

# 12. přednáška ze stavební geodézie SGEA

Ing. Tomáš Křemen, Ph.D.

# Laserové skenování a Zaměření stavebních objektů

Laserové skenování.

Princip.

Základní parametry, přesnost, využití.

Organizace zeměměřické služby v ČR

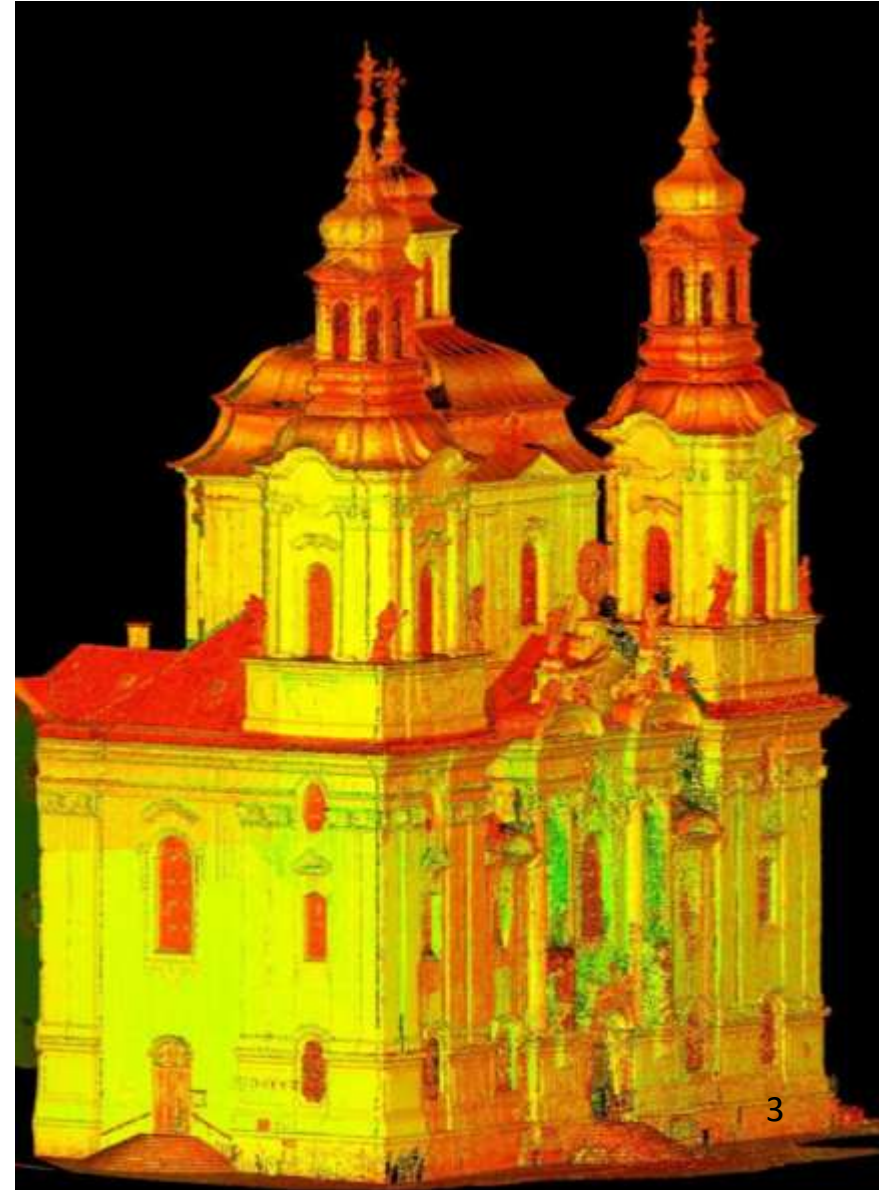
Zaměření stavebních objektů

Dokumentace skutečného provedení stavby

# 3D skenovací systémy

## Skenování:

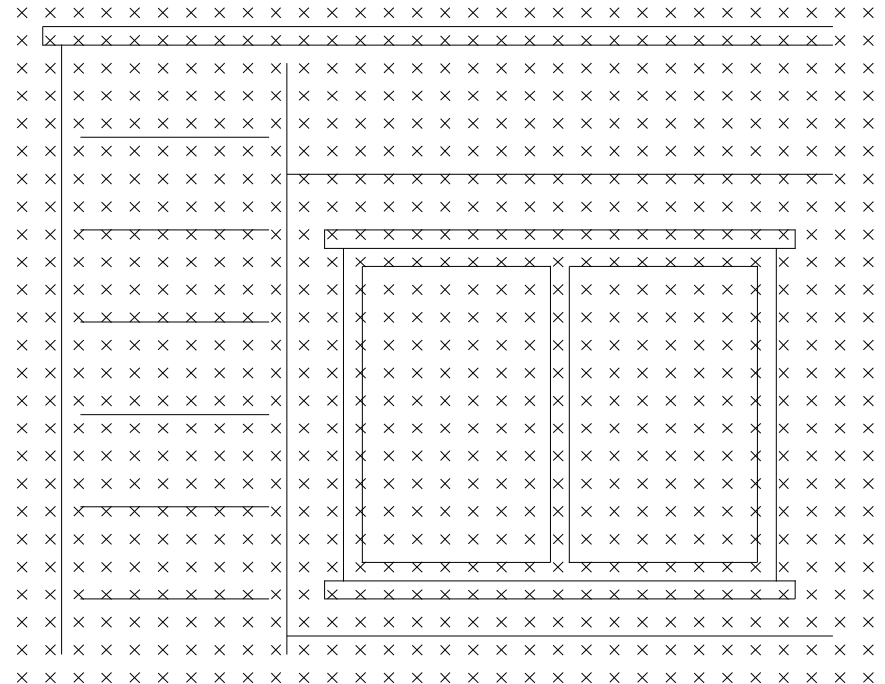
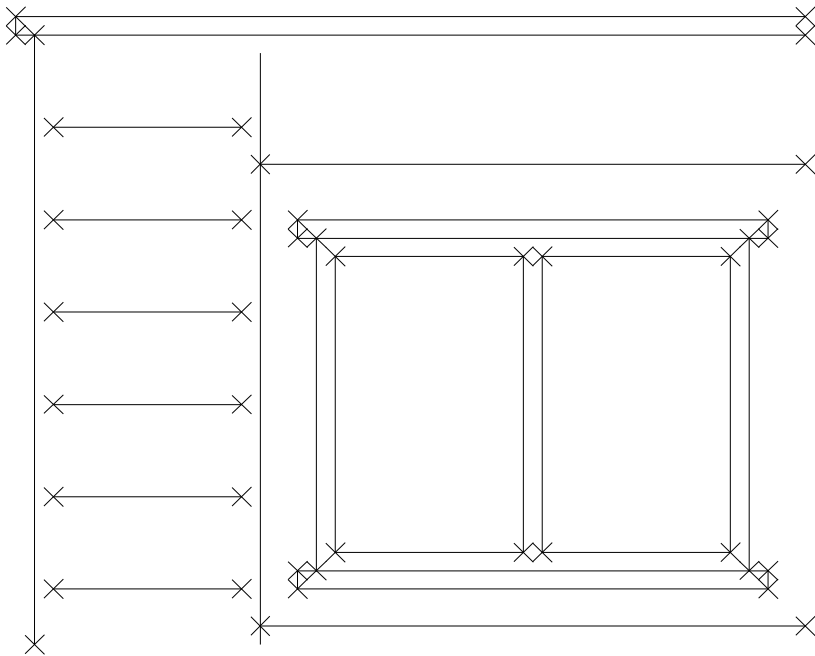
- Mladá technologie, jiný název „laserové skenování“.
- Neselektivní určování prostorových souřadnic objektu a jejich ukládání do paměti.
- Provádí se pomocí skeneru, automaticky podle nastavených parametrů.
- Je řízeno počítačem.
- Výsledkem je tzv. mračno bodů obsahující desítky, i stovky miliónů bodů.  
Bod = souřadnice x y z [r g b + další (intenzita)].



# Laserové skenování

Hlavní znaky měření:

- neselektivní určování 3D souřadnic,
- velké množství bodů (mračna), řádově miliony,
- velká rychlost měření, 10 000 bodů za sekundu a více (miliony),
- velký objem dat - nutná nová forma zpracování časově, hardwarově a softwarově náročnými postupy.



# 3D skenovací systémy - úvod

## Výhody:

- rychlý sběr dat
- 3D model
- kvalitní informace o nepravidelných plochách
- prostorová analýza objektů, výpočty ploch, objemů, ...
- velký objem dat – detailní informace o objektu

## Nevýhody:

- velký objem dat – náročné na hardware a software
- odrazivost povrchu
- Vegetace, ...

# Dělení 3D skenovacích systémů

3D skenovacích systémů je celá řada a nachází uplatnění v široké škále oborů: strojírenský průmysl, stavebnictví, geodézie, medicína, památková péče a archeologie, architektura, kriminalistika, umění a design, a další.

3D skenovací systémy se těmto oborům přizpůsobily svou konstrukcí, principem měření, přesností měření, dosahem, rychlostí, odolností, výstupem z měření, atd.

3D skenovací systémy můžeme dělit podle jejich vlastností do mnoha kategorií.

# Dělení 3D skenovacích systémů

Podle situace na stanovisku:

- Statické (pozemní)
- Kinematické
  - Pozemní
  - Letecké

Podle principu měření:

- Polární
- Triangulační (skenovací systémy se základnou)
- SLAM

Přístroje používané v inženýrské geodézii, stavebnictví a podobných oborech jsou především statické pozemní polární. Poslední dobou se velmi rozšiřují SLAM skenery (kinematické).

# Pozemní 3D skenovací systémy

Délkový rozsah měření 3D skenovacích systémů ve stavebnictví je prakticky od 0,5 m až do 200 m.

Úhlový rozsah je horizontálně 360° a vertikálně 90° až 145°.

Přesnost se pohybuje od cca 1 mm do 20 mm (záleží na typu skeneru a vzdálenosti).

Využití – dokumentace skutečného stavu objektu, zaměření povrchu objektu, řezy, určení plochy, objemu, 3D modely,...



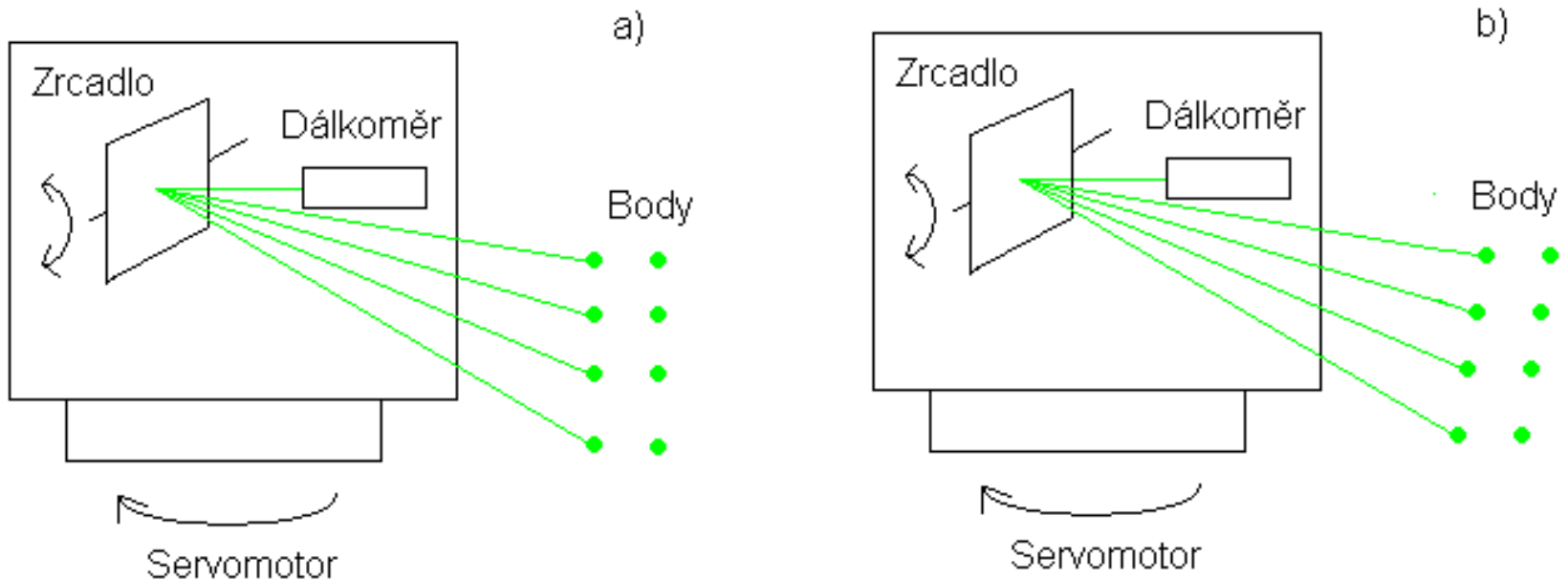
# Technické parametry

Základní technické parametry skenovacích systémů jsou:

- **Princip měření**
- **Zorné pole**
- **Dosah** - udává maximální rozsah vzdáleností, ve kterém skener měří. U polárních skenerů je tento parametr silně ovlivněn odrazivostí zaměřovaného povrchu.
- **Přesnost** – v principu jako u totální stanice (přesnost délky a úhlů).
- **Hustota skenování** - velikost úhlového kroku měření / rozestup podrobných bodů na objektu, často se udává jako rozestup bodů na vzdálenost 10 m.
- **Rychlost skenování** – udává se v počtu bodů/s (dnes běžně 1 – 2 mil.)

