

Názov prednášky:

Základné princípy pozemného merania

Názov prednášky:

Týždenný rozsah: 1 prednáška/2cvičenia

Vyučujúci:

RNDr. Ján Kaňuk, PhD.

Osnova prednášky:

Obsah predmetu

Podmienky absolvovania predmetu

Študijná literatúra

Základné princípy pozemného merania - stručný úvod do geodézie, definícia základných pojmov

Základné geodetické metódy a ich porovnanie, zdroje a typy chýb

Obsah predmetu

1. Základné princípy pozemného merania - stručný úvod do geodézie, základné geodetické metódy, ich porovnanie, definícia základných pojmov – PH1
2. Teória chýb, zdroje chýb, – PH1
3. Fyzikálne princípy merania laserovým skenerom; – PH1
4. Plánovanie projektu skenovania; Teória geometrie skenovania – PH2
Priebežné hodnotenie 1
5. Súradnicové transformácie - pomocou identických bodov a použitím GNSS, hrubá registrácia, viacstaničné vyrovnanie – PH2
6. Softvéry na spracovanie, analýzu a registráciu dát – PH2
7. Technické aspekty laserových skenerov a ich prídavných zariadení, výrobcovia a porovnanie – PH3
Priebežné hodnotenie 2
8. Tvorba odvodených dát podľa vybraných parametrov – PH3
9. Tvorba povrchov prostredníctvom mesh-e a odvodzovanie parametrov – PH3
10. Aplikácie
Priebežné hodnotenie 3

Podmienky absolvovania predmetu

Týždenná hodinová dotácia

1 prednáška / 2 cvičenia

Hodnotenie – plný počet bodov je 100

Priebežne hodnotenie – 3 = 50 bodov

Záverečný test – 1 (test) x 50 bodov = 50 bodov

Hodnotenie je založené na kombinácii priebežnej kontroly na cvičeniach a skúšky.

Priebežná kontrola sa realizuje počas výučbovej časti a zahŕňa 3 písomné testy a hodnotenie práce na cvičeniach. Na skúšku sa môže prihlásiť študent, ktorý v priebežnej kontrole získal hodnotenie minimálne na úrovni známky E. Výsledné hodnotenie je váženým priemerom hodnotenia z priebežnej kontroly (50%) a skúšky (50%).

Kredity sa udelia len študentovi, ktorý v každej časti hodnotenia dosiahne hodnotenie minimálne na úrovni známky E.

Priebežné hodnotenie

hodnotenie z cvičení

Záverečný test

dohodnutý termín v skúškovom období

Výsledné hodnotenie

A: 100 – 90 bodov

B: 89 – 80 bodov

C: 79 – 70 bodov

D: 69 – 60 bodov

E: 59 – 50 bodov

Študijná literatúra

Dúbravčík, M., 2005: Prostriedky digitalizácie. Transfer inovácií [online]. 2005, 8, [cit. 2011-12-07]. Dostupné z: <http://www.sjf.tuke.sk/transferinovacii/pages/archiv/transfer/8-2005/pdf/52-54.pdf>, ISBN 80-7093-6.

Marshal, G. F., 2004: Handbook of optical and laser scanning. NewYork: Marcel Dekker, 2004, 792p., ISBN 08-247-5569-3.

Vosselman, G.& Mass, H. G., 2010: Airborne and terrestrial laser scanning. 1 edition. Boca Raton: CRC Press, 2010.

Control system - Laserové skenování - geodetické práce [online]. 2010, [cit. 2012-03-11]. Dostupné z: <http://www.controlsystem.cz/>.

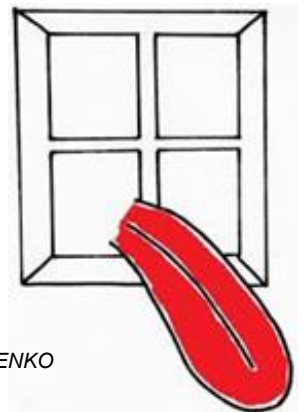
Surphaser 3D Scanners [online]. 1995-2011, [cit. 2012-03-11]. Dostupné z: <http://www.surphaser.com/>.

Pozemné laserové skenovanie

- Pozemné laserové skenovanie (PLS)
- **Terestrické laserové skenovanie** (TLS)
- Terestriálne laserové skenovanie (TLS)
- Terrestrial Laser Scanning (TLS)
 - terrestrial → zemný
 - pozemský
 - pozemný
 - týkajúci sa Zeme
 - suchozemský



- terestriálny (slovník cudzích slov) = pevninský, pozemský, pozemný, týkajúci sa Zeme
- terestrický (slovník cudzích slov) = pevninský, pozemský, pozemný, týkajúci sa Zeme



JAZYKOVÉ OKIENKO

TLS – meranie – úvod, základné poznatky

Pozemné (terestrické) laserové skenovanie (TLS) je najmodernejšia technológia na „presné“ **zmeranie** (*vymeriavanie, meranie, snímanie, mapovanie, ...*) reliéfu terénu, krajiny, krajinných objektov....

