

Západočeská univerzita v Plzni

Fakulta aplikovaných věd

Katedra mechaniky

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Pasportizace stavebních objektů s využitím nových
metod zaměřování stávajících stavů**

Autor práce: Bc. Ondřej Škrýba

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jan Kubát, Ph.D.

Plzeň, 2024

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta aplikovaných věd
Akademický rok: 2023/2024

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Ondřej ŠKRÝBA**
Osobní číslo: **A22N0157P**
Studijní program: **N0732P260002 Stavební inženýrství – Moderní budovy**
Specializace: **Navrhování a provádění budov**
Téma práce: **Pasportizace stavebních objektů s využitím nových metod zaměřování stávajících stavů**
Zadávací katedra: **Katedra mechaniky**

Zásady pro vypracování

1. Zpracování rešerše na téma: Legislativní rámec související s pasportizací, vyhláška o dokumentaci, stavební zákon. Pasportizace dle účelu využití (předprojektová příprava, facility management, stavba, atd.). Popis metod používaných k vynesení stávajících stavů (pasportizace). Princip fungování metody laserového skenování založené na mračnu bodů. Přesah pro projektování metodou BIM. Zhodnocení výhod a nevýhod jednotlivých metod.
2. Zpracování analýzy naměřených dat ve smyslu: rychlost získání pasportu (čas na stavbě, vynášení stávajících stavů), přesnost pasportu, vypovídající hodnoty pasportu.
3. Provedení vyhodnocení analýzy a interpretace výsledků.

Rozsah diplomové práce: **úvodní část – 50 – 60 stran A4**
Rozsah grafických prací: **práce skládající se z textových částí a výkresové přílohy**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

1. ČSN EN 13822 – 73 0038 Hodnocení existujících konstrukcí.
2. Vliv vybraných parametrů na kvalitu bodového mračna vytvořeného pomocí optických měřících metod, L. Tomášková, VŠTE České Budějovice 2021.
3. Zaměření skutečného stavu roubené stavby v obci Zděchov, včetně zpracování geodetické a stavební dokumentace, K. Blažková, Mendelova univerzita v Brně 2016.
4. CADBIM.cz – Laserscan do BIM.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jan Kubát, Ph.D.**
Katedra mechaniky

Datum zadání diplomové práce: **11. října 2023**
Termín odevzdání diplomové práce: **31. května 2024**



Doc. Ing. Miloš Železný, Ph.D.
děkan



Prof. Ing. Jan Vimmr, Ph.D.
vedoucí katedry

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Pasportizace stavebních objektů s využitím nových metod zaměřování stávajících stavů“ vypracoval samostatně pod odborným vedením Ing. Jana Kubáta, Ph.D. s použitím odborné literatury a pramenů, které jsou řádně ocitovány a uvedeny v souladu s ČSN ISO 690 Informace a dokumentace – Pravidla pro bibliografické odkazy a citace informačních zdrojů.

V Plzni dne:

Podpis:

Bc. Ondřej Škrýba

Poděkování

Rád bych vyjádřil své upřímné poděkování všem, kteří mi pomohli a podpořili mě při tvorbě této diplomové práce. V první řadě děkuji svému vedoucímu práce, Ing. Janu Kubátovi, Ph. D. za odborné vedení, trpělivost a cenné rady, které mi poskytl během celého procesu. Jeho odborné znalosti a vstřícnost byly pro mě neocenitelným přínosem. Dále bych chtěl poděkovat své mámě za její nekonečnou podporu, pochopení a motivaci, kterou mi poskytovala během mého studia. Bez její podpory by tato práce nikdy nevznikla. Stejně velký dík patří také mým přátelům za jejich morální podporu, rady a inspiraci, které mi pomáhaly překonávat překážky a pokračovat ve své práci. Tato diplomová práce by nevznikla bez spolupráce s firmou VISIONPLAN-3D s.r.o., jmenovitě děkuji Ing. Jaroslavu Faiferlíkovi a Ing. Patriku Fojtovi. Pomocí jejich cenných rad, odbornosti, přístupu a ochotě jsem měl příležitost proniknout do tématu laserového skenování. V neposlední řadě děkuji firmě VALBEK s.r.o., pod kterou mám možnost pracovat, a která mi poskytla cenná data pro tvorbu této práce. Na závěr děkuji všem, kteří se jakýmkoliv způsobem podíleli na vzniku této diplomové práce. Všem Vám patří můj vděk a uznání.

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá pasportizací stavebních objektů s využitím nových metod zaměrování stávajících stavů. Hlavním cílem práce je analyzovat a aplikovat moderní technologie a postupy, které umožňují efektivnější a přesnější pasportizaci, čímž přispívají ke zlepšení správy a údržby stavebních objektů. První část práce se věnuje teoretickému základu pasportizace, včetně historie, legislativního rámce a tradičních metod zaměrování. Následuje přehled nových technologií a metod, jako je například laserové skenování, které nabízí pokročilé možnosti pro získávání a zpracování dat o stavebních objektech. Praktická část práce zahrnuje tři zcela rozdílné objekty, které byly zaměřeny pomocí metody ručního měření a laserového skenování. Tento proces zahrnuje sběr dat, jejich analýzu a následné zpracování vyhodnocení. Výsledky jsou porovnány z hlediska přesnosti, efektivity a nákladů.

Výsledky této práce ukazují, že moderní metody zaměrování mohou výrazně zlepšit kvalitu a přesnost pasportizace stavebních objektů. Tyto technologie také umožňují rychlejší a mnohdy ekonomičtější procesy.

Klíčová slova

pasportizace, pasport, BIM, měření, laserové skenování, modelování 2D, modelování 3D, Facility management, správa budov, CAFM, stavební objekty, digitální modelování, zaměrování stavů.

Abstract

This thesis addresses the passportization of building structures using new methods for surveying existing conditions. The main objective of the work is to analyze and apply modern technologies and procedures that allow for more efficient and accurate passportization, thereby contributing to the improvement of building management and maintenance. The first part of the thesis is dedicated to the theoretical foundation of passportization, including its history, legislative framework, and traditional surveying methods. This is followed by an overview of new technologies and methods, such as laser scanning, which offer advanced capabilities for acquiring and processing data on building structures. The practical part of the thesis involves three entirely different objects that were surveyed using both manual measurement methods and laser scanning. This process includes data collection, analysis, and subsequent evaluation. The results are compared in terms of accuracy, efficiency, and cost.

The findings of this work show that modern surveying methods can significantly improve the quality and accuracy of building passportization. These technologies also enable faster and often more economical processes.

Key words

passportization, passport, BIM, measurement, laser scanning, 2D modeling, 3D modeling, facility management, building management, CAFM, building structures, digital modeling, condition surveying.

Bibliografická citace VŠKP

ŠKRÝBA, Ondřej. *Pasportizace stavebních objektů s využitím nových metod zaměrování stávajících stavů*. Plzeň, 2024. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni. Fakulta aplikovaných věd, Katedra mechaniky. Vedoucí práce: Ing. Jan Kubát, Ph. D.

Obsah

Úvod	14
Teoretická část.....	15
1 Pasport.....	15
1.1 Základní definice a nároky	15
1.2 Historie pasportizace.....	16
1.2.1 První evidence nemovitostí.....	16
1.2.2 Pasportizace bytový fond	17
1.3 Současný pohled na pasport	18
1.4 IT podpora pasportu nemovitostí	20
1.5 Zdroje dat pro pasport nemovitostí	21
2 Využití BIM	23
2.1 Definice BIM.....	23
2.2 Aplikace BIM	24
2.3 Přínos BIM.....	25
2.4 Přesnost, rozpracovanost a podrobnost BIM.....	27
3 Používané metody měření	28
3.1 Ruční délkové měření	30
3.2 3D polární metoda.....	31
3.3 Laserové skenování	31
3.3.1 Letecké laserové skenování.....	33
3.3.2 Pozemní laserové skenování.....	34
3.4 Metoda GNSS-RTK.....	37
3.5 Fotogrammetrická metoda.....	40
Praktická část	41
4 Využití zařízení a software	41
4.1 Použité přístroje a jejich parametry	41
4.2 Příslušenství	48
4.3 Použitý software	49

5	Řešené objekty.....	53
5.1	Most Manětín	53
5.1.1	Popis lokality.....	53
5.1.2	Laserové skenování	55
5.1.3	Alternativní metody měření	55
5.1.4	Zpracování naměřených dat	56
5.2	Gynekologická ordinace Letňany	58
5.2.1	Popis lokality.....	58
5.2.2	Laserové skenování	59
5.2.3	Alternativní metody měření	60
5.2.4	Zpracování naměřených dat	61
5.3	Hala Chlumčany LB.....	64
5.3.1	Popis lokality.....	64
5.3.2	Laserové skenování	66
5.3.3	Alternativní metody měření	67
5.3.4	Zpracování naměřených dat	68
6	Analýza naměřených dat.....	71
6.1	Přesnost	71
6.2	Cena a časová náročnost.....	74
6.3	Grafické výstupy.....	76
7	Vyhodnocení analýzy	82
8	Závěr	85
9	Seznam použitých zdrojů a literatury.....	86
10	Seznam příloh	89

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: DIK pyramida [5]	24
Obrázek 2: Náčrt ortogonální metody, pentagon, výtyčka a princip měření [7].	29
Obrázek 3: Princip nivelační metody [9]	29
Obrázek 4: Grafické rozdělení laserového skenování [autor, 2024]	32
Obrázek 5: Princip LLS [14]	34
Obrázek 6: Příklad mobilního skenování – GEPOINT [16]	35
Obrázek 7: Statické laserového skenování [autor, 2023]	36
Obrázek 8: Princip metody DGNS [19].....	37
Obrázek 9: Rozmístění stanic sítě CZEPOS na území České republiky [21].....	38
Obrázek 10: Princip metody RTK [23]	40
Obrázek 11: Z+F IMAGER 5016 – rozměry [25].....	41
Obrázek 12: Z+F IMAGER 5016 [25].....	41
Obrázek 13: Leica RTC360 3D [26]	44
Obrázek 14: Leica RTC360 3D [26]	44
Obrázek 15: BOSCH GLM 50-27 CG PROFESSIONAL – rozměry [28]	46
Obrázek 16: RICOH THETA X [28]	47
Obrázek 17: Most Manětín – situace [35].....	53
Obrázek 18: Most Manětín [VISIONPLAN-3D, 2023]	54
Obrázek 19: Inundační most Manětín [VISIONPLAN-3D, 2023]	54
Obrázek 20: Mračno bodů – most Manětín [VISIONPLAN-3D, 2023]	56
Obrázek 21: dům Letňany – situace [35].....	58
Obrázek 22: dům Letňany [autor, 2024].....	59
Obrázek 23: dům Letňany – skenování půdy [autor, 2023].....	60
Obrázek 24: Mračno bodů – dům Letňany 1 [VISIONPLAN-3D, 2024]	62
Obrázek 25: Mračno bodů – dům Letňany 2 [VISIONPLAN-3D, 2024]	62
Obrázek 26: Hala Chlumčany – situace 1 [35].....	64
Obrázek 27: Hala Chlumčany – situace 2 [VALBEK s.r.o., 2023]	65
Obrázek 28: schéma Haly KM+DKM [VALBEK s.r.o., 2023]	66
Obrázek 29: Mračno bodů – Hala KM+DKM [VALBEK s.r.o., 2023]	68
Obrázek 30: Mračno bodů – Hala KM+DKM, +0,200 m [VALBEK s.r.o, 2023]	69

Obrázek 31: Půdorys 1.NP – Hala KM+DKM [VALBEK s.r.o., 2023]	69
Obrázek 32: Mračno bodů – Hala KM+DKM – osa 4 [VALBEK s.r.o., 2023]	70
Obrázek 33: Řez – Hala KM+DKM – osa 4 [VALBEK s.r.o., 2023]	70
Obrázek 34: most Manětín – rozdíly v měření 1 [Autor, 2024]	76
Obrázek 35: most Manětín – rozdíly v měření 2 [Autor, 2024]	77
Obrázek 36: most Manětín – rozdíly v měření 3 [Autor, 2024]	77
Obrázek 37: gynekologická ordinace – rozdíly v měření 1 [Autor, 2024]	78
Obrázek 38: gynekologická ordinace – rozdíly v měření 2 [Autor, 2024]	79
Obrázek 39: gynekologická ordinace – rozdíly v měření 3 [Autor, 2024]	80
Obrázek 40: hala Chlumčany LS – rozdíly v měření [Autor, 2024]	81

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Technické parametry – Rozlišení [25]:	43
Tabulka 2 Technické parametry – Rozsah šumu [25]:	43
Tabulka 3 Technické parametry – Rozlišení [27]:	45
Tabulka 4 Technické parametry – Rozsah šumu [27]:	46
Tabulka 5 Technické parametry [28]:	47
Tabulka 6 Dosažené přesnosti registrace mračen bodů [autor, 2024]:	72
Tabulka 7 Přehled počátečních investic [autor, 2024]:	74
Tabulka 8 Časový a finanční přehled – most Manětín [autor, 2024]:	75
Tabulka 9 Časový a finanční přehled – gynekologická ordinace [autor, 2024]: ..	75
Tabulka 10 Časový a finanční přehled – hala Chlumčany LB [autor, 2024]:	75

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

S-JTSK – Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální

Bpv – Balt po vyrovnání

k. ú. – Katastrální území

BIM – Building information modelling

IFC – výměnný formát dat pro BIM

LOD – Level of detail/development

RTK – Real time kinematic

TLS – Pozemní laserové skenování (PLS)

ALS – Letecké laserové skenování (LLS)

DUR – dokumentace pro územní rozhodnutí

DSP – dokumentace pro stavební povolení

DPS – dokumentace provedení stavby

DSPS – dokumentace skutečného provedení stavby

FM – Facility management

ERP – Plánování podnikových zdrojů (Enterprise Resource Planning)

CAFM – Počítačem podporovaná správa majetku (Computer-aided facility management)

ISKN – Informační systém katastru nemovitostí

ÚIR-ADR – Územně identifikační registr adres

ČSU – Český statistický úřad

PSC – Poštovní směrovací číslo

PSP – Poslanecká sněmovna Parlamentu České republiky

DIK – Data, information, knowledge

Úvod

Při dokumentaci skutečného stavu objektů, jako jsou budovy, přehrady, mosty nebo jiné konstrukce, bylo vždy klíčové zvážit výběr metody a zpracování měření, aby byly splněny různorodé požadavky od rozličných profesí. Jestliže pochází požadavky od projektantů nebo statiků, je nezbytné dosáhnout odpovídajících přesností, co nejvěrnějšího zachycení reality a převodu těchto dat do různých formátů a výstupů, aby je mohly využít ostatní stavební profese. S rozvojem moderních technologií se objevilo množství měřících technik, zpracovatelských programů a formátů výsledných dat. Pokud zvážíme měřící technologie, jako jsou pásmové nebo elektronické dálkoměry, totální stanice, laserové skenery nebo fotogrammetrické snímání, zjistíme, že každá technologie má své výhody i nevýhody. To samé platí i pro výpočetní programy, které zpracovávají naměřená data. V dnešní době neexistuje jedna univerzální metoda měření ani software, který by dokázal kompletně vyřešit libovolnou úlohu detailní dokumentace skutečného stavu, a tak je důležité určení vhodné kombinace typu měření a příslušného softwaru pro dosažení požadovaných výsledků jednotlivých typů objektů.

Teoretická část

1 Pasport

1.1 Základní definice a nároky

Pasport, ustanovení §14, odstavec 3 podle zákona č. 183/2006 Sb., stavební zákon, zjednodušená dokumentace stavby, představuje základní pilíř tohoto rámce. Často se označuje jako normativní referenční bod pro správu. Obsahuje informace o vlastnostech stavby, architektuře, stavebním a prostorovém uspořádání, technickém a technologickém vybavení. Tedy data statická. Data v pasportu musí vykazovat:

- pravdivost a aktuálnost,
- jednoznačnost,
- průkaznost,
- přehlednost,
- validitu pro cíle, pro které byl pasport vytvořen. [1]

Od 1. ledna 2024 má dle stavebního zákona každý vlastník stavby povinnost uchovávat stavební dokumentaci odpovídající aktuálnímu stavu objektu. Zákon č. 283/2021 Sb. v ustanovení §245 (nový stavební zákon).

Pasportizace označuje proces zpracování pasportu, což zahrnuje vytvoření jeho struktury, evidenci jednotlivých prvků a sběr dat pro jeho úplné naplnění. Je zřejmé, že u nových staveb, pro které lze získat dokumentaci z projektové a realizační fáze, bude proces pasportizace mnohem jednodušší než u existujících staveb. U těchto existujících staveb je nejnáročnější práce v terénu, která zahrnuje opětovné zjišťování geometrických plánů budovy, sledování evidence a popis jednotlivých prvků pasportu. [1]

Před kolaudací stavby se dokumentace přebírá podle toho, co je v ní obsaženo, zatímco po dokončení stavby se dokumentace přebírá podle toho, co bylo vytvořeno během realizace. Pokud tedy definujeme pasport jako dokument, jeho klíčovým rozlišovacím prvkem v porovnání s projektovou dokumentací je účel zpracování. Pasport je vytvářen s cílem poskytnout datovou základnu pro případné demoliční

práce, úpravy, či Facility Management (FM) na všech úrovních. Vzhledem k proměnlivosti stavby, jejích vlastností a provozních procesů, je důležité, aby pasport obsahoval pouze údaje, které jsou nezbytné pro sběr informací. Tím se zajistí, že změny v pasportu nebudou příliš náročné. [1]

1.2 Historie pasportizace

Metody pasportizace budov se v průběhu času vyvíjely a různily. Stejně tak se lišily i účely, pro které byly jednotlivé pasporty vytvářeny. Nicméně základní motivace zůstává nezměněna. Cílem je umožnit fundované rozhodování a efektivní řízení změn a procesů pomocí zachycení současného stavu budov. [2]

1.2.1 První evidence nemovitostí

Pokud se podíváme zpět do historie, můžeme za pasport považovat jakoukoli evidenci nemovitostí, která poskytuje další informace o charakteru, umístění, stavu a dalších vlastnostech evidovaných objektů. Mezi jedny z prvních forem pasportů nemovitostí patřily zemské desky a urbáře, které sloužily k jednotnému zdanění majetku. Tato snaha o sjednocení daňové politiky je doložena již od roku 1022, kdy český kníže Oldřich z rodu Přemyslovců zavedl platbu daně z půdy. Postupně se vývojem pozemkových knih a katastrálních evidencí, mezi které patří rustikální, tereziánský, josefský a Stabilní katastr, pozemkový katastr a Evidenci nemovitostí, až po současný Katastr nemovitostí České republiky, pasportizace nemovitostí stále zdokonalovala a doplňovala informace a pravidla pro správu a využívání těchto dat. [1]

Je důležité zmínit, že v roce 1927 byl přijat zákon č. 177/1927 Sb. o pozemkovém katastru a jeho vedení, čímž se pozemkový katastr začal významně měnit směrem k právnímu a obecně hospodářskému účelu, opouštěje svou původní roli v daňové oblasti. Katastr nemovitostí se tak stal cenným zdrojem informací pro stavební projektanty, architekty, či facility manažery, kteří často integrují data z katastru nemovitostí do svých databází a propojují je s dalšími informacemi v rámci pasportů. Shrnutí cílů této evidence:

- výběr daní,
- právní závaznost,
- hospodářský přehled a plánování. [1]

1.2.2 Pasportizace bytový fond

Po roce 1964 začal být termín "pasportizace" používán v souvislosti se správou bytového fondu. Usnesením vlády ČSSR byla pasportizace zavedena s cílem hlavně zlepšit hospodárnost při alokaci finančních prostředků na opravy domovního a bytového fondu provozovaného tehdejšími podniky bytového hospodářství. Podle usnesení vlády z roku 1964 byly poprvé stanoveny zásady pro zavedení jednotné technické pasportizace domovního majetku. Pasport sloužil jako technickoekonomický podklad, na jehož základě mělo dojít k postupnému snížení demolic, plánované investiční výstavbě, lepšímu plánování oprav a modernizací a zajištění potřebného materiálu, vybavení a stavebních kapacit. Pro praktické použití bylo důležité pružně aktualizovat základní soubor pasportizace doplňováním nových informací a změn. Pasporty se zpracovávaly pro domy, byty a nebytové prostory a získaná data byla vyhodnocována pomocí počítačové technologie na základě tehdejšího celostátního programu. Cílem této evidence byla optimalizace údržby a rozvoje bytového fondu. [2] Obsah je složen z:

a. Pasport (bytového) domu

nekategorizované: rok postavení domu, místo, ulice, č.p., č.or. hlavní uzávěr vody umístěn, hlavní uzávěr plynu umístěn, pasport vyhotovil..., v..., dne...

- základní údaje
 - poloha domu – řadový, rohový, v bloku, samostatný
 - stavba – dřevěná, cihlová, kamenná, smíšená, panelová, skeletová, krov, střecha
 - rozměry domu – výška (m), šířka (m), délka (m), zastavěná plocha (m²), podlaží (ks), z toho nadzemních (ks)
 - zelené pásy – plocha (m²), stromy užitkové (ks)
 - vnější komunikace (m²) – betonová, dlážděná, asfaltová, neupravená
 - schodiště (m²) – dřevěné, kamenné, betonové
 - počet bytů – počty v domě, kategorizace
 - nebytové prostory – různé typy, jejich počet a plocha, poloha
 - konstrukční prvky – typizace dle konstrukčně – materiálového provedení, zhodnocení jejich technického stavu a naplánované opravy

- druhy krytin (m²)
- klempířské prvky (bm)
- komíny (ks)
- fasáda (m²)
- podlahy (m²)
- sklepy (ks, m²)
- okna (ks, m²) [1]

b. Pasport bytu

nekategorizované: byt je umístěn v ... podlaží, ev. číslo bytu..., místo, ulice, č.p., č. or.

- základní údaje
 - kategorie bytu
 - koupelna – typ, umístění
 - klozet – typ, umístění, provedení
 - obytná plocha místností
 - vedlejší prostory – předsíně apod.
 - otápěná plocha
 - vytápění – typ, případně počet kusu OT
 - ostatní zařízení – vybavení např. chladničkou apod.
- různé – doplňující informace jako světlá výška, přítomnost balkonu apod.
- údaje o uživateli bytu, způsobu nabití k užívání
- zařízení a vybavení bytu – typizace dle konstrukčně-materiálového provedení, zhodnocení jejich technického stavu, počtu a naplánované opravy
 - vodoinstalace – voda v bytě/mimo byt, zařizovací předměty
 - teplá voda – centrální, el. ohřívač, plyn. vařič apod.
 - kanalizace – klozet, klozet suchý, bidet apod.
 - plynofikace – celkový příkon (m³), počet kohoutů, spotřeba celkem [1]

1.3 Současný pohled na pasport

Aktuální perspektiva na pasportizaci domů a nemovitostí zahrnuje široké využití digitálních technologií a sofistikovaných softwarových nástrojů. Pasporty se nyní často vytvářejí v digitální podobě, což umožňuje snadnější aktualizaci a sdílení informací mezi různými subjekty. Moderní pasporty nemovitostí nejenže obsahují základní

technické informace o stavbách, budovách a bytech, ale často také integrují další informace, viz. klíčové aspekty. [1]

Zároveň se pasportizace stává důležitým prvkem pro efektivní správu nemovitostí a Facility Management. Tyto informace mohou být také důležité pro rozhodování veřejných orgánů, investorů a dalších zainteresovaných stran. [1]

S rozvojem smart technologií se také objevují nové možnosti využití pasportů nemovitostí, například pro monitorování spotřeby energie, automatizaci budovných systémů nebo optimalizaci prostorového využití. [1]

Moderní pohled na pasportizaci domů a nemovitostí se soustředí na využití pokročilých digitálních technologií a sofistikovaných softwarových nástrojů k efektivnímu sběru, správě a sdílení informací o nemovitostech.