# Polární skenery

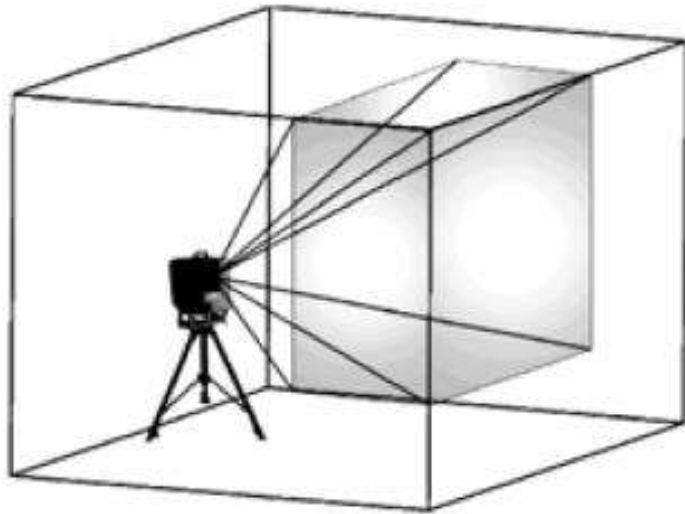
Rozmítání dálkoměrného svazku pomocí zrcadla a servomotoru: a) krokový pohyb servomotoru b) plynulý pohyb servomotoru. Zrcadlo je často nahrazováno hranolem pro jeho lepší vlastnosti (neslepne, tvarově stálější)



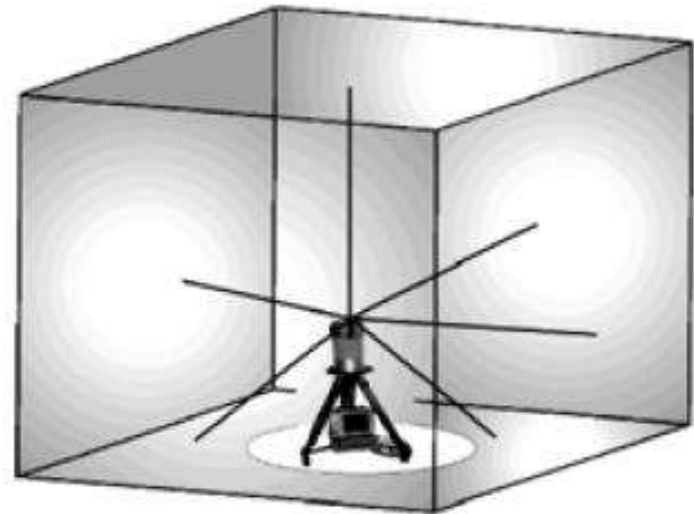
# Pozemní 3D skenovací systémy - přístroje

Zorné pole

Kamerové



Panoramatické



# Přístroje

Statické polární



# Přístroje

## Triangulační



# Přístroje

Mobilní – pozemní  
Součásti

- Skenery
- Kamery
- Inerciální navigační systém (INS)
- GNSS přijímač(e)

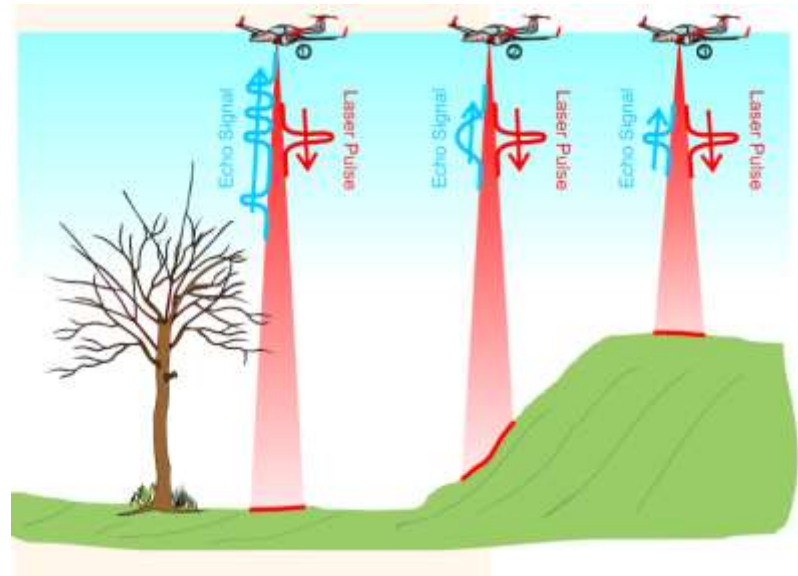


# Přístroje

Mobilní – letecké

Součásti

- Skenery
- Kamery
- Inerciální navigační systém (INS)
- GNSS přijímač(e)





# Přístroje

Mobilní – SLAM algoritmus

- Současně určuje trasu i měří body
- Vhodné na vnitřní prostory





# Trimble X7

Výrobce: Trimble

- Polární metoda, pulsní dálkoměr
- Zorné pole 360°x 282°
- Přesnost 1 bodu
  - Délková 2 mm
  - Úhlová 21''
- Dosah až 80 m (matný povrch)
- Rychlost skenování až 500 000 b/s
- Hmotnost skeneru 5,8 kg
- 3 Integrované kamery
- Kompenzátor
- Provozní teplota -20°C až 50°C



Trimble X7

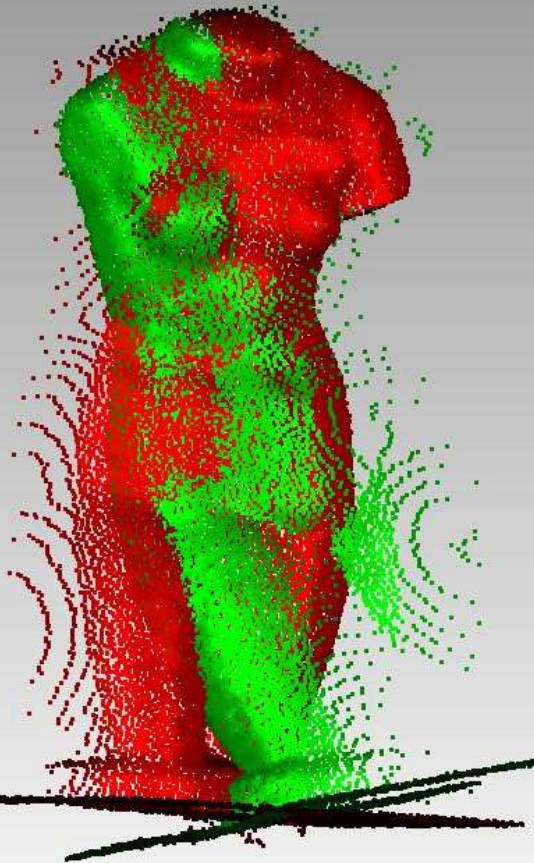
# Terče pro skenování



# Postup zpracování

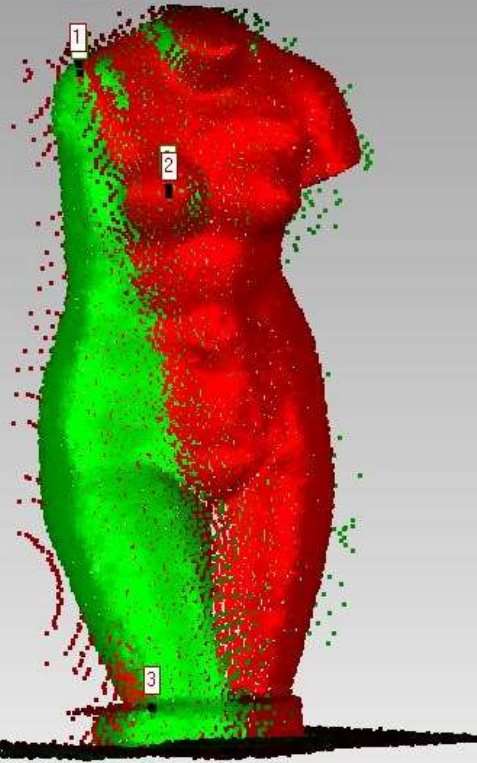
- Export dat
- Příprava dat pro registraci
  - Redukce bodů
  - Očištění
  - Modelování/kontrola terčů
- Registrace - Proces spojování jednotlivých mračen bodů do jednoho celku a transformace do cílových souřadnicových systémů (lokální/globální)
  - Identické body
  - Překrytové oblasti
- Kontrola registrace
  - Protokol o registraci
  - Vizuální kontrola
- Úprava dat pro modelování
  - Redukce bodů
  - Očištění
  - Rozdělení mračna na logické části
- Modelování