Meraním na/pod/nad zemským povrchom sa zaoberá **geodézia** a príbuzné vedné disciplíny (geografia, geoinformatika,)

Náplňou geodézie (vo význame mapovania tiež pre geografiu, geoinformatiku, ...) je:

- **meranie** (zber dát)
- **výpočty** (spracovanie dát)
- **zobrazovanie** (grafické, napr. tvorba máp, plánov, projektov,....)

Slovo geodézia má grécky pôvod a je zloženinou dvoch slov: **geo** – zem a **daisia** – delenie, (delenie parciel)

V Aristotelových spisoch (384-322 pr.n.l.) termín **geodézia** označoval rozmeriavania a rozdeľovanie pozemkov na poľnohospodárske obrábanie.

surveying – data collection



data processing



data graphic displaying



Meranie – úvod, základné poznatky

Meranie = určenie = lokalizácia 1D, 2D alebo 3D polohy bodov (objektov).

Priame metódy merania (určenie 2D, 3D polohy)

- Lokalizácia ***priamym odmeraním polohy*** vo zvolenom súradnicovom systéme.

Priamo sa merajú (určujú) 1D, 2D alebo 3D súradnice $[x, y, z]$, resp. $[\lambda, \phi, h(H)]$.

Nepriame metódy merania (určenie 1D, 2D, 3D polohy)

- Vyhodnotenie súradníc polohy $[x, y, z (H)]$ ***z iných meraných veličín*** (uhly, dĺžky, výšky,).



Nepriame meranie – úvod, základné poznatky

Metódy nepriameho merania, t.j. poloha (súradnice) bodu (objektu) sa vypočíta(jú) **nepriamo** („sprostredkovane“), t.j. z iných *priamo meraných geometrických* alebo *fyzikálnych veličín*.

Používajú sa **orientačné body** o známej polohe.

K orientačným bodom meriame geometrické a fyzikálne veličiny:

dĺžky

napr. pretínanie z dĺžok

uhly

napr. pretínanie z uhlov

uhly a dĺžky

napr. tachymetria

čas (vyslaný a prijatý signál)

napr. GPS, GNSS, **TLS**

fázový rozdiel (u rádiových vln)

napr. GPS, GNSS, **TLS**



www.lubor.sk



DOKÁŽEM DO KONCA LETA
SPRAVIŤ Z TEBA GEODETA

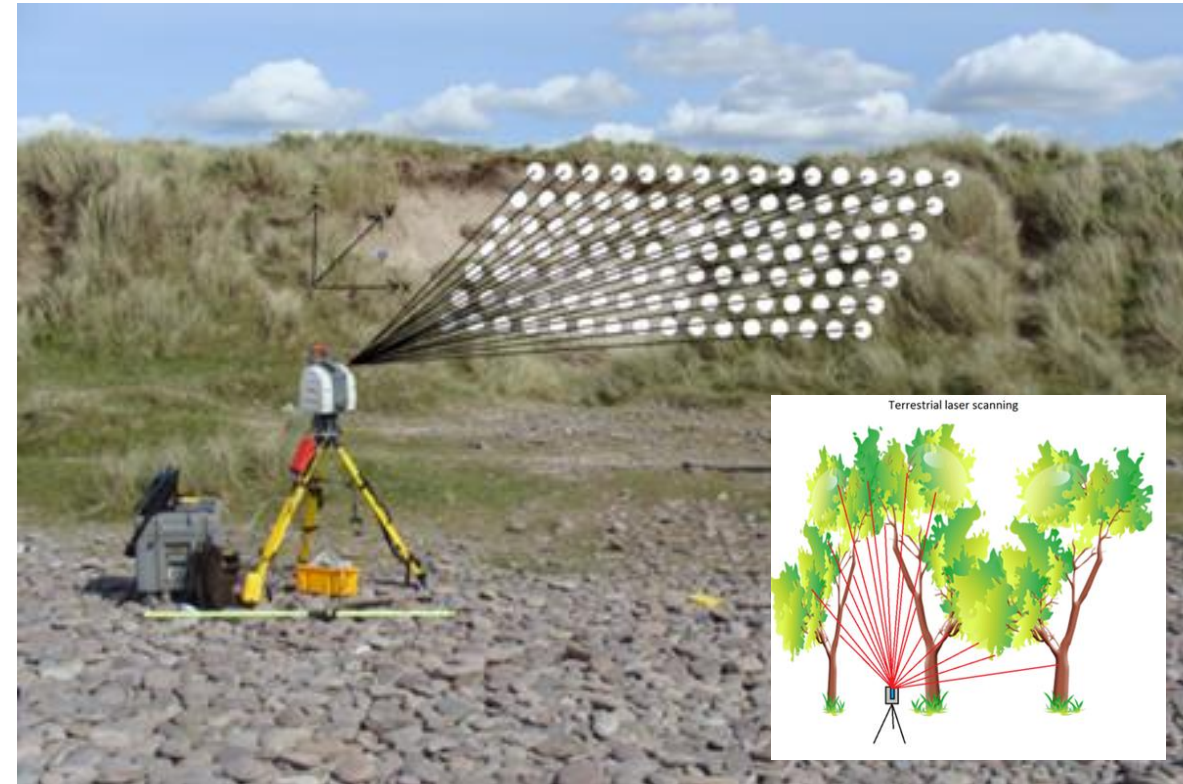
TLS

TLS = *nepriama* metóda merania (mapovania, zameriavania, lokalizácie, ...).

