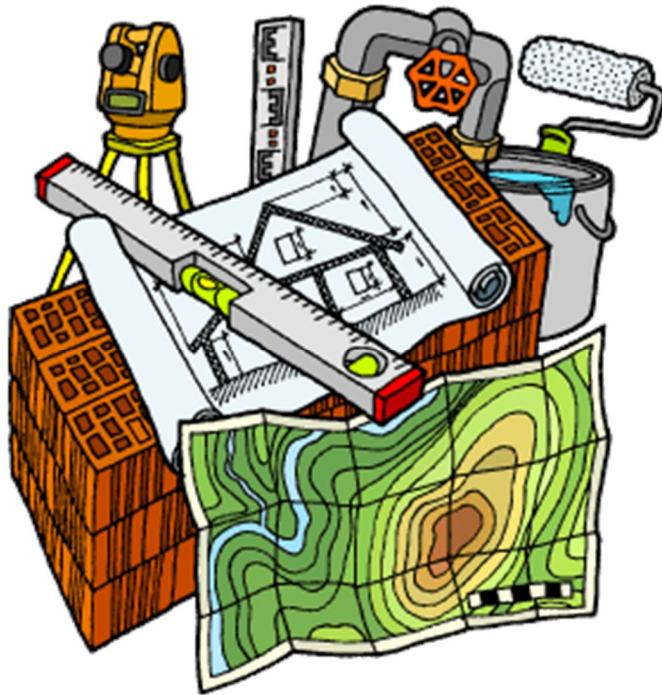


INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Moderní přístrojová technika

Vybrané kapitoly: Totální stanice

Digitální nivelační přístroje

Laserové skenování



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Obsah

OBSAH	2
1. TOTÁLNÍ STANICE	3
1.1. ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA	4
1.2. REGISTRACE	6
1.3. FUNKCE TOTÁLNÍCH STANIC	6
1.4. DĚLENÝ KRUH.....	8
1.5. ODRAZNÝ SYSTÉM (AKTIVNÍ X PASIVNÍ)	9
1.6. DÁLKOMĚŘ.....	10
1.7. PŘESNOST ELEKTRONICKÝCH DÁLKOMĚŘŮ.....	11
2. DIGITÁLNÍ NIVELAČNÍ PŘÍSTROJE	13
3. LASEROVÉ SKENOVÁNÍ	15
3.1. TERESTRICKÉ 3D SKENOVÁNÍ.....	15

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

1. Totální stanice

Totální stanice (TS) je v podstatě elektronický teodolit vybavený elektrooptickým dálkoměrem (v dnešní době se často používá dálkoměr pulzní nebo jeho kombinace s frekvenčním dálkoměrem). Slouží k měření nebo vytyčování vodorovných a svislých úhlů, délek a k registraci těchto hodnot (dat) s možností práce s nimi přímo v přístroji (pro jednoduché úlohy se nemusí vždy nutně připojovat k počítači). Délky mohou být měřeny buď pomocí odrazného hranolu, nebo v bezhranolovém módu - odrazem přímo o povrch měřeného objektu.

První přístroje se na trhu objevily zhruba v devadesátých letech 20. století a pro jejich všestrannost se jim začalo říkat totální stanice. Uměly totiž měřit jak úhly, tak délky.

Minulost



Současnost



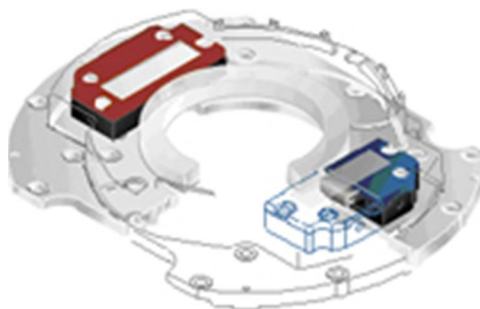
Obr. 1: Sokkia SET 4B a Leica Nova MS50 Multistation (zdroj: <http://www.glm-laser.com>, <http://www.gefos-leica.cz>)

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

1.1. Základní charakteristika

Současné totální stanice umožňují bezhranolové měření vzdáleností pomocí velmi úzkého laserového paprsku, kterým je možno měřit i malé detaily v místech, která jsou velmi těžko přístupná. Zabudované počítače v TS umožňují pracovat s moderními výpočetními programy a zobrazovat data na grafických displejích totálních stanic. Data jsou ukládána do interní paměti, případně na paměťovou kartu. Moderní totální stanice také disponují USB porty a Bluetooth pro snadné přenosy dat.

Přístroje jsou dnes často servomotorické, to znamená, že pohyb obstarávají servomotorky a přístroj se tedy dokáže otáčet i sám, což se velice často používá při vytyčování, zaměřování (například s tzv. one man systémem) nebo automatickém monitoringu (staveb, skalních stěn atp.).



Obr. 2: Ukázka motorizace založení na piezoelektrickém pohonu (zdroj: <http://www.surveyequipment.com>)

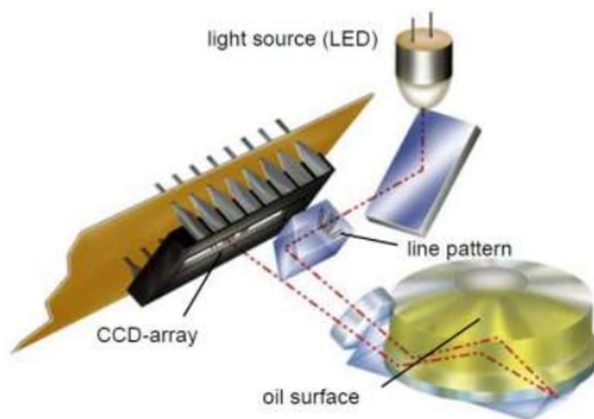
Takzvané motorizované totální stanice a robotizované totální stanice umožňují samočinné vyhledání cíle, tj. odrazného hranolu nebo odrazného štítku, často je tato technologie označována jako „Autopointing“ a automatizované sledování těchto cílů za pohybu, tato technologie je označována jako „Autotracking“.