# Registrace – překryt - kontrola

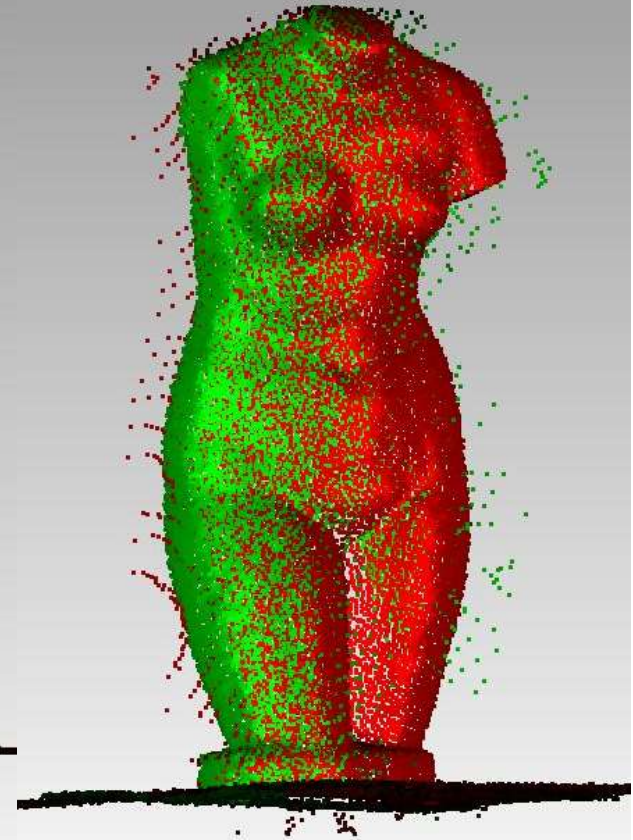


Chybná

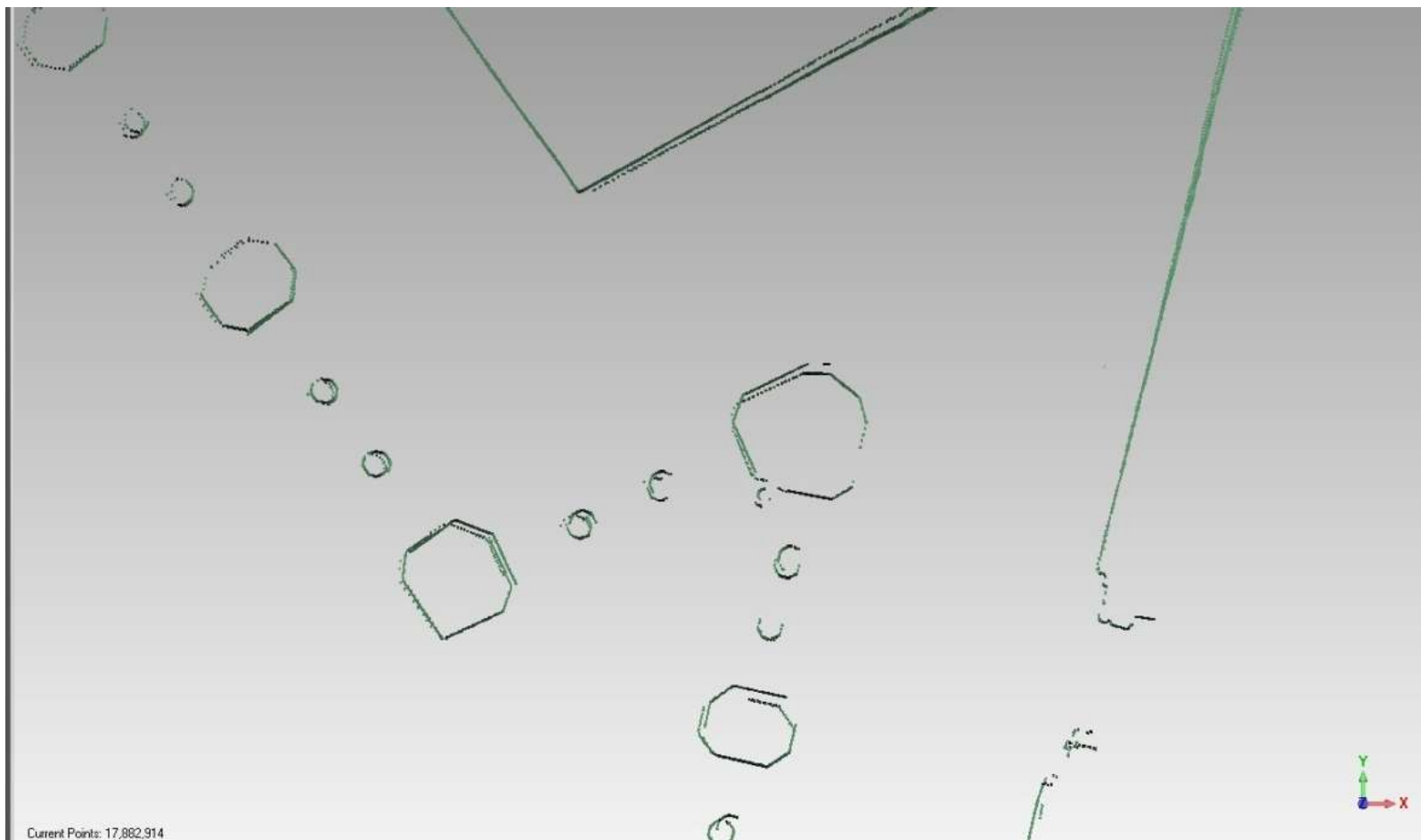
Správná



Chybná



# Kontrola registrace – tenké řezy



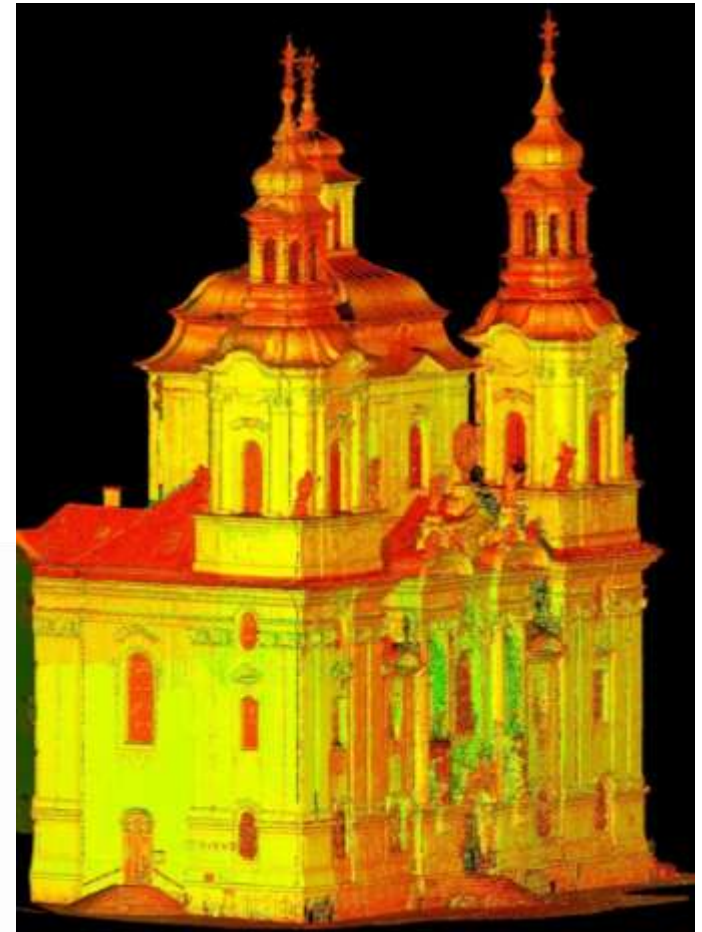
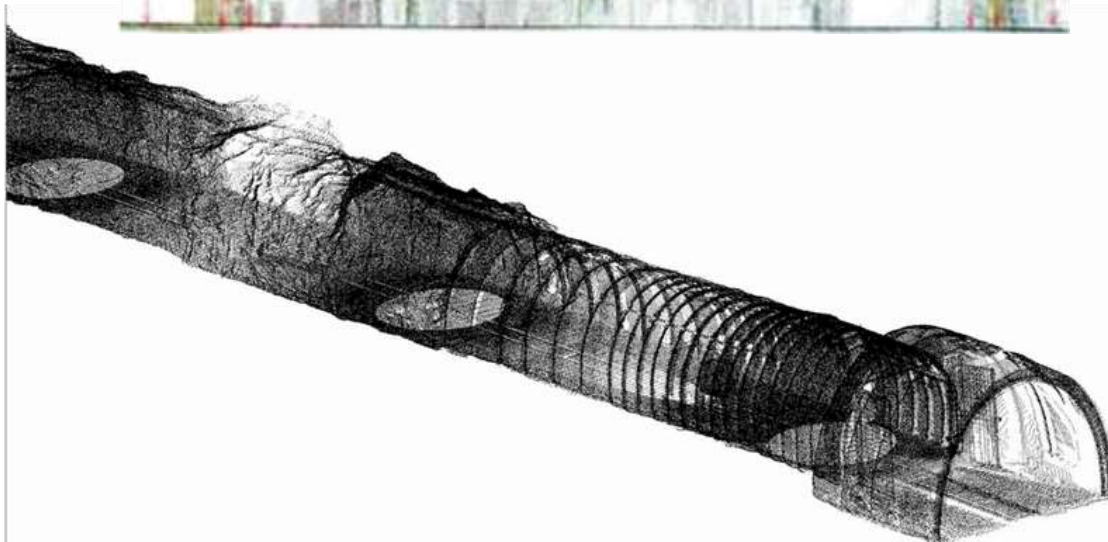
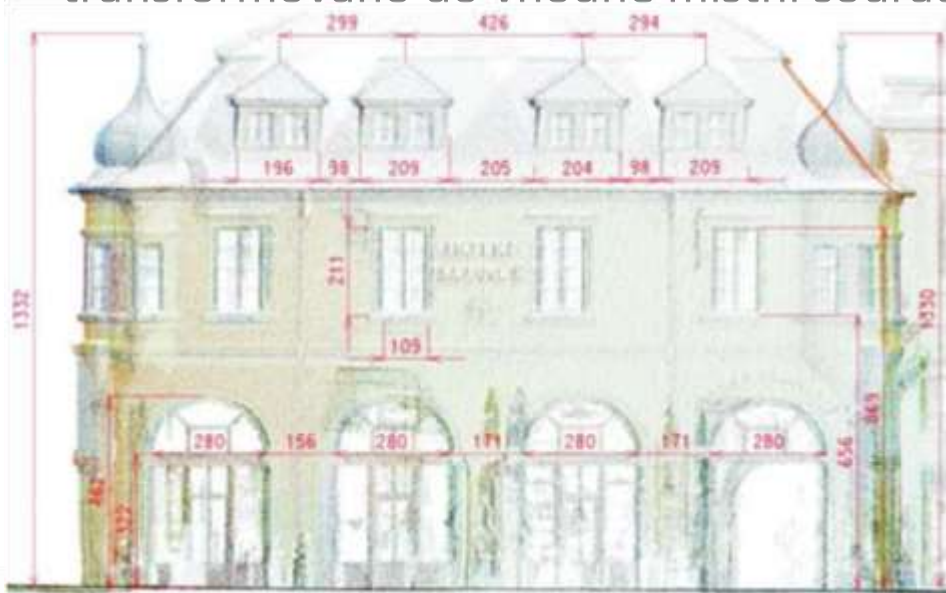
# Zpracování - modelování

- Zpracování mračna bodů do výsledného modelu je většinou časově, softwarově a hardwarově náročné
- Existuje několik forem zpracování mračna bodů do výsledného modelu:
  - Spojené a upravené mračno bodů.
  - 3D model, kde mračno bodů je nahrazeno geometrickými primitivy (CAD model).
    - Drátový model
    - Ploškový model
  - 3D model, kde mračno bodů je nahrazeno trojúhelníkovými sítěmi (TIN, Triangular Irregular Network).
  - 3D model, kde mračno bodů je nahrazeno plochami s proměnlivou křivosí (např. B-spline).



# Zpracování - modelování

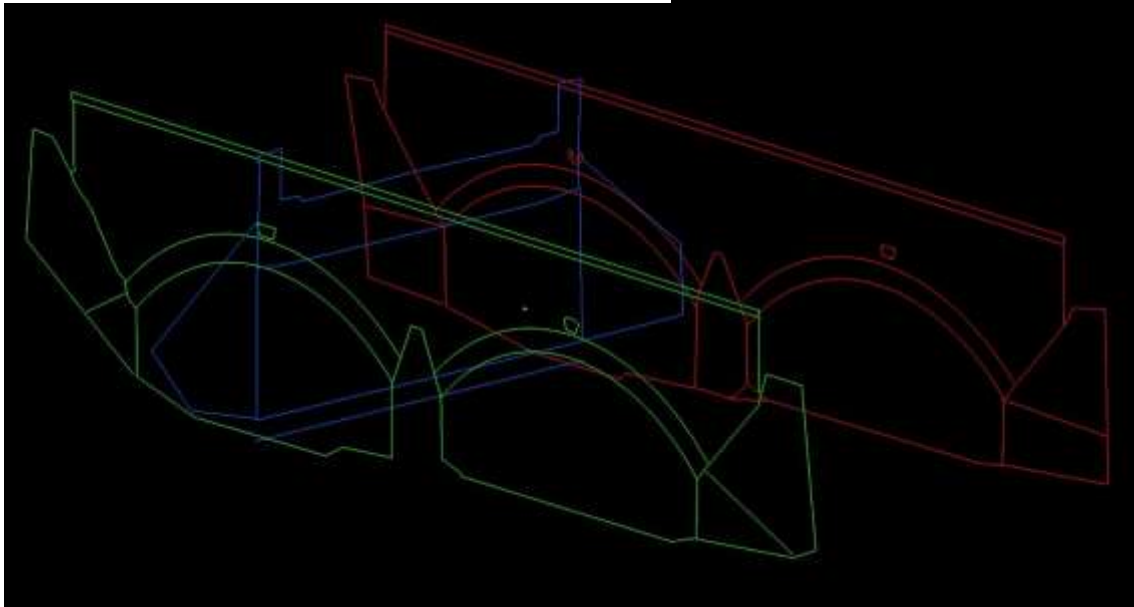
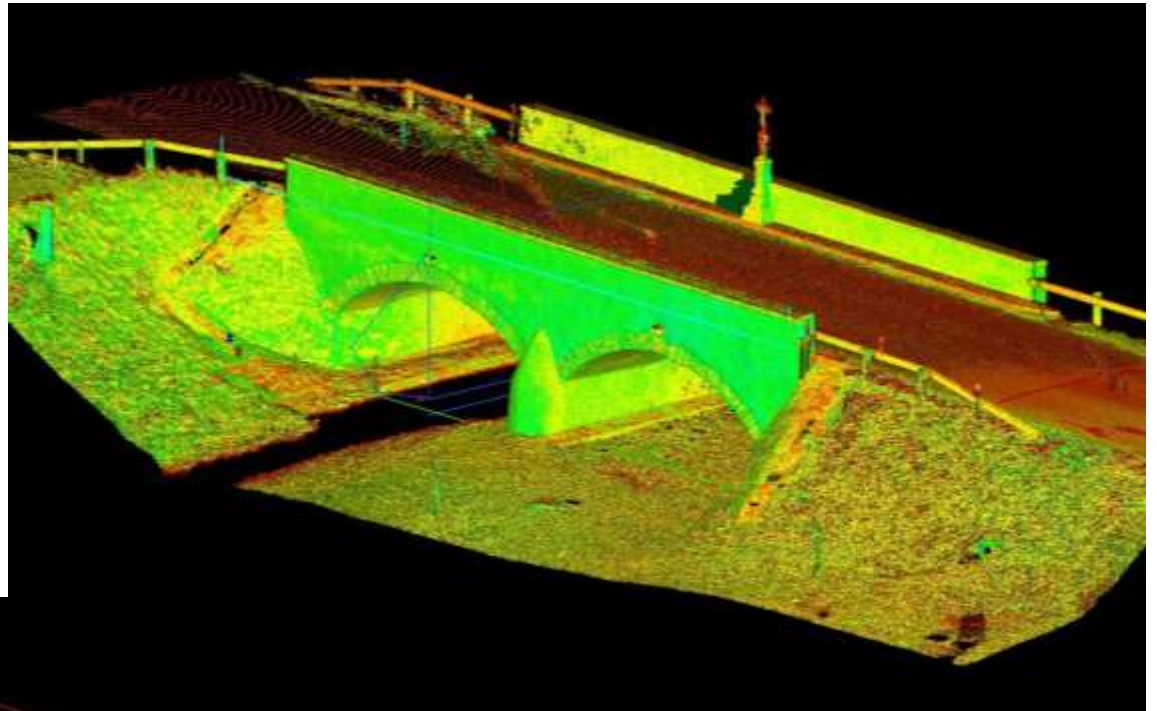
- mračno bodů, na kterém se může přímo měřit, často bývá transformováno do vhodné místní souřadnicové soustavy