TLS sa „*merajú a určujú*“ 3D polohy skenovaného mračna bodov, t.j. lokalizujú sa 3D polohy bodov v danom súradnicovom systéme.

Technológia 3D TLS

- meranie (a určenie) 3D polohy bodov
- body sú usporiadané v tzv. "mračne" bodov
- princíp bezkontaktného laserového merania
- súradnice počítané polárnou metódou z meraných geometrických prvkov:
vzdialeností (dĺžok), prípadne aj uhlov
- vzdialenosti počítané z tranzitného času



Meračské prístroje a zariadenia pre pozemné meranie

Najviac používané prístroje a zariadenia

- Statív
- Kompas
- Nivelačný prístroj (automatický/digitálny)
- Totálna stanica
- GNSS / GPS (RTK)
- Laserový skener
- - Spracovanie meraní – PC softvéry (vplyv na výslednú presnosť na namerané dáta)



Meračské prístroje a zariadenia pre pozemné meranie

- Meračský statív + meračský držiak / tyč (zariadenie na stabilitu meračského / geodetického) prístroja (prípadne terča)
- ISO Standard: ISO 12858-2
- 2 triedy statívov:
 - ľahký < 5,5 kg; nosnosť < 5 kg (hliníkový, kovový)
 - ťažký > 5,5 kg nosnosť < 15 kg (drevený, sklolaminát) **najvhodnejší pre TLS**
- Chyba do merania je vnášaná cez statív!
- Lepší statív = menšia chyba!

Odporúčania:

1. Nohy/ramená statívu zatláčať do pôdy aspoň 2-krát.
2. Kruh zatlačených nôh /ramien statívu by mal byť minimálne 0,5 m v priemere (nie merať podľa kroku chôdze človeka).
3. Nechať „aklimatizovať“ statív pred meraním nejaký čas v prostredí merania ramenami (tepelná rozťažnosť).
4. Pravidelná údržba statívu (utiahnite kĺby, závesy, ...).



Nivelačný prístroj

- automatické a digitálne

Automatický niv. prístroj: využíva mechanizmus hranolového kompenzátora

Digitalny niv. prístroj: využíva fotogrametrické procesy

Presnosť: závislosť na 100 %-nom dosahu a postupu merania

- vertikálna: 0,001 m + 2 ppm

Silné stránky:

- jednoduchosť použitia
- vertikálna presnosť
- nízka cena
- minimálna potreba príslušenstva

Slabé stránky:

- žiadne možnosti horizontálnych meraní
- vyžaduje obsadiť osádku minimálne 2 osoby

* **ppm** (z angl. parts per million) je podobne ako percento spôsob, ako vyjadriť zlomok – milióntinu – celým číslom. Napríklad zápis 45 ppm znamená 45 milióntin, t. j. 0,000045, alebo 45×10^{-6} či 0,0045 %, prípadne 0,045 ‰....



Kompas

Meranie magnetického poľa

Presnosť: +/- 1 stupeň

Silné stránky:

- nízka cena
- jednoduchá manipulácia

Slabé stránky:

- nízka presnosť
- náchylný na rušenie blízkych rušivých polí (kovy)

Čo je to azimut?

Čo je to smerník?



GNSS/GPS

GNSS (GPS+GLONASS) pre určenie 3D polohy
tzv. „*Systéme satellitnej trigonometrickej triangulácie*“.



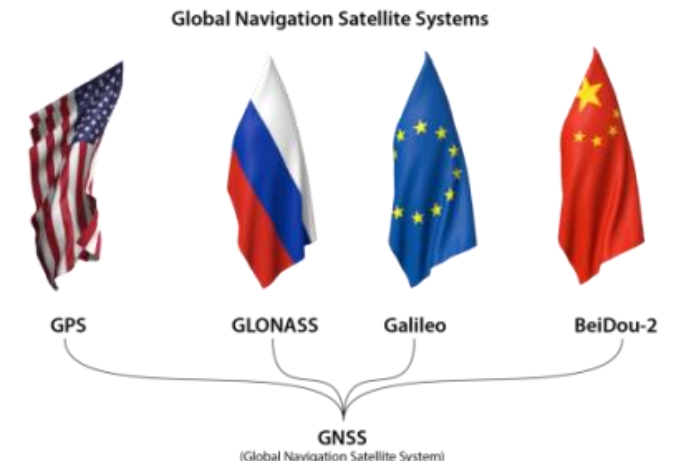
Výhody oproti terestrickým (pozemným) meračským technikám (totálne stanice, TLS, ...):

- Šetrí dobu merania, ľahká a jednoduchá preprava (prenášanie) medzi meračskými bodmi, jednoduchá a nenáročná satelitná geometria, možnosti viac-kanálových aparatúr, ...
- Základná jednoduchá konfigurácia merania: 1. prístroj - základňa (base; báza) + 2. prístroj (rover) na meraných bodoch
- Možnosť veľmi presného a rýchleho merania RTK (Real Time Kinematic) metódou: údaje použité pre Error Correction zo systému **SKPOS** .