Klíčové aspekty:

- Digitální formát: pasporty nemovitostí jsou často vytvářeny v digitální podobě, což umožňuje snadnější aktualizaci a sdílení dat mezi různými zainteresovanými stranami. Digitální pasporty mohou být uloženy v cloudových systémech nebo speciálních databázích, což umožňuje přístup k informacím o nemovitostech odkudkoliv a kdykoliv, [1]
- komplexní informace o nemovitostech: Moderní pasporty nemovitostí obsahují širokou škálu informací o budovách a bytech. To zahrnuje technické specifikace, jako jsou rozměry, konstrukce, materiály a vybavení, ale také energetické vlastnosti, historii údržby a oprav, fotografie, plány budov a další relevantní dokumentaci, [1]
- digitalizace a geolokace: Pasporty nemovitostí jsou často digitalizovány a propojeny s geografickými informačními systémy (GIS), což umožňuje snadnou lokalizaci a vizualizaci nemovitostí na mapě. Tento prvek je důležitý pro lepší prostorové plánování a analýzu, [1]
- rozšířený obsah: Moderní pasporty nemovitostí neobsahují pouze základní technické informace o budovách a bytech, ale také integrují další údaje, jako jsou energetické hodnocení budov, informace o údržbě, historie oprav, certifikáty a povolení, plány, fotodokumentace a další relevantní informace, [1]

- využití pro Facility Management: Pasporty nemovitostí se stávají klíčovým nástrojem pro efektivní správu nemovitostí a Facility Management. Poskytují důležité informace pro plánování a řízení údržby, modernizací, investic a rozvoje budovního fondu, [1]
- standardizace a interoperabilita¹: Existují standardy a formáty pro pasporty nemovitostí, které usnadňují jejich výměnu a interoperabilitu mezi různými systémy a organizacemi. To umožňuje efektivní správu informací o nemovitostech napříč různými subjekty, [1]
- podpora rozhodování: Data obsažená v pasportech jsou důležitá pro rozhodování majitelů nemovitostí, správců, veřejných orgánů, investorů a dalších zúčastněných stran. Pomáhají při hodnocení stavu nemovitostí, identifikaci potřebných investic a plánování dlouhodobých strategií pro správu nemovitostí, [1]
- integrace s chytrými technologiemi: S rozvojem chytrých technologií se objevují nové možnosti využití pasportů nemovitostí. Ty mohou být propojeny s chytrými senzory a systémy pro monitorování spotřeby energie, řízení budovních systémů, zlepšení bezpečnosti a optimalizaci prostorového využití. [1]

Celkově lze říct, že moderní pasportizace domů a nemovitostí přináší efektivnější a transparentnější správu nemovitostí, podporuje udržitelnost a energetickou účinnost budov a pomáhá optimalizovat investice a rozhodování v oblasti nemovitostí. [1]

1.4 IT podpora pasportu nemovitostí

IT podpora pasportů nemovitostí zahrnuje širokou škálu technologií a softwarových nástrojů, které umožňují efektivní správu, aktualizaci a využití informací obsažených v pasportech. [1]

Pomocí CAFM (computer-aided facilities management) nástrojů lze získávat detailní modely skutečného stavu objektů a provozů, přičemž tyto modely zůstávají centralizované v rámci jediné databáze. Občas dochází k propojení více databází,

¹ Interoperabilita – schopnost různých systémů vzájemně spolupracovat, poskytovat si služby, dosáhnout vzájemné součinnosti.

avšak výstupy jsou přístupné prostřednictvím jediného uživatelského rozhraní. Z detailních informací o jednotlivých pasportizovaných prvcích lze získávat sdružené strategické a taktické informace pomocí předem definovaných sestav, a to s maximální aktualizací. Komplexní systém pasportů nám tak umožňuje plánovat, sledovat, měřit a vyhodnocovat provozní a taktické úkony. Další výhodou je detailní sledování provedených změn v pasportu, kdy jsou uchovávány záznamy o historii změn, finančních a materiálových tocích. Tím získáváme podrobné časové záznamy, které umožňují přesnější predikci budoucího vývoje. [1]

1.5 Zdroje dat pro pasport nemovitostí

Pokud jsou stanoveny cíle pro zavedení pasportu, včetně určení způsobu jeho provozu, uživatelů a účelů, standardů a úrovně detailu, nastává výzva týkající se získávání potřebných informací. Existují dvě hlavní situace, které je třeba rozlišit:

a. Získávání dat o existujících stavbách

V této situaci není zapotřebí zabývat se projektovou, průvodní nebo výrobní dokumentací, neboť často není k dispozici nebo byla vytvořena podle starších legislativních požadavků, které již neplatí.

Data do pasportu lze získávat i z jiných zdrojů než pouze z dokumentů vytvořených během výstavby. Mnoho informací již provozovatel sám zpracoval. Avšak tyto informace jsou obvykle roztroušené a nekoordinované, jelikož se každý zaměřuje na určitý úsek správy. Formát těchto dokumentů je také různorodý, od tištěných dokumentů, přes excelové tabulky až po kompletní ERP systémy, revizní systémy a další. Z těchto zdrojů lze získat ekonomické a provozní informace o stavbách, spotřebách, cenách služeb, evidenci vyhrazených zařízení a další. [1]

Dalším zdrojem dat mohou být externí databáze s veřejným přístupem. Typickým příkladem jsou mapové podklady, informace z katastru nemovitostí a nově i z RÚIAN (registr územní identifikace, adres a nemovitostí), který je zakotven v právním řádu zákonem č. 111/2009 Sb., zákon o základních registrech. Tento registr integruje data z ISKN, ÚIR-ADR, ČSU, PSČ a PSP. [1]

b. Získávání dat o nově projektovaných stavbách

Pro nově navržené stavby je nezbytné zajistit systematické shromažďování dat od počáteční fáze projektu, aby bylo možné vytvořit komplexní pasport již od začátku provozu budovy. [1]

Při nově navržených stavebních projektech se předpokládá digitální tvorba a zpracování dat v projektové a realizační fázi. Tištěná dokumentace obvykle slouží pouze jako formální výstup pro stavební úřady, či archiv zpracovatele. S ohledem na požadavky importu dat do systému CAFM je důležité stanovit podmínky pro odevzdání dokumentace, zahrnující dokumentaci skutečného provedení, průvodní dokumentaci, výrobní dokumentaci, záruky, zkoušky a další.

Pro tuto dokumentaci je nezbytné:

- určit formát dokumentace – stanovení elektronického datového formátu, obvykle 2D CAD výkresy doplněné excelovými tabulkami, případně BIM.
- Definovat strukturu odevzdané dokumentace v rámci zvoleného formátu – seznamy úrovní a prvků, sledované informace pro pasportizované entity, jednotky měření, formalizace dat,
- stanovit způsob kódování všech entit v systému,
- určit rozsah odevzdaných informací – kromě výkresové dokumentace a databázově evidovaných vlastností, například návody pro obsluhu, plány revizí atd., jako vstupy do dalších modulů CAFM. [1]

Cílem všech těchto nastavení je zajistit bezproblémový přenos informací z normálně vytvořené dokumentace do systému CAFM, který bude používán v provozní fázi stavby. [1]

2 Využití BIM

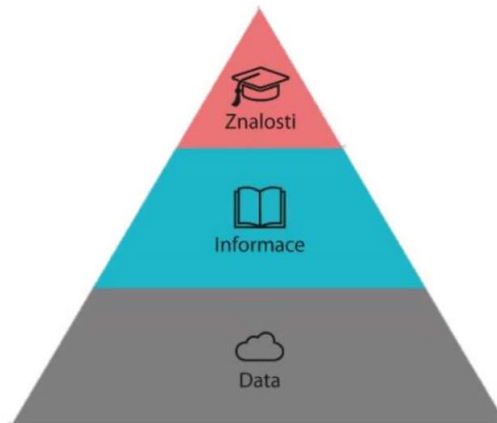
2.1 Definice BIM

BIM, neboli Informační modelování budov, je běžně využíváno zejména během fází návrhu a realizace staveb. Nicméně, BIM projektování není jen o vytvoření 3D modelu stavby a jeho využití pro koordinaci. Jedná se o celkovou změnu přístupu k projektování jako procesu. BIM modelování nepřináší nové informace o objektu, ale spíše shromažďuje již existující informace, nebo ty, které by měly existovat, do standardizované formy. Tím umožňuje efektivní sdílení těchto informací mezi všemi účastníky projektu. [3]

V současnosti je hlavním tématem v oblasti BIM modelování standardizace dat podle normy ČSN EN ISO 19650-1. [40] Cílem je sjednotit datové prostředí napříč světovými organizacemi a umožnit tak jednoduchou distribuci potřebných informací mezi různými subjekty. [4]

Věcný návrh, projednaný vládou dne 3. 5. 2023, upravuje zavedení povinnosti použití metody BIM, tedy informační modelování staveb, pro nadlimitní veřejné zakázky na stavební práce financované z veřejných rozpočtů včetně zhotovení jejich přípravné a projektové dokumentace, se zohledněním závěrů z vyhodnocení pilotních projektů a s přihlédnutím ke specifikům jednotlivých druhů staveb. Věcný návrh konkrétně upravuje celou digitalizaci stavebnictví, elektronické předávání informací a umožnění realizace projektů v rámci konceptu Smart Cities.

Tento koncept je založen na principu DIK pyramidy (obrázek 1), která ilustruje vztahy mezi daty, informacemi a znalostmi. Podle této hierarchie jsou data základem, na kterém jsou postaveny vyšší úrovně, jako jsou informace a znalosti. Dostatečné množství dat umožňuje získání potřebných informací o objektu, které jsou pak využity k řešení problémů a získání znalostí. [5]



Obrázek 1: DIK pyramida [5]

Znalosti v tomto kontextu představují schopnost organizovat projekci a výstavbu tak, aby byly co nejúspornější a nejefektivnější. Data samotná mají tedy význam a hodnotu pouze ve spojení s tímto širším kontextem, který dodává informacím jejich skutečnou hodnotu a umožňuje efektivní využití znalostí. [3]

Ani u BIM se nevyhneme některým problémům jako u 2D výkresové dokumentace. BIM vytváří strukturu pro naplnění daty. Není však nikde určeno, co vše musí BIM při odevzdání obsahovat. Stejně tak BIM nevyřeší problematiku metodiky třídění a kódování evidovaných entit. BIM například sám o sobě neví, do jakých kategorií má rozčlenit účely ploch, jak očíslovat místnosti apod. [3]

U BIMu přibývá problém s udržováním aktuálnosti dat. Více evidovaných dat totiž zároveň znamená více změn při jakékoliv aktualizaci, bude-li BIM využitý jako datová základna – tedy databáze pasportu. [3]

2.2 Aplikace BIM

V současné době je používání BIM rozšířeno především mezi většími stavebními projekty nebo u vybraných subjektů a investorů. Základní rozdělení nalezneme mezi státní a soukromou sférou. [3]

V oblasti státní sféry je evidován velký počet staveb, včetně prostorových a liniových struktur, a existuje snaha o vytvoření informačních databází, které by pomáhaly při jejich plánování, výstavbě a následném provozu. Je zde klíčové sjednocení všech BIM projektů a databází v různých sektorech a oblastech. Důležité je vytvoření strukturovaného rámce a začlenění správných a aktuálních informací do

vytvořených databází. Dále je nezbytné pravidelně aktualizovat tyto informace a umět s nimi efektivně pracovat, aby bylo možné naplno využít potenciál BIM. [3]

V soukromé sféře je BIM často aplikován při velkých stavebních projektech, jako jsou výrobní haly, bytové domy, kancelářské budovy a podobně. Zde je možné plně využít potenciál BIM modelování. [3]

Možnosti využití BIM modelů jsou prakticky neomezené. Bez ohledu na to, zda se jedná o rodinný dům, výrobní halu, železnici, silnici, sportovní areál nebo zemědělské družstvo, všechny tyto oblasti mají potenciál těžit z přínosů a kvality informačního modelování. [3]

2.3 Přínos BIM

Informační modelování přináší mnoho výhod, ale jako všechny technologie má i své stinné stránky. Avšak s rostoucím rozšířením BIM mezi širokou veřejnost se stává zřejmé, že toto odvětví pravděpodobně představuje budoucnost stavebnictví a provozu budov. Již od rané fáze vývoje nové stavby, tedy od počátečního impulsu investora, se započíná s komplexním procesem, který zahrnuje mnoho profesí. Typicky tento proces začíná v projekčních nebo architektonických kancelářích, které vytvářejí studii stavby doplněnou o vizualizaci. Tato studie, po konzultaci s investorem a případných úpravách, postupuje do dalších fází, jako je dokumentace pro územní rozhodnutí (DUR), dokumentace pro stavební povolení (DSP), dokumentace provedení stavby (DPS) a nakonec dokumentace skutečného provedení stavby (DSPS). [4]

Během postupu mezi těmito fázemi dochází k různým změnám, doplněním a zapracování připomínek. Velká část těchto úprav je způsobena neustálým zdokonalováním a doplňováním mezi jednotlivými stupni dokumentace. Často se objevují nové kolize a problémy, které nebyly patrné v předchozích etapách kvůli nízké úrovni detailnosti, což vede ke zpožděním a nárůstu nákladů. [4]

Hlavním problémem zde byla často nedostatečná podrobnost 2D dokumentace. Další nárůst nákladů byl způsoben chybami na samotných stavbách, kde dokumentace nebyla správně vypracována, byla neúplná nebo zde vznikaly různé kolize. To mělo za následek nejen zvýšené náklady na práci a materiál, ale také zpoždění v plánech. [6]

Těmto problémům však může informační modelování efektivně předcházet. Již v počáteční fázi projektování je vytvářen 3D model budovy, který umožňuje řešení kolizí a problémů. Tyto problémy lze ihned konzultovat se zúčastněnými stranami. Dále lze v průběhu projektování automaticky generovat 2D dokumentaci z 3D modelu pro různé stupně dokumentace a ušetřený čas věnovat řešení problémů v rámci 3D modelu. Tímto způsobem je možné vytvářet a upravovat vizualizace a analýzy již v raných fázích projektování, což umožňuje investorovi poskytnout další podněty a návrhy k úspornější realizaci projektu. Podmínkou je však připravenost softwaru u všech zúčastněných profesí včetně jejich znalostí. [4]

Dalším významným přínosem je schopnost vytvářet rozpočet již od samého začátku a provádět snadné úpravy během stavby v případě změn. Pro rozpočtáře znamená využití BIM výrazné zjednodušení práce při výpočtech objemů a ploch pro ocenění materiálů a stavebních prací. Díky 3D modelu jsou výsledné hodnoty přesnější a databáze umožňují snadnější dohledávání a ocenění různých položek. [4]

Pro samotný průběh stavby je důležitá možnost plánovat časový harmonogram, rozmístění stavebních prací a koordinace různých profesí. Pokud se zhotovitel zapojuje do BIM a řeší změny a problémy v průběhu stavby, umožňuje to snadnější tvorbu dokumentace skutečného provedení stavby. Důležitým aspektem BIM je také lepší koordinace během projektování a stavebních prací. Díky přístupu do jednotného modelu a databází se snižuje potřeba dodatečné komunikace mezi různými profesemi. Spolupráce probíhá pomocí formátu IFC, který umožňuje výměnu informací mezi profesemi. [3]

Samotné BIM modelování je v některých ohledech snazší než standardní 2D projektování. Například je možné definovat stěnu včetně jejích složek a vlastností jednou čarou. Informace o materiálu, výrobci, ceně a dalších aspektech lze snadno doplňovat a ukládat. Knihovny prvků umožňují efektivnější práci s technickými zařízeními budov. Dodávání vymodelovaných prvků s přesnými informacemi od výrobců přináší značné úspory času a eliminuje chyby. [3]

Pokud jsou dodrženy postupy a správně doplněny informace do databází a modelu, je možné vytvořit plnohodnotný BIM model a s ním dále pracovat. Při dokumentování skutečného stavu nebo rozšiřování stávajících objektů o přístavby je možné pracovat s mračny bodů. [3]

Na druhou stranu může být celý proces BIM vnímán jako příliš složitý, s neochotou některých profesí proniknout do problematiky, a s tendencí řešit technické problémy již v počáteční fázi projektování. Dále je tu potřeba odborných znalostí při provozování budov. Zpočátku se také může zdát, že cena BIM je obvykle vyšší než cena standardní 2D dokumentace. Avšak, jak bylo zmíněno výše, celkové náklady se často výrazně snižují během projektování, provozu budovy a zejména při samotné výstavbě. Ještě větší návratnost investice nastává při užívání stavby. Velký přínos nastává u projektů s náročnou správou budovy FM. Tuto skutečnost si zatím ne všichni investoři uvědomují a často preferují nejlevnější varianty projekčních prací, aniž by zvažovali následky, při samotné realizaci stavby. [3]

2.4 Přesnost, rozpracovanost a podrobnost BIM

Podobně jako projektová 2D dokumentace může být vypracována v různých fázích (studie, DUR, DSP nebo DPS), tak i BIM model může být vytvořen v pěti stupních rozpracovanosti a detailnosti. Tyto stupně se odvozují od toho, k jakému účelu má být BIM využit, kdo s ním bude pracovat, a v neposlední řadě se zohledňuje také cena BIM modelu, která přirozeně roste s narůstající detailností a rozpracovaností. Tato úroveň detailu a rozpracovanosti je označována zkratkou LOD, což znamená „Level of Detail“ pro detailnost a „Level of Development“ pro rozpracovanost. Level of Detail určuje geometrickou složitost prvků, zatímco Level of Development určuje nejen geometrickou složitost, ale také rozsah a úplnost informací o prvcích. Obecně se pro tyto účely používá zkratka LOD spolu s číslem 100, 200, 300, 400 nebo 500, která označuje úroveň rozpracovanosti a detailnosti BIM modelu. [3]

3 Používané metody měření

Potřeba zaměřování staveb po jejich dokončení vznikla během raného novověku. V období humanismu se začali objevovat architekti a umělci, což vedlo k rostoucímu zájmu obyvatel staveb o rekonstrukce. Tento zájem přetrval až do 18. století, kdy byla dokumentace skutečného stavu vytvářena pro církevní hodnostáře, bohaté šlechtice a panovníky jako podklad pro přestavbu jejich sídel. I přes tehdejší metody měření byla technická úroveň těchto dokumentací relativně přesná a odpovídala realitě. Od počátku 19. století byla při měření používána metrická míra, což vedlo k zvýšení přesnosti měření. Od 60. let 19. století se stala součástí studia architektury i stavebnictví dokumentace skutečného provedení a zkoumání historických staveb.

Existují různé metody pro zaměření skutečného stavu stavby. Tradiční přístup zahrnuje klasické geodetické metody, zatímco modernější přístup využívá novější technologie, jako jsou globální navigační satelitní systémy (GNSS), fotogrammetrie nebo laserové skenování. Historicky byly používány tradiční geodetické postupy, jako je měření pásmem, úhlové a délkové měření pomocí polární metody nebo tachymetrie. Dnešní moderní technologie poskytují široké možnosti pro zaměření stavby.

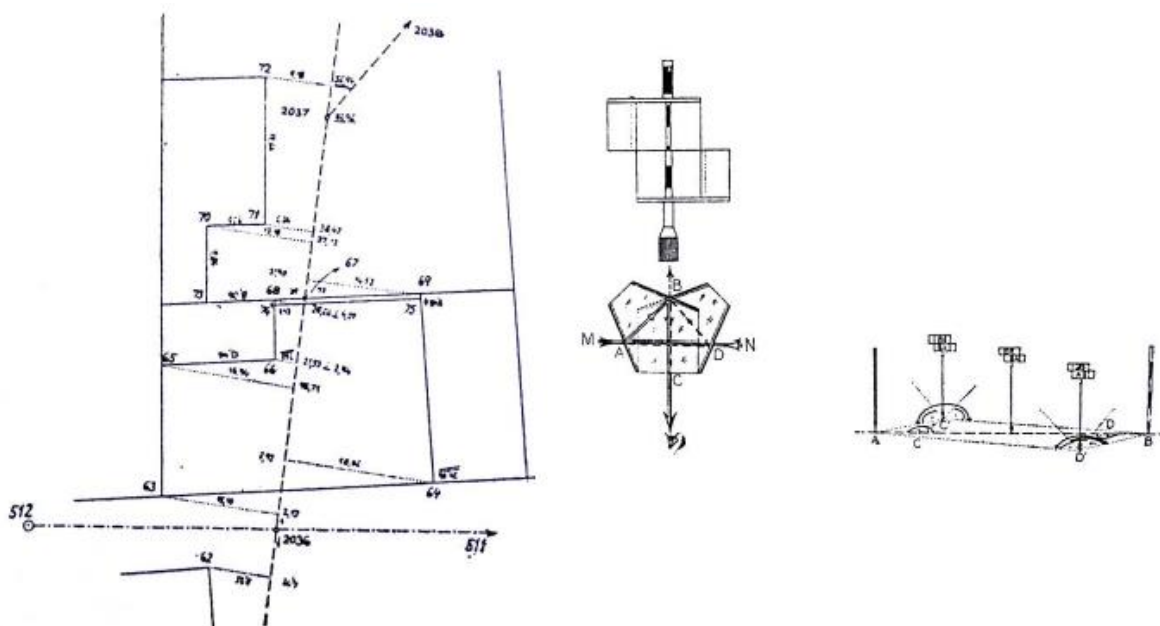
Pro zaměřování historických staveb platí určité směrnice, jako je například "Měřická dokumentace historických staveb pro průzkum v památkové péči", kterou vydal Národní památkový ústav (NPÚ). Tato směrnice detailně popisuje historické metody měření a zpracování dat. Dále definuje moderní přístupy pro měření skutečného stavu a specifikuje požadavky na výkresovou dokumentaci pro účely NPÚ.

a. Polární metoda a tachymetrie

S rozvojem elektronických teodolitů došlo k postupnému spojení tradiční polární metody s tachymetrií. Dnešní teodolity jsou nazývány jako totální stanice, které měří úhly pomocí elektromagnetických kruhů a délky prostřednictvím laserového měření. Délky se zjišťují odrazem hranolu na konci měřené vzdálenosti, a novější totální stanice dokážou měřit délky i bez použití hranolu. V závislosti na nastavení mohou totální stanice zaznamenávat do zápisníku i výškový úhel nebo převýšení měřené vzdálenosti. Výsledkem měření je současné zjištění výškopisu a polohopisu podobně jako u tachymetrie.

b. Ortogonální metoda

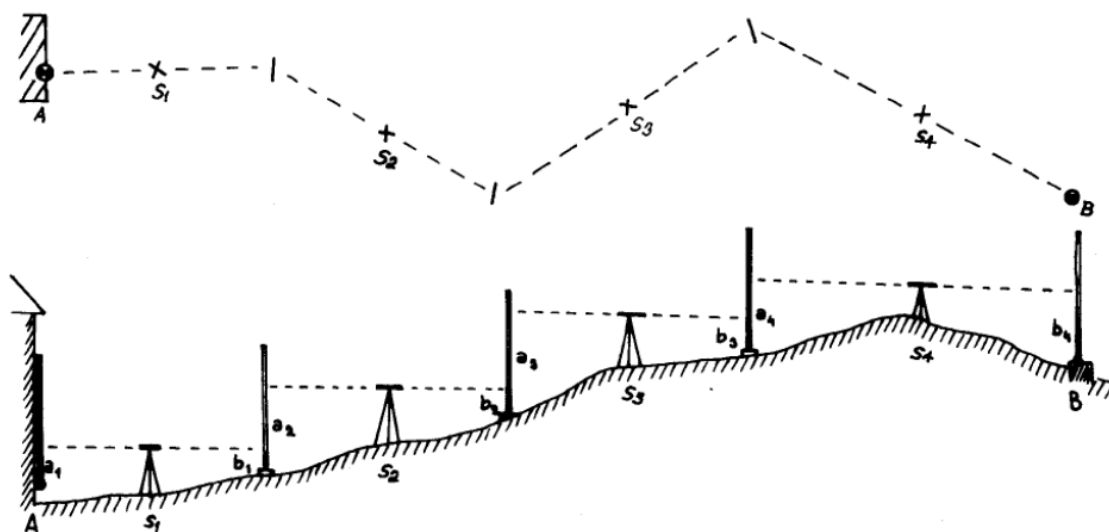
Dříve se délky měřily pásmem a pravé úhly se vytyčovaly pomocí pětibokého hranolu. Tato metoda v současné době není využívána.



Obrázek 2: Náčrt ortogonální metody, pentagon, výtyčka a princip měření [7]

c. Nivelační metoda

V případě nivelačního přístroje došlo k technologickému pokroku. Nejmodernější nivelační přístroje měří výšky pomocí kódových nivelačních latí. Pro účely stavební dokumentace se tato metoda již běžně nepoužívá, ale výjimečně se může využívat k doměření výšek u známých půdorysů. [8]



Obrázek 3: Princip nivelační metody [9]

3.1 Ruční délkové měření

Ruční měření stávajícího objektu je základní metodou pro získání rozměrů a vzdáleností prvků a struktur. Tato metoda se používá v geodetických průzkumech, dokumentaci staveb, architektonickém návrhu a dalších oborech. Zde je podrobný postup ručního měření stávajícího objektu:

Příprava a plánování:

- nejprve je nutné provést předběžný průzkum objektu a identifikovat body, které budou měřeny,
- plánování zahrnuje rozhodnutí o metodě měření, volbu vhodných měřicích nástrojů a stanovení požadované přesnosti.

Měření délek:

- pro měření délek se používá měřicího pásku, měřidla, metrů nebo jiných vhodných nástrojů,
- měření se provádí pozorováním a zaznamenáváním vzdáleností mezi body na objektu,
- při měření je důležité dodržovat přesný postup a minimalizovat chyby.

Zaznamenání dat:

- naměřené délky se pečlivě zaznamenávají do měřicího protokolu spolu s identifikací měřených bodů,
- v záznamech by měly být uvedeny relevantní informace, jako je orientace bodů, umístění a další podrobnosti potřebné pro analýzu dat.