# Zpracování - modelování

- Mračno
- Drátový model

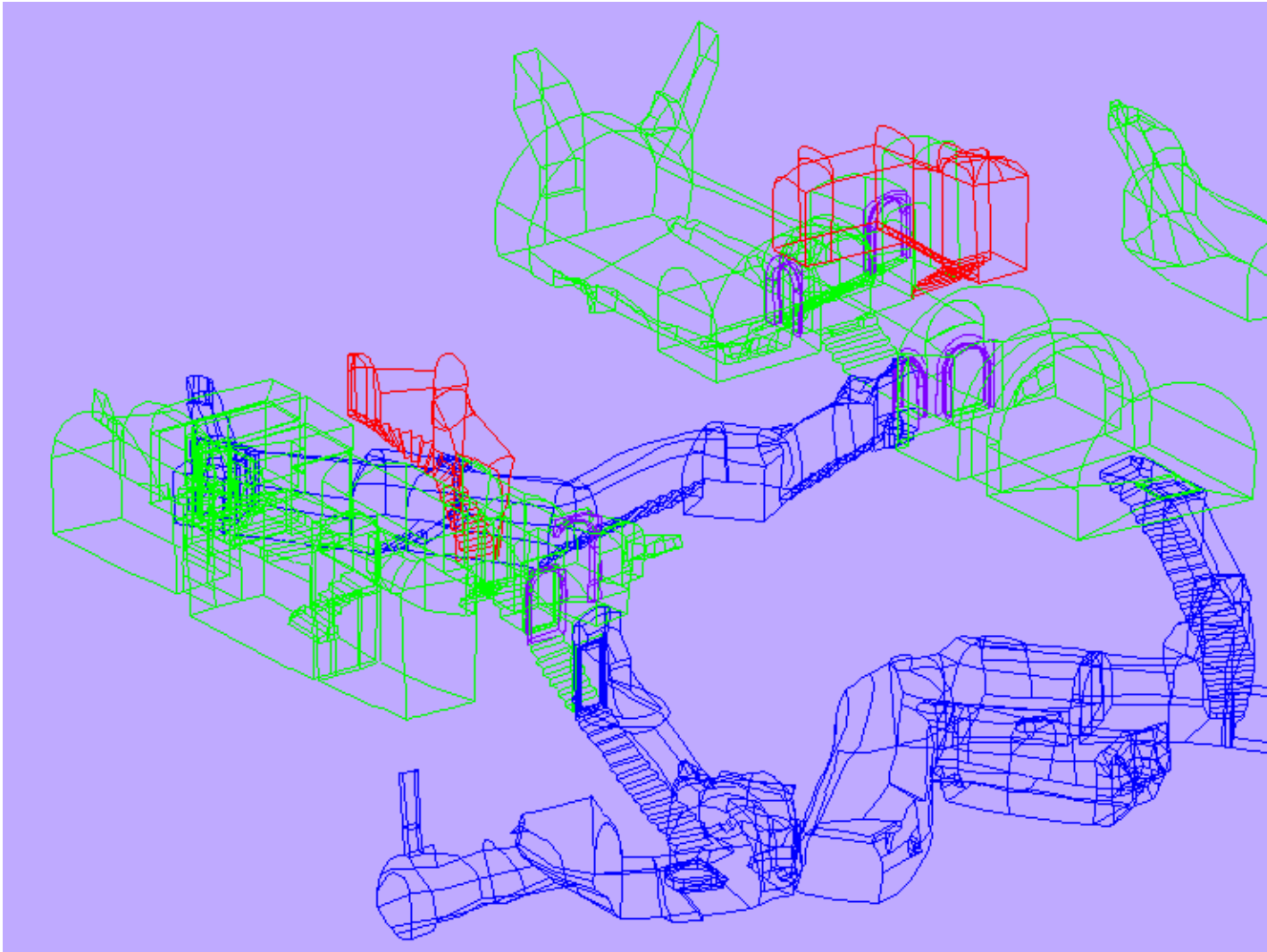
Stará Dobeš - most





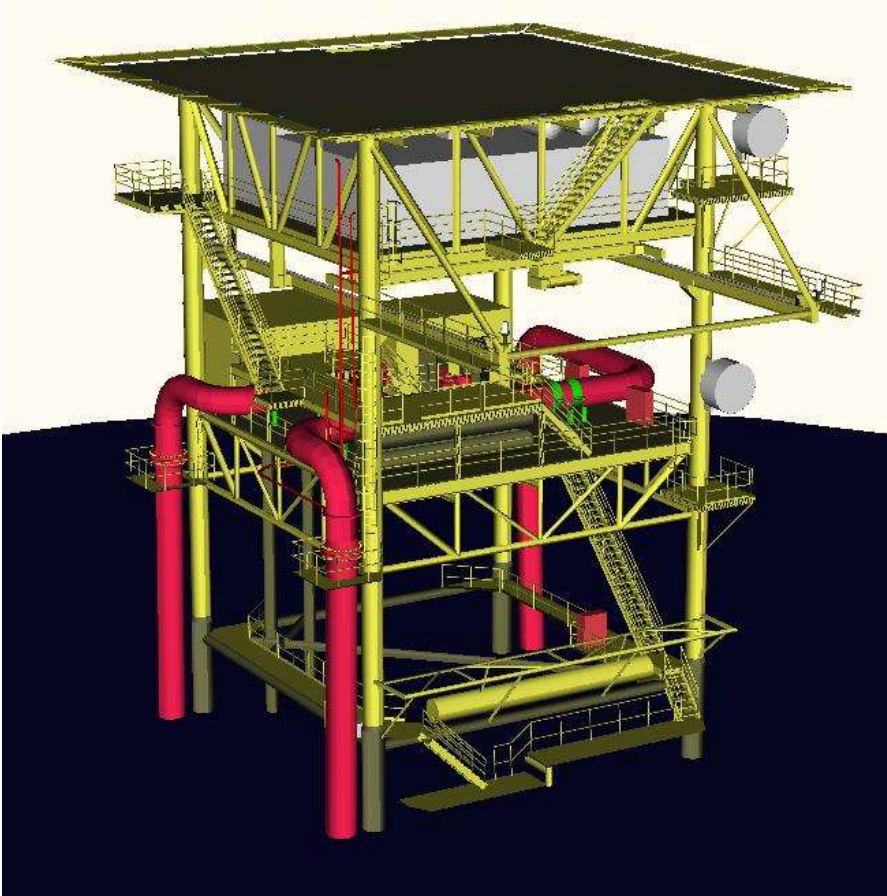
# Zpracování - modelování

- Drátový model



# Zpracování - modelování

- Ploškový model



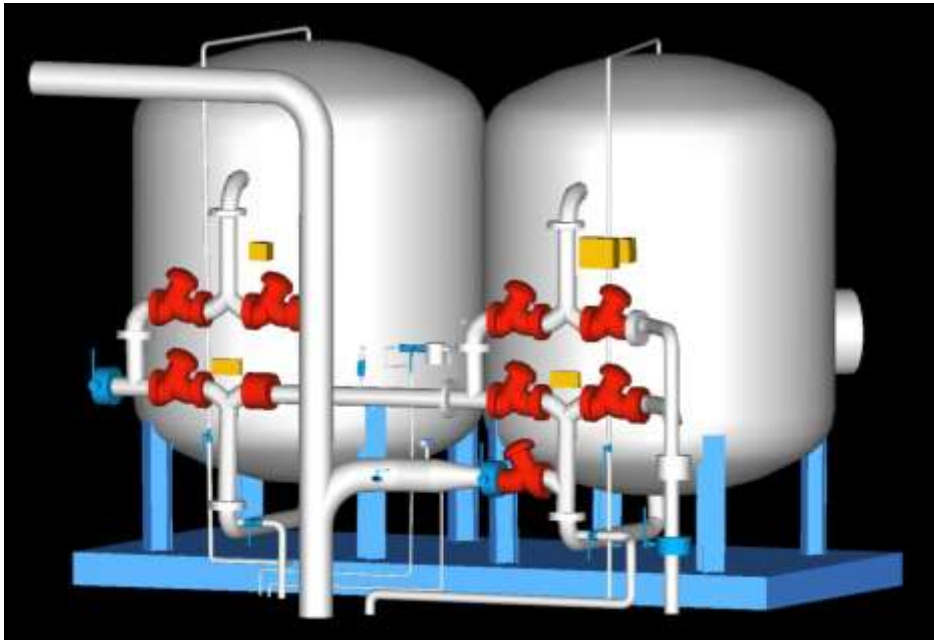
Těžební plošina



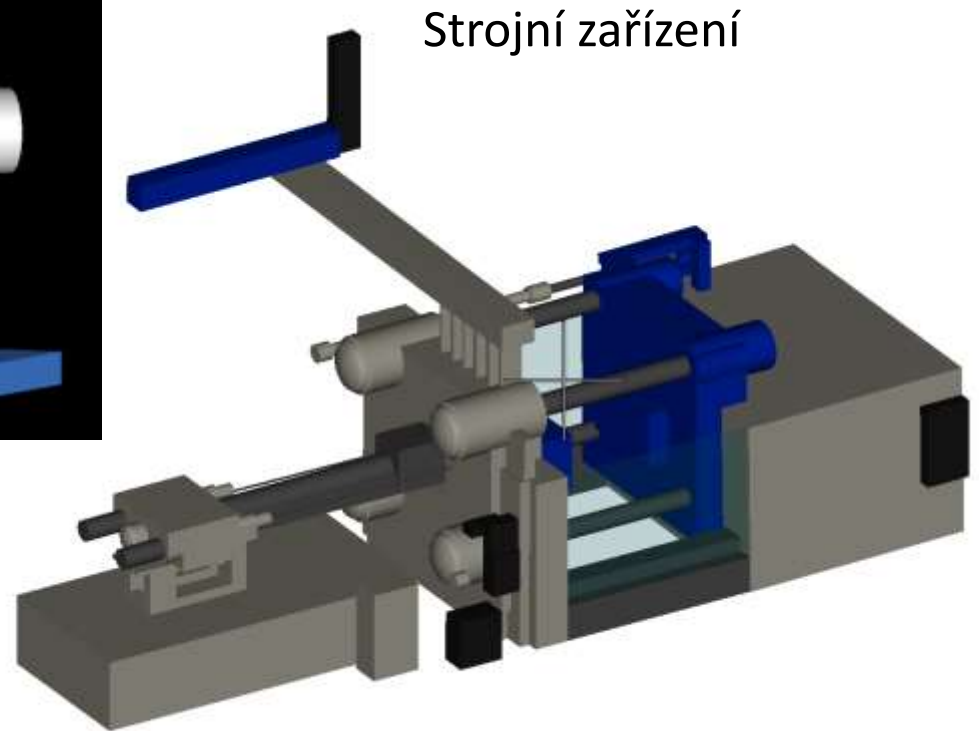
Model hradní věže

# Zpracování - modelování

- Ploškový model



Vodárna



Strojní zařízení

# Zpracování - modelování

- Trojúhelníkové sítě / mesh



Dražice – torzo hradního paláce

Hrubý Rohozec - sklepení



Halda písku - kubatury





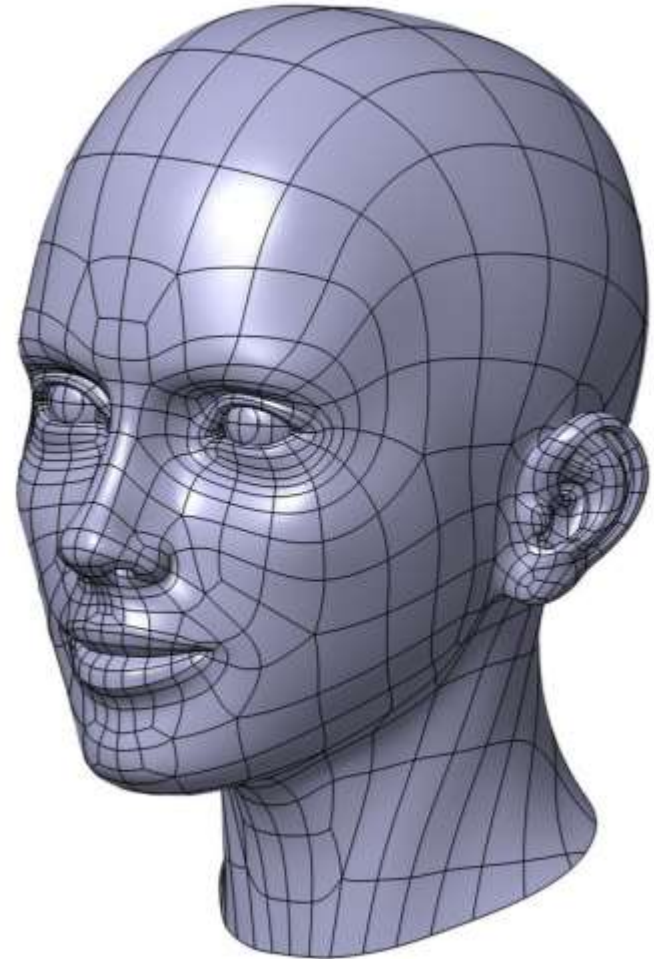
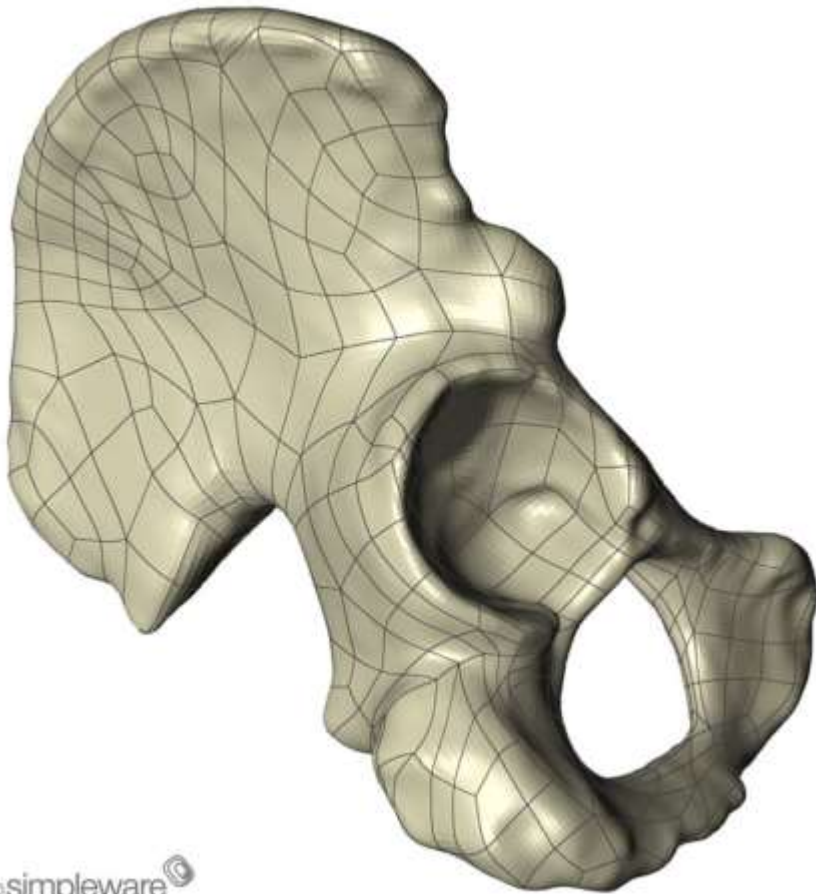
# Zpracování - modelování