V případě takzvaného „one man“ systému totální stanice pracují zcela samostatně a jsou plně ovládány operátorem pomocí bezdrátových technologií. V tomto případě stroj disponuje odnímatelným ovládacím panelem, který si měřič nosí s sebou a ovládá tak měření stroje. Na displeji se dá zobrazit i pohled dalekohledem a od hranolu se tedy dá cílit na jakýkoli viditelný bod.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Hrubá ustanovka bývá nahrazena třením a jemná ustanovka otáčí přístrojem v závislosti na rychlosti její rotace (jedná se o tzv. progresivní pohyb).

Přesná trubcová libela bývá nahrazena přesnou elektronickou libelou, není tedy potřeba urovnávat přístroj vždy nad dvěma stavěcími šrouby, ale může se urovnávat všemi šrouby najednou, což v praxi šetří čas. Moderní libely ke své činnosti využívají automatického křížového kompenzátoru. Výchylky přístroje od vodorovné polohy jsou převedeny na elektrické impulzy a zobrazeny na displeji. Tato zařízení jsou uváděny v činnost po hrubém urovnání krabicovou libelou. Jejich funkcí je usměrňovat chod paprsků, případně polohu odečítacích pomůcek či jiných elementů, do polohy, kterou mají správně zaujímat (vodorovná či svislá poloha). Pro urovnávání se využívá vliv zemské tíže a obecně se dělí kompenzátory na kyvadlové a kapalinové. Kyvadlové se využívají převážně u nivelačních přístrojů a teodolitů, kdežto kapalinové se využívají právě u TS. Funguje na principu odrazu paprsku sensorové diody od vždy vodorovného povrchu kapaliny v nádobce. Sensory na základě tohoto odrazu vyhodnocují polohu přístroje.



Obr. 3: Ukázka kapalinového kompenzátoru (zdroj: <http://www.surveyequipment.com>)

Některé přístroje mají také místo optického centrovače laserovou olovnici. Tato pomůcka je však méně přesná než klasický optický centrovač a pro přesné měření se nepoužívá.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Nedokonalou horizontaci signalizuje varování na displeji přístroje. Dražší typy totálních stanic mají vždy oddělitelnou třínožku s optickým centrovačem. Vlastní přístroj se ukládá do třínožky až po hrubé centraci a horizontaci třínožky, aby se zabránilo otřesům citlivých součástek přístroje.

U všech totálních stanic se k cílení používá analaktický dalekohled stálé délky. Analaktický bod se u tohoto dalekohledu nalézá dostatečně přesně na teoretické svíslé točné ose přístroje a tudíž adiční konstanta je zanedbatelně malá. Před započítím měření je třeba, stejně jako u teodolitu, zaostřit záměrný kříž.

1.2. Registrace

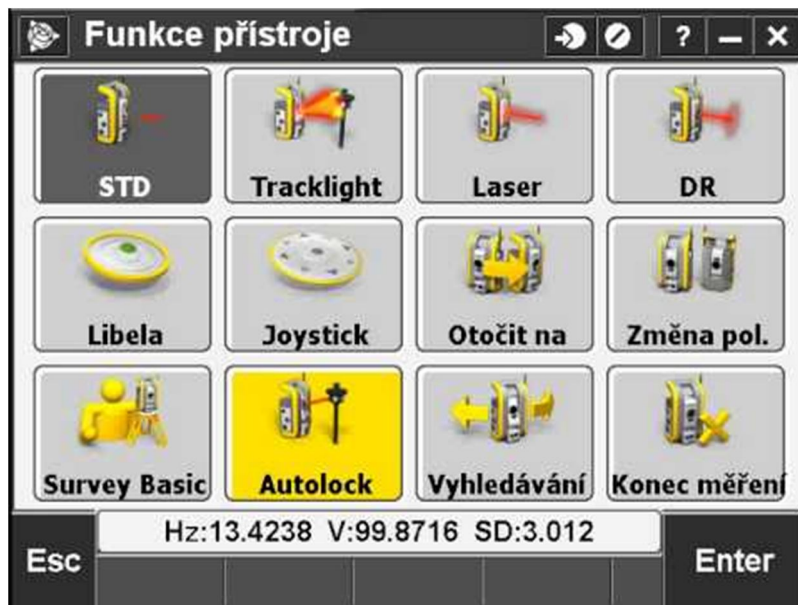
Měřené hodnoty se zobrazují na displeji a zároveň je možnost je zaznamenávat do interní paměti přístroje, eventuálně je přenést na jiné záznamové médium (flash disk, externí disk) nebo je odeslat přes mobilní internet na email nebo ftp, samozřejmostí je i možnost připojení k počítači.

Starší stanice používaly krom interní paměti ještě přídatné paměťové karty (nebo psion) a měly jednoduchý černobílý displej. Moderní stanice mají barevné dotykové displeje s vysokým rozlišením, což umožňuje spoustu nových možností práce s daty. Přístroje v sobě dnes mají operační systém a vnitřní paměť několik GB (podobně jako moderní telefony, tablety či jiná chytré zařízení).