Presnosť:

- horizontála: $0,010 \text{ m} + 1 \text{ ppm}^*$
- vertikálna: $0,020 \text{ m} + 1 \text{ ppm}$

Poznámka: Maximálna vzdialenosť medzi rover a base = 40 km.
GNSS: vid' št. predmet GNSS



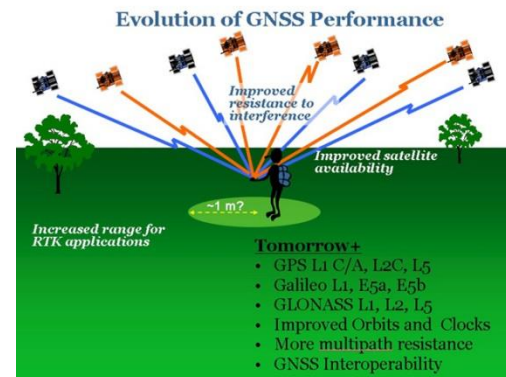
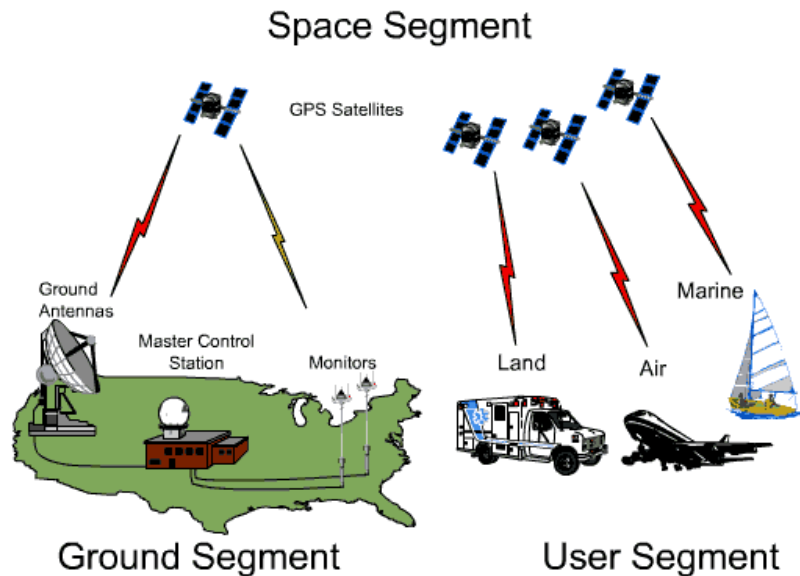
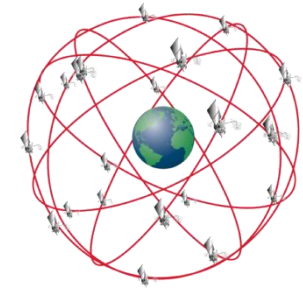
GNSS/GPS

Silné stránky:

- rýchlosť merania
- jednoduché použitie (tlačidlo)
- krátka doba spracovania

Slabé stránky:

- nižšia vertikálna presnosť
- opakovateľnosť
- vegetačné prekážky + odrazené signály od stavebných objektov (multipath, t.j. viaccestné šírenie signálu)
- povinné referenčné stanice



Totálna stanica – základné dáta a presnosť

Totálna stanica (TS) (univerzálne meračské zariadenie) kombinuje teodolit, diaľkomer a počítač v jednom systéme.

TS umožňuje merať horizontálne a vertikálne uhly rovnako ako vzdialenosti a prevýšenia.

Presnosť:

- horizontálna: $\approx 0,003 \text{ m} \pm 3 \text{ ppm}$
- vertikálna: $\approx 0,003 \text{ m} \pm 2 \text{ ppm}$

Presnosť: Pozor! Presnosť je závislá od meraných vzdialeností a geometrie meračskej siete

- horizontálna: $< 0,010 \text{ m}$ (odhad)
- vertikálna: $< 0,030 \text{ m}$ (odhad)



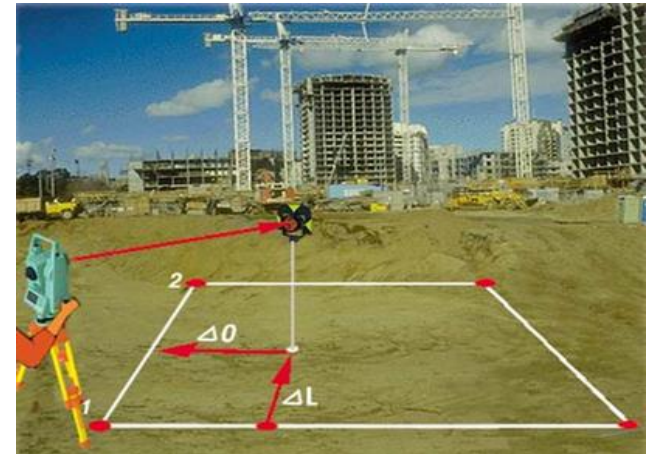
Totálna stanica

Silné stránky:

- presnosť (všeobecne)
- horizontálna presnosť (veľmi vysoká)
- flexibilita
- náklady (stredná cena TS)

Slabé stránky:

- meranie časovo náročné
- vyžaduje minimálne 2 meračov (pozorovateľov)
- nižšia vertikálna presnosť (vyžaduje nivelačné meranie v prípade požiadaviek na vysoko presné meranie)
- vyžaduje veľa doplnkov (signály, terče, výtyčky, tyče, olovnice, nabíjačky,...)