- Kombinace postupů  
Sv. Mikuláš, Staroměstské náměstí



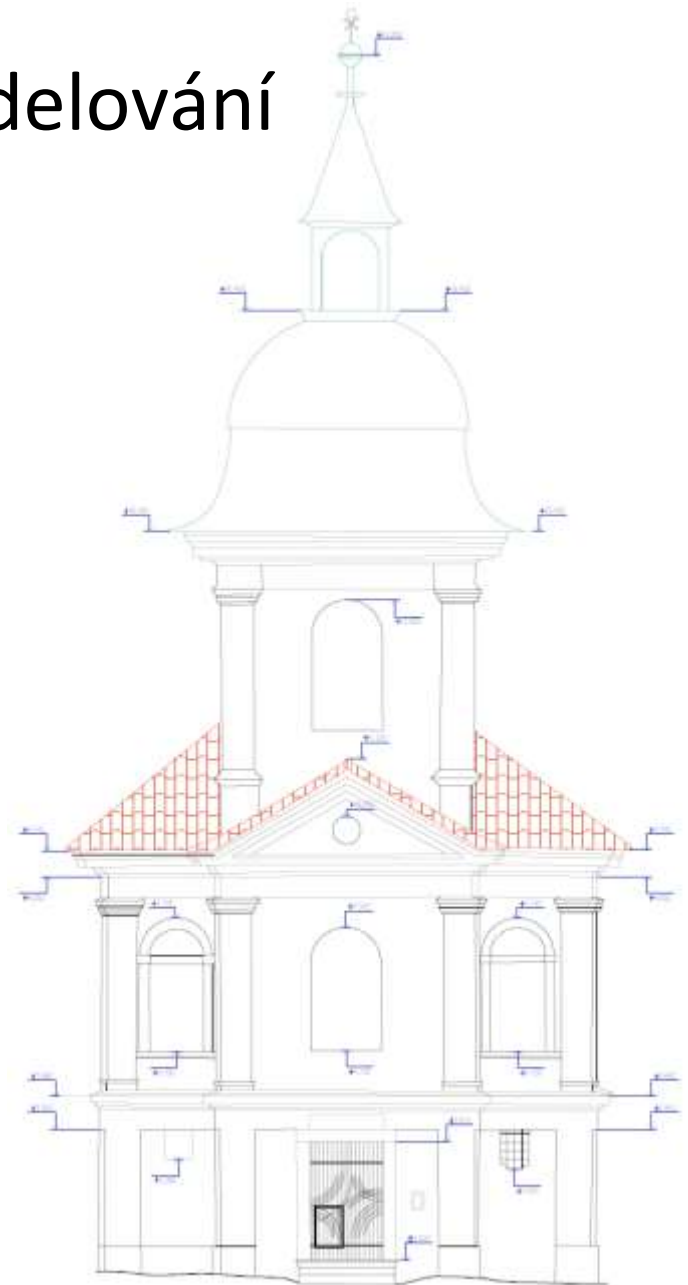
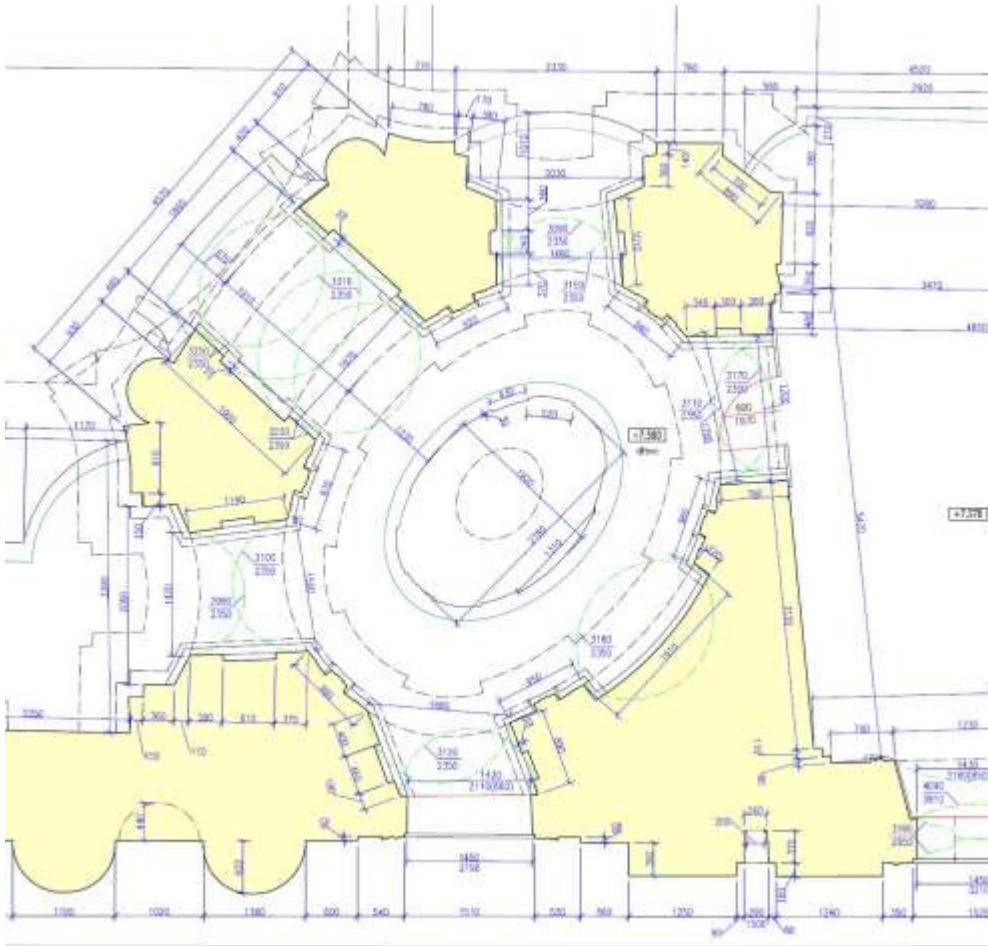
# Zpracování - modelování

- Plochy s proměnlivou křivostí



# Zpracování - modelování

- 2D výstupy – výkresy, pohledy, řezy, ...





# Zpracování - 3D model části města z leteckého skenování





# Organizace zeměměřické služby v ČR

Činnost v zeměměřictví vykonávají :

Orgány státní správy

(dány zákonem 359/1992 Sb. o zeměměřických a katastrálních orgánech), viz. dále.

Fyzické a právnické osoby

vykonávající zeměměřické činnosti, které si nevyhradil stát (podnikatelé). Vykonávají práce využitelné pro státní mapové dílo (dohlíží na ně ZKI), práce z oblasti stavební a inženýrské geodézie (jsou záležitostí dohody účastníků).

# Organizace zeměměřické služby v ČR

## Orgány státní správy



ČÚZK je ústředním orgánem státní správy resortu G a K, sídlí v Praze, v čele úřadu je předseda (jmenován a odvoláván vládou), úřad má vlastní kapitolu v rozpočtu ČR. Hlavním úkolem je zabezpečení jednotného provádění řady činností (viz hlavní úkoly resortních organizací) a řízení dále uvedených organizací.

# Organizace zeměměřické služby v ČR

VÚGTK – hlavním úkolem je výzkum v oboru, správa odvětvového informačního střediska.

KÚ (a KP) vykonávají správu katastru nemovitostí.

ZÚ spravuje geodetické základy ČR (základní bodová pole), vykonává správu základních státních mapových děl, zajišťuje geodetická měření a dokumentaci státních hranic a další úkoly na úseku zeměměřictví.

ZKI – kontrolují výkon státní správy KN a dohlíží na ověřování výsledků zeměměřických činností, které jsou využívány pro KN a státní mapové dílo ČR, projednávají porušení pořádku v zeměměřictví a vyřizují odvolání třetích stran proti rozhodnutím KÚ. Sídla: Praha, České Budějovice, Plzeň, Liberec, Pardubice, Brno, Opava.

# Zaměření stavebních objektů

- Právní předpisy – **současný stav jaro 2024**
- Postup při vyhotovení geodetické části dokumentace skutečného provedení stavby
- Ukázky dokumentací

# Právní předpisy

- **Zákon č. 283/2021 Sb. Stavební zákon (nový stavební zákon – NStZ)**
- Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon) Přechodné období od 1. 1. 2024 do 30. 6. 2024.
- **Vyhláška č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb**  
Přechodné období od 1. 1. 2024 do 30. 6. 2024.  
**Nová vyhláška až od 1. 7. 2024**
- Zákon č. 200/1994 Sb., o zeměměřictví a o změně a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením
- Vyhláška č. 31/1995 Sb., kterou se provádí zákon č. 200/1994 Sb.
- A další předpisy

# Vyhláška č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb

## §1

(1) Tato vyhláška stanoví rozsah a obsah:

- a) dokumentace pro vydání rozhodnutí o umístění stavby nebo zařízení,
- b) dokumentace pro vydání rozhodnutí o změně využití území,
- c) dokumentace pro vydání rozhodnutí o změně vlivu užívání stavby na území,
- d) dokumentace pro vydání společného povolení,
- e) projektové dokumentace pro ohlášení stavby uvedené v § 104 odst. 1 písm. a) až e) stavebního zákona nebo projektové dokumentace pro vydání stavebního povolení,
- f) projektové dokumentace pro provádění stavby a
- g) dokumentace skutečného provedení stavby.**

(2) Tato vyhláška dále stanoví náležitosti dokumentace bouracích prací, obsahové náležitosti stavebního deníku, jednoduchého záznamu o stavbě a způsob jejich vedení.

(3) Tato vyhláška se nevztahuje na projektovou dokumentaci pro stavby letecké, stavby drah a na dráze včetně zařízení na dráze, stavby dálnic, silnic, místních komunikací a veřejně přístupných účelových komunikací podle § 194 písm. c) stavebního zákona, s výjimkou dokumentace pro vydání společného povolení pro stavby drah, stavby dálnic, silnic, místních komunikací a veřejně přístupných účelových komunikací.

# Dokumentace skutečného provedení stavby

Zákon č. 183/2006 Sb. O územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)

## § 125 Dokumentace skutečného provedení stavby

(1) Vlastník stavby je povinen uchovávat po celou dobu trvání stavby ověřenou dokumentaci odpovídající jejímu skutečnému provedení podle vydaných povolení. V případech, kdy dokumentace stavby nebyla vůbec pořízena, nedochovala se nebo není v náležitém stavu, je vlastník stavby povinen pořídit dokumentaci skutečného provedení stavby. Při změně vlastnictví ke stavbě odevzdá dosavadní vlastník dokumentaci novému vlastníkovi stavby.

...

(6) Rozsah a obsah dokumentace skutečného provedení stavby stanoví prováděcí právní předpis.



# Dokumentace skutečného provedení stavby

Vyhláška č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb

§ 4

Dokumentace skutečného provedení stavby

(K § 125 odst. 6 stavebního zákona)

(1) Rozsah a obsah dokumentace skutečného provedení stavby je stanoven v příloze č. 14 k této vyhlášce.

(2) Dokumentaci skutečného provedení stavby může tvořit kopie ověřené projektové dokumentace doplněná výkresy odchylek, pokud to není na újmu přehlednosti a srozumitelnosti dokumentace.

# Dokumentace skutečného provedení stavby

Vyhláška č. 499/2006 Sb. o dokumentaci staveb příloha č. 14

## 1. Rozsah a obsah dokumentace skutečného provedení stavby

Dokumentace obsahuje části:

A Průvodní zpráva

B Souhrnná technická zpráva

**C Situační výkresy**

**D Výkresová dokumentace (její součástí je geodetická část)**

Dokumentace musí vždy obsahovat části A až D s tím, že rozsah a obsah jednotlivých částí bude přizpůsoben druhu a významu stavby, jejímu umístění, stavebně technickému provedení, účelu využití, vlivu na životní prostředí a době trvání stavby.