1.3. Funkce totálních stanic

Dnešní TS jsou vybavené mikropočítači s mobilními operačními systémy (jako třeba mobilní telefony), takže není problém, aby zvládaly standardní i pokročilé výpočetní úkony stejně jako zobrazování grafiky, připojení k internetu, datové přenosy a spoustu dalšího. Není například problém posílat naměřená data ke zpracování rovnou z přístroje do kanceláře. Dají se dokoupit speciální moduly pro práce na silnicích, železnicích, tunelech nebo pro monitoring deformací.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obr. 4: Ukázka displej s některými funkcemi ovládání totální stanice

(zdroj: <http://www.geotronics.cz>)

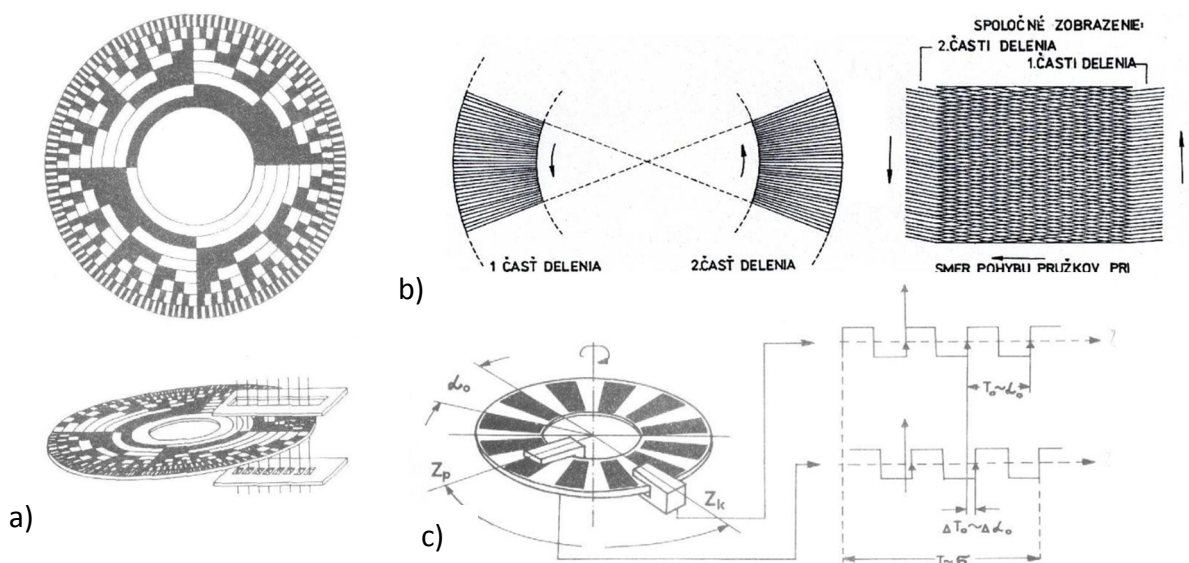
- zaměřování (Známý bod + orientace, volné stanovisko, referenční přímka)
- vytyčování (Známý bod + orientace, volné stanovisko, referenční přímka)
- funkce pro vedení kresby, manažer bodů, správce zakázky
- funkce pro výpočet ploch a objemů
- kalibrovaná kamera pro průřezovou fotogrammetrii, pořizování dokumentace, tvorbu náčrtů fasády, ...
- laserové skenování (řádově až tisíc bodů za vteřinu, je ovlivněno stupněm podrobnosti skenování a rychlostí otáčení – laserové skenery dokáží měřit i milion bodů za vteřinu)
- kinematické snímání bodů (zamknutí na hranol)
- autotracking

V případě měření nadbytečného počtu veličin jsou přístroje schopny počítat průměry, odhady přesnosti, případně i provést vyrovnání MNČ. Následující kancelářské práce jsou tak sníženy na minimum. V současnosti se již vyrábějí přístroje s možností tvorby kresby přímo v terénu.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

1.4. Dělený kruh

Dříve se používaly skleněné kruhy s klasickou setinnou leptanou stupnicí, poté přišly kódové kruhy a prosvětlovací maskou a dnes se používají kódové kruhy s čárovým kódem. Přesnost určení úhlů závisí na účelu, pro který bude TS používána (delí se na TS stavební, přesné a velmi přesné). Obecně se dá říci, že stavební TS určují úhly na desítky vteřin, přesné na vteřiny a velmi přesné na zlomky vteřin – strojírenství, letecký, automobilový průmysl, atd.



Obr. 5: Ukázka dřívějšího elektronického odečítání dělených kruhů – a) kódový metoda, b) inkrementální (impulzová) metoda, c) dynamická metoda



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Obr. 6: Ukázka odečítací pomůcky – CCD senzor a proti němu dělený kruh s čárovým kódem, umožňuje i několik tisíc odečtů za sekundu, odečítací pomůcky jsou rozděleny rovnoměrně po celém kruhu a bývá jich od dvou do osmi (zdroj: <http://www.surveyequipment.com>)

1.5. Odrazný systém (aktivní x pasivní)

- Bezhranol
- Klasický hranol nebo hranolová soustava
- Všesměrový hranol
- Přesný vytyčovací a monitorovací minihranol
- Odrazný štítek

aktivní identifikace – umožňují zamknutí a sledování hranolu bez ohledu, jestli jsou v okolí jiné hranoly nebo odrazné prvky – vyloučení možnosti cílení na nesprávné cíle



Úzký měřický paprsek (neviditelný)

Bezhranolový mód



Délkový měřický rozsah

Hranolový mód



Obr. 7: Ukázka odrazných hranolů – zleva klasický a hranolová souprava, všesměrný hranol, hranol s aktivní identifikací, přesný vytyčovací minihranol, monitorovací minihranol a odrazný štítek

(zdroj: <http://www.surveyequipment.com>, <http://geopen.cz>)

Obecně platí, čím větší odrazná plocha, tím větší dosah. Klasický hranol může mít dosah okolo 1-2 km, hranolová soustava ještě mnohem větší. Monitorovací, všesměrové a přesné vytyčovací hranoly se dají použít do vzdáleností okolo 0,5-1 km. Odrazné štítky do vzd. 200-300 m.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

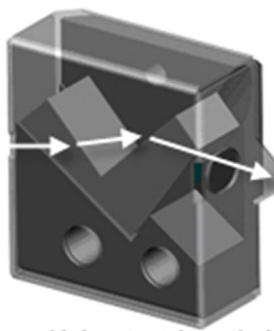
Vždy je potřeba počítat při měření s tím, že každý hranol má jinou součtovou konstantu a podle toho si měnit nastavení přístroje, jinak budou všechny měřené délky zatíženy chybou!