Analýza a interpretace dat:

- po dokončení měření se data analyzují a interpretují,
- mohou být vytvořeny výkresy, mapy nebo digitální modely objektu na základě naměřených dat,
- výsledné informace poskytují podrobný obraz o rozměrech a vlastnostech stávajícího objektu, který slouží jako podklad pro další práci.

Ruční měření stávajícího objektu je základní a spolehlivou metodou, která poskytuje důležité informace pro stavební projekty a další aplikace. Je důležité

provádět měření s péčí a přesností a dodržovat standardní postupy pro minimalizaci chyb, jakými jsou například postupy použití používaných přístrojů (dálkový měřič) s danou odchylkou.

3.2 3D polární metoda

3D polární metoda (tachymetrie), založená na principu měření úhlů a vzdáleností ze dvou známých výchozích bodů s danými souřadnicemi YXZ (stanovisko a orientace), umožňuje vypočítat souřadnice měřených bodů z jejich polohy vzhledem k stanovisku. Klíčovými veličinami v této metodě jsou souřadnice YXZ výchozích bodů (v systému S-JTSK a Bpv), šikmá délka, horizontální a vertikální úhel. Při potřebě lze do výpočtů zahrnout i další veličiny, jako je výška přístroje, výška cíle a další.

Hlavní výhodou této metody je její jednoduchost, rychlost a přesnost. Zpracování naměřených dat není náročné a díky dostupným softwarům lze automatizovat pracovní procesy, což umožňuje efektivně zpracovat i velké objemy dat. Přestože tato metoda nabízí mnoho výhod, v průběhu měření mohou nastat situace, kdy není schopna poskytnout požadovanou přesnost nebo detailnost. [10]

3.3 Laserové skenování

Metoda laserového skenování a 3D polární metoda sdílejí podobný princip měření, který zahrnuje šikmé délky, horizontální a vertikální úhly, jež jsou následně použity k výpočtu YXZ souřadnic jednotlivých bodů. Avšak rozdíl mezi těmito metodami je v jejich zaměřovací kapacitě: zatímco totální stanice může zaměřit desítky až stovky bodů za hodinu, laserové skenery jsou schopny skenovat až miliony bodů za vteřinu, což představuje neselektivní přístup k měření. Laserové skenery, v kombinaci s integrovaným fotoaparátem, umožňují obarvit skenované mračno reálnými barvami, což přináší věrnější zobrazení reality s přesností dosahující až řádů milimetrů.

Podle Pfeifera a Birdise (2007) je zkratka LiDAR odvozená z anglického výrazu „Light Detection And Ranging“, což je obecný termín označující laserové skenování.

Jedna z možných definic, vyplývající ze sdílených charakteristik, je: *"Technologie automatického a neselektivního získávání prostorových souřadnic bodů s vysokou přesností a hustotou v relativně krátkém čase."* [11]

Laserové skenování je dále podle odborné literatury rozděleno na letecké laserové skenování (ALS – Airborn Laser Scanning) a pozemní laserové skenování (TLS - Terrestrial Laser Scanning). [11]



Obrázek 4: Grafické rozdělení laserového skenování [autor, 2024]

Díky projektu financovanému ministerstvem vnitra České republiky, armádou ČR a Českým úřadem zeměměřickým a katastrálním, nazvanému „Projekt tvorby nového výškopisu České republiky“, se zvýšilo povědomí o metodě leteckého laserového skenování v zemi. Na druhé straně jsou data z pozemního laserového skenování v České republice méně běžná. To má důvod zejména v tom, že pořízení této technologie je spojeno s vysokými náklady, a to způsobuje, že ceny zakázek na měření pomocí pozemního skenování jsou rovněž vysoké. [11]

Laserové skenování představuje rychlou a přesnou metodu měření s širokým spektrem praktického využití v různých odvětvích. Data z laserového skenování lze využít pro mnoho účelů, ať už pro detailní skenování malých objektů (například archeologických artefaktů, architektonických detailů, soch a památníků) nebo pro dokumentaci staveb (získávání informací o aktuálním stavu budov, rekonstrukci historických fasád či vytváření informačních modelů budov). Tato technologie je rovněž vhodná pro mapování rozsáhlých ploch zemského povrchu (pro tvorbu polohopisu, digitálního modelu terénu, zaměření technické a dopravní infrastruktury) a mnoho dalších aplikací. Laserové skenování lze provádět i v nočních hodinách, avšak nedochází k zachycení barev objektů. Výstupními daty jsou pak souřadnice a hodnoty odrazivosti materiálů, což umožňuje detailní analytické zpracování a modelování objektů či terénu. [12]

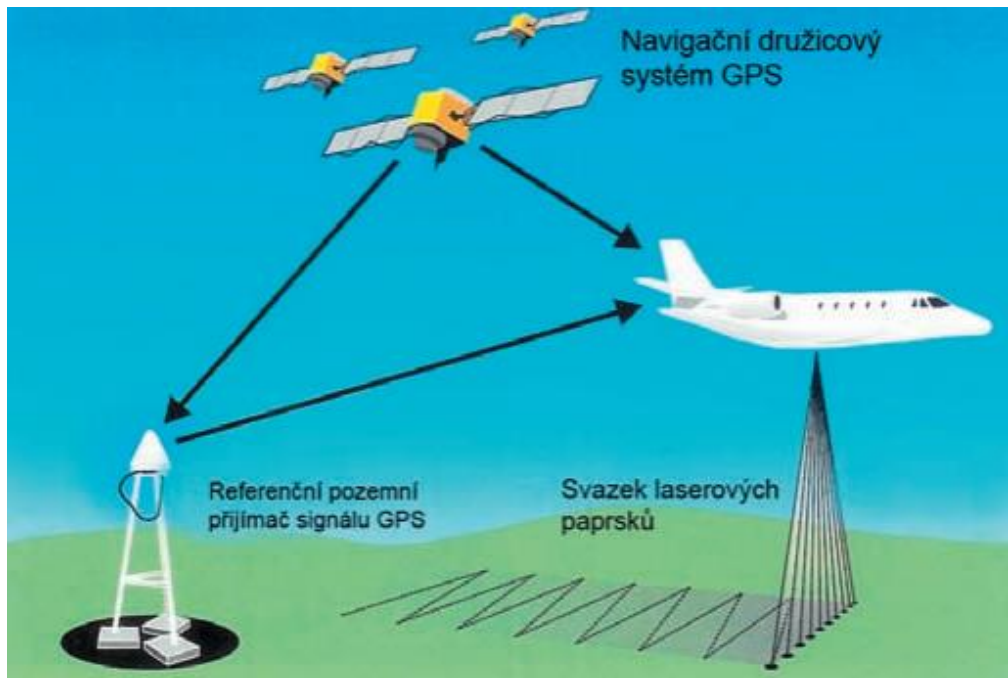
Mezi hlavní nevýhody laserového skenování patří jeho omezený dosah, který je většinou maximálně několik set metrů, a neschopnost získávat data pod vodní hladinou, na různých površích nebo v místech s příliš ostrým úhlem vzhledem ke skeneru. Tyto nedostatky lze však částečně řešit pomocí více skenovacích pozic nebo využitím různých funkcí skeneru.

Výběr typu skenování a použitého zařízení zpravidla vyplývá z rozsahu objektu, který je potřeba zmapovat. Pro měření rozsáhlých ploch se nejčastěji volí letecké skenování. Pro dlouhé lineární struktury, jako jsou například silnice či železniční tratě, je vhodné využití mobilních pozemních skenerů umístěných na pohybujícím se vozidle. Pro mapování menších staveb či objektů se často používají statické pozemní laserové skenery. [10]

V komplexnějších případech se může kombinovat více metod získávání dat. Například je možné kombinovat laserové skenování s dalšími geodetickými technikami, jako je fotogrammetrie, videozáznam, měření pomocí GNSS, či kombinovat statické a mobilní skenování. Tato kombinace metod umožňuje získání komplexní a detailní informace o zkoumaném objektu či terénu, například i pro potřeby pasportizace. [11]

3.3.1 Letecké laserové skenování

Metoda leteckého laserového skenování (ALS, česky také LLS) je moderním přístupem k masivnímu shromažďování hustých dat o topografii a výškových profilech. Tato technika umožňuje získávat informace nejen o povrchu země, ale i o objektech na něm a nad ním, jako jsou budovy a vegetace. Princip LLS spočívá v analýze laserových paprsků vysílaných ze skeneru umístěného v určité výšce nad zemí. Každý paprsek je sledován pomocí GNSS a měří se vzdálenost, kterou urazí odrazem od objektů zpět k senzoru. Laserové impulzy jsou krátké a mají vlnovou délku obvykle mezi 1040 a 1060 nm, zatímco zorný úhel skeneru se pohybuje v rozmezí 45 až 75 stupňů podle konkrétního typu zařízení. Výstupem této metody je obrovské množství dat, což klade vysoké nároky na technické vybavení pro sběr a zpracování, stejně jako na dovednosti odborníka provádějícího analýzu. Data získaná pomocí LLS jsou často využívána k vytváření digitálního modelu terénu, mapování dopravní a technické infrastruktury a v lesnictví k určení rozlohy a výšky lesního porostu. [13]



Obrázek 5: Princip LLS [14]

3.3.2 Pozemní laserové skenování

Metoda pozemního laserového skenování (TLS, česky také PLS) je moderní způsob získávání podrobných geografických dat s vysokou hustotou bodů týkajících se polohy a výšky. Tento přístup umožňuje získat informace o terénu a objektech na něm pomocí laserových paprsků vysílaných ze stacionárního skeneru, který je umístěn na pevném stanovišti na zemi. Každý paprsek je sledován a měřena je vzdálenost, kterou urazí při odrazu od objektů zpět k senzoru. Laserové impulzy jsou krátké a mají specifickou vlnovou délku, zatímco zorný úhel skeneru se může lišit podle konkrétního zařízení. Výsledkem PLS je obvykle rozsáhlý soubor dat, který obsahuje souřadnice a hodnoty odrazivosti pro každý bod. Tato technika se často využívá při mapování menších oblastí, podrobném měření staveb a terénu, tvorbě informačního modelu budov a při archeologických průzkumech. Laserové skenování je velmi rychlá a přesná technika. Může se provádět i v průběhu provozu, a navíc celý proces může zvládnout jediná osoba.

Mobilní skenování. Namísto jednotlivých budov či objektů lze pomocí mobilního laserového skenování získat data o celých městech a rozsáhlých úsecích dálnic a jejich okolí, a to s výrazně menším časovým nákladem než u klasického měření pomocí statické totální stanice. Například kombinací leteckého a mobilního laserového skenování je možné získat detailní a přesný model objektů, jako jsou budovy, přičemž není závislost na denním světle, což umožňuje provádět měření i v noci za minimálního provozu na komunikacích. Nevýhodou této metody je velký objem dat, který vyžaduje vhodný software pro zpracování a zobrazení, a pohyb skeneru, který vyžaduje sledování jeho polohy a orientace v prostoru. Data získaná touto metodou jsou následně využita pro vytvoření velmi přesné a detailní 3D mapy. [15]



Obrázek 6: Příklad mobilního skenování – GEPOINT [16]

Statické skenování. Metoda statického laserového skenování je inovativní přístup k získávání geodetických dat, který umožňuje efektivní řešení projektů, jež by byly nákladné nebo technicky nemožné provést pomocí tradičních metod zaměřování. Při této metodě se laserové skenery obvykle umísťují na stativy, podobně jako teodolity.

Hlavními výhodami jsou vysoká rychlost měření, přesnost na úrovni milimetrů, bezkontaktní charakter a schopnost provádět měření v obtížně přístupných nebo nebezpečných podmínkách. Další výhodou je vysoká míra automatizace při zpracování naměřených dat, což umožňuje generovat velké množství výstupů pro další analýzy a zpracování dat v relativně krátkém čase. Mezi tyto výstupy patří například animace a 3D vizualizace terénu, analýzy nadmořských výšek, vytváření vektorových map, 3D modely terénu, sledování posunu terénu a objektů a mnoho dalšího. [15]

Metoda laserového skenování, zejména statického, se často využívá k získávání přesných prostorových dat složitých a těžko přístupných objektů. Patří sem například lomové stěny v povrchovém i hlubinném dobývání surovin, štoly a podzemní díla, průmyslové zařízení a konstrukce, historické památky a budovy, dokumentace stavu objektů před a po rekonstrukci a další aplikace.



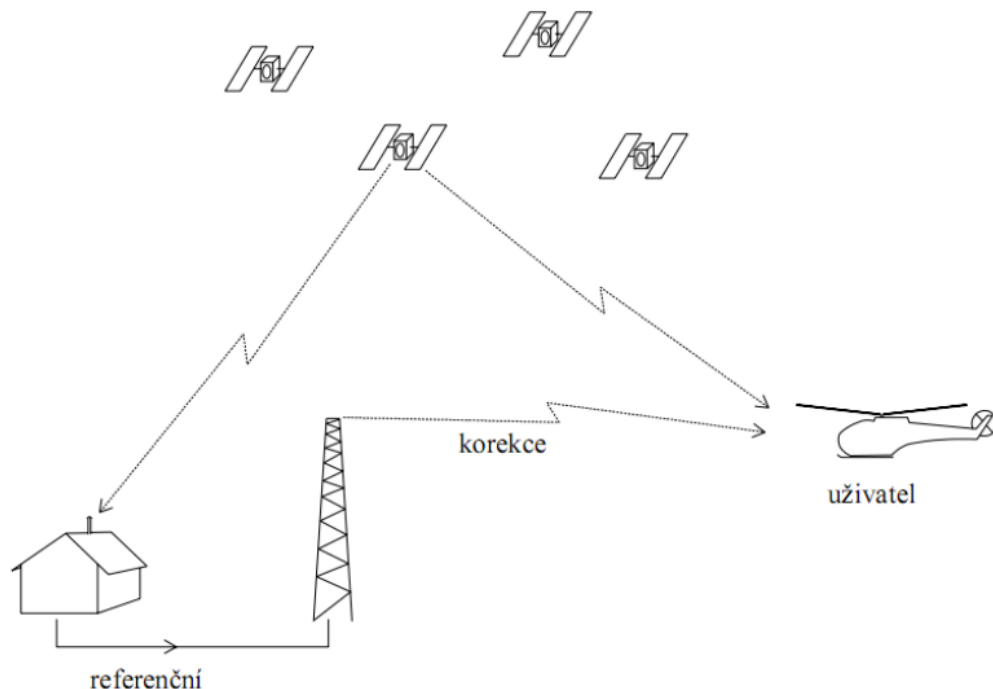
Obrázek 7: Statické laserového skenování [autor, 2023]

Pozemní laserové skenování se prakticky využívá i při dokumentaci detailů reliéfu, zejména při zjišťování jejich objemů, pohybu nebo přesného umístění ve vztahu k okolí. Stejně tak se hodí k určování objemů zářezů a násypů v dopravních stavbách, revitalizaci bývalých těžebních oblastí, skládek odpadů a podobných míst. Dalším efektivním využitím pozemního laserového skenování je mapování a modelování interiérů, jako jsou jeskyně, důlní chodby a tunely. [17]

3.4 Metoda GNSS-RTK

Metoda GNSS-RTK (Global Navigation Satellite System – Real time kinematic) umožňuje získávání přibližných souřadnic prostorové sítě. Tyto souřadnice jsou následně upřesněny a vyrovnány pomocí dalšího měření totální stanicí. GNSS-RTK umožňuje získávat prostorové souřadnice XYZ v reálném čase s využitím dat z viditelných družic a korekcí z referenční stanice, což poskytuje přesnost 3-5 cm pro začlenění celého měření do systému S-JTSK a Bpv, což je dostatečné pro běžné práce. Nicméně vnitřní přesnost sítě a mračna bodů dosahují ještě lepších výsledků. [18]

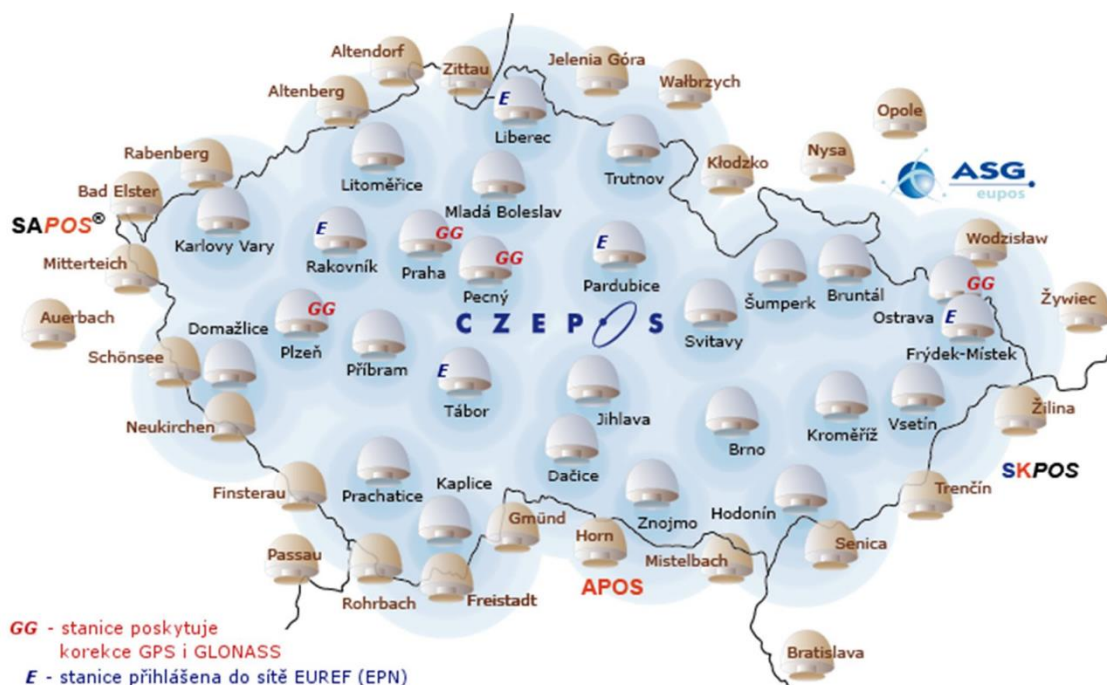
DGNSS. Neboli diferenční metoda GNSS, jde tedy o kódové měření, kde se pomocí absolutní metody a korekcí z referenční stanice získává prostorová poloha měřených bodů. Přesnost této metody je 0,5m. [19]



Obrázek 8: Princip metody DGNSS [19]

CZEPOS. Česká síť permanentních stanic pro určování polohy. První celoplošnou sítí referenčních stanic na území České republiky, která poskytuje služby geodetické veřejnosti, je Česká permanentní síť pro určování polohy, známá také jako CZEPOS (Czech Positioning System).

CZEPOS umožňuje uživatelům získávat GNSS korekční data pro přesné určení polohy na území České republiky. Správu a provoz této sítě zajišťuje Zeměměřický úřad jako součást geodetických základů České republiky. Systém zahrnuje 27 permanentních stanic na území České republiky, které jsou rovnoměrně rozmístěny v průměrné vzdálenosti asi 60 km. Kromě toho zahrnuje také 27 stanic zahraničních sítí (k datu konce roku 2009). Tyto stanice provádějí nepřetržitá měření GNSS po celý den, a výsledná data jsou dále zpracovávána a poskytována uživatelům ve formě korekčních dat. Celkový počet stanic zahrnuje 23 stanic spravovaných Zeměměřickým úřadem, které jsou umístěné na budovách katastrálních úřadů nebo jiných pracovištích, a čtyři externí stanice spravované vědeckými a akademickými institucemi (VESOG). Tyto externí stanice se nacházejí v Brně (TUBO), Pecném (GOPE), Plzni (PLZE) a Ostravě (VSBO). Stanice byly vybaveny přijímači, které primárně zachycují signály satelitního systému GPS NAVSTAR, s realizací v roce 2005.



Obrázek 9: Rozmístění stanic sítě CZEPOS na území České republiky [21]

Pro přístup k produktům CZEPOS byla uvedena do provozu nová aplikace, která kromě produktů (RINEX nebo virtuální RINEX) poskytuje také podrobné informace a výpisy o jejich dostupnosti a kvalitě. Tyto informace zahrnují přehled dostupnosti, počet přijímaných družic, vliv multifrekvenčního šíření signálu, odhadovaný rozptyl přesnosti z geometrického rozložení družic (PDOP) a počet fázových skoků. [20]

Služby jsou poskytovány uživatelům za poplatek v závislosti na požadované službě a požadované přesnosti souřadnic. Korekční data poskytuje CZEPOS v reálném čase přes internetové připojení a rádiové vysílání. [21]

Služby:

- DGPS (DGPS)
- VRS (RTK-PRS, RTK-FKP, VRS3-MAX resp. VRS3-iMAX, VRS3-MAX-GG resp. VRS3-iMAX-GG)
- postprocessing (RINEX)
- RTK (RTK, RTK3-NS, RTK3-GG)

RTK

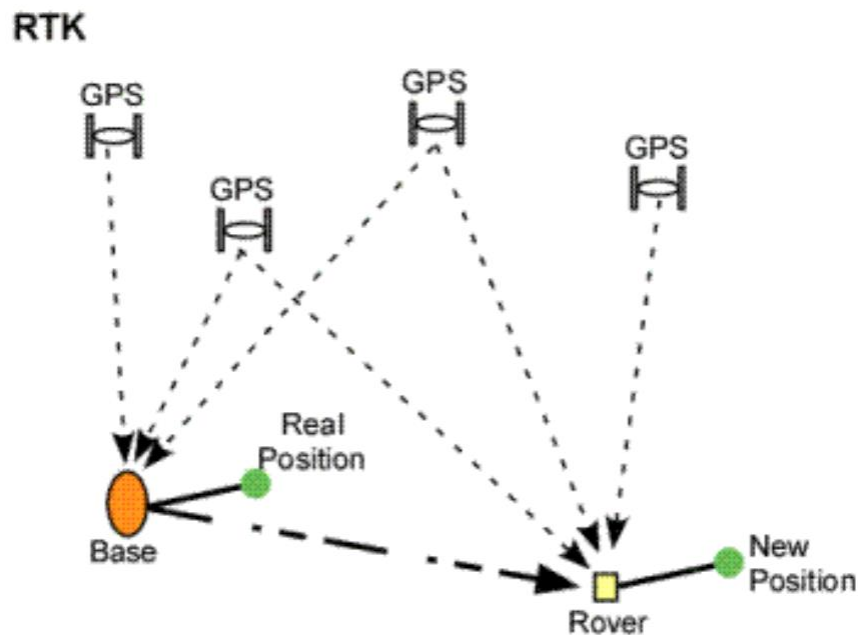
Tato metoda provádí přenos pseudovzdáleností fázových měření z referenční stanice do roveru v reálném čase. Nejednoznačnost (Ambiguity) se v roveru řeší pomocí metody On the Fly, což umožňuje okamžitý výpočet parametrů měřeného faktoru. Pro RTK měření je nezbytné internetové mobilní připojení pro příjem korekcí (RTCM) z referenční stanice. Na displeji roveru se zobrazuje přesnost, s níž byl bod změřen, což umožňuje měřiči okamžitě posoudit, zda lze danou observaci považovat za dostačující. Přesnost této metody se pohybuje v rozmezí 10 až 20 mm + 2 ppm. [22]

Výhody:

- měření prostorové polohy bodů v reálném čase,
- využití pro rychlé vytyčování,
- použití pro přesné aplikace v geografických informačních systémech (gis).

Nevýhody:

- závislost na signálu mobilního operátora,
- potřeba minimálně 5 viditelných družic,
- služba pro příjem korekcí v reálném čase je zpoplatněna.



Obrázek 10: Princip metody RTK [23]

3.5 Fotogrammetrická metoda

Fotogrammetrická metoda je založena na zpracování snímků pořízených fotoaparátem a následné aplikaci prostorové polární metody k zaměření identických bodů. Tímto postupem lze spojit snímky do jednoho celku a vytvořit tak model objektu a mračno bodů. Pokud jde o přesnost a rychlost, tato metoda vyžaduje podobné nároky jako laserové skenování. Z ekonomického hlediska jsou úvodní náklady na pořízení vybavení pro fotogrammetrii obvykle mírně výhodnější.

Nicméně fotogrammetrická metoda má své nevýhody. Pro snímání musí být využit dron, což může být problematické vzhledem k povaze měřeného objektu. Pro létání s dronem je vyžadováno povolení Úřadu pro civilní letectví a platná licence. Získání tohoto povolení je složitý proces a během létání je třeba uzavřít silnice a chodníky. Povolení je obvykle vydáváno na několik týdnů dopředu a lze létat pouze v určitých dnech. Navíc není možné předpovědět počasí na tak dlouhou dobu dopředu, což může ovlivnit možnost létání. [24]

Další nevýhodou je obtížný přístup k určitým místům. Například v případě mostu, kde jsou skryté prostory mezi mostovkou a obloukem, které nejsou pro dron přístupné a pro pozemní snímkování jsou tato místa skrytá, nebo nepřístupná.