# Rozsah a obsah dokumentace skutečného provedení stavby

Průvodní zpráva obsahuje:

- Identifikační údaje – údaje o stavbě (název a místo stavby), o vlastníkovi a o zpracovateli dokumentace
- Seznam vstupních podkladů – základní informace o všech rozhodnutích nebo opatřeních souvisejících se stavbou a základní informace o dokumentaci, pokud se dochovala, další podklady, z nichž by bylo možné zjistit účel, pro který byla stavba povolena.

# Rozsah a obsah dokumentace skutečného provedení stavby

Souhrnná technická zpráva obsahuje:

- a) popis území stavby, ochrana území podle jiných právních předpisů, zvláště chráněné území, záplavové území apod.
- b) popis stavby – účel užívání, trvalá nebo dočasná stavba, ochrana stavby podle jiných právních předpisů, parametry stavby, základní bilance stavby,
- c) technický popis stavby a jejího technického zařízení,
- d) zhodnocení stávajícího stavebně technického stavu,
- e) napojení na dopravní a technickou infrastrukturu,
- f) ochranná a bezpečnostní pásma,
- g) vliv stavby na životní prostředí a ochrana zvláštních zájmů.

# Rozsah a obsah dokumentace skutečného provedení stavby

Situační výkresy obsahují:

## **Koordinační situační výkres**

- a) měřítko 1 : 200 až 1 : 1 000, u rozsáhlých staveb 1 : 2 000 nebo 1 : 5 000, u změny stavby, která je kulturní památkou, u stavby v památkové rezervaci nebo v památkové zóně v měřítku 1 : 200,
- b) hranice pozemků, parcelní čísla,
- c) stávající objekty a zákres povrchových znaků technické infrastruktury,
- d) stávající výškopis a polohopis,
- e) stanovení nadmořské výšky; výška objektů,
- f) okótované odstupy staveb,
- g) stávající komunikace a zpevněné plochy, napojení na dopravní infrastrukturu,

# Rozsah a obsah dokumentace skutečného provedení stavby

- h) stávající vzrostlá vegetace,
- i) ochranná a bezpečnostní pásma, památkové rezervace, památkové zóny apod.,
- j) zařízení staveniště s vyznačením vjezdu,
- k) odstupové vzdálenosti včetně vymezení požárně nebezpečných prostorů, přístupové komunikace a nástupní plochy pro požární techniku a zdroje požární vody.

## **Katastrální situační výkres**

- a) měřítko podle použité katastrální mapy,
- b) vyznačení stavby,
- c) vyznačení vazeb a vlivů na okolí.

# Rozsah a obsah dokumentace skutečného provedení stavby

Výkresová dokumentace obsahuje:

Stavební výkresy vypracované podle skutečného provedení stavby s charakteristickými řezy a pohledy, s popisem všech prostorů a místností podle současného způsobu užívání a s vyznačením jejich rozměrů a plošných výměr.

Součástí výkresové dokumentace je **geodetická část** obsahující:

Číselné a grafické vyjádření výsledků zaměření stavby, polohopis s výškopisnými údaji, měřické náčrty s číselnými údaji, seznamem souřadnic a výšek, a technická zpráva podle jiného právního předpisu.

# Nové právní předpisy

Nový stavební zákon č. 283/2021 Sb.

§ 167

Vlastník stavby a zařízení je povinen

...

d) uchovávat po celou dobu trvání stavby ověřenou projektovou dokumentaci, dokumentaci pro provádění stavby, dokumentaci stavby, došlo-li k odchylce od dokumentace pro povolení stavby, popřípadě dokumentaci skutečného provedení stavby, včetně její geodetické části, nebo pasport stavby, rozhodnutí, osvědčení, souhlasy a jiné důležité doklady týkající se stavby nebo zařízení; dokumentaci lze uchovávat i v elektronické formě,

...



# Nové právní předpisy

Nový stavební zákon č. 283/2021 Sb.

Kolaudace

§ 232 Žádost

...

(2) Součástí žádosti je

a) dokumentace pro povolení stavby s vyznačením odchylek, došlo-li k nepodstatné odchylce oproti ověřené projektové dokumentaci,

b) údaj o poloze definičního bodu stavby, a jde-li o budovu<sup>51</sup>), údaj o adresním místě<sup>17</sup>),

c) číslo geometrického plánu, pokud je stavba předmětem evidence v katastru nemovitostí nebo její výstavbou dochází k rozdělení nebo scelení pozemku,

...

g) geodetická část dokumentace skutečného provedení stavby technické a dopravní infrastruktury nebo identifikátor záznamu, ve kterém byly zapsány změny týkající se obsahu digitální technické mapy kraje, nebo předány podklady pro jejich zápis, pokud jsou údaje o stavbě obsahem digitální

# Nové právní předpisy

Nová vyhláška o dokumentaci staveb

§ 1

Předmět úpravy

(1) Tato vyhláška stanoví obsah

- a) dokumentace pro povolení stavby,
- b) dokumentace pro rámcové povolení,
- c) dokumentace pro povolení změny využití území,
- d) dokumentace pro provádění stavby,
- e) dokumentace pro odstranění stavby a
- f) **pasportu stavby.**

§ 10 Pasport stavby

(K § 158 odst. 3 zákona)

Obsah pasportu stavby je stanoven v příloze č. 11 k této vyhlášce.

# Nové právní předpisy

Nová vyhláška o dokumentaci staveb

Příloha č. 11 obsah pasportu stavby

A - Průvodní list

B - Souhrnná technická zpráva

C - Zjednodušený situační výkres – v měřítku podle katastrální mapy s vyznačením stavby

D – Zjednodušená výkresová dokumentace - Zjednodušené výkresy skutečného provedení stavby v rozsahu a podrobnostech odpovídajících druhu a účelu stavby s popisem způsobu užívání všech prostorů a místností.

# Postup při vyhotovení geodetické části dokumentace skutečného provedení stavby

Převzetí podkladů

Vytvoření měřické sítě

tvorba polohového a výškového bodového pole, volba souřadnicových systémů.

Podrobné polohové a výškové zaměření

- Metody polohového zaměření: polární metoda, ortogonální metoda, oměrné míry, 3D skenování.
- Metody výškového zaměření: geometrická nivelace, trigonometrická metoda, 3D skenování.
- Měřické náčrty.

Vytvoření situačních výkresů a výkresové dokumentace

- Mapy a plány, půdorysy, řezy, pohledy, detaily (v požadovaném měřítku)

# Převzetí podkladů

Informace o zaměřovaném území, vymezení lokality

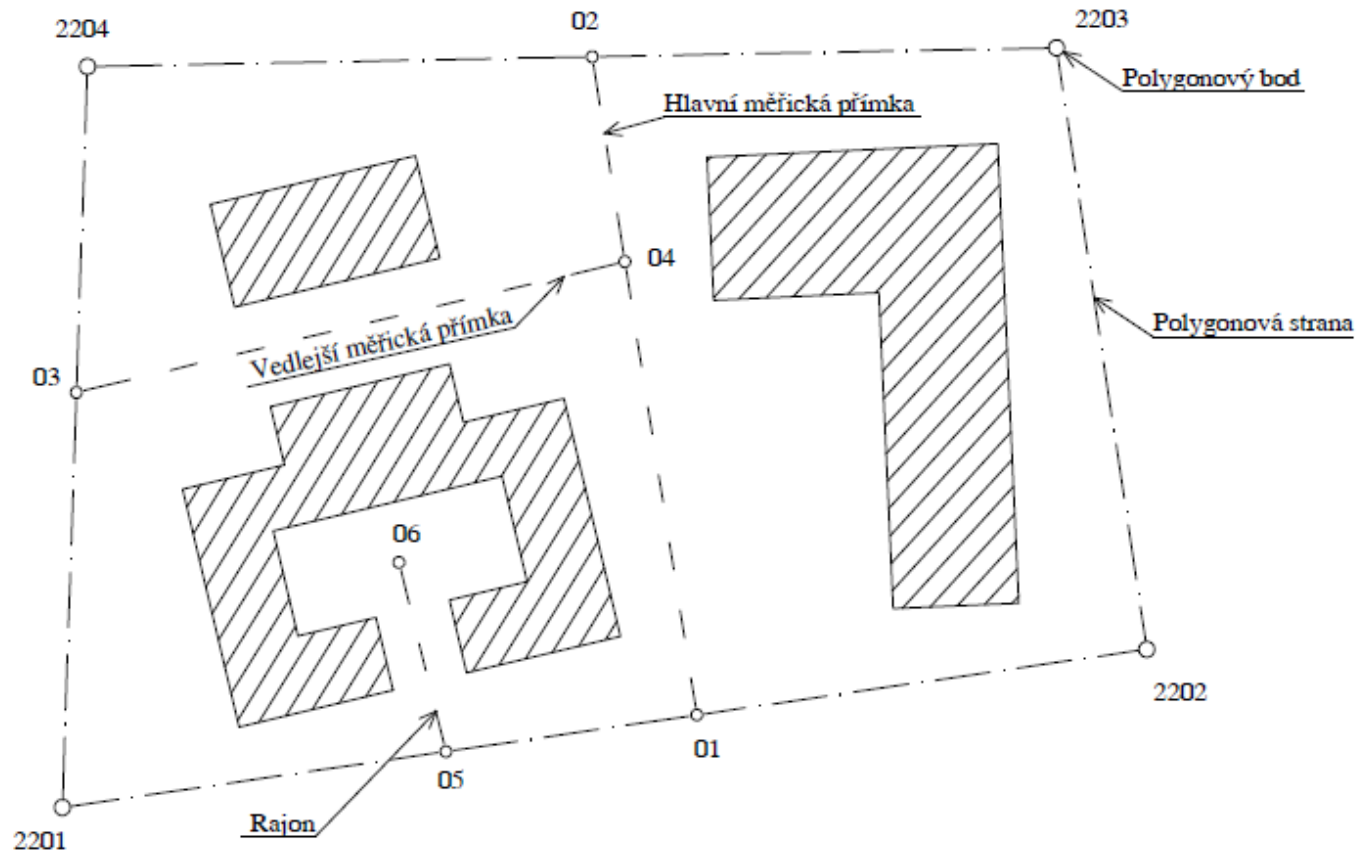
Účel – slouží pro stanovení požadované podrobnosti měření a předmětu měření

Stávající podklady

Rekognoskace terénu – osobní prohlídka lokality pro stanovení nejvhodnějších měřických postupů

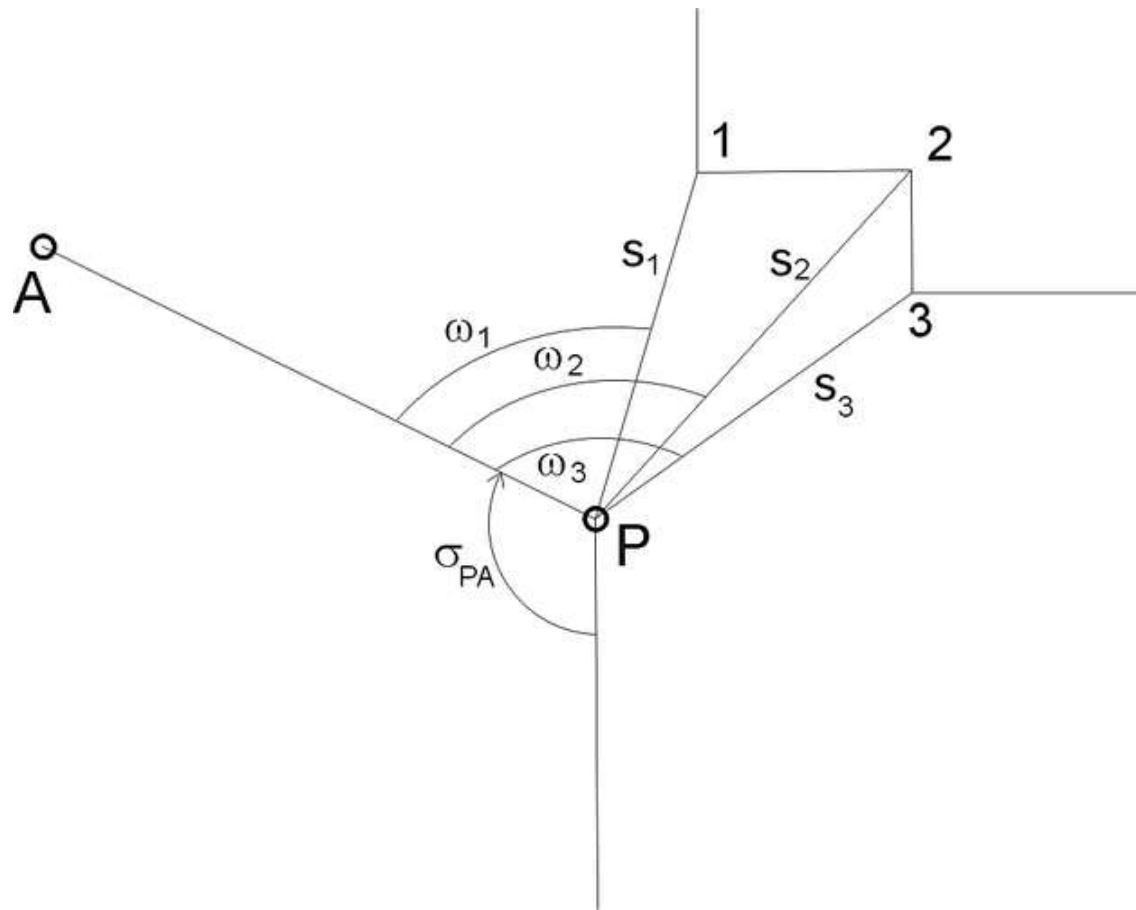
# Měřická síť

Volba měřické sítě (použití stávající sítě, její doplnění, tvorba nové), stabilizace bodů. Volba polohových a výškových souřadnicových systémů (S-JTSK, Bpv, lokální). Zaměření měřické sítě, určení souřadnic.