1.6. Dálkoměr

K měření délek se používají světelné dálkoměry s přesností měřené délky v rozsahu středních chyb od $1\text{mm} + 1\text{ppm} \cdot s$ až $5\text{mm} + 5\text{ppm} \cdot s$ s dosahem od 500 m do 5 km, výjimečně do 15 km. Dálkoměr se nachází přímo v dalekohledu a má s ním společnou optickou osu. Dříve se hojně používaly dálkoměry fázové, dnes se používají dálkoměry pulzní, které fungují na principu určování tranzitního času a znalosti konstanty rychlosti světla ve vakuu anebo kombinované dálkoměry.

Zdrojem světla je helium-neonová dioda (laser). Jelikož se jedná o stimulovanou emisi záření, mohou některé lasery poškodit zrak, záleží na třídě bezpečnosti. Obecně ale platí, že dálkoměry s větším dosahem mají i silnější zdroj světla. Také bezhranolové měření využívá silnějšího signálu, jelikož zde dochází k větším ztrátám. V tomto režimu by se též nemělo cílit na hranol, jelikož by se vlivem silného odrazu mohlo poškodit čidlo.

S měřenou vzdáleností klesá přesnost!



Obr. 8: Ukázka koaxiálního hranolu EDM systému – výsledkem je, že laserový paprsek je souosý s optickou osou dalekohledu (zdroj: <http://www.surveyequipment.com>)

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

1.7. Přesnost elektronických dálkoměrů

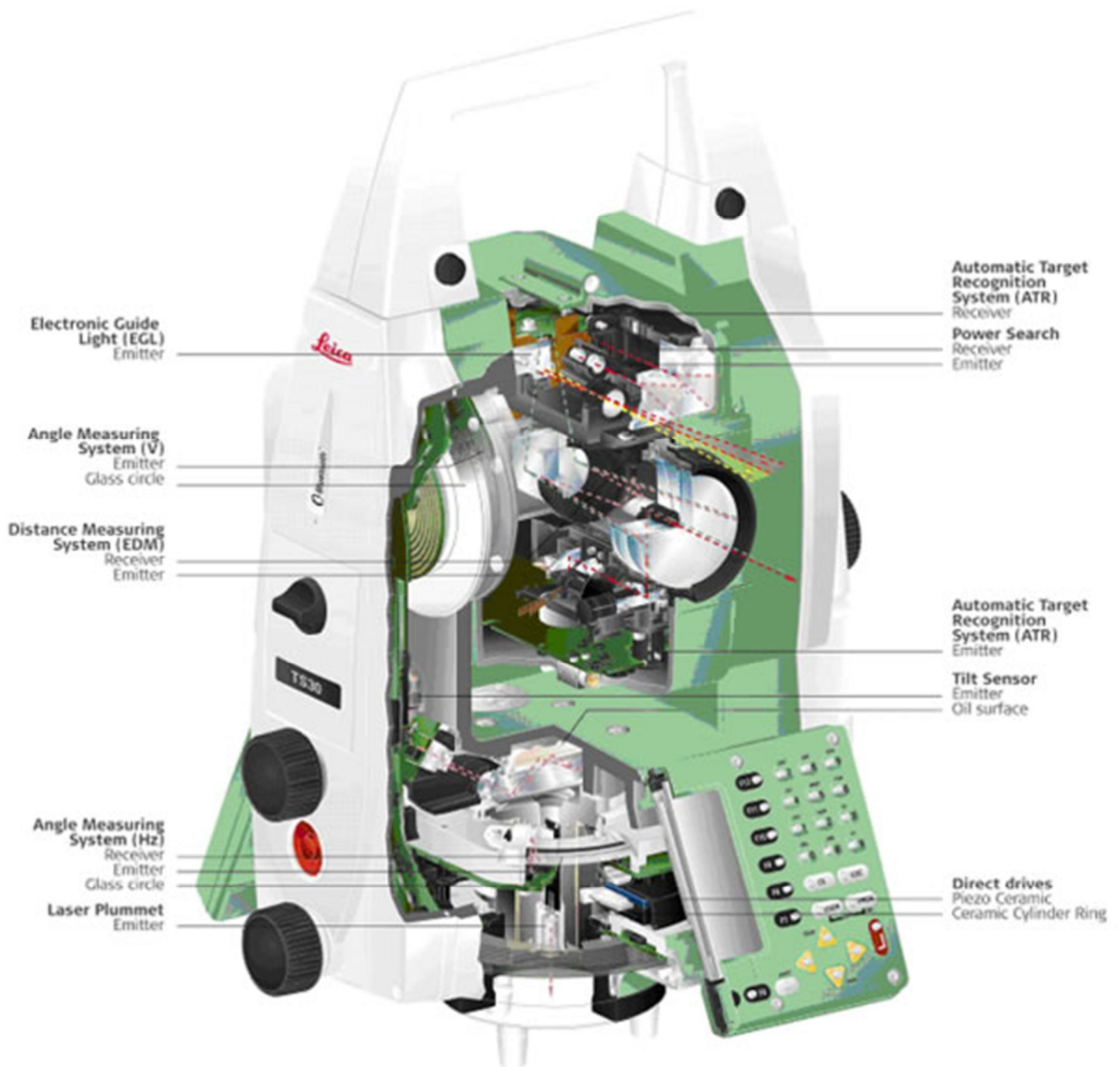
Kvalita dálkoměrů je vyjádřena přesností měření délek, která je závislá na použitém typu dálkoměru. Tato hodnota je dána výrobcem a má základní tvar:

$$md=X[mm]+Y[ppm],$$

kde X je konstantní část směrodatné odchylky a Y je proměnná část, která se mění v závislosti na velikosti měřené délky. Jednotka ppm značí miliontinu celku. Příkladem může být udávaná přesnost dálkoměru Topcon GPT-7501 ve standardním režimu měření na hranol 2mm + 2ppm. Tato přesnost znamená, že chyba měření vzroste o dva milimetry na každý kilometr délky. Takže při měření vzdálenosti na 1 km dosahuje směrodatná odchylka měřené délky 4 mm. Směrodatné odchylky uváděné výrobcem v sobě zahrnují jak vliv náhodných tak systematických chyb, které nelze určit samostatně. Také nelze zmírnit vliv systematických chyb měřickým postupem, jak je to např. u měření směrů ve vyšším počtu skupin, protože vyšší počet opakování měřené délky nezvýší její přesnost.

Postup měření s totální stanicí (ostatně jako i s jinými moderními geodetickými pomůckami) nebývá obtížný. Po krátkém zácvičku a důkladném prostudování příloženého návodu k obsluze jej může provádět každý. Vzhledem k ceně přístroje, která představuje zhruba hodnotu nového osobního automobilu, je však třeba, aby jeho obsluha věnovala převozu i práci s ním patřičnou pozornost.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obr. 9: Ukázka řezu totální stanicí Leica TM30 Monitoring Total Station (zdroj: <http://www.surveyequipment.com>)

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

2. Digitální nivelační přístroje

Digitální nivelační přístroje dnes velice konkurují svou přesností i cenou klasickým optickým přístrojům. Kromě převýšení dokáží měřit i vzdálenosti. Místo klasické „Éčkové“ latě se používá lať s čárovým kódem (ten je charakteristický pro každého výrobce, případně i model). Pro technickou a plošnou nivelaci se používají lehké teleskopické latě dlouhé 4-5m (pro optické čtení je z druhé strany milimetrová stupnice), pro přesnou nivelaci se používají latě pevné, invarové, dlouhé 1-3m. Přístroje jsou vybavené displejem a interní pamětí pro ukládání měření. Kromě toho obsahují programy pro různé druhy nivelace, pro vytyčování výšek nebo výpočet měření s vyrovnáním. Dá se též nastavit, kolikrát se odečte převýšení během jednoho měření.



Obr. 10: Digitální nivelační přístroj Leica Sprinter 150 a Leica DNA 10 (zdroj: www.geoserver.cz)

Princip měření zůstává zachován, odpadá ale chyba z nepřesného čtení na lati a chyba z přepsání. Pro měření musí být dobře zaostřeno, jelikož přístroj porovnává obraz latě s obrazem v paměti (zpravidla stačí vidět cca 30 cm laťové stupnice).



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Přesnost měření záleží na modelu. Délky se určují s přesností na několik cm, úhly se dají odečítat pomocí indexu na analogovém děleném kruhu, u dražších i přístrojů se zobrazují digitálně na displeji.

Délka záměry se pohybuje mezi 2-100m, Záleží také na světelných podmínkách. Přístroje jsou obecně citlivější na množství světla, dopadajícího do dalekohledu (přístroj pak není schopen rozpoznat čárový kód). Někdy stačí měřenou část přisvítit baterkou, jindy je lepší (a rychlejší) přečíst převýšení opticky a ručně ho vložit.

K hrubému urovňání se používá krabicová libela, zbytek dorovnáva kompenzátor (někdy ve spojení s magnetickým tlumením pro práci v provozech, kde je přístroj vystaven chvění. Hrubá ustanovka chybí, je nahrazena třením. V dalekohledu jsou stále dálkoměrné rysky pro optické určování vzdáleností.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

3. Laserové skenování

Jedná se o velice progresivně se rozvíjející odvětví geodézie. Uplatňuje se při pořizování leteckých i pozemních dat.

Své využití nachází především v oblastech, kde je potřeba pořídit přesná 3D data – digitální model reliéfu a terénu, zaměření důlních prostor, členitých fasád, průmyslových komplexů nebo třeba strojírenských prvků.

Laserové zařízení může být umístěné staticky na zemi (pozemní/terestrické skenování) nebo dynamicky v letadle, vrtulníku či na automobilu. U dynamické metody se ve chvíli vyslání paprsku zaznamenává ještě směr paprsku pomocí diferenciálního GNSS (globálního navigačního satelitního systému) a inerciální navigace.

Primárním výstupem laserového skenování je takzvané mračno bodů, jedná se o soubor prostorových souřadnic všech měřených bodů.

Pro účely výuky na střední škole zde bude popsána pouze metoda pozemního skenování, která je dnes v praxi zcela běžná.

3.1. Terestrické 3D skenování

Pozemní laserové skenování umožňuje bezkontaktní sběr bodů pro různé studie, vizualizace a plánování, 3D modelování složitých objektů (průmyslové areály, interiéry, fasády historických staveb, podzemní prostory, archeologická naleziště, ...), dokumentaci skutečného stavu (silnice, železnice, vodní toky, ...), geografické informační systémy GIS a tvorbu digitálního modelu reliéfu a terénu. Měření je mimořádně rychlé, přesné a komplexní.