Praktická část

4 Využití zařízení a software

4.1 Použité přístroje a jejich parametry

Z+F IMAGER 5016, 3D laserový skener

Pozemní 3D laserový skener Z+F IMAGER 5016 spojuje kompaktní a lehký design s nejnovější technologií 3D měření. Tato kombinace zvyšuje flexibilitu a rozšiřuje možnosti použití, aby vyhovovaly nejnáročnějším požadavkům. Skener disponuje integrovanou HDR kamerou a polohovacím systémem, které zajišťují vynikající výsledky skenování a efektivní pracovní postup. [25]



Obrázek 12: Z+F IMAGER 5016 [25]



Obrázek 11: Z+F IMAGER 5016 – rozměry [25]

Technické vlastnosti pozemního 3D laserového skeneru

Pozemní 3D laserový skener Z+F IMAGER 5016, vyvinutý firmou **Zoller + Fröhlich**, přináší maximální dosah 360 metrů, což otevírá nové možnosti využití v různých oblastech. Jeho maximální měřicí rychlost přes 1 milion bodů za sekundu zajišťuje extrémně přesné výsledky i na velké vzdálenosti. [25]

Díky širokému zornému poli 360° x 320° tento skener dokáže zachytit téměř celé prostředí z jediné pozice, což vede k minimalizaci počtu skenovacích pozic potřebných pro projekt. [25]

Pozemní 3D laserový skener je klasifikován jako „bezpečný pro oči“ podle laserové třídy 1, což znamená, že jej lze bezpečně používat ve veřejných prostorech. [25]

Integrovaný polohovací systém umožňuje automatickou registraci dat v terénu s cílovými značkami i bez nich, což výrazně usnadňuje proces skenování a umožňuje provádět předběžné zpracování dat již během skenování. [25]

Skener je dále vybaven integrovanou HDR kamerou a osvětlovacím systémem, což zajišťují vynikající výsledky i za obtížných světelných podmínek.

dosah skeneru: 0,3 – 365 m

přesnost dálkoměru: $\leq 1 \text{ mm} + 10 \text{ ppm}$

úhlová přesnost horizontální/vertikální: $\pm 0,004^\circ$

rychlost sběru dat: $\leq 1,094$ milionu pixelů/sek

rozlišení kamery: 80 megapixel

Interní uložení a přenos dat

Skener je vybaven 128 GB interním datovým úložištěm. Data mohou být rychle přenášena skrze slot na SD kartu, po ethernetu nebo přes WiFi (standard 802.11 a/n/g, frekvence 2,4 GHz / 5 GHz). [25]

Hmotnost:

laserový skener bez baterie: $\leq 6,5 \text{ kg}$

laserový skener se 2 bateriemi: $\leq 7,5 \text{ kg}$

Velikost:

150 x 258 x 328 mm

lze použít ve stísněných prostorech

velikost cestovního zavazadla

Tabulka 1 Technické parametry – Rozlišení [25]:

Úhlové rozlišení	pixel/360°	Doba skenování (min)			
		„nízká kvalita“	„normální kvalita“	„vysoká kvalita“	„premium kvalita“
„náhled“	1250	---	0:22	---	---
„nízké“	2500	0:22	0:45	1:31	---
„střední“	5000	0:45	1:31	3:03	6:06
„vysoké“	10000	1:31	3:03	6:06	12:13
„super vysoké“	20000	3:03	6:06	12:13	24:26
„ultra vysoké“	40000	---	12:13	24:26	48:57
„extrémně vysoké“	80000	---	---	48:57	122:22

Tabulka 2 Technické parametry – Rozsah šumu [25]:

vzdálenost	Černá 14%	Šedá 37%	Bílá 80%
Na 10 m	0,30 mm rms	0,25 mm rms	0,20 mm rms
Na 25 m	0,39 mm rms	0,28 mm rms	0,25 mm rms
Na 50 m	0,8 mm rms	0,5 mm rms	0,3 mm rms
Na 100 m	2,6 mm rms	1,1 mm rms	0,7 mm rms
Na 200 m	9,6 mm rms	3,6 mm rms	1,7 mm rms

Přibližná cena: 1.150.000 – 1.875.000,- Kč

Leica RTC360, 3D laserový skener

Leica RTC360 je 3D laserový skener s vysokou přesností, dosahující velmi vysoké rychlosti 2 miliony bodů za sekundu a dosahem až 130 metrů. Je vybaven vizuálním inerciálním systémem, který využívá kombinaci inerciální měřické jednotky (IMU) a pěti kamer k určení relativní polohy následujícího stanoviště s takovou přesností, že v kancelářském softwaru dochází k plně automatickému spojení mračen bez potřeby zásahu operátora. To výrazně urychluje proces měření a registrace. [26]



Obrázek 13: Leica RTC360 3D [26]



Obrázek 14: Leica RTC360 3D [26]

Skener je dodáván v sadě s pohodlným batohem, karbonovým stativem, čtyřmi bateriemi a velkou nabíječkou. Volitelně lze získat i registrační terče, pokud je potřeba umístit skeny do absolutních souřadnic včetně přesných výšek. Pro registraci je vhodným softwarem jak jednodušší Cyclone REGISTER 360, tak i komplexnější Cyclone REGISTER. Doporučuje se také použití tabletu s aplikací Cyclone FIELD pro vizualizaci spojení mračen během měření. [26]

Technické vlastnosti pozemního 3D laserového skeneru

Díky rychlosti snímání až 2 000 000 bodů za sekundu a pokročilé technologii snímání panoramatických fotografií v HDR kvalitě je celé stanoviště dokončeno za méně než 2 minuty. Uživatel má na výběr ze tří nastavení pro rozlišení skenování (viz.

Tab. 5.1.3). Panoramatiký snímek ve 360° v HDR kvalitě (432 MPx raw data) je získán za 1 minutu v jakýchkoliv světelných podmínkách. [26]

Skener Leica RTC360 přináší inovaci v podobě integrovaného VIS systému (Visual Inertial System), který využívá pět kamer a jednu integrovanou jednotku IMU. Tento robustní systém umožňuje automatické sledování polohy mezi dvěma po sobě jdoucími stanovišti v reálném čase a bez interakce s uživatelem spojuje tyto dva skeny dohromady.

Technologie "Double pulse" znamená získání více měřených bodů na kritických površích. Při skenování potrubí a jiných zakřivených ploch s obtížnou nebo extrémní odrazivostí se často setkáváme s problémy týkajícími se úplnosti mračna bodů. Tento problém je však vyřešen pomocí měřicí technologie duálního pulsu, která každý bod měří dvakrát, což umožňuje přesné zaměření problematických ploch a eliminaci šumu. [26]

Interní uložení a přenos dat

Skener je vybaven Leica MS256, 256 výměnným USB 3.0 flash diskem. Integrovaný wireless LAN (802.11 b/g/n). Možné dálkové ovládání skeneru. [26]

Hmotnost:

laserový skener bez baterie: ≤ 5,35 kg

laserový skener se 2 bateriemi: ≤ 6,03 kg

Velikost:

120 x 240 x 230 mm

S lehce skládacím stativem umožňují vše zabalit do jednoho batohu.

Tabulka 3 Technické parametry – Rozlišení [27]:

Režim hustoty bodů	Rozlišení [mm @ 10 m]	Max. vzdálenost [m]	Doba skenování (min)
„nízké“	12	130	0:25
„střední“	6	130	0:50
„vysoké“	3	130	1:40

+ Panoramatiký 360° snímek v HDR kvalitě (432 MPx raw data) je nasnímán za 1 minutu v jakýchkoliv světelných podmínkách.

Tabulka 4 Technické parametry – Rozsah šumu [27]:

vzdálenost	Černá 8%	Šedá 21%	Bílá 89%
Na 5 m	0,5 mm rms	0,4 mm rms	0,3 mm rms
Na 10 m	0,6 mm rms	0,5 mm rms	0,4 mm rms
Na 20 m	0,7 mm rms	0,6 mm rms	0,5 mm rms
Na 40 m	2,5 mm rms	0,8 mm rms	0,6 mm rms
Na 60 m	5,0 mm rms	2,0 mm rms	1,0 mm rms

Přibližná cena: 1.150.000 – 1.875.000,- Kč

BOSCH GLM 50-27 CG PROFESSIONAL

Laserový měřič GLM 50-27 CG Professional přináší vynikající viditelnost laserového bodu, odolný design a rychlou dokumentaci. Jeho zelený laserový bod je výrazně viditelnější než červený laser, což ho činí ideálním pro měření na velké vzdálenosti ve světlých vnitřních prostorech. Díky kombinaci odolné konstrukce s certifikací IP65 a pryžového krytu, který tlumí nárazy, může snadno vydržet pád z výšky 1,5 metru a to i na tvrdý beton, což z něj činí vhodný nástroj pro náročné stavební podmínky. Připojení přes Bluetooth a použití aplikace Bosch MeasureOn zajišťují rychlou dokumentaci a okamžitý přenos výsledků měření. [28]

Tento laserový měřič je ideální pro dokumentaci, výpočet potřebných materiálů, měření prostorů a umisťování montážních prvků, a proto je skvělou volbou pro architekty, elektrikáře a mnoho dalších odborníků. [28]



Obrázek 15: BOSCH GLM 50-27 CG PROFESSIONAL – rozměry [28]

Je vybaven vylepšenou výdrží baterie a poskytuje zvukovou a vibrační zpětnou vazbu, aby ověřil správnost měření. [28]

Tabulka 5 Technické parametry [28]:

Rozměry	119 x 53 x 29 mm
Hmotnost	0,17 kg
Měřicí rozsah	0,05 - 50 m
Přesnost měření	± 1,5 mm
Nejmenší zobrazená jednotka	0,5 mm
Měřicí rozsah	0° - 360° (4 x 90°)
Přesnost měření – sklon	± 0,2°
Nejmenší zobrazená jednotka – sklon	0,1°
Max. nadmořská výška pro použití	2000 m
Ochrana proti prachu a stříkající vodě	IP 65

Přibližná cena: 5.200 – 6.000,- Kč

RICOH THETA X

Ricoh Theta X je pokročilým modelem v řadě Ricoh Theta, který umožňuje pořizování 360° statických snímků a videí v jediném záběru. Tento nový model je prvním z řady Theta, který je vybaven velkým 2,25" dotykovým displejem a nabízí vysoké rozlišení. Ricoh Theta X byl navržen s ohledem na uživatelskou přívětivost a excelentní kvalitu. Nově také umožňuje výměnu baterie a použití externích paměťových karet, což přispívá k efektivnějšímu a spolehlivějšímu fotografování. [29]



Obrázek 16: RICOH THETA X [28]

Nový senzor s přibližně 48 Mpx umožňuje zachytit 360° snímky s vysokým rozlišením, přičemž výstup odpovídá přibližně 60 Mpx. K dispozici jsou dvě velikosti záznamu, které lze přizpůsobit dané scéně – vysoce kvalitní 11K záznam pro fotografování v interiérech s jasným osvětlením a 5,5K pro snadný a efektivní záznam. Stabilizace obrazu prošla vylepšením, což zaručuje maximálně plynulé a hladké natáčení pro 360° videa. Kamera dokáže zaznamenávat videa v rozlišení 5,7K (ekvivalentní 5760 × 2880 px) při 30 snímcích za sekundu. [29]

Díky vestavěnému GPS a podpoře funkce A-GPS lze získat přesné informace o poloze. Režim Time Shift umožňuje fotografovi zachytit snímek, aniž by byl autor v záběru, a režim sériového fotografování dokáže nepřetržitě pořizovat 20 statických snímků za sekundu (při fotografování v režimu 5,5K). Kromě stisknutí spouště lze snímky pořizovat jednoduše klepnutím na displej dotykové obrazovky. Snímky lze libovolně označit jako oblíbené přímo na displeji dotykové obrazovky a poté prohlížet v aplikaci THETA na chytrém telefonu. Orientaci přehrávání snímků lze nastavit v menu snímání. Ricoh Theta X je vybaven funkcí AI Auto, která využívá technologii rozpoznávání umělé inteligence k identifikaci objektů na pořízených snímcích. Přepínání mezi různými režimy snímání (statický snímek, video, vlastní nastavení, živé vysílání, plug-in) je jednoduché díky tlačítku režimu umístěnému přímo na kameře. [29]

Přibližná cena: 18.500 – 21.500,- Kč

Další použité přístroje:

totální stanice leica ms60

totální stanice sokkia ix – 502

gnss přijímač sokkia grx3

4.2 Příslušenství

Stativ, značkovácí barva, dřevěné kolíky, svinovací metr, terče Z+F A3.

4.3 Použitý software

LaserControl

Z+F LaserControl Office a Scout představují ideální řešení pro efektivní a komplexní práci s laserovými skenery Zoller + Fröhlich. Tato softwarová sada nabízí širokou škálu filtrů, měřicích nástrojů a funkcí pro registraci, což umožňuje detailní přípravu skenovaných dat. Tyto nástroje jsou klíčové pro vytvoření vyčištěných, registrovaných a barevných 3D mračen bodů. Díky rozmanitému výběru exportních formátů, které Z+F LaserControl poskytuje, je možné data snadno dále zpracovávat v rámci různých běžných 3D softwarových aplikací. [30]

CloudCompare Stereo

CloudCompare je open-source software určený pro úpravu a editaci mračen bodů a 3D modelů. Tento program také umožňuje výpočty podobností a měření vzdáleností a statistiky. V oblasti 3D skenování jej využijeme zejména k převodu mračen bodů na triangulární síť. [31]

V tomto programu byla importována sada mračen bodů, která po registraci v aplikaci Z+F SCOUT byla vyexportována. Následně proběhlo detailní čištění mračen bodů od různých rušivých prvků, jako jsou osoby, projíždějící vozidla, vegetace a ostatní šumy či chyby, které mohly v průběhu skenování vzniknout. Dále byly provedeny řezy mračnem bodů pro účely vytvoření 2D či 3D dokumentace. Výsledná sada mračen bodů byla nakonec exportována z tohoto softwaru pro prezentaci a pro další pokračování modelování a zpracování.

Cyclone Register 360

Tento software přináší úplně nové možnosti, které sahají od jednoduchých postupů ovládaných uživatelem až po automatizovanou registraci a mnoho dalších funkcí. Umožňuje uživatelům na všech úrovních práce pracovat chytřeji, přesněji a zvýšit efektivitu své práce. Cyclone REGISTER 360 je jednoduchou volbou pro rychlé, správné a pohodlné zpracování dat. [32]

Rychlost. Jinými slovy, Drag - Drop - Done, Přetáhni - Vlož - Hotovo. Zpracování projektu od jeho vytvoření až po závěrečný report se výrazně urychluje díky

vícenásobným dávkovým algoritmům, zjednodušenému importu a implementovaným nástrojům pro zajištění kvality a kontroly. [32]

Úspora času a práce. Cyclone REGISTER 360 je maximálně zaměřen na uživatelsky přívětivé prostředí při zpracování dat, což umožňuje i novým uživatelům pracovat na rozsáhlých projektech v jednoduchém, ale výkonném rozhraní programu. Jeho řízené procesy registrace pomáhají novým uživatelům a urychlují práci zkušeným uživatelům. Intuitivní nástroje pro kontrolu kvality registrace zajišťují její přesnost a umožňují případné úpravy. [32]

Jednoduchost. Výsledná data lze dávkově exportovat do mnoha standardních formátů pro mračna bodů, nebo načíst do některých z cloudových řešení Leica Geosystems pro online prohlížení. [32]

Cyclone 3DR

Cyclone 3DR vychází z původního programu 3D Reshaper a specializuje se na zpracování 3D bodových mračen. Tento software nabízí účinné nástroje pro zpracování, analýzu a publikaci 3D digitálních dat. Jeho základem je nové výkonné jádro, které pracuje s velkými datovými soubory a je kompatibilní s BIM formáty (IFC a Revit). [33]

Cyclone 3DR kombinuje správu a publikaci 3D dat z Leica JetStream s automatizovanou analýzou bodových mračen a modelováním v jednom pracovním prostředí. Tento software komunikuje jak s ostatními softwary Leica (LGS soubory či IMP databáze), tak s softwary třetích stran, například AutoCAD. [33]

Jednou z výhod Cyclone 3DR je rychlé vytváření 3D trojúhelníkových sítí z bodových mračen, což platí nejen pro digitální modely terénu, ale i pro obecné plochy s množstvím převisů. To činí tento software univerzálním nástrojem pro modelování objektů s obecnými, matematicky nedefinovatelnými tvary. [33]

Software také zvládá zpracování bodových mračen, modelování, porovnávání modelů, extrakci hran, vektorizaci bodových mračen, výpočet posunů a deformací, určení povrchů, prokládání plochami, reverzní inženýrství, kontrolu, výpočty objemů a vrstevnic a další automatizované funkce. [33]

Autodesk ReCap

Autodesk ReCap (Reality Capture) je nástroj určený k zachycení okolního prostředí a převodu těchto dat do digitální podoby. Tento software dokáže zpracovat, čili indexovat, skenovaná data z různých typů skenerů (například laserových skenerů, dronů) od různých výrobců, jako jsou Leica, Faro a další. Výsledkem jsou soubory ve formě mračen bodů (point cloud), které jsou připraveny pro práci v CAD prostředí, zejména v programech jako AutoCAD, Revit, Navisworks, Civil 3D a další. Tato připravená skenovaná data lze pak využít jako podklad pro práci na projektech v těchto softwarových prostředích. Autodesk ReCap je dostupný jako samostatný produkt nebo jako součást Autodesk AEC Collection. [34]

AutoCAD (2021)

AutoCAD je počítačový program pro technické kreslení a návrh vytvořený společností Autodesk. Je jedním z nejpoblárnějších softwarových nástrojů v oblasti architektury, stavebnictví, strojírenství a dalších technických disciplín. AutoCAD umožňuje uživatelům vytvářet a editovat technické výkresy, plány budov, 2D a 3D modely, strojní součásti a mnoho dalšího. Program je známý svou širokou funkcionalitou, možností přizpůsobení a schopností spolupracovat s dalšími softwary.

Pro účely pasportizace jsou v programu vyhotoveny výkresy situace, či umístění skenovacích pozic. Ať už za pomoci mračen bodů, nebo naměřených hodnot, se v tomto programu vytvořily jednotlivé výkresy půdorysů, řezů, pohledů, a také případně drátěný model stavby.

Revit (2023)

Revit je software vyvinutý společností Autodesk, který se specializuje na informační modelování budov (BIM - Building Information Modeling). BIM je proces vytváření a správy digitálních reprezentací fyzických a funkčních charakteristik staveb. Revit umožňuje architektům, inženýrům a stavebním profesionálům navrhovat, vizualizovat, simulovat a koordinovat různé aspekty staveb v 3D prostředí. Software umožňuje tvorbu podrobných modelů budov, které obsahují informace o geometrii, materiálech, konstrukci, instalacích, nákladech, plánech, vizualizacích a dalších relevantních informacích. Revit je běžně používán při návrhu a správě staveb různých

typů, včetně obytných budov, komerčních staveb, infrastruktury a průmyslových zařízení.

Program byl v této práci použit, podobně jako software AutoCAD, k vytvoření dokumentace naměřených dat. Revit nabízí lepší práci v rozhraní 3D. Záleží tak na požadavcích zadavatele, jaký výstup vyžaduje.

Další použité programy:

Geus – výpočet volných stanovisek a výpočet polární metody dávkou podobných bodů.

Sokkia GNSS – (Global Navigation Satellite System) je technologie geodetického měření, která využívá signály satelitních navigačních systémů, jako je například GPS (Global Positioning System) nebo GLONASS (Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema).

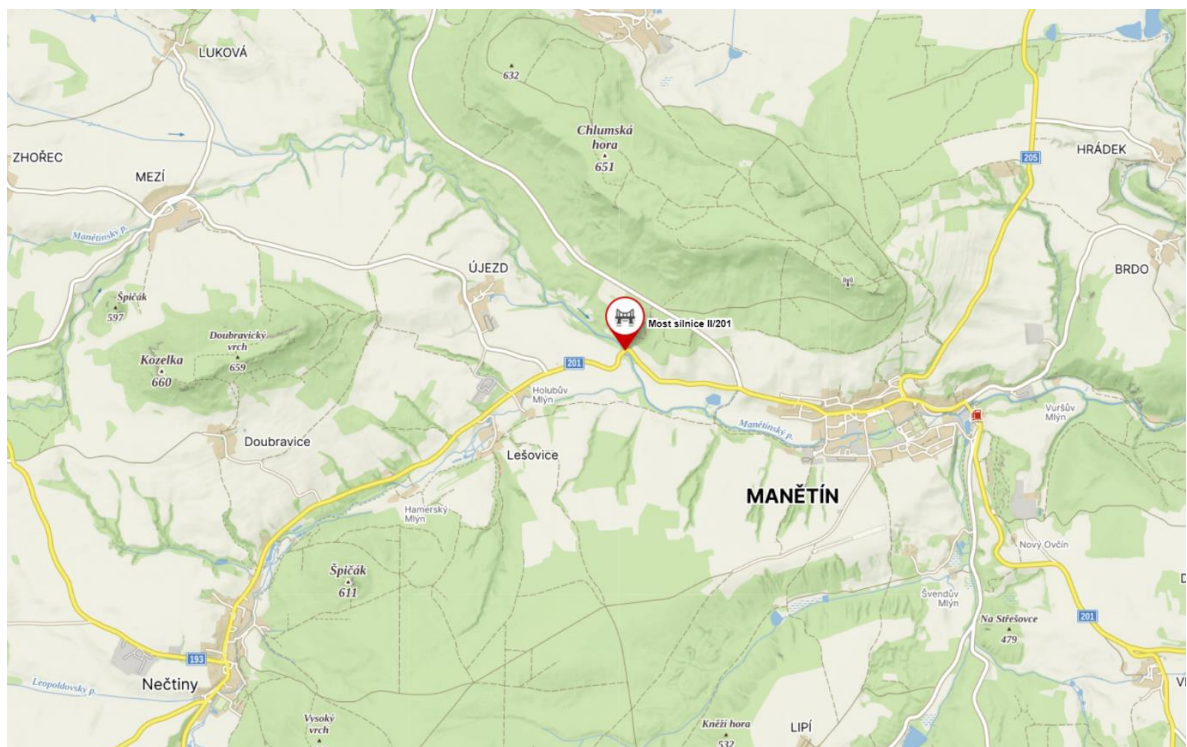
Atlas DMT – Základní grafické prostředí s nástroji obvyklými v CAD programech, výpočet a editace digitálního modelu terénu. Atlas DMT je k dispozici ve dvou variantách (STANDARD nebo MEGA).

5 Řešené objekty

5.1 Most Manětín

5.1.1 Popis lokality

Lokalita:	most č.ev.201-043 přes Manětínský potok
Katastrální území:	Manětín [691496], Újezd u Manětína [773646]
Datum plnění:	11/2023
Použité přístroje:	Statický skener Z+F IMAGER 5016, Totální stanice SOKKIA IX – 502, GNSS přijímač SOKKIA GRX3
Použitý software:	LaserControl, CloudCompare Stereo, Geus, Sokkia GNSS, AutoCAD, Atlas DMT
Souřadnicový systém:	S-JTSK
Výškový systém:	Bpv
Zaměřil a zpracoval:	Ing. Patrik Fojt, Ing. Jaroslav Faiferlík, Ondřej Šmolík, Bc. Ondřej Škrýba
Kontroloval:	Ing. Jaroslav Faiferlík
Zhotovitel:	VISIONPLAN-3D s.r. o.



Obrázek 17: Most Manětín – situace [35]

Jedná se o most na silnici II/201 spojující obce Manětín a Nečtiny v okrese Plzeň – sever. Most má předepsanou nosnost 22t pro motorová vozidla, v případě jediného vozidla 33t. Průjezdný v obou směrech, doplněn o značku přednost před protijedoucími vozidly.



Obrázek 18: Most Manětín [VISIONPLAN-3D, 2023]

Součástí zaměřování byl i inundační most, který slouží jako preventivní ochrana cesty před povodní.



Obrázek 19: Inundační most Manětín [VISIONPLAN-3D, 2023]

5.1.2 Laserové skenování

Pomocí statického 3D laserového skeneru Z+F IMAGER 5016 bylo zachyceno 38 mračen bodů, dokumentujících most č.ev.201-043 přes Manětínský potok v Újezdě u Manětína [773646]. Skenování bylo provedeno pomocí laserového skeneru Z+F IMAGER 5016 z 38 skenovacích pozic, které byly pečlivě vybrány tak, aby poskytovaly dostatečný překryv a zajišťovaly kvalitní výsledky registrace. Pro přesnější registraci a umístění mračen bodů do referenčních systémů bylo využito 9 referenčních terčů. Doba skenování byla 5 h.