# Podrobné polohové měření

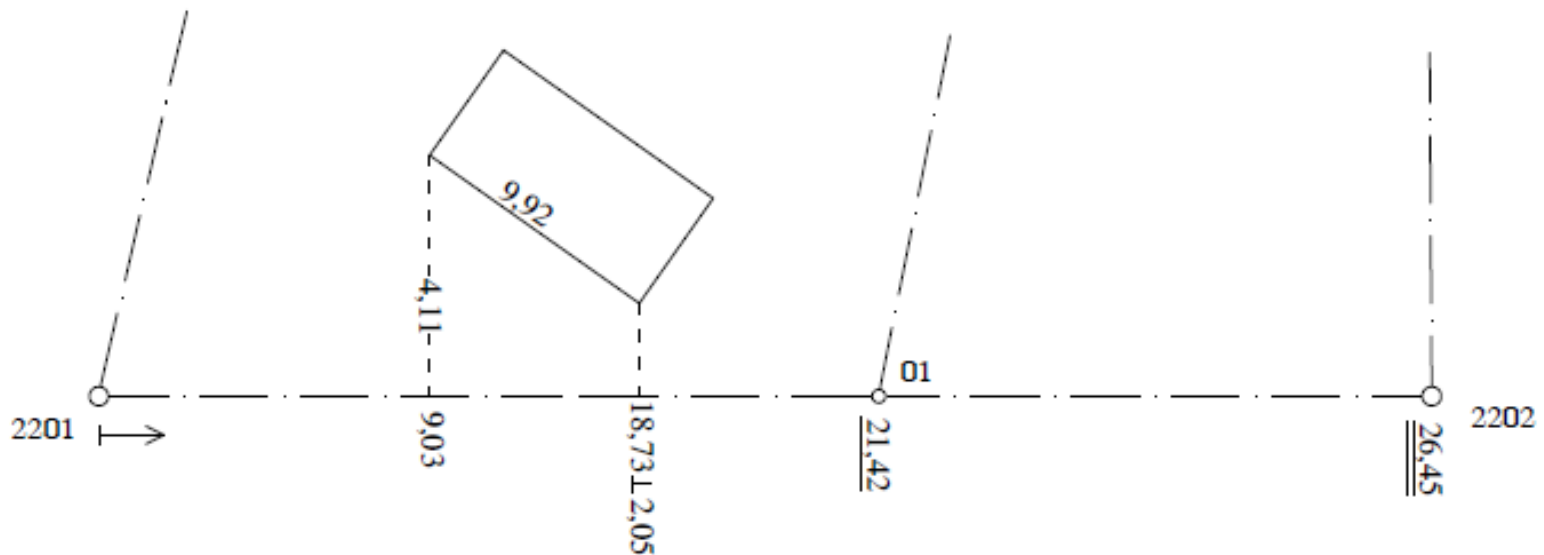
Metoda polárních souřadnic – jsou měřeny polární souřadnice (vodorovný úhel a vodorovná délka). V současnosti nejpoužívanější metoda. Pro měření se používají totální stanice, které umožňují měřit najednou polohu a výšku podrobných bodů (trigonometrická metoda měření výšek).





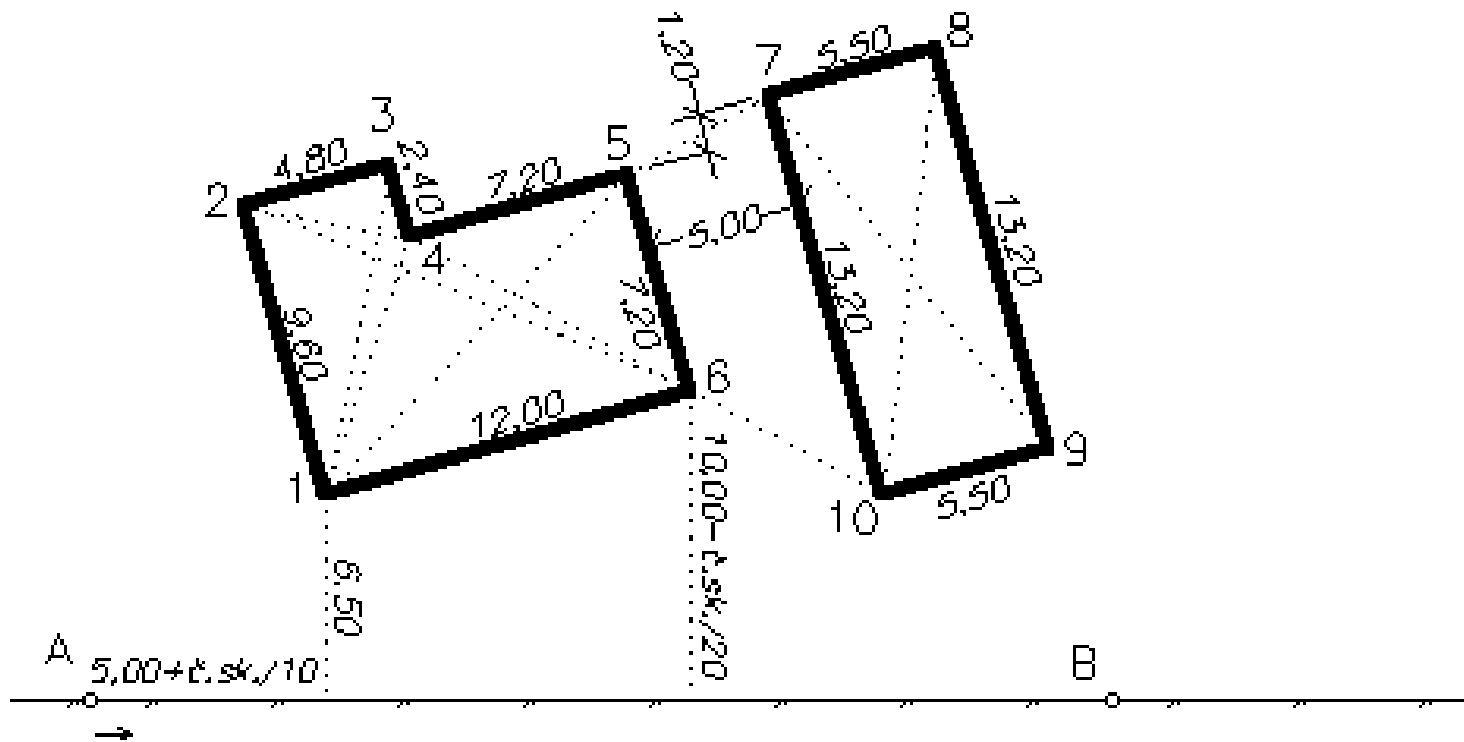
# Podrobné polohové měření

Metoda ortogonálních souřadnic – dnes již pouze doplňková metoda vhodná v úzkých a stísněných prostorech. K měřické přímce jsou měřeny ortogonální souřadnice (staničení v podélném směru, kolmice v příčném směru).



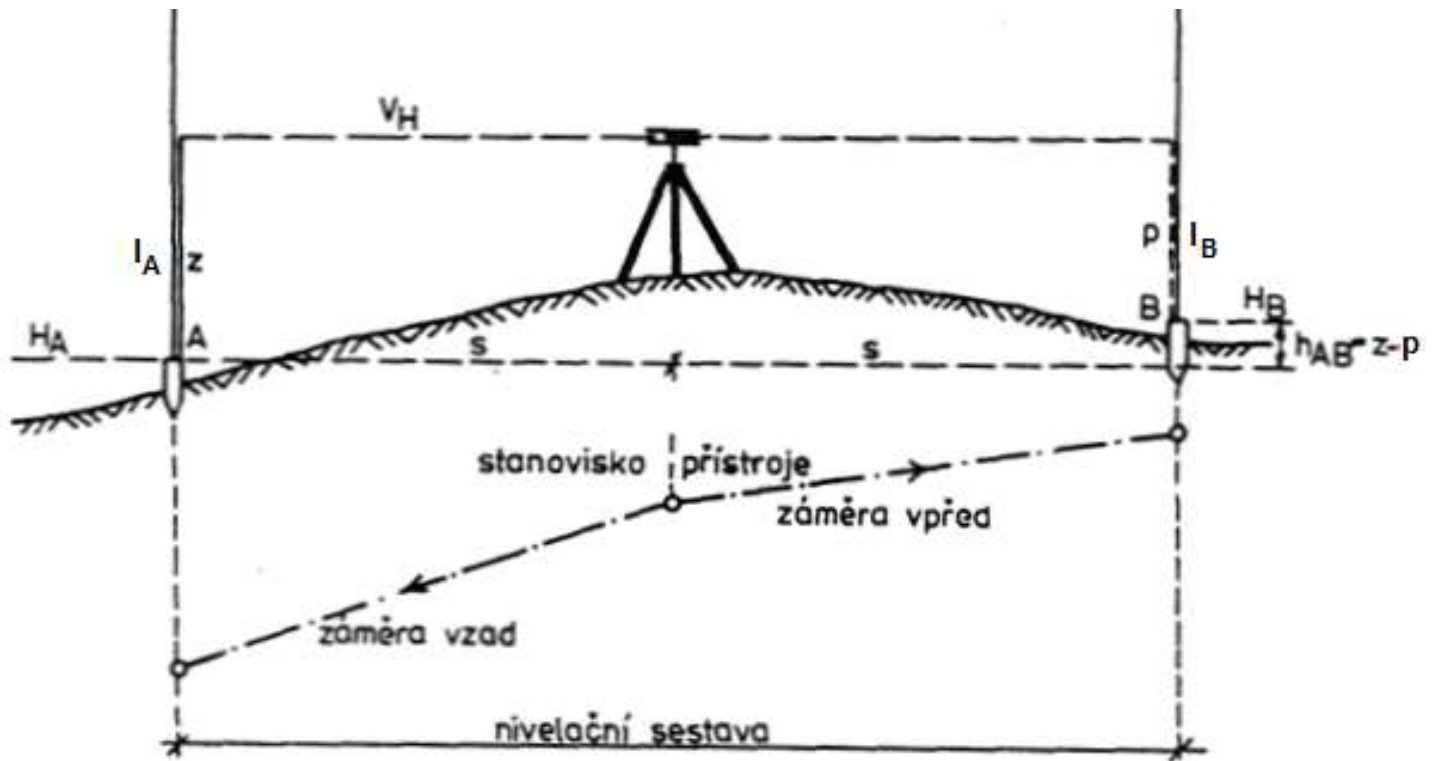
# Podrobné polohové měření

Metoda oměrných – doplňková metoda vhodná pro kontrolu správnosti zaměření jinými metodami a pro konstrukci podrobného bodu. Oměrné míry jsou měřené vzdálenosti dvou sousedních polohově určených bodů.



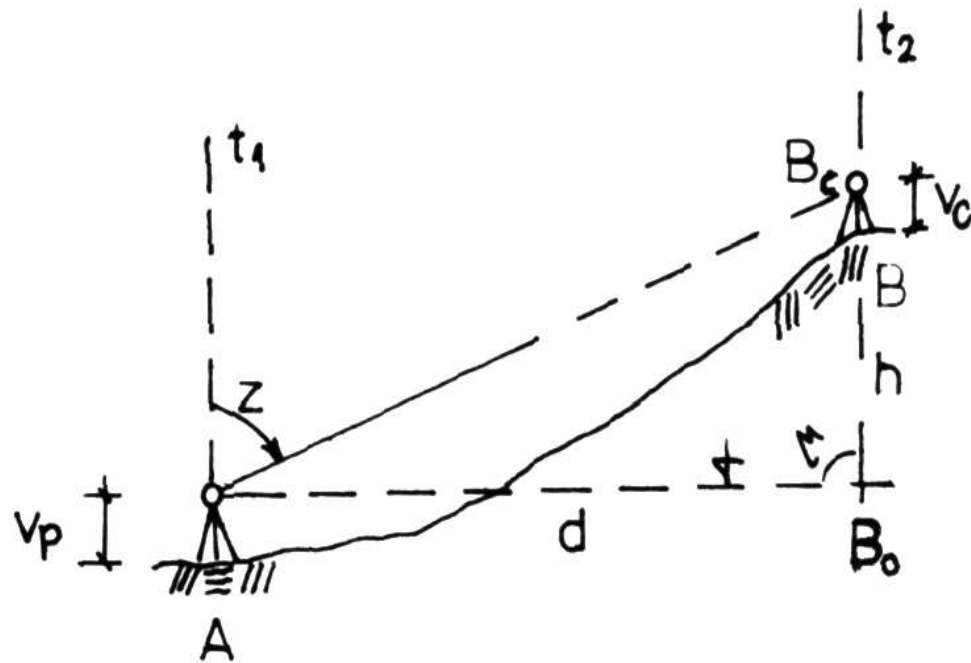
# Podrobné výškové měření

## Geometrická nivelace



# Podrobné výškové měření

Trigonometrická metoda – přímé měření. V současnosti hlavní metoda (spolu s geometrickou nivelací).