Výhodou těchto metod je především:

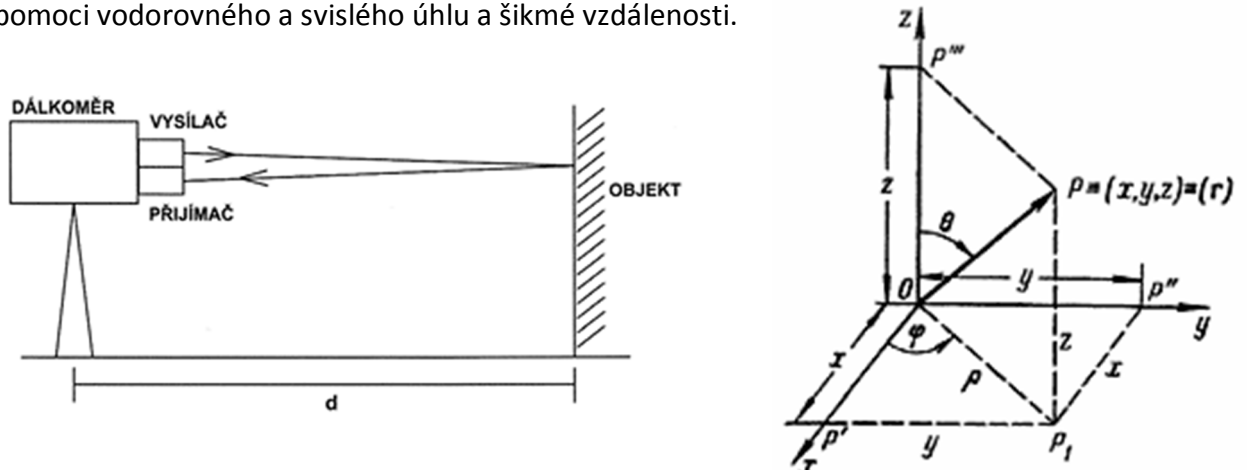
- přesné zaměření, produktivita práce, finančními úspory
- automatický a systematický sběr bodů bez ohledu na světelné podmínky
- zkrácení práce v terénu, podstatně vyšší bezpečnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- měření za „plného provozu“, popř. s výraznou redukcí délky odstávky náročných provozů na minimum
- možnost výpočtu souřadnic v reálném čase
- možnost přiřadit souřadnicím bodu i hodnotu odrazivosti nebo pixelovou hodnotu
- rychlé zpracování 3D modelů

Dnešní laserové skenery využívají pro měření prostorové vzdálenosti k bodu pulzní laserovou technologii, podobně jako moderní totální stanice. Paprsek je rozmítán pomocí zrcadla nebo hranolu.

Souřadnice každého bodu se pak počítají prostorovou polární metodou, tj. za pomoci vodorovného a svislého úhlu a šikmé vzdálenosti.



Obr. 11: Vlevo princip laserového skeneru a vpravo schéma určování polohy bodu (zdroj: www.quantum3d.cz)



Obr. 12: Laserový skener Leica Cyrax HDS3000 s programovým vyhodnocovacím systémem Cyclone ver. 5 a detailem vřícovacího bodu – obrázek nádrže pro strategické zásoby pohonných hmot Česka (Loukov)

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Způsob rozmítání paprsku:

- rozmítání laserového paprsku pomocí rotujícího zrcadla, spojením dvou zrcadel lze svazek vychylovat ve dvou směrech
- rozmítání pomocí rotujícího optického odrazného hranolu, ten má obvykle tvar pravidelného n-úhelníku, výhodou oproti zrcadlu je, že neslepne, navíc lze docílit vyšší rychlosti pohybu svazku paprsků (v závislosti na počtu hran)

Rozdělení pozemních skenerů

Víceúčelové skenery

- jsou určeny pro běžnou práci, v geodézii nejčastěji používané (další výklad se bude soustředit právě na tuto technologii – viz další stránka)

Triangulační skenovací systémy

- jsou určeny pro skenování malých předmětů na krátké vzdálenosti s vysokou přesností, uplatnění nalézají ve strojírenských aplikacích a v oblasti archeologie

Totální stanice s možností laserového skenování

- jsou geodetické přístroje vybavené servoustanovkami, bezhranolovým dálkoměrem a programem umožňujícím automatické měření v zadaném rozsahu, rychlost skenování je v řádech stovek bodů za sekundu

Speciální systémy

- jednoúčelové, např. skenování dutin

Kinematické systémy

- skener je v neustálém nepravidelném pohybu

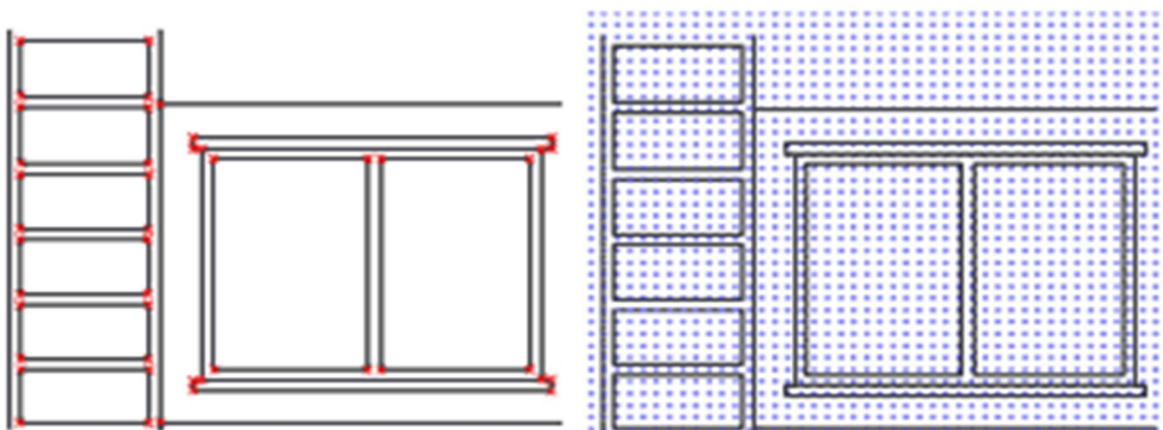
Víceúčelové skenery

Na rozdíl od klasického měření s totální stanicí, kdy si měřič vybírá, které body zaměří, při měření se skenerem se body nevybírají, skeneru se pouze určí rozsah, tj. odkud a kam má skenovat a rozlišení podrobných bodů. Body se zaměřují v pravidelné mřížce (rastru). U starších skenerů se rozptyl bodů (podrobnost zaměření) udával horizontální a vertikální deklinací (odklonem paprsku v řádu vteřin až minut, záleželo hlavně na průměrné vzdálenosti od předmětu), zároveň měření probíhalo