Při skenování došlo i k zaměření identických bodů totální stanicí SOKKIA IX – 502 a GNSS přijímačem SOKKIA GRX3 a zároveň byla vytvořena měřičská síť bodů 4001 – 4003 pro registraci mračen bodů do souřadnicového systému S-JTSK a výškového systému Bpv. Z bodů měřičské sítě bylo zaměřeno 9 podrobných identických bodů. Tyto body byly definovány skenovacími terči. Na základě těchto bodů bylo možné provést registraci mračen bodů do souřadnicového systému S-JTSK a výškového systému Bpv.

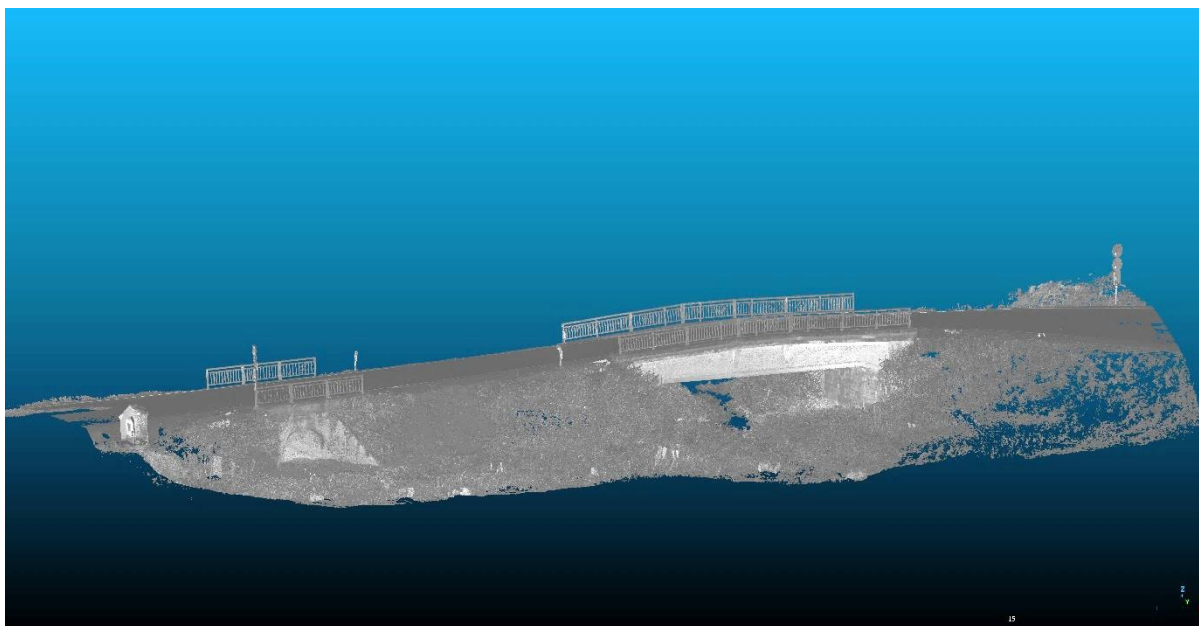
5.1.3 Alternativní metody měření

Zaměřování pomocí klasických metod proběhlo dne 20.11.2023. Venkovní teplota byla 8 °C. Práce trvaly 10 h. Měření bylo provedeno pomocí laserového měřiče BOSCH GLM 50-27 CG Professional. Dále se využil svinovací metr, pásmo, papíry, či tužka. S ohledem na efektivní zaměřování proběhla tato metoda ve dvou lidech. Jedna osoba měřila a druhá zapisovala získané hodnoty na papír. Vhodné bylo nejprve zkreslit slepý půdorys, řez, či pohled a do něj poté zapisovat dané hodnoty. Součinnost dvou osob byla vhodná i pro to, že nastávají případy, kde nelze určit koncový bod. Druhá osoba tak může vytvořit prodlouženou hranu pomocí desek, či podobného rovného objektu. Délky se pro ověření měřily 2x.

U této metody docházelo k zjednodušení některých délek. Například se zde nezaznamenávaly různé římsy, drobné okrasné prvky, uvolněné zdivo, či se počítalo se stejnými rozměry jednotlivých nosníků. Neřešila se zde ani různá zakřivení, například průhyb mostu. Některá místa byla výškově nepřístupná, proto se musí případně tyto rozměry při následujícím zpracování dopočítat.

5.1.4 Zpracování naměřených dat

Data z laserového skeneru byla v programu LaserControl vyčištěna od šumu a dále byla provedena ruční registrace metodou „cloud to cloud“. Tato registrace byla doplněna o zarovnání na referenční terče. Zaregistrovaná mračna byla exportována a následně upravena a oříznuta v programu Cloudcompare, kde bylo mračno zredukováno na hodnotu 5 mm.



Obrázek 20: Mračno bodů – most Manětín [VISIONPLAN-3D, 2023]

Z příloženého protokolu (příloha A) je patrné, že vnitřní přesnost mračna dosahuje hodnoty do 10 mm. Přesnost umístění mračen a kreseb do souřadnicových systémů S-JTSK a Bpv činí 4 – 5 cm. Kresba 3D drátěného modelu dosahuje přesnosti 10 mm (vnitřní přesnost mračna) + přibližně 10 – 20 mm generalizaci kresby.

Kresba 3D drátěného modelu byla vytvořena na základě mračen bodů v programu AutoCAD a obsahuje všechny viditelné hrany konstrukce. V případě poškozené konstrukce byla kresba upravena tak, aby zobrazovala stav před poškozením.

Data z totální stanice a GNSS přijímače byla zpracována klasickými geodetickými metodami v programu GEUS. Výstupem z výpočtu je seznam souřadnic podrobných bodů polohopisného a výškopisného zaměření, seznam souřadnic referenčních terčů a protokol o výpočtech (není předmětem této práce).

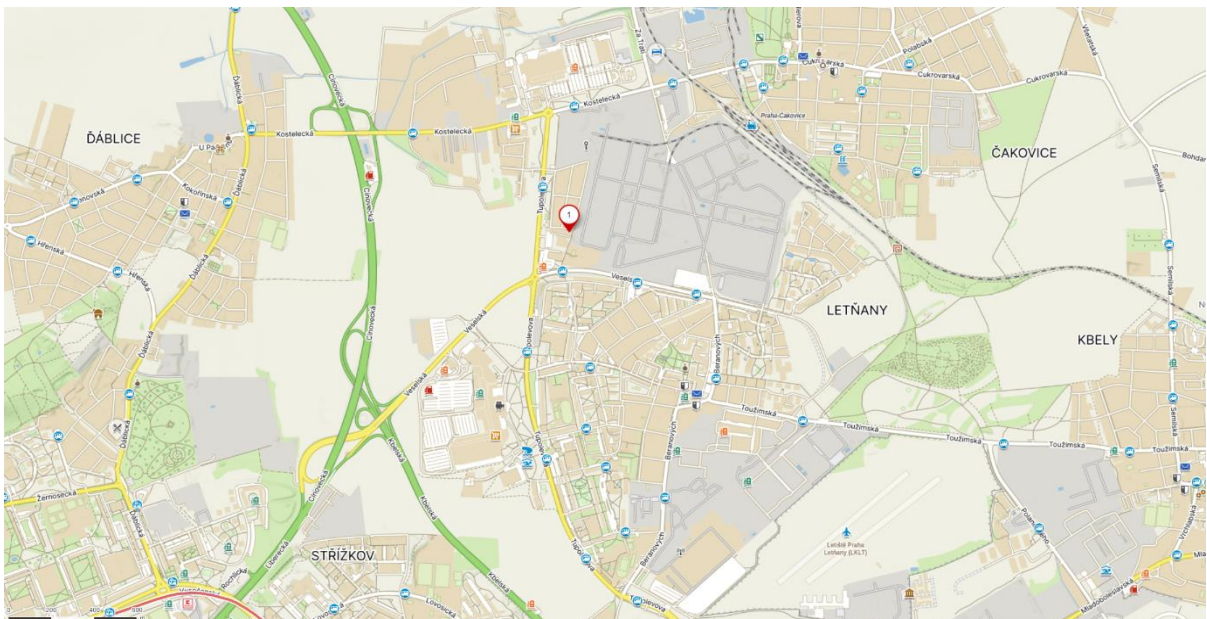
Z podrobných bodů byla vytvořena kresba polohopisného a výškopisného zaměření v programu AutoCAD.

V případě ručního měření byla kresba 2D výkresů vytvořena na základě zaznamenaných délek. Celkové rozměry silnice byly poměřeny i s rozměry z katastrální mapy. V některých případech se uvažovalo, že prvky jsou přímé, rovné a na sebe kolmé, jako v případě jednotlivých nosníků mostu. K tvorbě výstupů byl použit program AutoCAD.

5.2 Gynekologická ordinace Letňany

5.2.1 Popis lokality

Lokalita:	objekt p.č. 677/2, Běloveská 656, v obci Praha 9 - Letňany
Katastrální území:	Letňany [731439]
Datum plnění:	4/2024
Použité přístroje:	Statický skener Z+F IMAGER 5016, Totální stanice SOKKIA IX – 502, GNSS přijímač SOKKIA GRX3
Použitý software:	LaserControl, CloudCompare Stereo, Geus, Sokkia GNSS, AutoCAD
Souřadnicový systém:	S-JTSK
Výškový systém:	Bpv
Zaměřil a zpracoval:	Ing. Patrik Fojt, Ing. Jaroslav Faiferlík, Bc. Ondřej Škrýba
Kontroloval:	Ing. Jaroslav Faiferlík
Zhotovitel:	VISIONPLAN-3D s.r. o.



Obrázek 21: dům Letňany – situace [35]

Objekt slouží primárně jako gynekologická ordinace. V 1.NP se nachází samotné zádveří, ordinace, čekárny, sklad, sociální zázemí, čekárny a prostor s pracovním stolem pro zdravotní sestry. Schodiště je oddělené dveřmi na kód. Ve 2.NP jsou prostory pro personál, kuchyňky a také možné prostory pro cvičení či masáže. Dům má dva balkony a dvě oddělené půdy.



Obrázek 22: dům Letňany [autor, 2024]

5.2.2 Laserové skenování

Pomocí statického 3D laserového skeneru Z+F IMAGER 5016 byla naskenována budova parc. č. 677/2 v obci Praha 9 - Letňany v k.ú. Letňany [731439]. Venkovní teplota byla 6°C. Skenování bylo provedeno laserovým skenerem Z+F IMAGER 5016 ze 119 skenovacích pozic. Skenovací pozice byly voleny tak, aby měly dostatečný překryv a bylo možné dosáhnout kvalitních výsledků při registraci. Pro přesnější registraci a umístění mračen bodů do referenčních systémů bylo využito 8 referenčních terčů.

Při skenování došlo i k zaměření identických bodů totální stanicí SOKKIA IX – 502 a GNSS přijímačem SOKKIA GRX3 a také byla vytvořena měřičská síť bodů 4001 – 4004 pro registraci mračen bodů do souřadnicového systému S-JTSK a výškového systému Bpv. Z bodů měřičské sítě bylo zaměřeno 8 podrobných identických bodů. Tyto body byly definovány skenovacími terči. Na základě těchto bodů bylo možné provést

registraci mračen bodů do souřadnicového systému S-JTSK a výškového systému Bpv. Doba skenování byla 6 h.



Obrázek 23: dům Letňany – skenování půdy [autor, 2023]

5.2.3 Alternativní metody měření

Zaměřování pomocí klasických metod proběhlo v měsíci duben, roku 2024. Venkovní teplota byla 6-10 °C. Práce trvaly 16 h ve dvou dnech. Měření bylo provedeno pomocí laserového měřiče BOSCH GLM 50-27 CG Professional. Dále se využil svinovací metr, pásmo, papíry, či tužka. S ohledem na efektivní zaměřování proběhla tato metoda ve dvou lidech. Jedna osoba měřila a druhá zapisovala získané hodnoty na papír. Vhodné bylo nejprve zakreslit slepý půdorys (v tomto případě byl použit jako slepý půdorys obrys obvodové stěny z katastru nemovitostí), řez, či pohled a do něj poté zapisovat dané hodnoty. Součinnost dvou osob byla vhodná i pro to, že nastávají případy, kde nelze určit koncový bod. Druhá osoba tak může vytvořit prodlouženou hranu pomocí desek, či podobného rovného objektu. Délky se pro ověření měří 2x.

U této metody dochází k zjednodušení některých délek. Například se zde nezaznamenávaly římsy, drobné okrasné prvky, uvolněné zdivo, či se počítalo se stejnými rozměry jednotlivých prvků. Neřešila se zde ani různá zakřivení jednotlivých místností, pokud to z měření přímo nevyplývalo. Měřila se vždy šířka u protějších stěn místností a z těchto hodnot se rozhodlo, zda se místnost bude uvažovat jako

pravoúhlá. Některá místa byla výškově nepřístupná, proto se musí případně tyto rozměry při následujícím zpracování dopočítat (například hřeben střechy, tloušťka skladby střechy apod.). Objekt má dvě oddělené půdy. Jedna je přístupná pomocí půdního výlezu a je pochozí. Druhá nabízí pouze dvířka a je nepochozí.

Práce obsahovaly zaměření domu. To znamená veškeré místnosti v 1.NP sloužící k provozu gynekologické ordinace. Ve 2.NP se jedná o místnosti sloužící personálu ordinace (kuchyňka, pracovna, archiv, odpočinková místnost, sociální zařízení) a místnosti pro individuální činnosti zákazníků, jako jsou masáže, či cvičení. V tomto podlaží se nachází i dva balkony, které jsou zapuštěny v půdorysu 1.NP. Ve střední části domu, v prostoru schodiště a archivu, není půda a stěny jsou proskleny do maximální výšky (z části prosklení zasahuje do roviny střechy). Zaměření tohoto prosklení bylo obtížné a těžko neměřitelné pomocí laserového měřiče.

5.2.4 Zpracování naměřených dat

Venkovní pozice byly snímány s větším detailem (3 min jedna pozice). U vnitřního skenování, vzhledem k rozestupu konstrukcí od skeneru, mohlo být využito nižší rozlišení (1,5 min jedna pozice). Data ze statického laserového skeneru byla v programu Lasercontrol odfiltrována od šumu. Dále byla provedena manuální registrace metodou „cloud to cloud“. Tato registrace byla dále doplněna o registraci na referenční terče. Zaregistrovaná mračna byla vyexportována a dále očištěna a ořezána v programu Cloudcompare. V programu Cloudcompare bylo mračno zredukováno na hodnotu 5 mm.



Obrázek 24: Mračno bodů – dům Letňany 1 [VISIONPLAN-3D, 2024]



Obrázek 25: Mračno bodů – dům Letňany 2 [VISIONPLAN-3D, 2024]

Z příloženého protokolů (příloha B) je patrné, že vnitřní přesnost mračna ze statického skenování dosahuje hodnoty do 10 mm. Přesnost umístění mračen a kresby do S-JTSK a Bpv činí 4–5 cm.

Data z totální stanice a GNSS přijímače byla zpracována klasickými geodetickými metodami v programu GEUS. Výstupem z výpočtu je seznam souřadnic referenčních terčů a protokol o výpočtech.

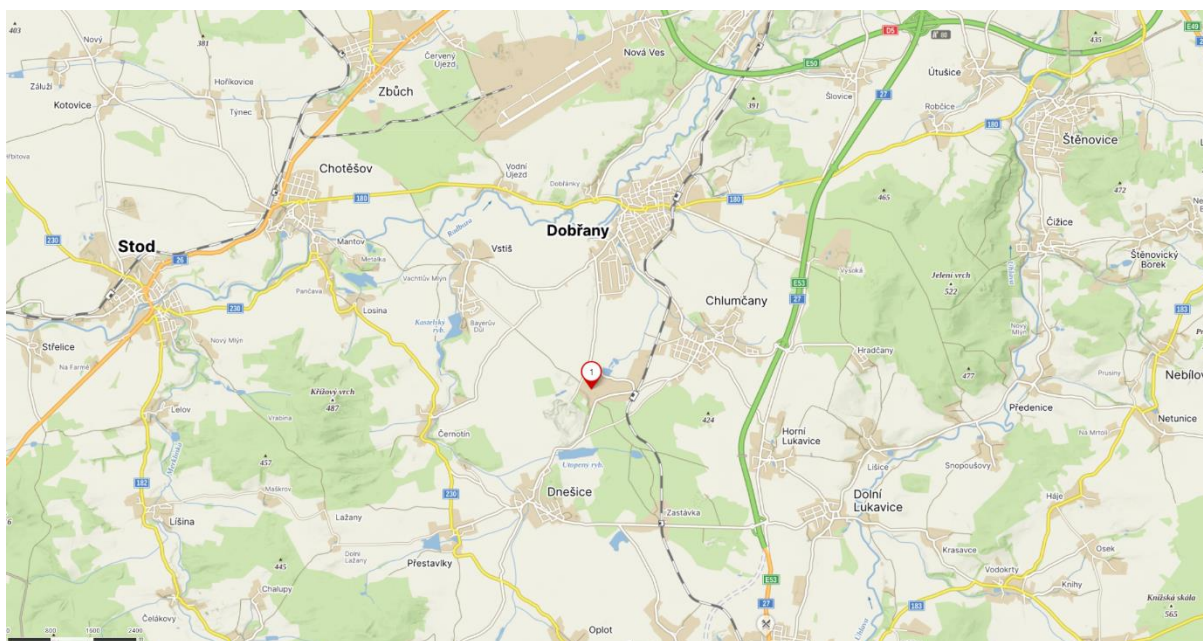
V SW Autocad byla vyhotovena kresba půdorysů, řezů a pohledů na podkladě mračen bodů z laserového skenování. Tyto výkresy byly okótovány dle platných norem a doplněny o popisné informace. Veškeré výkresy byly vyhotoveny v S-JTSK a Bpv v měřítku 1:50. Výšková kóta $\pm 0,00$ m = 257,75 m je umístěna na podlahu u vstupu v 1.NP.

V případě ručního měření byla kresba 2D výkresů vytvořena na základě zaznamenaných délek. Celkové rozměry objektu byly poměřeny i s rozměry z katastrální mapy. V některých případech se uvažovalo, že prvky jsou přímé, rovné a na sebe kolmé. K tvorbě výstupů byl použit program AutoCAD.

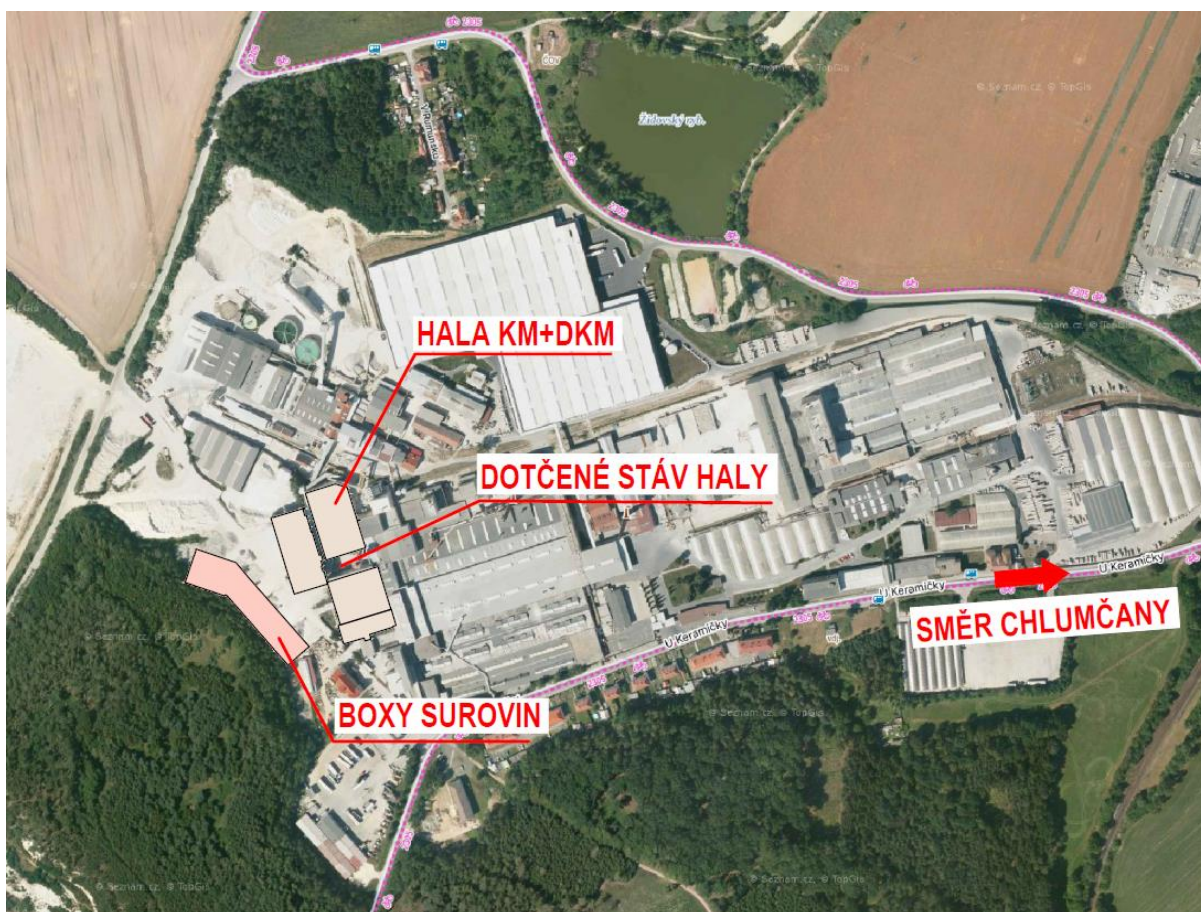
5.3 Hala Chlumčany LB

5.3.1 Popis lokality

Lokalita:	Plzeňský kraj, Chlumčany, ulice U Keramičky
Katastrální území:	Letňany [731439]
Datum plnění:	3-4/2023
Použité přístroje:	Leica RTC360, vč.: 2980618 / Leica MS60 vč.: 888013.
Použitý software:	Cyclone Register 360, Cyclone 3DR, Autodesk ReCap
Souřadnicový systém:	S-JTSK
Výškový systém:	Bpv
Zaměřil a zpracoval:	Ing. Ladislav Jarůšek, Bc. František Hronovský, Bc. Ondřej Škrýba, Ing. Petr Soukup
Zhotovitel:	Valbek, spol. s r.o., Vaňurova 505/17, 460 07 Liberec 3



Obrázek 26: Hala Chlumčany – situace 1 [35]



Obrázek 27: Hala Chlumčany – situace 2 [VALBEK s.r.o., 2023]

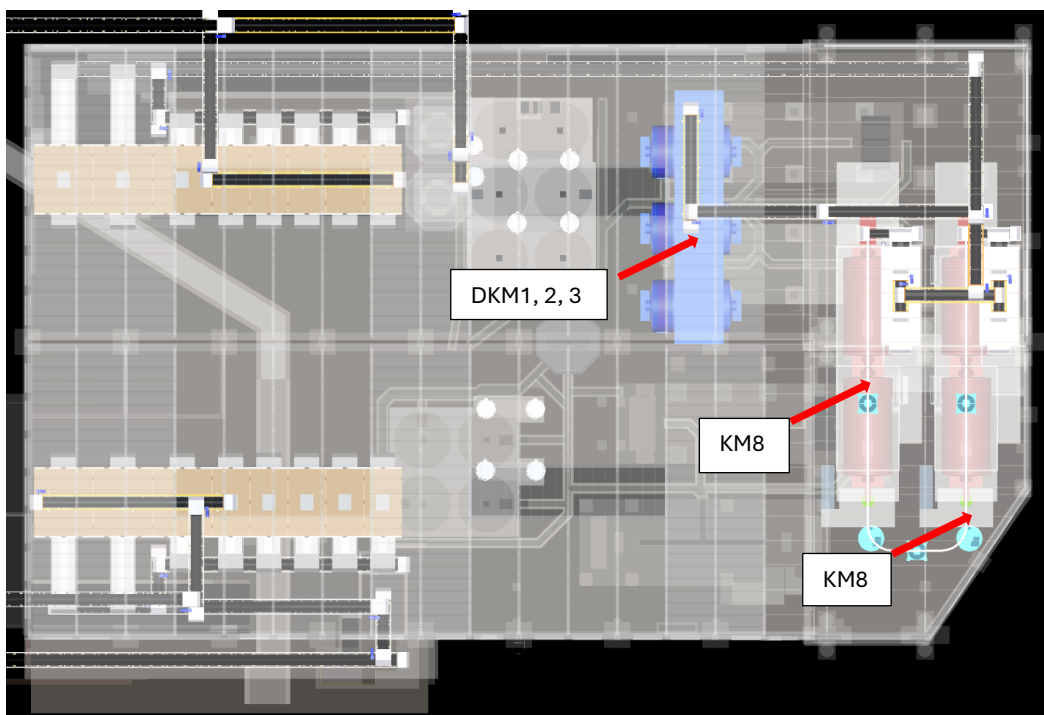
Jedná se o soubor hal a skladů, které se nacházejí v komplexu LB Chlumčany. Pro stávající výrobní linky provozuje investor dvě přípravné hmot (PH), navážku surovin, jejich skladování, úprava surovin, dávkování surovin a vody dle předepsané receptury, výroba keramické suspenze, homogenizační a skladovací nádrže. Jedna PH slouží pro část výroby DI a druhá pro část výroby DII. Tato diplomová práce se zaměřuje na halu KM+DKM (kontimlány + diskontimlány)

Hala KM+DKM

Současný vzhled této haly je dán několika přístavbami a nástavbami.