Laserový skener

Kombinuje totálnu stanicu, zrkadlový systém a zariadenie na spracovanie signálu.

Získava milióny meraní v sekundách.

Presnosť:

- horizontálna: $\approx 0,003$ m
- vertikálna: $\approx 0,003$ m

Presnosť: *Presnosť je závislá od meraných vzdialeností a geometrie meračskej siete*

- horizontálna: ≈ 0.005 m
- vertikálna: ≈ 0.005 m

Silné stránky:

- rýchlosť
- presnosť
- zachytáva celú scénu
- plne digitálny záznam
- nenáročnosť manipulácie a obsluhy

Slabé stránky:

- komplexné vybavenie (+ fotokamery)
- vysoká cena
- veľké dátové súbory

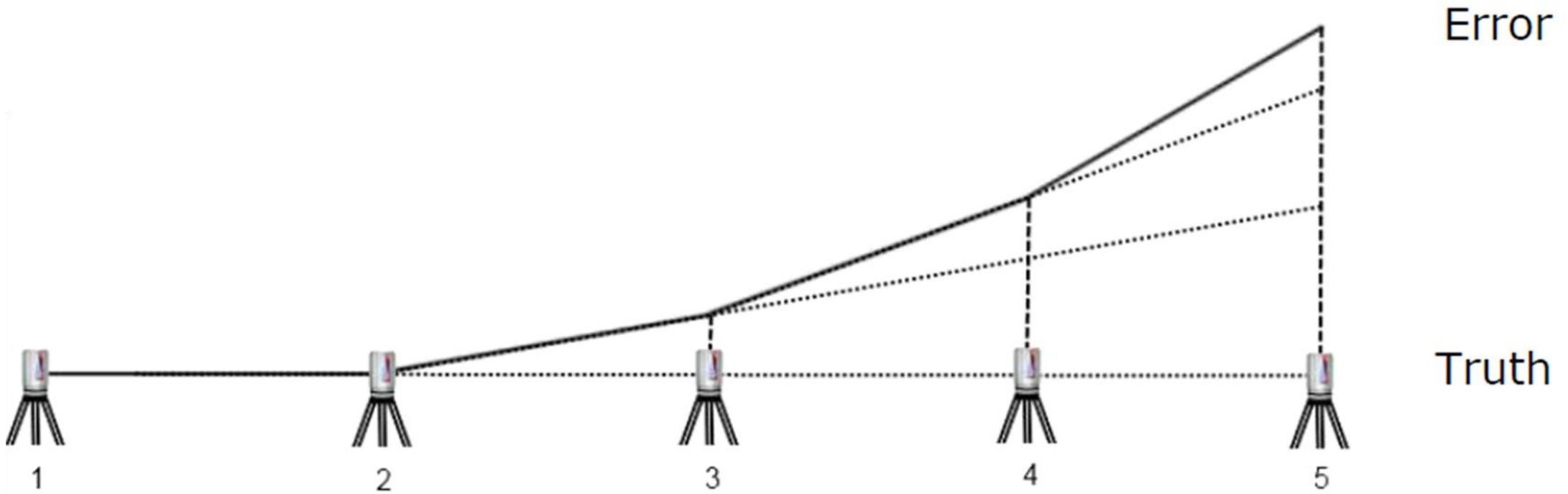


Šírenie chýb a geometria skenovania

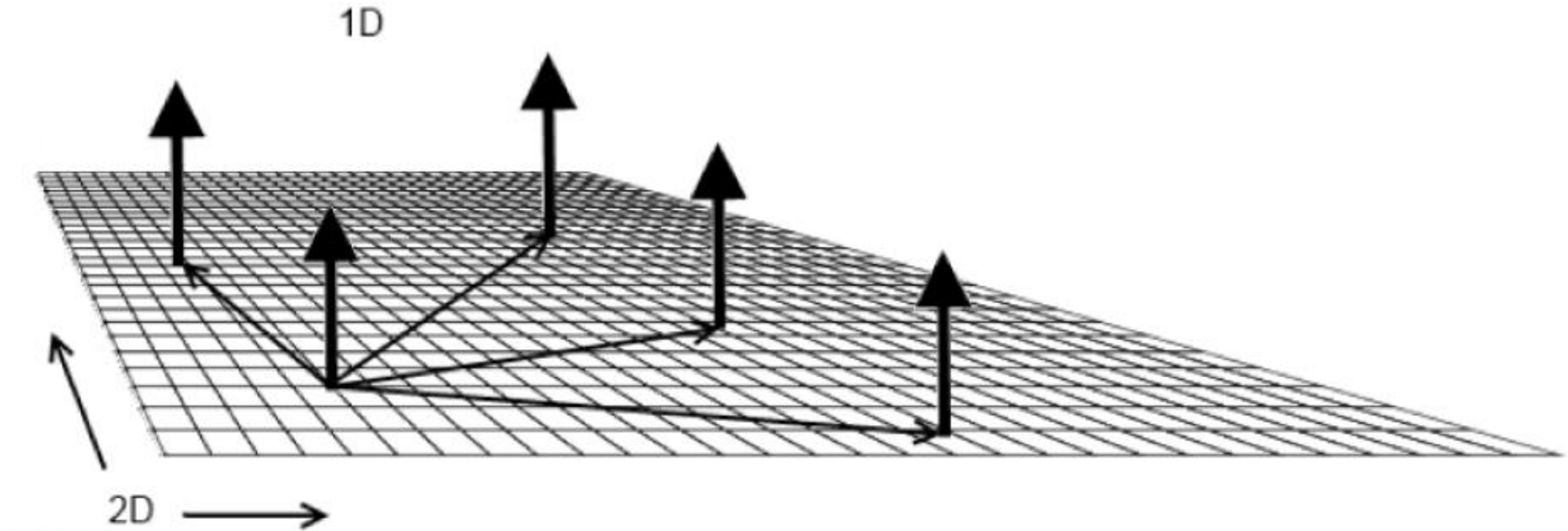
Chyba narastá lineárne so vzdialenosťou.

Chyba narastá úmerne s počtom stanovíšť.

Ťažko ovplyvniteľné (eliminácia chýb) meračom (operátorom/pozorovateľom).



Tradition vs Scanning: Tradition

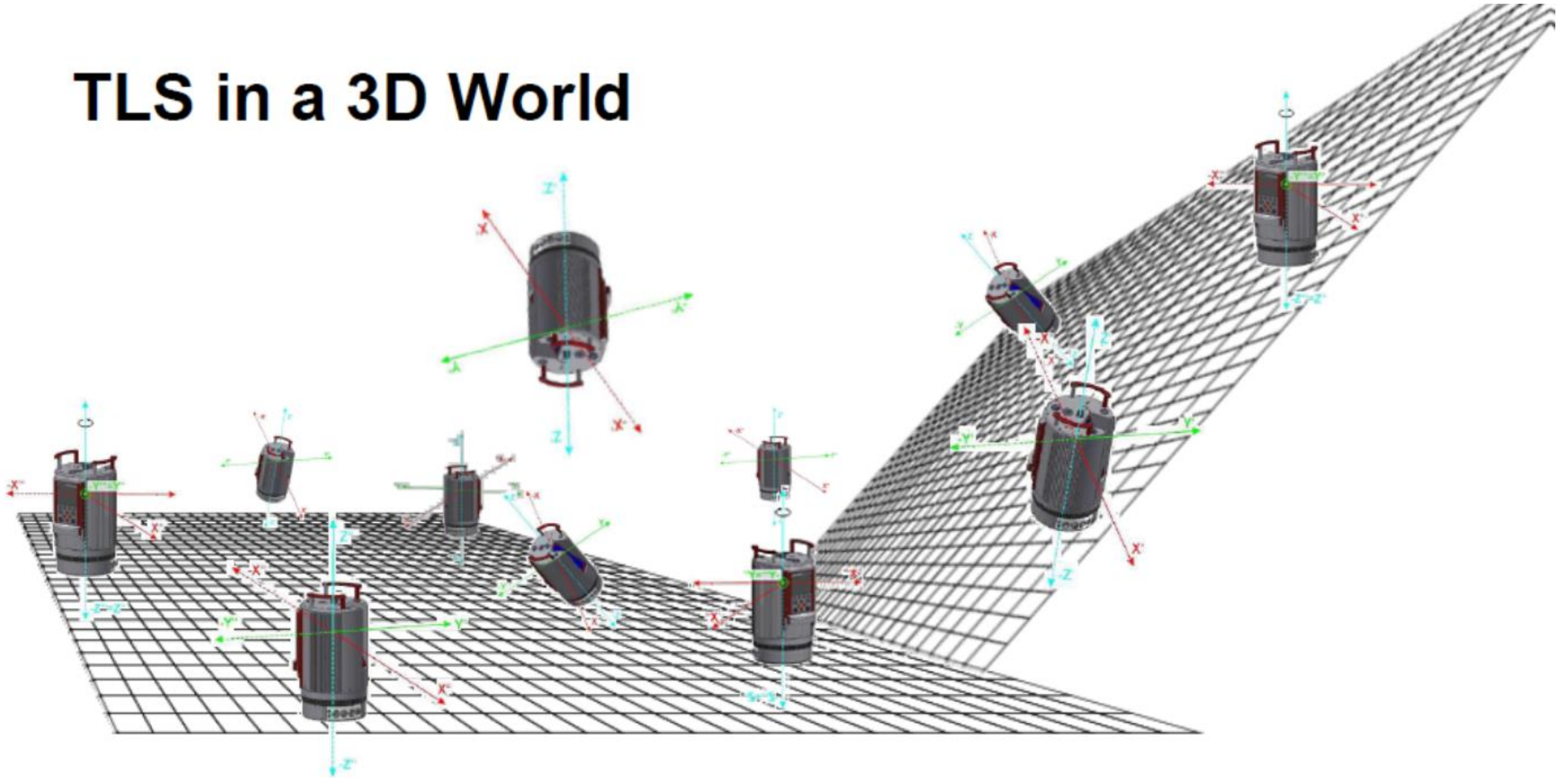


Traditional Surveying: a 2D - 1D World

Tradičné meranie vs. skenovanie

TLS: výhoda lokalizácie (merania) v **3D priestore** bez separátnych 2D a 1D meraní