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

pouze v jedné rovině s jedním paprskem. Dnes se přesnost zaměření nastavuje přímo v milimetrech nebo centimetrech pro průměrnou vzdálenost k předmětu, deklinaci si pak přístroj spočítá sám z těchto hodnot. Též se u současných přístrojů velice zkrátila doba měření, jelikož paprsek je vychylován hned v několika rovinách najednou.

Na obrázku dole je vidět porovnání měření: vlevo selektivní výběr - zaměření charakteristických bodů na fasádě pomocí totální stanice, vpravo neselektivní výběr - mračno bodů zaměřené laserovým skenerem.



Obr. 13: Porovnání klasického zaměření a laserového skenování (zdroj: www.cad.cz)

Dosah měření je cca do 300 m, rychlost v řádu tisíc až stovek tisíc bodů za sekundu, přesnost okolo 5–50 mm podle potřeby a vzdálenosti.

Výsledkem měření je tzv. “mračno bodů“, které se může dále zpracovávat (vytvářet plochy, prokládat daty jednotlivá geometrická primitiva, vyhotovovat libovolné řezy, modely atp.).

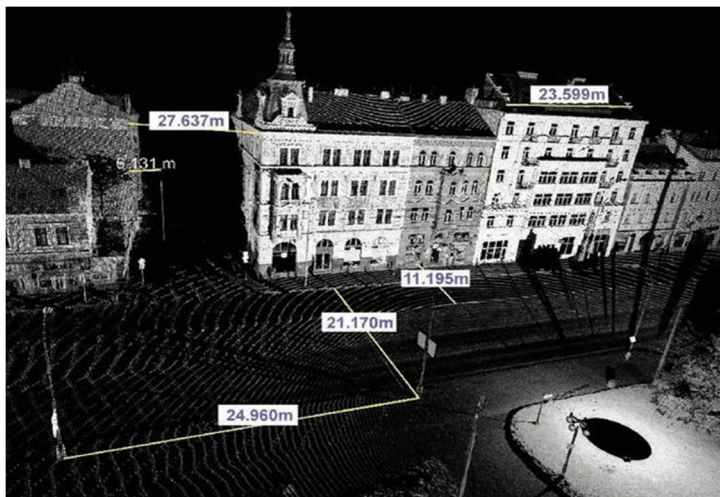
Prezentace výsledků zpracování nebo samotného mračna bodů je možná v běžných CAD formátech (*.dxf, *.dwg, *.dgn).

Možnosti výstupů:

- prosté mračno bodů (soubor diskrétních bodů definovaných 3D souřadnicemi)

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- texturované mračno bodů (každému bodu je přidělena reálná obrazová informace z digitálních fotografií, a tak je situace pro uživatele přehlednější)
- vektorový model
- 2D řezy a pohledy
- 3D vizualizace a animace



Obr. 14: Ukázka mračna bodů: vlevo prosté a vpravo texturované (zdroj: www.cad.cz)

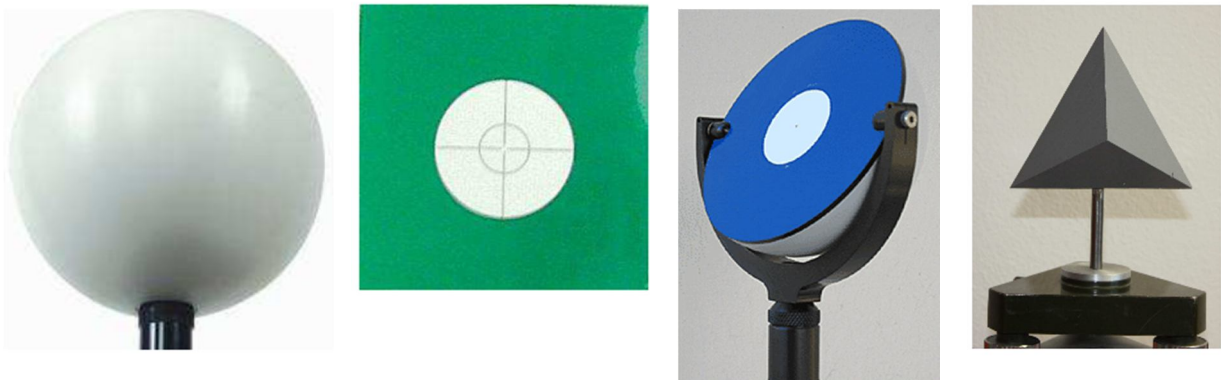
Postup práce

Nejdříve je nutné prostor řádně rekognoskovat, zvážit účel skenování (detailnost a požadovaná přesnost, ...), možnosti skeneru (hustota skenování, dosah, zorné pole, ...), zhodnotit povrch a tvar předmětu skenování (zákryty a pohltivost signálu). Dále si musí měřič zvolit vhodná stanoviště pro skenování s dobrým překryvem, aby bylo možné data dobře spojit a vznikl tak komplexní model. Poté následuje signalizace a zaměření vlíčovacích bodů. Ty slouží jednak pro navázání jednotlivých mračen bodů na sebe a zároveň k určení měřítka a orientaci modelu v prostoru (transformaci do zvoleného souřadnicového systému). Často se tyto body zaměřují z volného stanoviště přímo do S-JTSK a Bpv. Přesnost těchto bodů ovlivňuje přesnost výsledného modelu, proto se zaměřují totální stanicí s velkou pečlivostí a při skenování se pak zaměřují s vysokým rozlišením (jejich středy jsou následně

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

automaticky vyhodnoceny). V poslední fázi se provede samotné podrobné skenování. V tuto chvíli by v zaměřovaném prostoru měla probíhat stavební odstavka a všechny překážky by měly být odstraněny, aby měření nebylo znehodnocené. Stanoviska totální stanice a skeneru jsou obecně nezávislá.