Jedná se o dvoulodní halu, jejíž nosnou konstrukci z převážné části tvoří železobetonový skelet a nosnou střešní konstrukcí tvořenou železobetonovými příhradovými vazníky. Část haly (týká se os 10, 11, 12) má nosnou konstrukci ocelovou. Vzdálenost mezi vazníky je 6,0 m, rozpon vazníků je pak 17,9 m. Výška haly s betonovou nosnou konstrukcí je cca 9,5 m. V místě ocelové nosné konstrukce je výška haly cca 15 m. Celkový půdorysný rozměr haly je cca 61,5 x 36,5 m.

Pod podlahou haly se nachází několik podzemních nádrží a základy kontimlýnů. Obvodové stěny jsou tvořeny výplňovým zdívkem, u zvýšené ocelové části haly pak sendvičovými panely. Střešní plášť je v místě železobetonové konstrukce tvořen betonovými žebrovanými deskami, tepelnou izolací a povlakovou krytinou. V této části střechy se nachází čtyři sedlové světlíky. V prostoru části haly s ocelovou konstrukcí je pak střecha tvořena sendvičovými panely.



Obrázek 28: schéma Haly KM+DKM [VALBEK s.r.o., 2023]

5.3.2 Laserové skenování

Pomocí statického 3D laserového skeneru Leica RTC360 byla naskenována část haly parc. č. st. 186 v obci Chlumčany - keramička v k.ú. Chlumčany u Přeštic [651737]. Skenování bylo provedeno laserovým skenerem Leica RTC360 z 401 skenovacích pozic (celá část měřeného areálu, hala KM+DKM celkem 172 pozic). Skenovací pozice byly voleny tak, aby měly dostatečný překryv a bylo možné dosáhnout kvalitních výsledků při registraci. Pro přesnější registraci a umístění mračen bodů do referenčních systémů bylo využito 13 referenčních terčů.

Při skenování došlo i k zaměření identických bodů totální multistanicí Leica MS60 a také byla vytvořena měřičská síť bodů 4901–4927 pro registraci mračen bodů do souřadnicového systému S-JTSK a výškového systému Bpv. Z bodů měřičské sítě bylo zaměřeno 13 podrobných identických bodů. Tyto body byly definovány skenovacími

terči. Na základě těchto bodů bylo možné provést registraci mračen bodů do souřadnicového systému S-JTSK a výškového systému Bpv. Podrobnost zaměřování byla 6–12 mm. Směrodatná odchylka podrobného bodu v poloze $m_p=0,010$ m, výšce $m_h=0,010$ m. Přesnost může být zhoršena u vibrujících a znečištěných částí. Rozsahem celého zaměření bylo více na sebe navazujících hal (interiér včetně technologie, exteriér bez střech). Skenování probíhalo mezi měsíci březen a duben roku 2023.

5.3.3 Alternativní metody měření

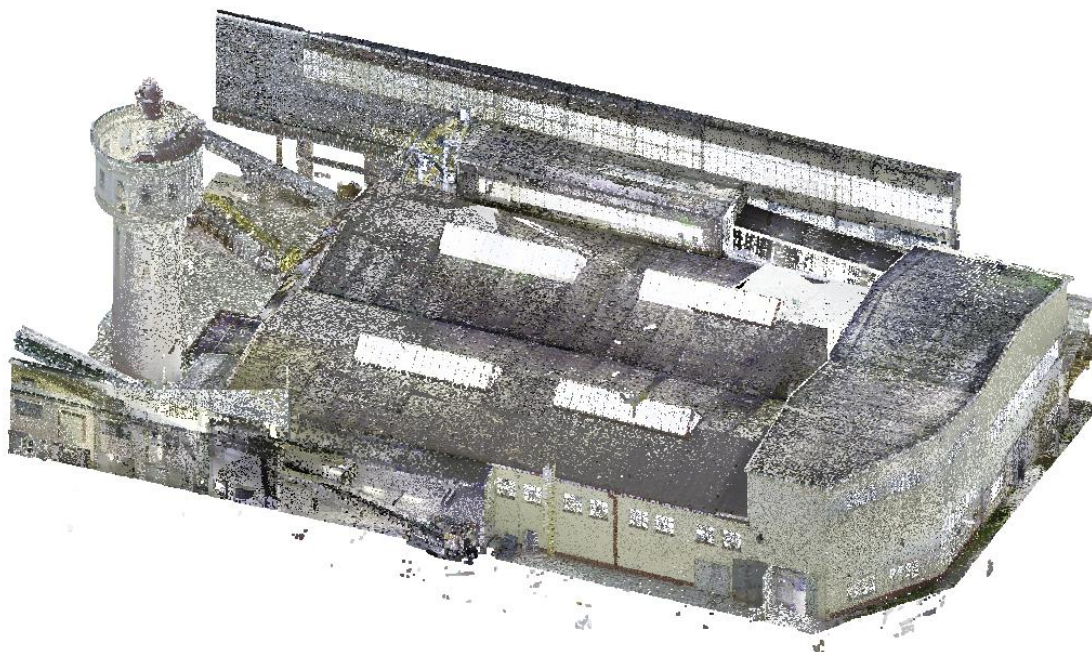
Zaměřování pomocí klasických metod proběhlo v měsíci březen, roku 2024. Venkovní teplota byla 7 °C. Práce trvaly 8 h. Za tento čas se naměřila část haly KM+DKM a pro účely této práce bude zohledněna odhadovaná celková doba na základě těchto dat. Měření bylo provedeno pomocí laserového měřiče BOSCH GLM 50-27 CG Professional. Dále se využil svinovací metr, pásmo, papíry, či tužka. S ohledem na efektivní zaměřování proběhla tato metoda ve dvou lidech. Jedna osoba měřila a druhá zapisovala získané hodnoty na papír. Vhodné bylo nejprve zakreslit slepý půdorys (v tomto případě byl použit jako slepý půdorys obrys obvodové stěny z katastru nemovitostí), řez, či pohled a do něj poté zapisovat dané hodnoty. Součinnost dvou osob byla vhodná i pro to, že nastávají případy, kde nelze určit koncový bod. Druhá osoba tak může vytvořit prodlouženou hranu pomocí desek, či podobného rovného objektu. Délky se pro ověření měřily 2x.

U této metody dochází k zjednodušení některých délek. Například se zde nezaznamenávaly zanedbatelné přesahy, drobné okrasné prvky, šrouby, či se počítalo se stejnými rozměry jednotlivých typů nosníků. Neřešila se zde ani různá zakřivení jednotlivých místností, pokud to z měření přímo nevyplývalo. Měřila se vždy šířka u protějších stěn (či od nosných prvků) místností a z těchto hodnot se rozhodlo, zda se místnost bude uvažovat jako pravoúhlá. Některá místa byla výškově nepřístupná, proto se musí případně tyto rozměry při následujícím zpracování dopočítat (například střešní příhradová konstrukce, výšky parapetů, hřeben střechy, tloušťka skladby střechy apod.). Komplikací byla i technologie, která se v hale nachází a zneprístupňuje možnost přesného změření prvků

5.3.4 Zpracování naměřených dat

Venkovní pozice byly snímány s větším detailem (3 min jedna pozice). U vnitřního skenování, vzhledem k rozeztupu konstrukcí od skeneru, mohlo být využito nižší rozlišení (1,5 min jedna pozice). Data ze statického laserového skeneru byla v programech Cyclone Register 360, Cyclone 3DR a Autodesk ReCap odfiltrována od šumu. Byla vytvořena 3D trojúhelníková síť z bodových mračen. Dále byla provedena manuální registrace metodou „cloud to cloud“. Tato registrace byla dále doplněna o registraci na referenční terče. Zaregistrovaná mračna byla vyexportována do formátů .LGS, .E57, .RCP, .RCS. Podrobnost mračna se pohybuje v rozmezí 6-12 mm.

Jelikož zakázka obsahovala skenování více objektů (sklad surovin, haly, zpracování surovin, ...) a data zahrnovala příliš informací, bylo celé mračno rozděleno do menších celků. Došlo tak k lepší manipulaci při následném zkreslení stávajícího stavu.

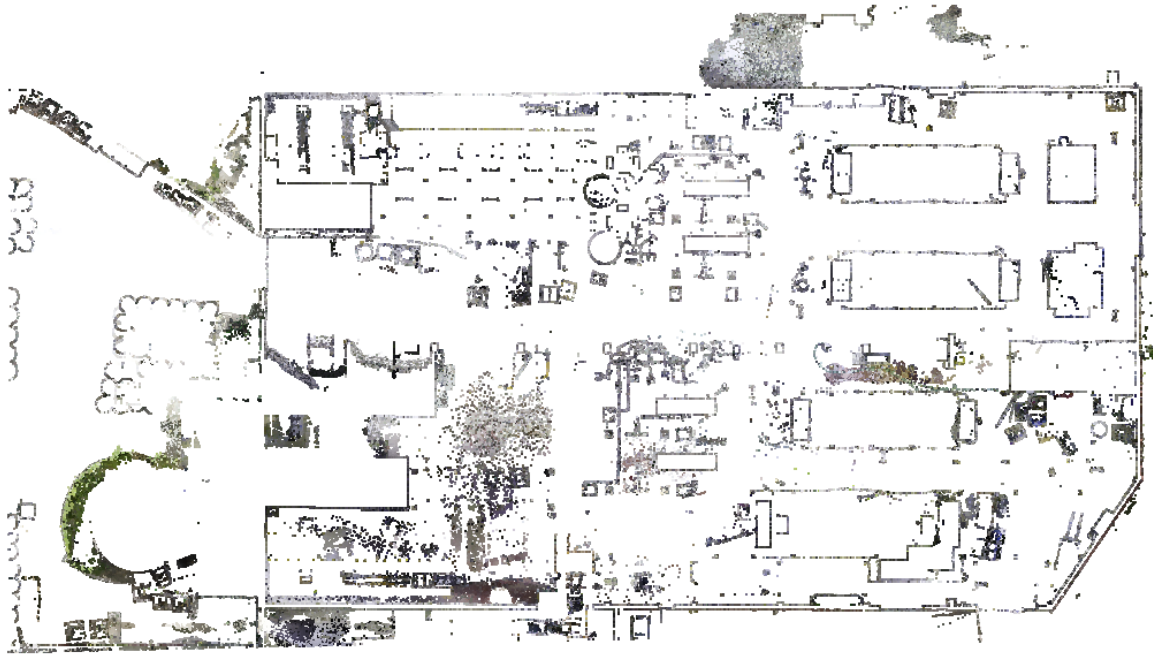


Obrázek 29: Mračno bodů – Hala KM+DKM [VALBEK s.r.o., 2023]

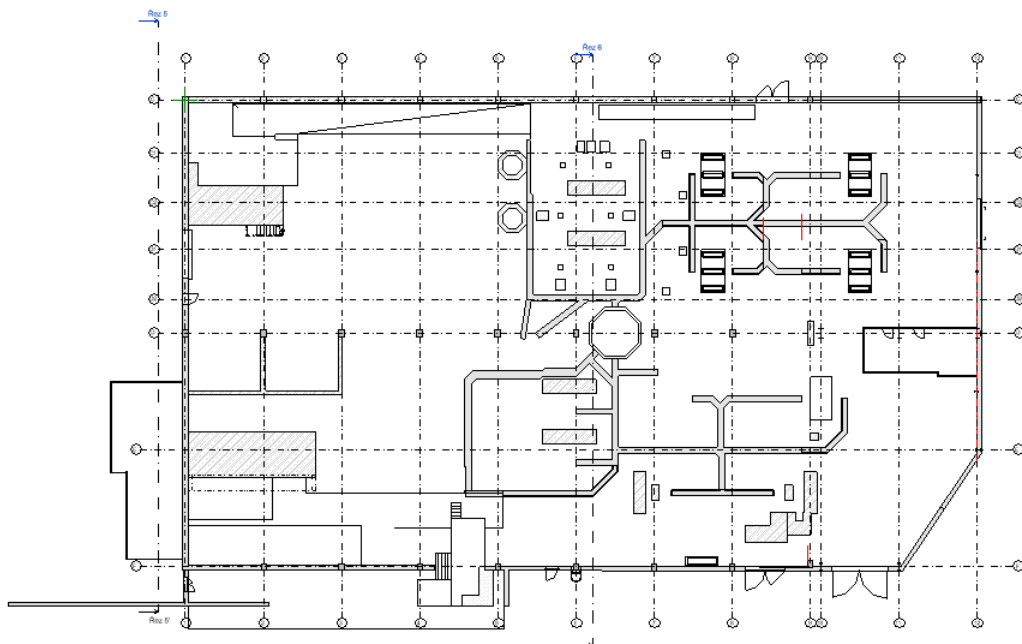
Z daného skenování je patrné, že vnitřní přesnost mračna ze statického skenování dosahuje hodnoty do 10 mm. Přesnost umístění mračen a kresby do S-JTSK a Bpv činí také 10 mm.

Data z totální multistanice Leica MS60 byla zpracována klasickými geodetickými metodami. Výstupem z výpočtu je seznam souřadnic referenčních terčů.

V SW Revit byla vyhotovena kresba půdorysů, řezů a pohledů na základě mračen bodů z laserového skenování. Tyto výkresy byly okótovány dle platných norem a doplněny o popisné informace. Veškeré výkresy byly vyhotoveny v S-JTSK a Bpv v měřítku 1:200. Výšková kóta $\pm 0.00 \text{ m} = 375,82 \text{ m n. m.}$ je umístěna na podlahu u vstupu v 1NP.



Obrázek 30: Mračno bodů – Hala KM+DKM, $+0,200 \text{ m}$ [VALBEK s.r.o., 2023]

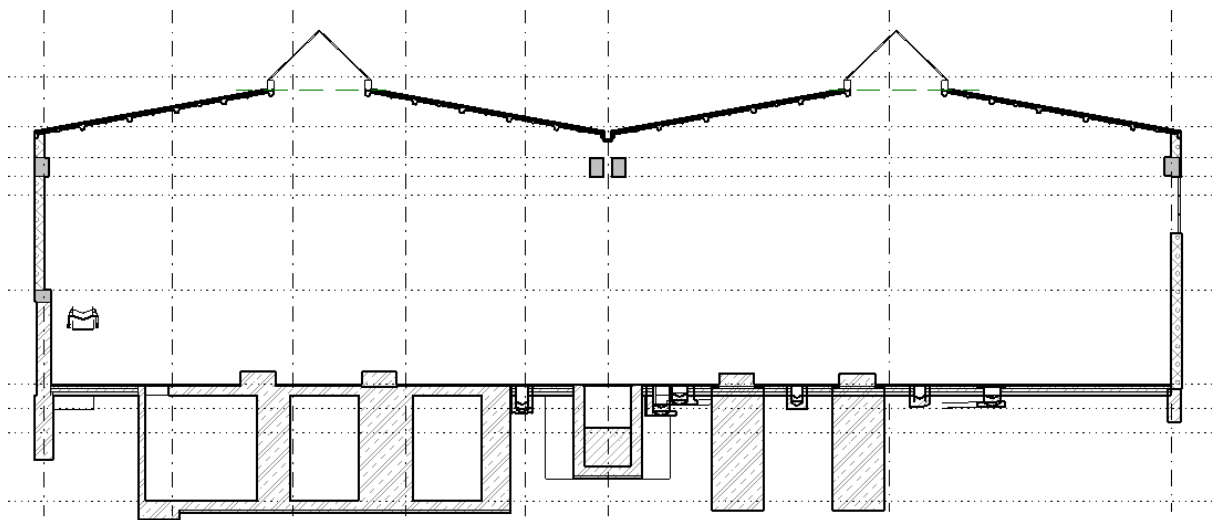


Obrázek 31: Půdorys 1.NP – Hala KM+DKM [VALBEK s.r.o., 2023]

I za pomoci mračna bodů v rovině řezu $+0,200 \text{ m}$ (obrázek 30) byl vyhotoven výkres půdorysu 1.NP (obrázek 31).



Obrázek 32: Mračno bodů – Hala KM+DKM – osa 4 [VALBEK s.r.o., 2023]



Obrázek 33: Řez – Hala KM+DKM – osa 4 [VALBEK s.r.o., 2023]

Obdobné řešení nastalo i v případě příčného řezu. Pomocí mračna bodů (obrázek 32) byly vyneseny jednotlivé prvky pro tvorbu řezu v ose 4 (obrázek 33).

V případě ručního měření byla kresba 2D výkresů vytvořena na základě zaznamenaných délek. Celkové rozměry objektu byly poměřeny i s rozměry z katastrální mapy. V některých případech se uvažovalo, že prvky jsou přímé, rovné a na sebe kolmé. K tvorbě výstupů byl použit program AutoCAD. V rámci tohoto měření byla změřená část haly KM+DKM. Kvůli časové náročnosti a s ohledem na provoz areálu se v této práci zohlední vykonaná práce za časový úsek 8 h (ruční měření). Tyto údaje se následně proporčně zohlední při analýze veškerých dat.

6 Analýza naměřených dat

6.1 Přesnost

Laserové skenování

Před skenováním byla stanovena maximální přípustná hodnota vnitřní přesnosti mračna bodů na 10 mm. Tato hodnota znamená, že dva naskenované prvky mají vůči sobě přesnost 10 mm, bez ohledu na jejich umístění v mračnu bodů. Výstupem ze softwaru Z+F SCOUT je protokol o registraci, který je uveden v přílohách A, B. U objektu haly KM+DKM se též pracuje s přesností mračna bodů na 10 mm. V jednotlivých protokolech (příloha A, B) jsou detailně rozepsány jednotlivé dosažené přesnosti při registraci cloud to cloud a přesnosti určení terčů.

Celková přesnost je vzhledem ke složitosti a rozvětvenosti registrace definována několika parametry. Směrodatná odchylka registrace metodou cloud to cloud dosahuje hodnoty 4,60 mm u mostu Manětín; 2,60 mm u gynekologické ordinace; u haly KM+DKM je garantována hodnota do 10 mm. Stanovená vnitřní přesnost mračna 10 mm byla splněna již touto registrací. Případná registrace tuto přesnost zlepšuje. Dalším ukazatelem je směrodatná odchylka registrace s využitím terčů na cíli, která dosahuje hodnoty 0,62 mm u mostu Manětín; 0,94 mm u gynekologické ordinace. Maximální odchylka registrace s využitím terčů na cíli je 3,90 mm u mostu Manětín; 3,42 mm u gynekologické ordinace a průměrná odchylka s využitím cílů dosahuje hodnoty 1,08 mm u mostu Manětín; 1,42 mm u gynekologické ordinace.

Posledním ukazatelem vztahujícím se ke stanoveným přesnostem je registrace s využitím terčů, která respektuje souřadnice sítě S-JTSK a Bpv. Tato registrace dosahuje obvykle horších přesností než předchozí. Je to dáno tím, že do výpočtu vstupují pevně určené body, které byly v rámci sítě zaměřeny 3D polární metodou a vyrovnány. Přesnost tohoto měření se samozřejmě projeví i v této registraci. Hodnota směrodatné odchylky registrace s využitím referenčních koulí a terčů určených v S-JTSK a Bpv dosahuje 1,09 mm u mostu Manětín; 1,74 mm u gynekologické ordinace. Maximální odchylka registrace činí 6,55 mm u mostu Manětín; 7,33 mm u gynekologické ordinace a průměrná odchylka registrace respektující body sítě dosahuje 3,84 mm u mostu Manětín; 3,92 mm u gynekologické ordinace.

Výsledná vnitřní přesnost mračna bodů tedy splňuje předem stanovené maximální odchylky. V níže uvedené tabulce 7.1.1 jsou přehledně shrnuty dosažené přesnosti.

Tabulka 6 Dosažené přesnosti registrace mračen bodů [autor, 2024]:

	most Manětín	gynekologická ordinace	hala KM+DKM
Výsledné odchylky registrace cloud to cloud			
σ_{cc}	4,60 mm	2,60 mm	10 mm
Výsledné odchylky registrace na terče			
Průměrná odchylka	1,08 mm	1,42 mm	3,06 mm
Směrodatná odchylka	0,94 mm	0,62 mm	-
Maximální odchylka	3,90 mm	3,42 mm	5,88 mm
Výsledné odchylky registrace na terče s respektováním bodů sítě			
Průměrná odchylka	3,84 mm	3,92 mm	5,31 mm
Směrodatná odchylka	1,09 mm	1,74 mm	-
Maximální odchylka	6,55 mm	7,33 mm	8,97 mm

Ruční měření

Analýza naměřených dat ručního měření objektu obvykle zahrnuje několik klíčových kroků:

- a. *Kontrola konzistence a přesnosti měření:* Začíná se kontrolou konzistence naměřených hodnot mezi jednotlivými měřícími body a opakováními měření. Tento krok pomáhá identifikovat případné chyby v měření a zajistit konzistentní a spolehlivé výsledky. Proto se jednotlivé délky zaměřily minimálně dvakrát.
- b. *Porovnání s plánovanými nebo očekávanými hodnotami:* Pokud jsou k dispozici, naměřená data jsou porovnána s plánovanými nebo očekávanými hodnotami. To umožňuje posoudit přesnost měření a identifikovat případné odchylky od očekávaných výsledků. Zde byla použita například jako podklad data z katastrálních map. V dalších případech lze poměřit i s dochovanou dokumentací (v této práci se neuvažovalo).

- c. *Vyhodnocení úplnosti dat:* Je důležité zkontrolovat, zda byla naměřena veškerá potřebná data a zda nechybí žádné důležité informace. Toto je zejména důležité při dokumentaci detailů objektu. Případné dopočítání délek snižuje přesnost daného zakreslení.
- d. *Zpracování a interpretace naměřených dat:* Naměřená data jsou zpracována a interpretována v souladu s cíli měření. To může zahrnovat vytvoření grafů, tabulek nebo statistických analýz pro lepší porozumění vztahů mezi různými parametry objektu.
- e. *Hodnocení kvality dat:* Nakonec se posuzuje celková kvalita naměřených dat, zahrnující spolehlivost, přesnost a úplnost. Případně jsou provedeny další korekce nebo doplňky, pokud je to nutné. U jednotlivých staveb se pracovalo s kvalitním laserovým měřičem BOSH GLM 50-27 CG Professional, jehož přesnost je $\pm 1,5$ mm a má řadu funkcí, které mohou pomoci ke kvalitnějšímu sběru dat (rychlá odezva, vodováha, dosah, ...). Nutné je však zohlednit vliv lidské činnosti.

Vliv konstrukčních nedokonalostí na průběh zpracování a výsledné výstupy

Při dokumentaci skutečného stavu objektů je vždy nutné řešit otázku, do jaké míry generalizovat členitost a zakřivení konstrukcí. Tato problematika by měla být v praxi řešena prostřednictvím zadání od projekční kanceláře. Obvykle se jedná o specifikaci maximální délky (odchyly) mezi skutečným stavem a linií zakreslenou geodetem. Velikost této maximální odchyly se obvykle udává v závislosti na typu objektu a účelu, kterému bude výsledná dokumentace sloužit.

Zásadní otázkou tedy je, jak co nejpřesněji zobrazit dokumentovaný objekt. Prvním přístupem je 2D dokumentace ve formě půdorysů, řezů a pohledů. V tomto případě výkres zobrazuje pouze 2D aspekty a zahrnuje jen část informací o objektu. V praxi to často znamená, že mnoho důležitých detailů ve výkresech chybí. Členitost a zakřivení konstrukcí lze tímto způsobem znázornit jen ve 2D, což může vést k tomu, že následný zpracovatel bude mít neúplné informace o skutečném tvaru konstrukce.

Další možností je přejít k trojrozměrnému zobrazení dat. Při tomto přístupu je nutné řešit problémy již během zpracování dokumentace, což dříve většinou zůstávalo na projekční kanceláři. Tento požadavek vychází z potřeby zachytit veškeré hrany a

lomy konstrukcí, které ve 2D často vůbec nebyly zobrazeny. Jednou z metod, jak tyto detaily zobrazit, je použití 3D drátěného modelu. V takovém modelu jsou zobrazeny pouze hrany objektu, aniž by byly zohledněny plochy, které by tyto hrany propojovaly. Tento přístup umožňuje věrnější zachycení hran objektu, ale neřeší zakřivení ploch.

