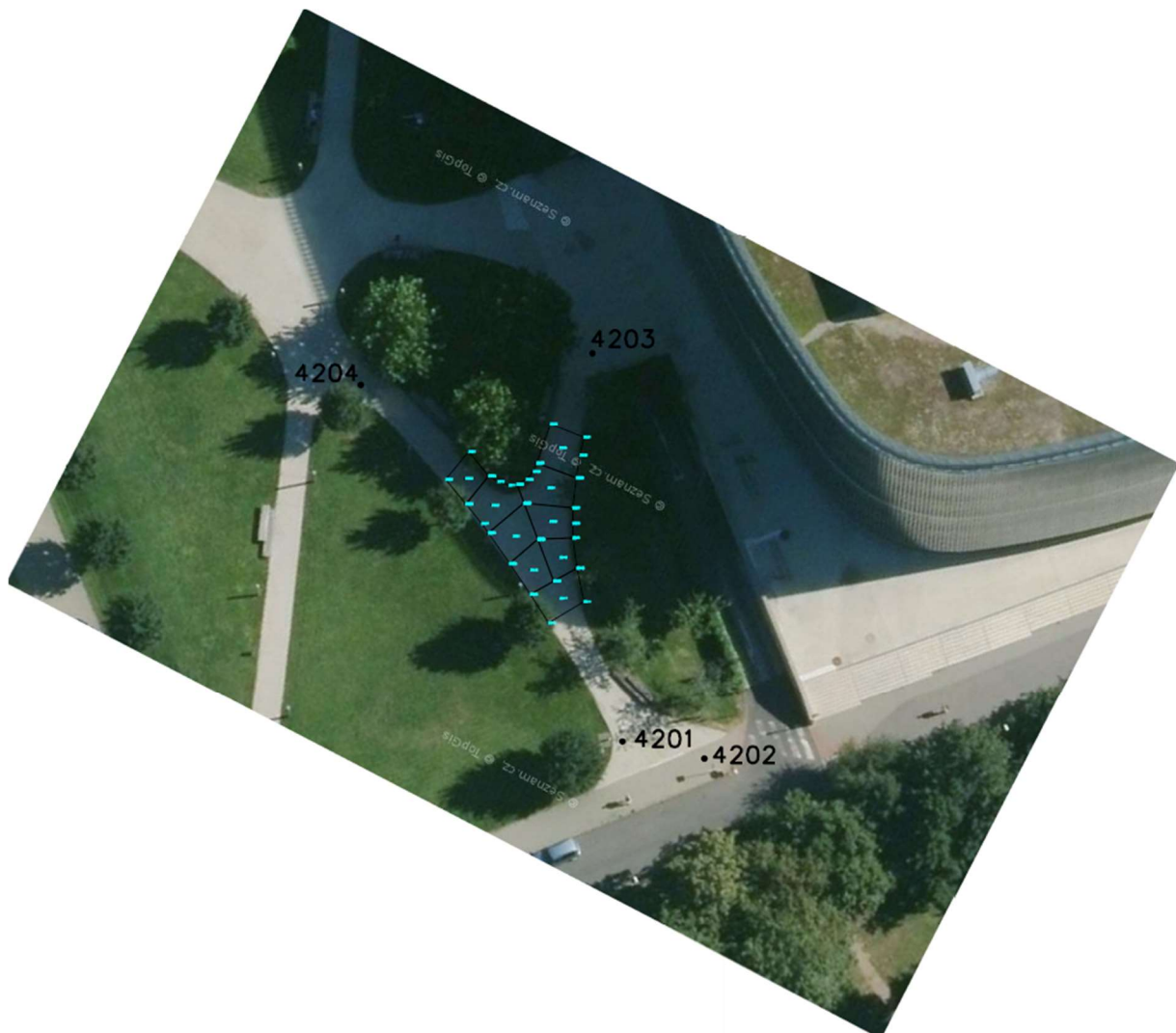
Příloha 8: Skeny lokality 2 (CD)

Příloha 9: Skeny lokality 3 (CD)

Příloha 1: Přehledka zaměřených podrobných bodů s ortofotem první lokality



Příloha 2: Přehledka zaměřených podrobných bodů s ortofotem druhé lokality



Příloha 3: Přehledka zaměřených podrobných bodů s ortofotem třetí lokality