TLS in a 3D World

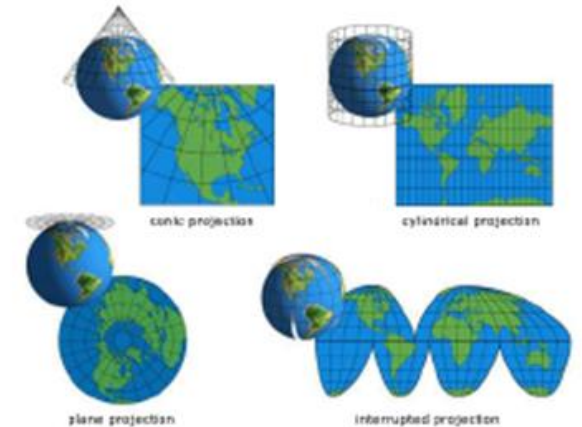


Faktory mapovania (klasické metódy a TLS)

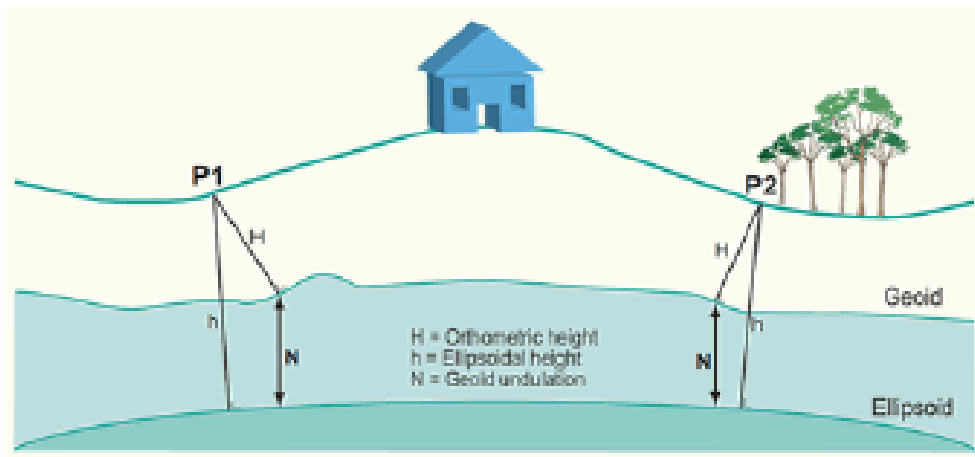
Faktory (negatívne) mapovania (meranie+spracovanie+zobrazenie) (tradičné metódy + laserové skenovanie):

- **projekcie** (systém/spôsob premietnutia plochy povrchu Zeme do roviny)
- **vertikálny dátum** (výškový dátum)
- **zakrivenie** (zemského povrchu)