3D drátěný model představuje pokročilejší způsob dokumentace, který zvyšuje přesnost zobrazení složitých geometrických tvarů objektu. Na rozdíl od 2D dokumentace, kde mnohé detaily zůstávají nezachyceny, poskytuje 3D modelování úplnější a realističtější pohled na dokumentovaný objekt. Tento přístup může být náročnější na zpracování, vyžaduje více času a technických prostředků, ale výsledkem je podrobnější a přesnější dokumentace, která minimalizuje riziko chyb a opomenutí při projektování a realizaci stavebních úprav či rekonstrukcí.

Pro zobrazení křivosti ploch lze využít buď naskenovaného mračna bodů, nebo trojúhelníkovou síť. Tyto metody umožňují vykreslit většinu nerovností objektu, pokud je mračno nebo síť dostatečně hustá. Důležité je, aby takové zobrazení vycházelo z reálných dat získaných měřeními. V místech, která nebyla naskenována, není možné mračno nebo síť rekonstruovat.

6.2 Cena a časová náročnost

V příložené tabulce (tab. 7.2.1) se počítá s průměrnou cenou přístrojů dle aktuálního trhu. Investice do programů, které jsou pro obě metody totožné, se neuvažují (AutoCAD, Revit, ...). Specifické programy určené pro práci s daty z laserových skenerů jsou součástí pořizovací ceny přístroje.

Tabulka 7 Přehled počátečních investic [autor, 2024]:

	laserové skenování	ruční měření
přístroje	1 500 000 Kč	6 100 Kč
kalibrace (à rok)	110 000 Kč	2 000 Kč
příslušenství	10 000 Kč	500 Kč
celkem	1 620 000 Kč	8 600 Kč

Do příslušenství jsou u laserového skenování započítány geodetické terče (10 ks, 4000 Kč), stativ (6000 Kč). U ručního měření je do této položky započítán svinovací metr (100 Kč) a pásma (400 Kč).

Další pomůcky (spreje, tužky, papíry apod.) lze zanedbat.

V následujících tabulkách (tab. 7.2.2-4) jsou zohledněny časové i finanční náročnosti jednotlivých posuzovaných staveb této práce:

Tabulka 8 Časový a finanční přehled – most Manětín [autor, 2024]:

	laserové skenování	ruční měření
počet osob	1-2	2
doba měření	5 h	20 h
doba zpracování dat	24 h	40 h
doba celkem	29 h	60 h
celková cena zaměření	40 000,00 Kč	30 000,00 Kč

Tabulka 9 Časový a finanční přehled – gynekologická ordinace [autor, 2024]:

	laserové skenování	ruční měření
počet osob	1-2	2
doba měření	6 h	36 h
doba zpracování dat	52 h	72 h
doba celkem	58 h	108 h
celková cena zaměření	50 000,00 Kč	54 000,00 Kč

Tabulka 10 Časový a finanční přehled – hala Chlumčany LB [autor, 2024]:

	laserové skenování	ruční měření
počet osob	2-3	2
doba měření	8 h	96 h
doba zpracování dat	80 h	128 h
doba celkem	88 h	224 h
celková cena zaměření	85 000,00 Kč	112 000,00 Kč

Doba je udávána jako celková, tj. celkový počet odpracovaných hodin (nemusí být jednotlivé).

Doba zpracování dat zahrnuje u laserového skenování editaci naměřených dat (mračen bodů) a samotné zkreslení v programu AutoCAD/Revit. V případě ručního měření doba odpovídá zkreslení ve stejných programech.

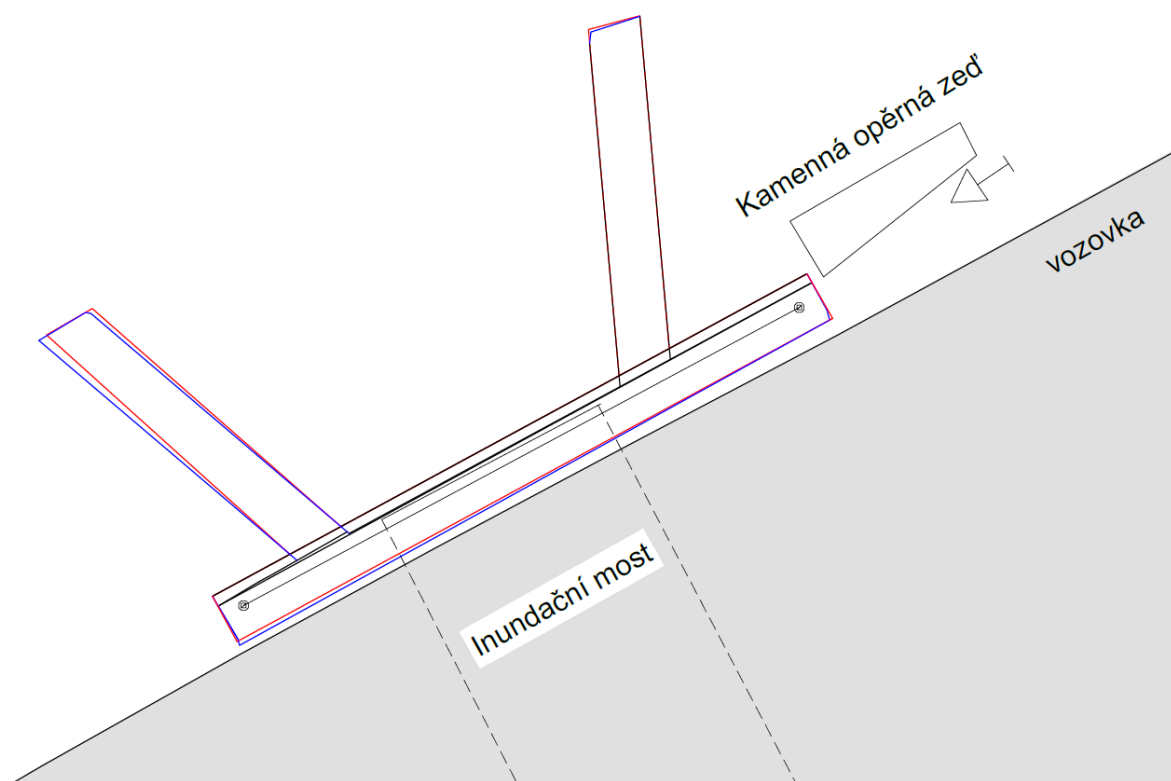
Celková cena zaměření je u laserového skenování hodnota poskytnutá firmou (VISIONPLAN-3D, VALBEK), jedná se o přibližnou částku, bez DPH. Cena zaměření u ručního zaměření je odvozena z hodinové sazby 500 Kč/h pro zaměstnance. Tato sazba zohledňuje náklady na zaměstnance pro firmu malé velikosti.

6.3 Grafické výstupy

Tato kapitola je věnována rozdílu grafické části u zpracování jednotlivých metod při zakreslování. **Červeně** zde budou znázorněny délky vynesené za pomoci **ručního měření délek**.

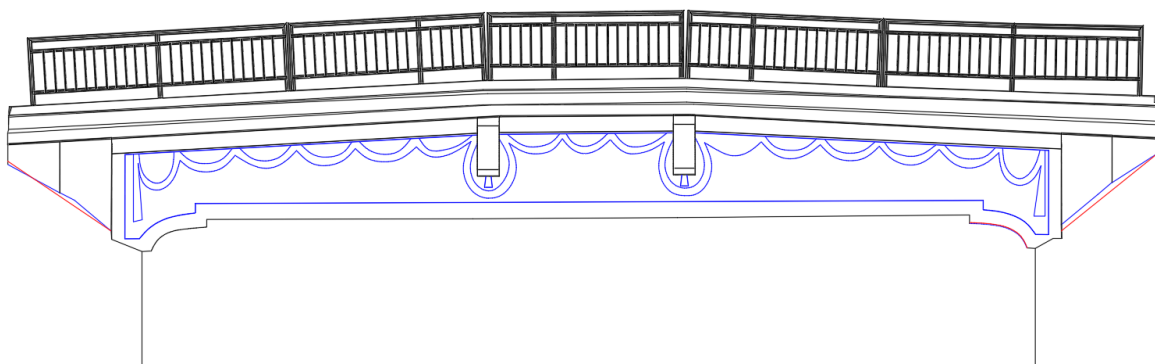
Modře jsou prvky vynesené za pomoci **laserového skenování**.

Černě jsou vyznačené hrany, které se v obou metodách **shodují**.



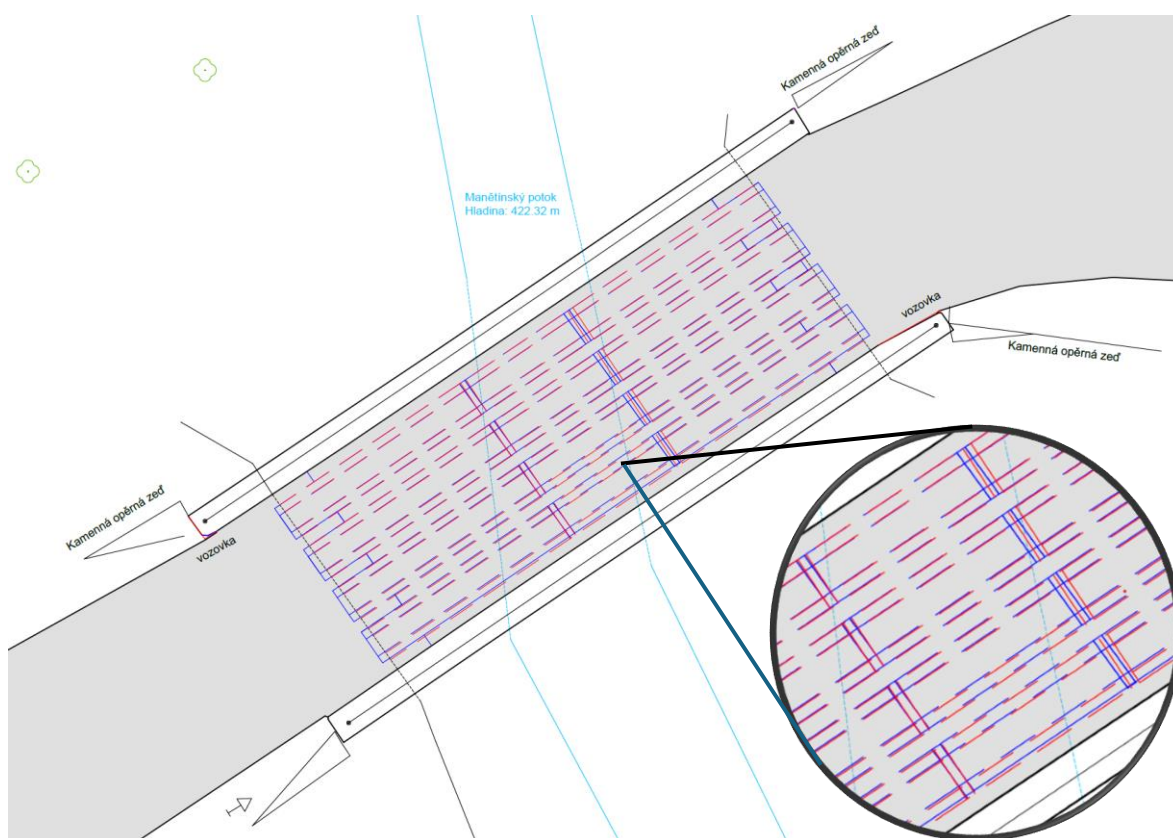
Obrázek 34: most Manětín – rozdíly v měření 1 [Autor, 2024]

Obrázek 34 znázorňuje severní vyústění inundačního mostu. Maximální rozestup naměřených délek od sebe je až 80 mm.



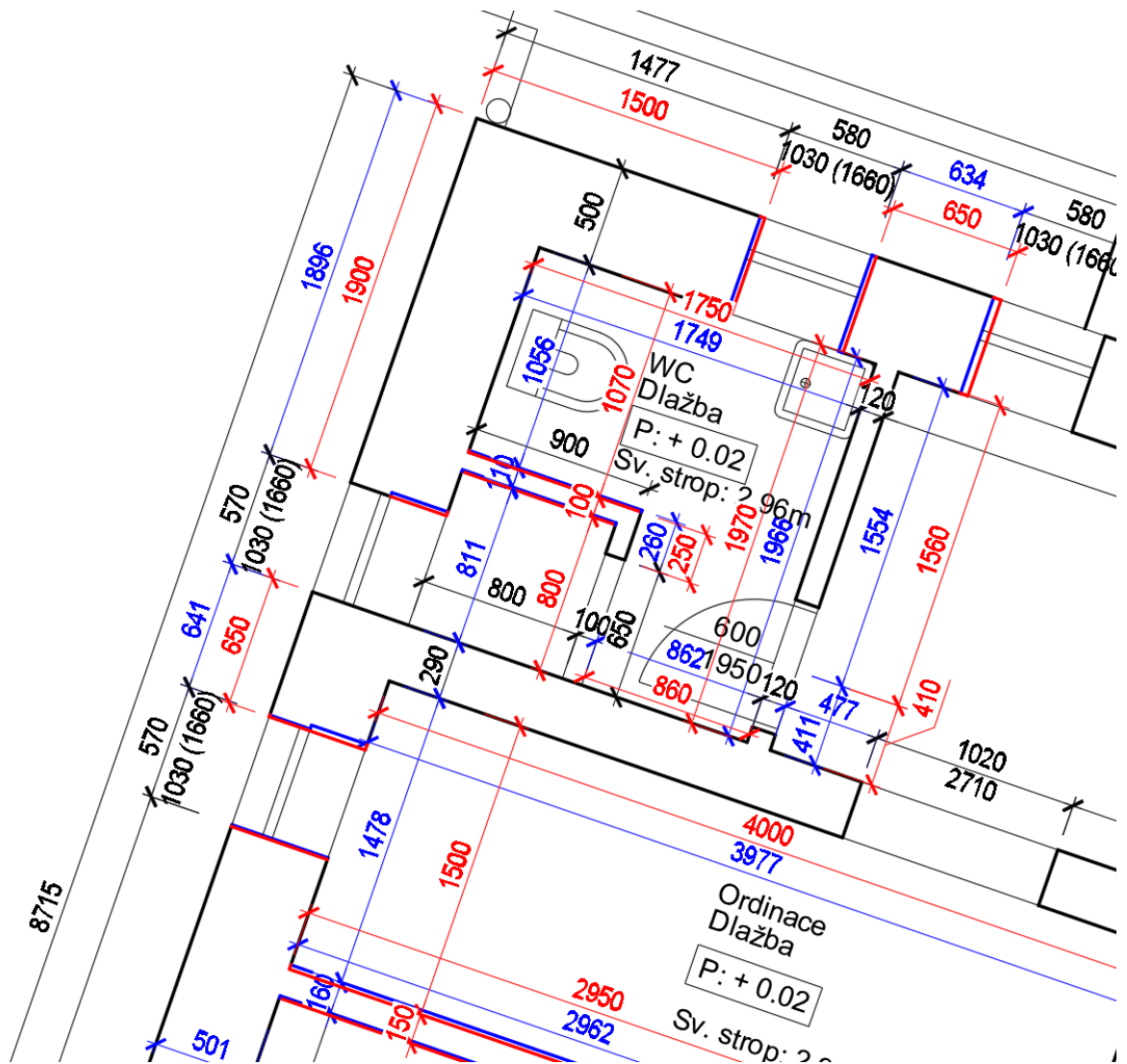
Obrázek 35: most Manětín – rozdíly v měření 2 [Autor, 2024]

Obrázek 35 představuje čelní pohled na drátěný model mostu Manětín. Za pomoci laserového skenování dostáváme obrysy ozdobných prvků, které v ručním zaměřování nebyly zaměřeny (špatná dostupnost). U ručního zaměření můžeme také vidět, že dochází k zjednodušení průběhu terénu.



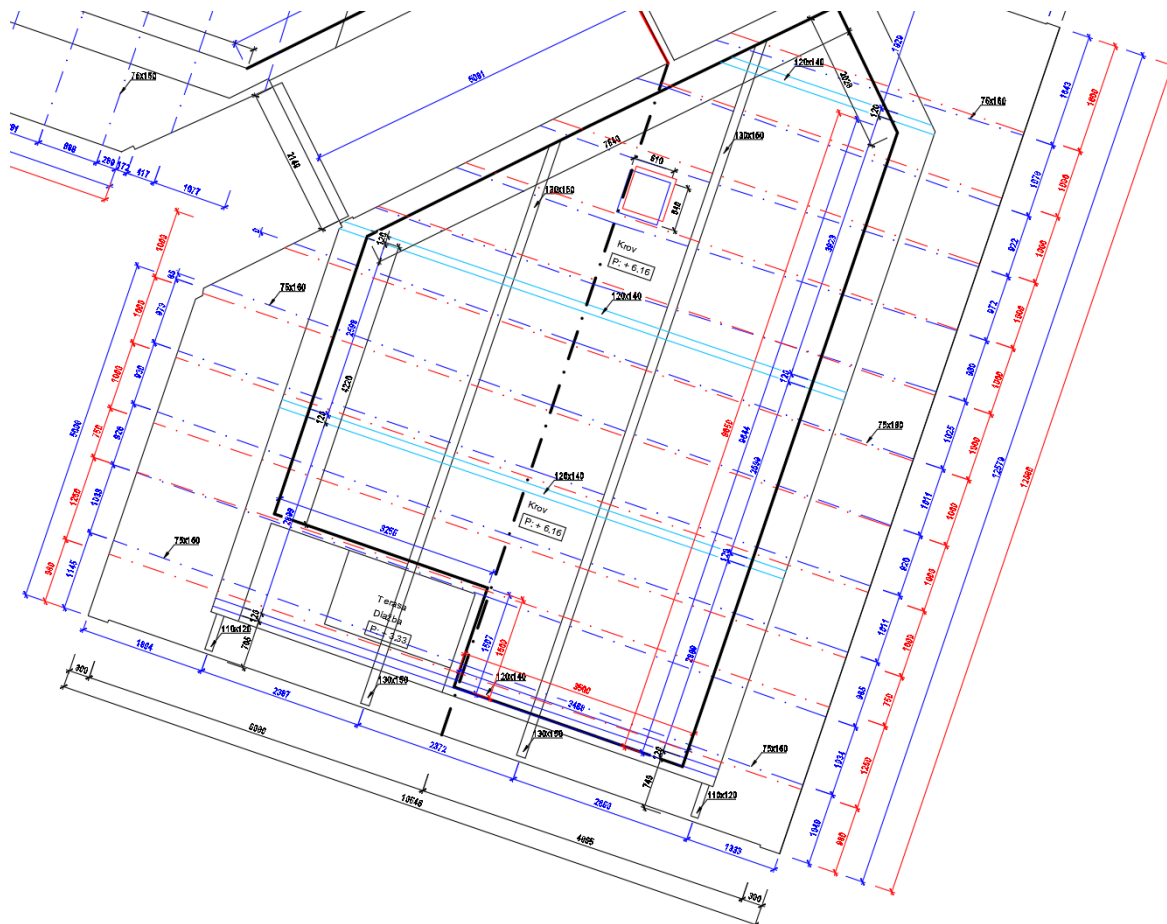
Obrázek 36: most Manětín – rozdíly v měření 3 [Autor, 2024]

Obrázek 36 ukazuje půdorys mostu Manětín. Největší rozdíly mezi metodami byly v zaměření nosníků. U ručního měření byl změřen jeden úsek a pak osově převeden, rozměry jsou proto identické. Laserové skenování zaznamenává rozdílné rozměry všech nosníků a rozestupy jejich os. Rozdíl v měření je až 120 mm.



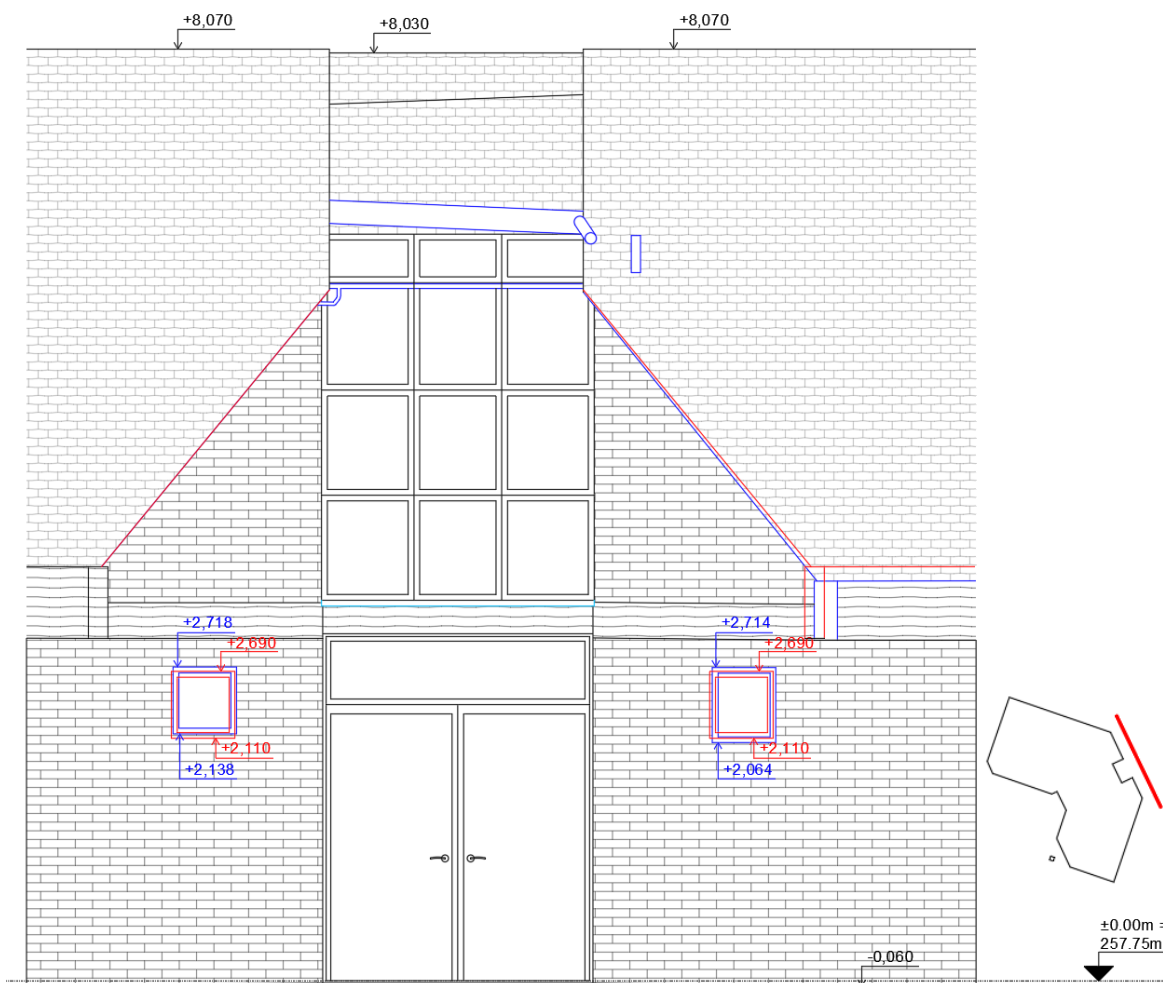
Obrázek 37: gynekologická ordinace – rozdíly v měření 1 [Autor, 2024]

Na obrázku 37 můžeme vidět výřez 1.NP a rozdíly v zakreslených délkách. Při ručním měření (červeně) se snažíme zprůměrovat vzdálenosti a zaokrouhlit na 5 mm. U laserového skenování stav zkrslujeme na základě mračna bodů.