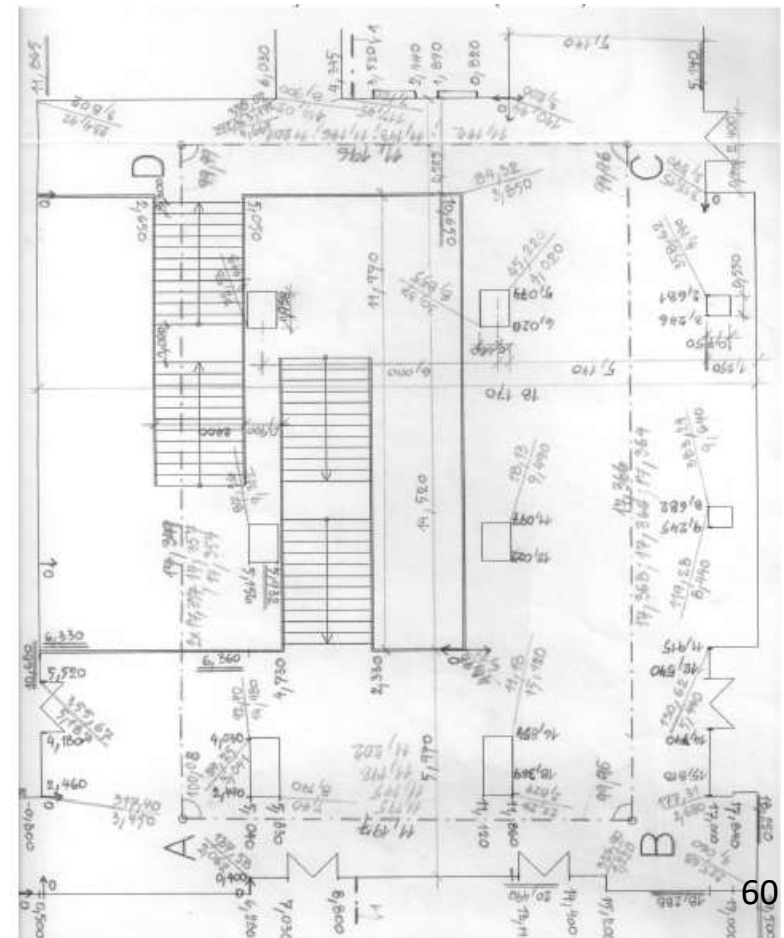
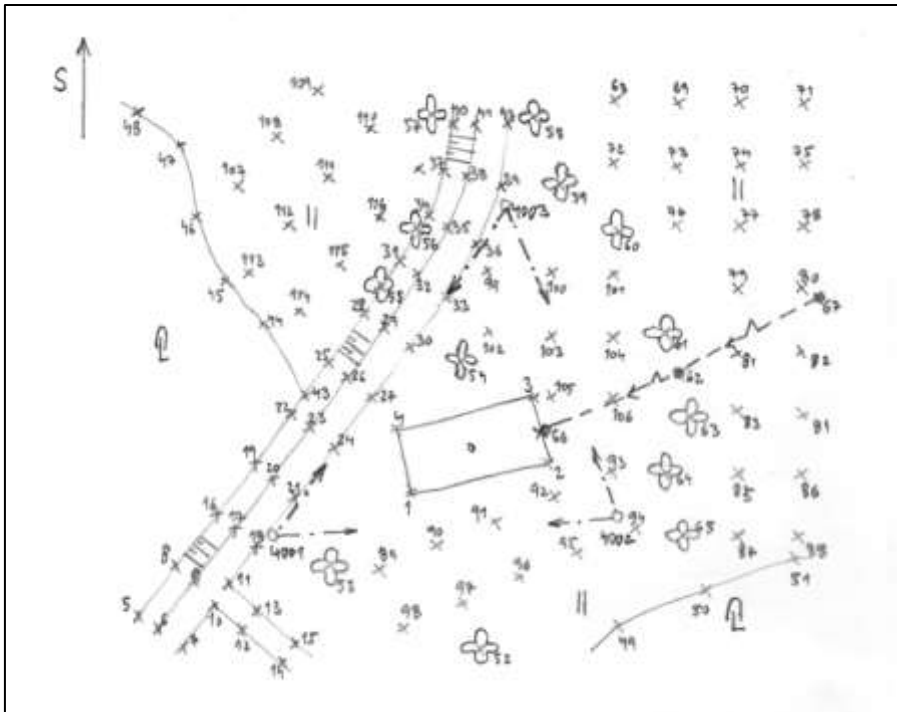


$$H_B = H_A + v_p + h - v_c$$

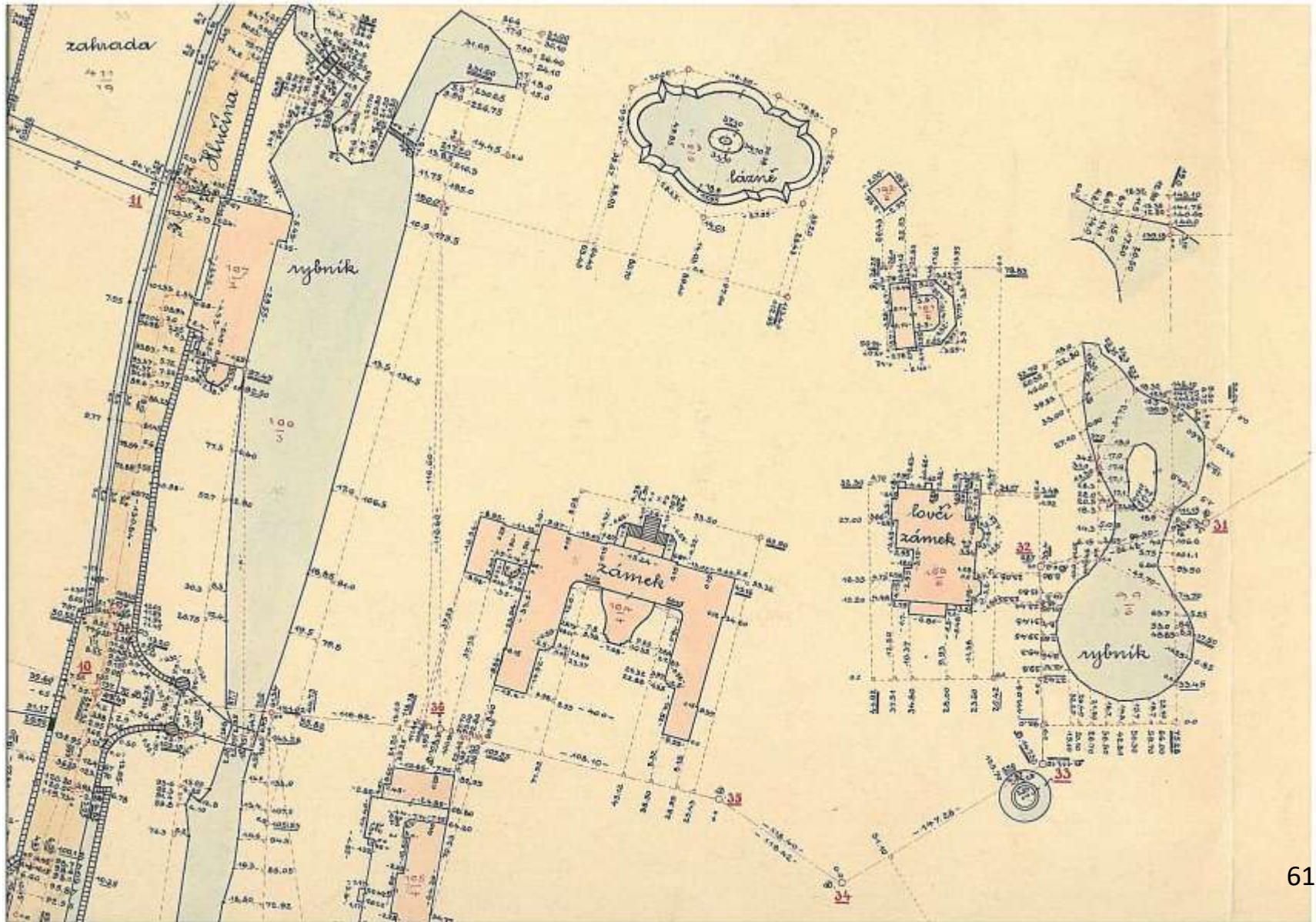
$$H_B = H_A + v_p + d_s \cdot \cos(z) - v_c$$

# Měřický náčrt

Přibližné znázornění lokality (zaměřovaného objektu) s vyobrazením měřených objektů, bodů měřické sítě a podrobných bodů. Může obsahovat číselné vyjádření výsledků podrobného měření. Je jedním z podkladů pro vyhotovení mapy, plánu nebo výkresu.

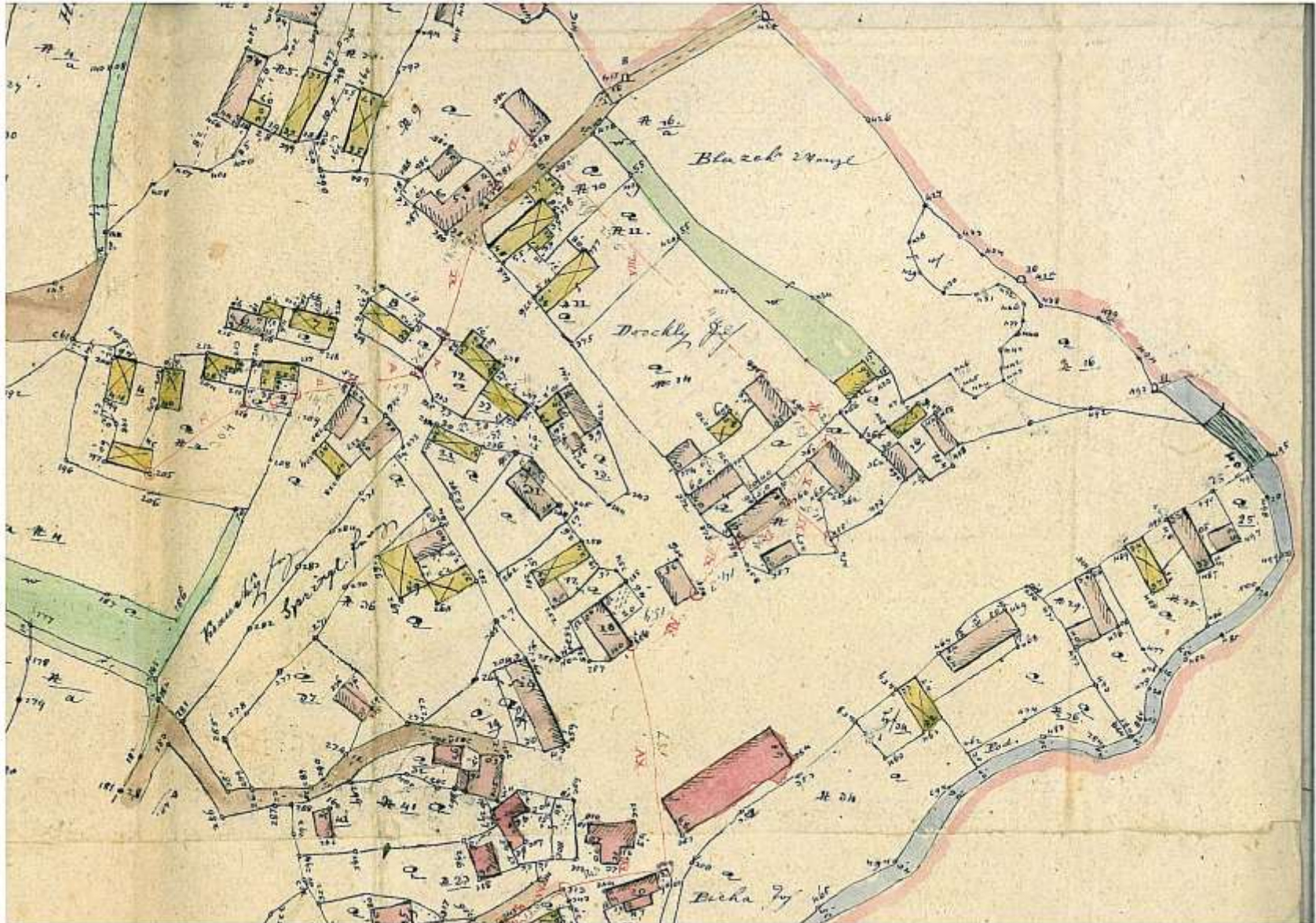


# Historický polní náčrt





# Historický polní náčrt



# Ukázky dokumentace staveb

Projektová dokumentace vodovodní přípojky

Projektová dokumentace tunelové propojky

Geodetické zaměření skutečného provedení indukčních smyček

Geodetické zaměření památkových objektů