Pro vlíčovací body se nejčastěji používají přirozené body (výstupky a ostré rohy), kulové či polokulové cílové znaky, kruhové terče s vysokou odrazivostí, odrazné fólie. V některých případech lze pracovat i bez vlíčovacích bodů.



Obr. 15: Ukázka vlíčovacích bodů: kulový terč, odrazný štítek, kruhový rovinný terč, kombinovaný s polokulovou plochou, vlíčovací bod ve tvaru jehlanu (vlastní výroba ČVUT)

(zdroj: HODNOCENÍ PŘESNOSTI URČENÍ POLOHY VLÍCOVACÍCH BODŮ SKENOVACÍM SYSTÉMEM LEICA HDS3000, Smítka, 2011)

Při skenování skener buď automaticky pozná vlíčovací bod (nejčastěji díky jeho vysoké odrazivosti), nebo se dá tento bod manuálně vybrat ve zpracovatelském programu.

Získané mračno bodů se zpravidla dále upravuje:

- spojování jednotlivých mračen v jeden model
- klasifikace (rozdělení mračna např. podle odrazivosti, materiálů, ...)
- čištění a redukce dat (odstranění šumu, nepotřebných dat, chybných bodů, ...)

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

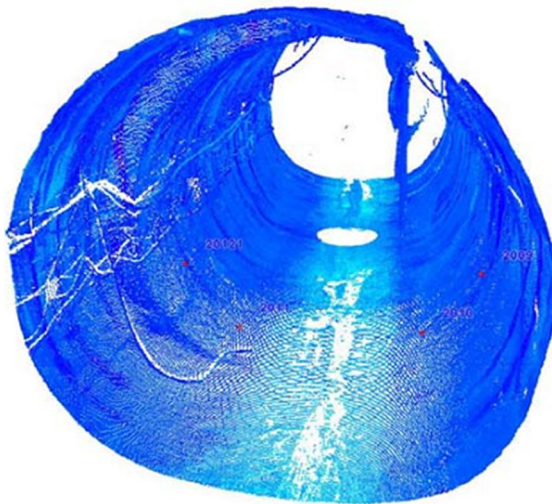
- zpracování měření, aproximace objektů matematickými primitivy (rovina, koule, válec, ...), modelování s využitím např. trojúhelníkové sítě
- vizualizace (přiřazení barev, textur, materiálů, tvorba animací, ...)

Ukázka použití a zpracování při zaměřování tunelů

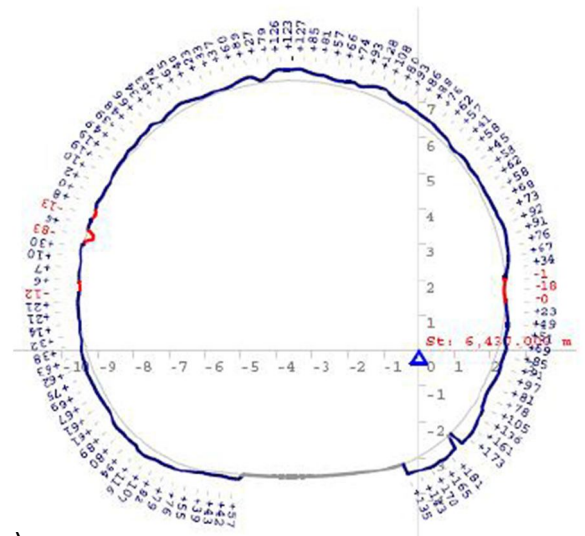
- zaměření skutečného stavu
- kontrola nadvýlomů/podvýlomů a kubatur
- tvorba řezů
- hypsometrické mapy odchylek



a)

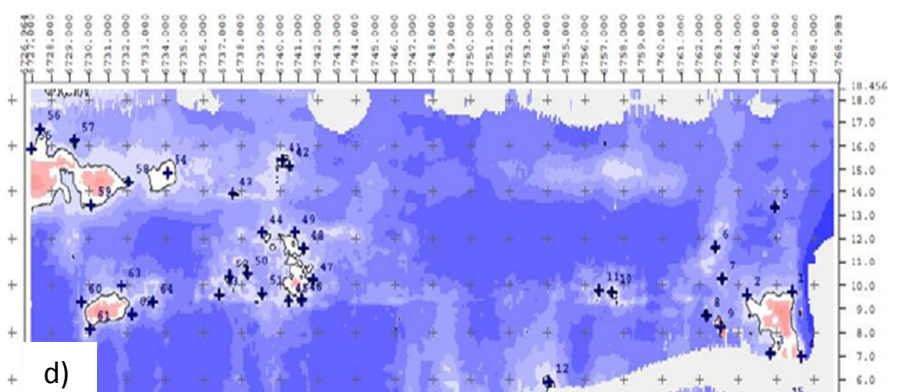


b)



c)

Obr. 16: Ukázka měření a vyhodnocení v tunelu Blanka v Praze – a) pracující laserový skener v tunelu, b) částečně očištěné mračno bodů (červeně vličovací body), c) příčný řez tunelem (červeně podvýlomy, modře nadvýlomy), d) rozvinutý plášť tunelové trouby s hypsometrickým vyznačením



d)