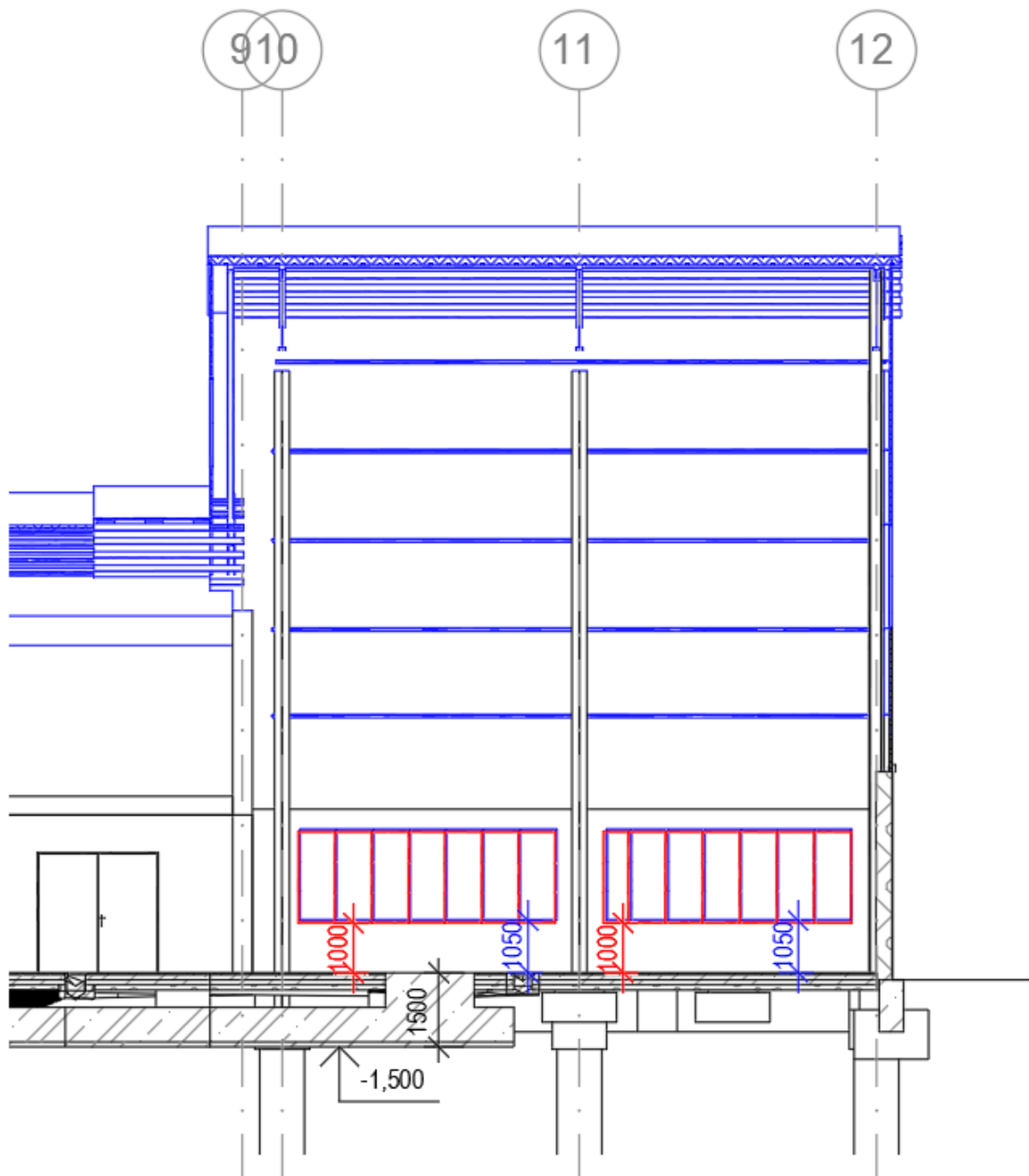
Obrázek 38: gynekologická ordinace – rozdíly v měření 2 [Autor, 2024]

Z Obrázku 38 je vidět krov jedné části budovy. Půda je nepochozí, a tak jí nebylo možné ručně změřit. Vzal se tudíž jeden osový rozměr krokví, který se následně aplikoval i na ostatní osy. Dochází tak ke zkreslení celého výkresu. V tomto případě nebyl požadavek na detailní zkreslení krovu. Díky laserovému skenování bylo možné nasnímat celou půdu, a tak získat ucelené informace a konstrukci.



Obrázek 39: gynekologická ordinace – rozdíly v měření 3 [Autor, 2024]

Obrázek 39 znázorňuje severovýchodní pohled na objekt. U ručního zaměřování se při kresbě přihlédlo k souměrnosti fasády, kterou tato strana nabízí. Tím došlo k určitým nepřesnostem oproti reálnému stavu. Díky laserovému skenování bylo možné přesně zkreslit i zalomené okno, či klempířské prvky.



Obrázek 40: hala Chlumčany LS – rozdíly v měření [Autor, 2024]

Na obrázku 40 je znázorněna část haly KM+DKM v řezu A-A. V případě tohoto objektu je největším problémem ručního měření výška haly. Prvky konstrukce jsou při obvyklé výbavě nedostupné a nelze tak naměřit veškeré délky. V případě laserového skenování však tento problém nenastává, protože přístroj má dostatečný dosah, popřípadě může pomoci i vhodný stativ, který dokáže nasnímat konstrukci z více úhlů. Metoda ručního měření, která je v tomto případě nedostatečná (kvůli neúplnosti dat), na tomto objektu byla provedena pouze na části a sloužila hlavně k výpočtu časové a ekonomické analýzy.

7 Vyhodnocení analýzy

Cílem této analýzy je porovnat přesnost, efektivitu a celkovou vhodnost ručního měření a laserového skenování při dokumentaci stavebních objektů. Obě metody byly aplikovány na stejné objekty a výsledky byly analyzovány s ohledem na několik kritérií.

Vždy je důležité si nejprve říct, jaký výstup zaměření je vyžadován. To by měl určit investor, na základě zpracovatele projektové dokumentace tak, aby nastavení konkrétních výstupů splňovalo požadavky pro následnou práci s objektem.

Dalším z požadavků je přesnost. V případě laserového skenování máme na výběr, v jakém rozlišení můžeme data nasbírat. Odpovídá tomu však následná cena. Jinou kvalitu dat budeme potřebovat pro stavbu ke kompletní demolicí, kde není důraz na detaily a jde převážně o výpočet výměr. To je i případ mostu Manětín. Jiný případ nastává třeba u rekonstrukcí, kde je důraz na přesné hodnoty vzhledem k následným novým konstrukcím. V případě haly KM+DKM se uvažuje instalace nových technologií s navázáním na již stávající zařízení a konstrukce, je proto nutné mít přesné hodnoty. U zaměření haly se také ukazují nedostatky ručního měření v podobě špatné přístupnosti k některým konstrukcím (například kvůli výškovému odsazení). Na způsob zpracování má vliv i rozsah objektu. Při menším rozsahu se rozdíly časové náročnosti a rozlišení naměřených dat zmenšují a efektivita laserového skenování nedokáže přebýt finanční náročnost, kterou obnáší.

V lidských silách není možné zaměřit objekty s dokonalou přesností. Tento problém lze do určité míry eliminovat počtem opakování. To však zvyšuje časovou náročnost. U laserového skenování dochází k porovnávání tisíců, či milionu bodů mezi sebou, a tím se zlepšuje přesnost naměřených dat, toho člověk není schopný dosáhnout. Jak bylo názorně zobrazeno v předešlé kapitole, když porovnáme výstupy jednotlivých metod, vidíme mezi nimi viditelné rozdíly (kapitola 7.3). Jsou zřejmé nedokonalosti ručního měření v oblasti přesných délek, nebo v zakřivení konstrukcí. V případě laserového skenování dostáváme i zakres detailů (například okrasné prvky u mostu), které nemusí mít důležitou roli pro účel zaměření, ale jedná se o větší naměřenou podrobnost. Velké rozdíly nastávají i v případě měření půdy gynekologické ordinace. Jedna část půdy je nepochozí, tudíž nebylo možné se do prostoru dostat s obvyklým vybavením ručního měření. Jednotlivé prvky byly proto napočítány a

použila se osová vzdálenost mezi krokvelemi na základě jedné naměřené vzdálenosti, která byla dosažitelná. V této situaci se bral i ohled na zaměření v druhé části krovu. Hodnoty tedy byly dopočítané a nepřesné. V tomto případě by to však nemělo mít zásadní vliv pro účely zaměření, jelikož se neplánuje zasahovat rekonstrukcí do tohoto prostoru. V jiném případě, například při rekonstrukci krovu, by však tento výstup z ručního měření byl vysoce nedostatečný a musela by být brána v potaz jiná metoda.

Ovšem pokud se zaměříme na určitý specifický detail stavby, který není například viditelný, je lepší využít ručního měření. Takový případ může nastat u mostu Manětín, pokud by se zkoumal detail napojení nosníku na pilíře apod. (není předmětem této práce).

Ze získaných dat finanční náročnosti je zřejmé, že záleží na rozsahu daného objektu. Dle tabulek 7.2.2–4 můžeme vidět, že u menší stavby mostu Manětín je časová náročnost ručního měření téměř dvojnásobná oproti laserovému skenování, avšak náklady na tuto metodu jsou nižší. Proto ve výsledku vychází ruční metoda finančně výhodněji. Při rozhodování by však mělo být zohledněno i to, že kdyby zaměstnanec firmy nemusel zaměřovat ručně délky v terénu, mohl by se věnovat dalším zakázkám, a tím efektivněji pracovat.

V případě gynekologické ordinace je už situace jiná. Časová náročnost měření je již znatelně rozdílná a skenování má zásadně menší časovou náročnost na samotné měření. Při zpracování naměřených dat je snadnější vycházet z mračen bodů. Data obsahují miliony bodů, a tak lze získat hodnotu pro jakoukoliv délku, kterou potřebujeme. U ručního měření máme data pouze z papíru, které jsme si naměřili. Pokud jsme nějakou délku špatně změřili, či jsme jí zapomněli změřit, musíme hodnoty dopočítat, či v nejhorsím případě se na místo vrátit a délku doměřit. Tento postup je proto kvůli neúplným informacím náročnější na zkreslení a tím i zabere časově více prostoru.

Cena je ve výsledku poměrně vyrovnaná, a to hlavně z důvodu, že metoda laserového zaměřování je provozně o mnoho nákladnější. Firmy proto musí počítat s vyšší hodinovou sazbou laserového zaměřování, než je ta, která byla použita pro výpočet nákladu ručního měření v této práci (500 Kč/h). Tato hodinová sazba je brána i s ohledem na to, že pro zaměřování ruční metodou se často využívají praktikanti, studenti, či méně zkušení zaměstnanci. Pakliže bychom uvažovali o zaměstnanci větší

firmy, náklady ručního měření by exponenciálně rostly, a tím by mohl vzniknout větší rozdíl mezi posuzovanými metodami.

V posledním případě haly KM+DKM dochází k nejvýznamnějším odlišnostem. Pro účely této práce byla hodnota časové náročnosti ručního měření spočítána na základě zaměřených dat za osm odpracovaných hodin v jednom dni. Celkový čas je vypočítán s přihlédnutím na plochu, členitost a celkovou náročnost měření. Dostáváme se tak k největšímu rozdílu, a to jak v časových, tak finančních hodnotách. Samotný čas zaměření se zásadně liší v závislosti na použité metodě. Vliv má i počet pracovníků, protože měřicí přístroj laserového zaměřování dokáže bez problémů obsluhovat jedna osoba. Na druhé straně u ručního měření se doporučuje práce ve dvojici s ohledem na větší efektivitu sběru a zápisu dat.

Na základě provedené analýzy je zřejmé, že laserové skenování má výrazné výhody oproti ručnímu měření, zejména v oblasti přesnosti, efektivity a detailnosti zachycení. Laserové skenování se ukazuje jako vhodnější metoda pro komplexní a přesnou dokumentaci stavebních objektů, což je klíčové pro moderní projektování a rekonstrukce. Ruční měření však stále může být vhodné pro jednodušší projekty nebo situace, kde není dostupná potřebná technologie.

Je tedy důležité si uvědomit, že metoda laserové skenování přináší mnoho výhod, jak již bylo zmíněno, ale její vstupní investice bude mít delší návratnost než v případě pořízení laserového měřiče pro ruční měření. Lze tedy předpokládat, že tato metoda bude využívána pouze u firem většího charakteru, kde bude laserové skenování využíváno mnohem více než u firem s menšími projekty. Hodinová sazba na jednoho zaměstnance se s velikostí firmy zvyšuje, a tudíž se může stát metoda ručního měření pro větší firmy a větší objekty výraznou nevýhodnou.

Tato analýza demonstruje, že investice do moderní technologie laserového skenování přináší významné výhody a zvyšuje kvalitu a efektivitu práce v oboru stavebnictví.

8 Závěr

Na základě této diplomové práce lze říct, že výběr metody měření závisí na konkrétních požadavcích projektu, které by měl definovat investor. Přesnost, efektivita a detailnost zachycení jsou klíčovými faktory při rozhodování mezi ručním měřením a laserovým skenováním.

Laserové skenování umožňuje vysokou přesnost a detailnost, což je nezbytné zejména u složitých projektů a rekonstrukcí, kde je třeba zajistit přesné hodnoty pro následné konstrukce. Díky schopnosti zachytit i složité a nepřístupné části objektu, jako jsou například detaily konstrukcí nebo okrasné prvky, poskytuje laserové skenování úplný obraz skutečného stavu objektu.

Využití laserového skenování je vhodnější pro komplexní projekty s vysokými požadavky na přesnost a detailnost. Jsou to například rekonstrukce a instalace nových technologií, kde je nezbytné mít přesná a podrobná data.

Na druhou stranu, ruční měření může být vhodné pro jednodušší projekty nebo menší objekty, kde není kladen takový důraz na detailnost a přesnost. Navíc, finanční náročnost laserového skenování může být vyšší, což může být v některých případech rozhodujícím faktorem, zejména u menších projektů.

V některých případech může být vhodné kombinovat obě metody, například použití ručního měření pro specifické detaily a laserové skenování pro celkovou dokumentaci objektu.

Investice do moderní technologie laserového skenování přináší významné výhody v oblasti přesnosti, efektivity a celkové kvality dokumentace stavebních objektů. Přestože ruční měření má své místo u menších a méně náročných projektů, laserové skenování se ukazuje jako nezbytný nástroj pro moderní stavební praxi, zejména tam, kde je vyžadována vysoká přesnost a detailní zachycení objektu. Tato analýza potvrzuje, že správná volba metody měření může výrazně ovlivnit úspěch a efektivitu stavebního projektu.

9 Seznam použitých zdrojů a literatury

- [1] RUDOVSÝ, Zdeněk a ŠTRUP, Ondřej. Pasportizace. Online. *JUNIORSTAV*. 2013, roč. 15, s. 3-9. Dostupné z: https://www.academia.edu/11563317/PASPORTIZACE_PASPORTIZATION. [cit. 2024-04-01].
- [2] ČESELSKÝ, Jan. Pasportizace v kontextu udržitelného managementu obecního domovního a bytového fondu. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava. ISBN: 978-80-248-2549-6
- [3] *BIM příručka 2013 by Czech BIM*. Online. ISSUU. 2024. Dostupné z: <https://issuu.com/czbim/docs/bim-prirucka-2013-v1>. [cit. 2024-05-10].
- [4] *BIMfo*. Online. BIM – informační model budov. 2024. Dostupné z: <https://www.bimfo.cz/Home.aspx>. [cit. 2024-05-10].
- [5] LODL, Jan a Růžena KENTOŠOVÁ. BIM není jen teorie. Může být cestou k efektivnější státní správě. Časopis Konstrukce. [online]. Česká agentura pro standardizaci, 2021, 13.5.2021 [cit. 2024-03-20].
- [6] Informační model budov – Wikipedie. Online dostupné z https://cs.wikipedia.org/wiki/Informa%C4%8Dn%C3%AD_model_budovy
- [7] MAŠÍN, Zdeněk, Jan CÍSAŘ a Antonín KOŠTÁL. Geodézie 1 a 2 pro průmyslové střední školy zeměměřické. 1. vyd. Praha: Kartografie, 1978.
- [8] VESELÝ, Jan. Měřická dokumentace historických staveb pro průzkum v památkové péči. 1. vyd. V Praze: Národní památkový ústav, územní odborné pracoviště středních Čech v Praze ve spolupráci s Národním památkovým ústavem, generálním ředitelstvím, 2014. Odborné a metodické publikace (Národní památkový ústav). ISBN 978-80-86516-79-0.
- [9] Voříšek, Pavel: Měření výšek. Vyšší odborná škola stavební a Střední škola stavební Vysoké Mýto, Vysoké Mýto, 2017

[10] Ratiborský, J.: Geodézie 10. České vysoké učení technické v Praze, 2.vyd, 2005, ISBN 978-80-01-03332-6.

[11] KUDA, František, V. KAJZAR, J. DIVÍŠEK a R. KUKUTSCH. Aplikace pozemního laserového skenování v geovědních disciplínách. Vyd. 1. Brno: Ústav geoniky Akademie věd České republiky, 2014. ISBN 978-80-86407-50-0.

[12] ODO, 2011. Metoda Laserové skenování. [online cit. 2024-04-02]. Praha, LA-MA Land Management. Dostupné z: <http://www.la-ma.cz/?p=88>

[13] MIKITA, T. KLIMÁNEK, M. CIBULKA, M. Hodnocení metod interpolace dat leteckého laserového skenování pro detekci stromů a měření jejich výšek. Zprávy lesnického výzkumu. 2013. sv. 58, č. 2, s. 99--106. ISSN 0322-9688. URL:<http://www.vulhm.cz//sites/File/ZLV/fulltext/298.pdf>

[14] Holden, N. – Horne, P. – Bewley, R. 2002: High-Resolution Digital Airborne Mapping and Archaeology. In R. Bewley – W. Raczkowski: Aerial Archaeology. Developing Future Practice. Nato Series 1, vol. 337, 173 –180 (*obrázek přeložen do češtiny*)

[15] ZÁVRSKÝ, M. Geodézie Ledec nad Sázavou. *Laserové skenování*. [online]. Geodézie Ledec nad Sázavou s.r.o. [cit. 2024-03-25] Dostupné z <http://www.geodezieledec.cz/laserove-skenovani/>

[16] In: www.gepoint.cz [online]. 2024 [cit. 2024-04-5]. Dostupné z: <https://www.gepoint.cz/sluzby/3d-dokumentace/>

[17] KOLEJKA, J., TEJKAL, M. *Využití laserových modelů terénu v geomorfologickém výzkumu*. [online]. Geomorphologia Slovaca et Bohemica, Bratislava: Asociácia slovenských geomorfológov pri SAV, 2011, roč. 11, č. 1, s. 7-17. ISSN 1337-6799. [cit. 2024-04-06] Dostupné z <http://www.asg.sav.sk/gfsb/v01111/gfsb0110101.pdf>

[18] Kovář, P.: Družicová navigace – od teorie k aplikacím v softwarovém přijímači. České vysoké učení technické v Praze, 1.vyd, Praha, 2016. ISBN 978-80-01-05989-0

[19] ŠVÁBENSKÝ, Otakar, Josef WEIGEL a Radovan MACHOTKA. Seminář GPS: Metodika GPS měření a vyhodnocení. Brno: VUT, 2007

[20] ŘÍHA, Jan. Moderní přístrojová technika [online]. 2014, 23-25 [cit. 2024-04-01]. Dostupné z: <https://spszem.cz/storage/files/1363/Moderni-pristrojova-technika-GNSS.pdf>

[21] Zeměměřický úřad. [online]. Dostupné z: <http://czepos.cuzk.cz/>

[22] MACHOTKA, Radovan a Jan FIXEL. Geodetická astronomie a kosmická geodézie II. Brno: VUT, 2007.

[23] Rugged Bits. WAAS, EGNOS, RTCM, RTK and a sea of acronyms!. Online. [citováno 2024-03-01] Dostupné z: <https://ruggedbits.wordpress.com/2007/10/19/waas-egnos-rtcm-rtk-and-a-sea-of-acronyms/>

[24] Úřad pro civilní letectví, Ministerstvo dopravy České Republiky: Letecký předpis pravidla létání L 2, doplněk X.

[25] Z+F IMAGER 5016, 3D Laserscanner. Online. Zoller - Fröhlich. 2024. Dostupné z: <https://www.zofre.de/en/laser-scanners/3d-laser-scanner/z-f-imagerr-5016>. [cit. 2024-05-15].

[26] Leica RTC360. Online. GEFOS. 2024. Dostupné z: <https://www.gefos-leica.cz/o-produktech/3d-laserove-skenovani/3d-laserove-skenery/rtc360>. [cit. 2024-05-15].

[27] Leica RTC360: User Manual. Online. GEOOPTIC. 2024. Dostupné z: https://www.geooptic.ru/static/files/870891_Leica_RTC360_UM_v1.0.1_en.pdf. [cit. 2024-05-21].

[28] GLM 50-27 CG PROFESSIONAL. Online. Bosch. 2024. Dostupné z: <https://www.bosch-professional.com/cz/cs/products/glm-50-27-cg-0601072U00>. [cit. 2024-05-15].

[29] Ricoh Theta X. Online. MEGAPIXEL. 2024. Dostupné z: <https://www.megapixel.cz/ricoh-theta-x>. [cit. 2024-05-15].

[30] *Z+F LaserControl*, software pro laserové skenování. Online. Zoller - Fröhlich. 2024. Dostupné z: <https://www.zofre.de/laserscanner/laserscanning-software/z-f-lasercontrolr>. [cit. 2024-05-15].

[31] *Skenování*. Online. FIT ČVUT. 2024. Dostupné z: <https://courses.fit.cvut.cz/BI-3DT/tutorials/scan.html>. [cit. 2024-05-17].

[32] *Leica Cyclone REGISTER 360*. Online. 3D SCAN s.r.o. 2024. Dostupné z: <https://sken3d.cz/pdf/datasheet%20Leica%20software%20Cyclone%20a%20Register.pdf>. [cit. 2024-05-21].

[33] *Cyclone 3DR*. Online. GEFOS. 2024. Dostupné z: <https://www.gefos-leica.cz/o-produktech/3d-laserove-skenovani/software/cyclone-3dr>. [cit. 2024-05-17].

[34] *Autodesk ReCap*. Online. ADEON. 2024. Dostupné z: <https://www.adeon.cz/katalog/autodesk/recap/>. [cit. 2024-05-17].

[35] *MAPY.CZ*. Online. MAPY.CZ. 2024. Dostupné z: <https://www.mapy.cz/>. [cit. 2024-05-17].

Vyhledávky a ČSN

[40] ČSN EN ISO 19650-1 (730150). Organizace a digitalizace informací o budovách a inženýrských stavbách včetně informačního modelování staveb (BIM) - Management informací s využitím informačního modelování staveb část 1: Pojmy a principy. Praha: ÚNMZ, Říjen 2019

10 Seznam příloh

Příloha A: Protokol – most Manětín – registrace mračen bodů

Příloha B: Protokol – gynekologická ordinace – registrace mračen bodů

Západočeská univerzita v Plzni

Fakulta aplikovaných věd

Katedra mechaniky

PŘÍLOHA A

Protokol – most Manětín – registrace mračen bodů

Autor práce: Bc. Ondřej Škrýba

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jan Kubát, Ph.D.

Plzeň, 2024

Project report

Date: po lis 13 2023 15:06:43
Build with: Z+F LaserControl 9.1.0.27017
Project: Manetin
Available systems: Default, Tachy, UTM
Coordinate: Latitude: 49.9957 Longitude: 13.2059
H-Acc: 4 V-Acc: 3.9 Satellites: 8 Flags: stand alone 3D solution
taken from Scan Man-32.zfs

38 of 38 scan positions used for registration.
38 of 38 scans registered.

Registration results of the targets, with respect to the total station data.

0 of 66 enabled targets whose deviations are greater than the defined threshold 10.0 mm	
Total number of targets	66
Number of disabled targets	0
Average Deviation	3.84 mm
Standard Deviation	1.09 mm
Maximal Deviation	6.55 mm

Registration results of the targets (38 scan positions).

0 of 66 enabled targets whose deviations are greater than the defined threshold 10.0 mm	
Total number of targets	66
Number of disabled targets	0
Average Deviation	1.08 mm
Standard Deviation	0.62 mm
Maximal Deviation	3.90 mm

Quality standard deviation of the cloud to cloud registration

d:4.60 mm

Coordinate system: Tachy

-0.998321	0.057923	0.000000	-830396.1865	m
-0.057923	-0.998321	0.000000	-1040533.8791	m
0.000000	0.000000	1.000000	424.5109	m
0.000000	0.000000	0.000000	1.0000	

Západočeská univerzita v Plzni

Fakulta aplikovaných věd

Katedra mechaniky

PŘÍLOHA B

**Protokol – gynekologická ordinace – registrace
mračen bodů**

Autor práce: Bc. Ondřej Škrýba

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jan Kubát, Ph.D.

Plzeň, 2024

Project report

Date: út dub 23 2024 11:30:06
Build with: Z+FLaserControl 9.1.0.27017
Project: Beloveska
Available systems: Default, Tachy, UTM
Coordinate: Latitude: 50.1444 Longitude: 14.5075
H-Acc: 2.7 V-Acc: 3.5 Satellites: 8 Flags: stand alone 3D solution
taken from Scan Bel_99.zfs

118 of 118 scan positions used for registration.
118 of 118 scans registered.

Registration results of the targets, with respect to the total station data.

0 of 25 enabled targets whose deviations are greater than the defined threshold 10.0 mm	
Total number of targets	25
Number of disabled targets	0
Average Deviation	3.92 mm
Standard Deviation	1.74 mm
Maximal Deviation	7.33 mm

Registration results of the targets (118 scan positions).

0 of 25 enabled targets whose deviations are greater than the defined threshold 10.0 mm	
Total number of targets	25
Number of disabled targets	0
Average Deviation	1.42 mm
Standard Deviation	0.94 mm
Maximal Deviation	3.42 mm

Quality standard deviation of the cloud to cloud registration

d:2.61 mm