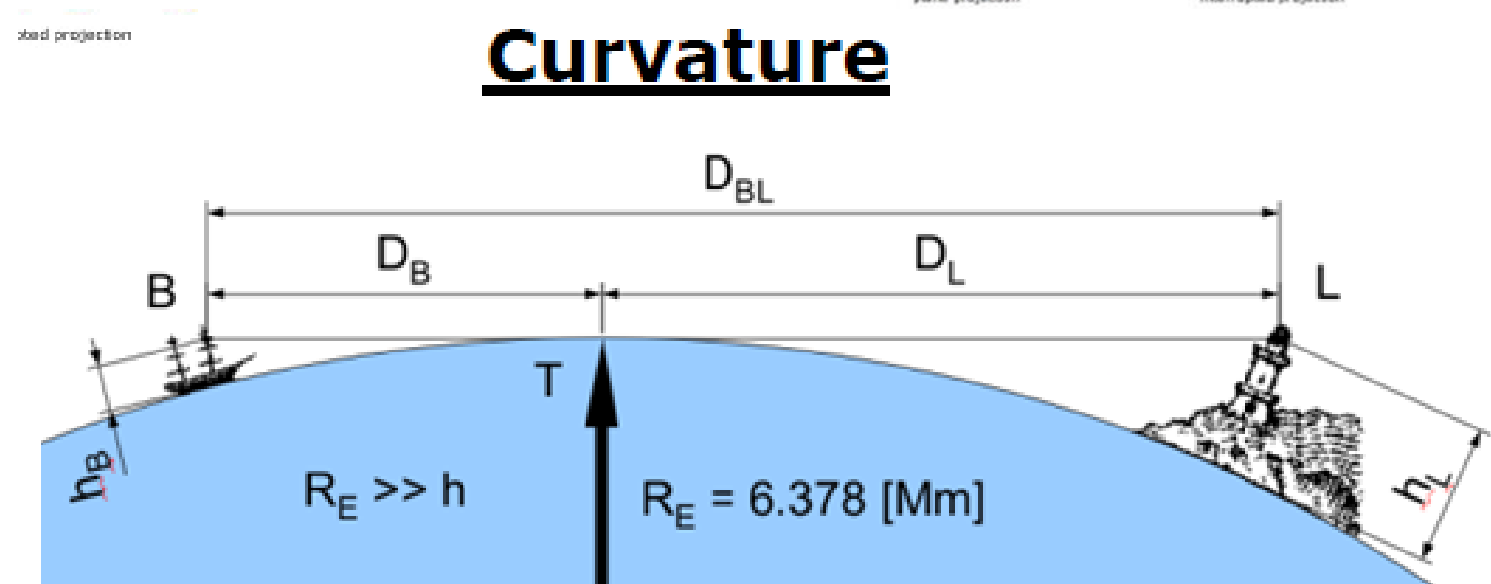
Projections



Vertical Datums



Curvature

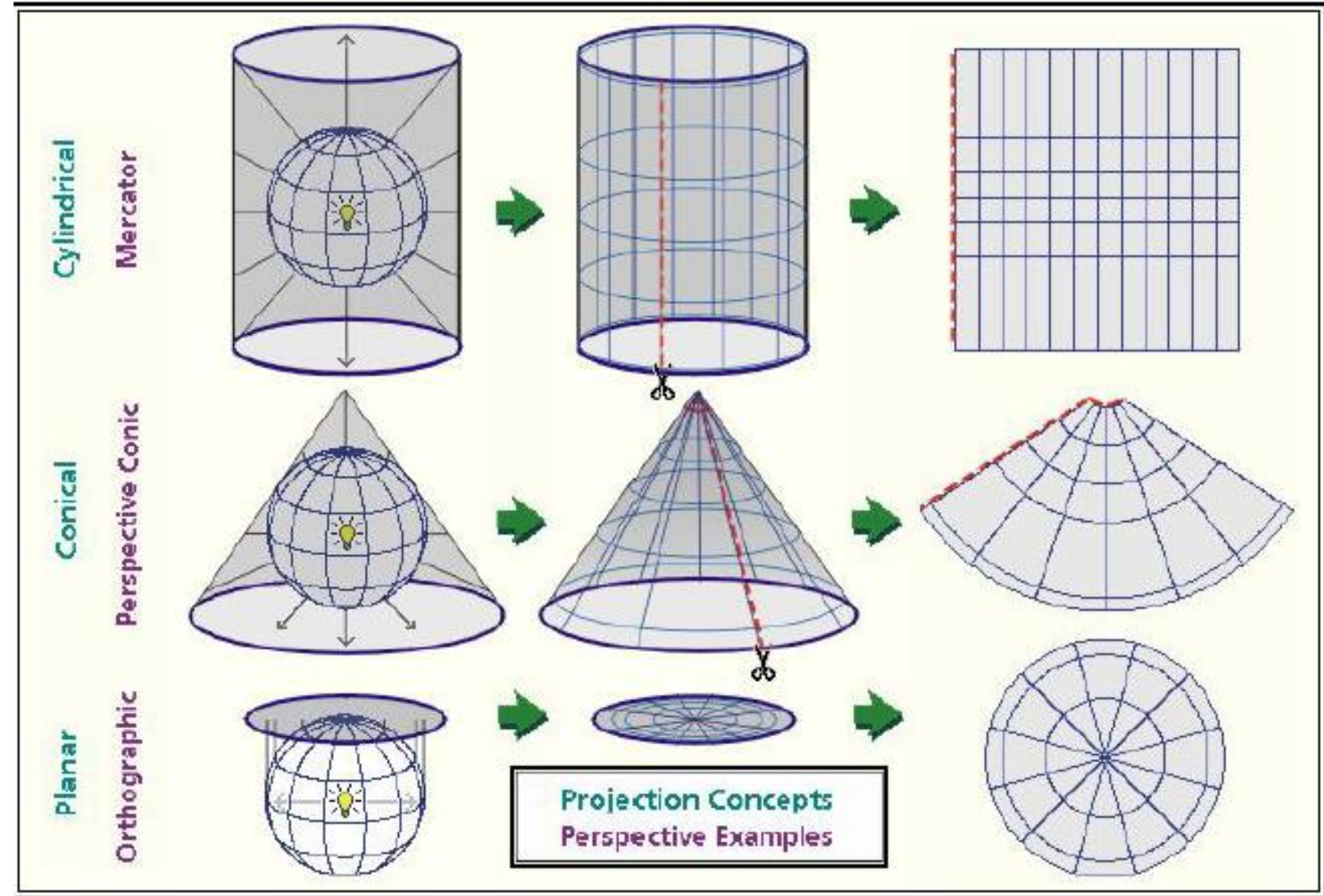


Projekcie a presnosť meraných dát



Faktory projekcie:

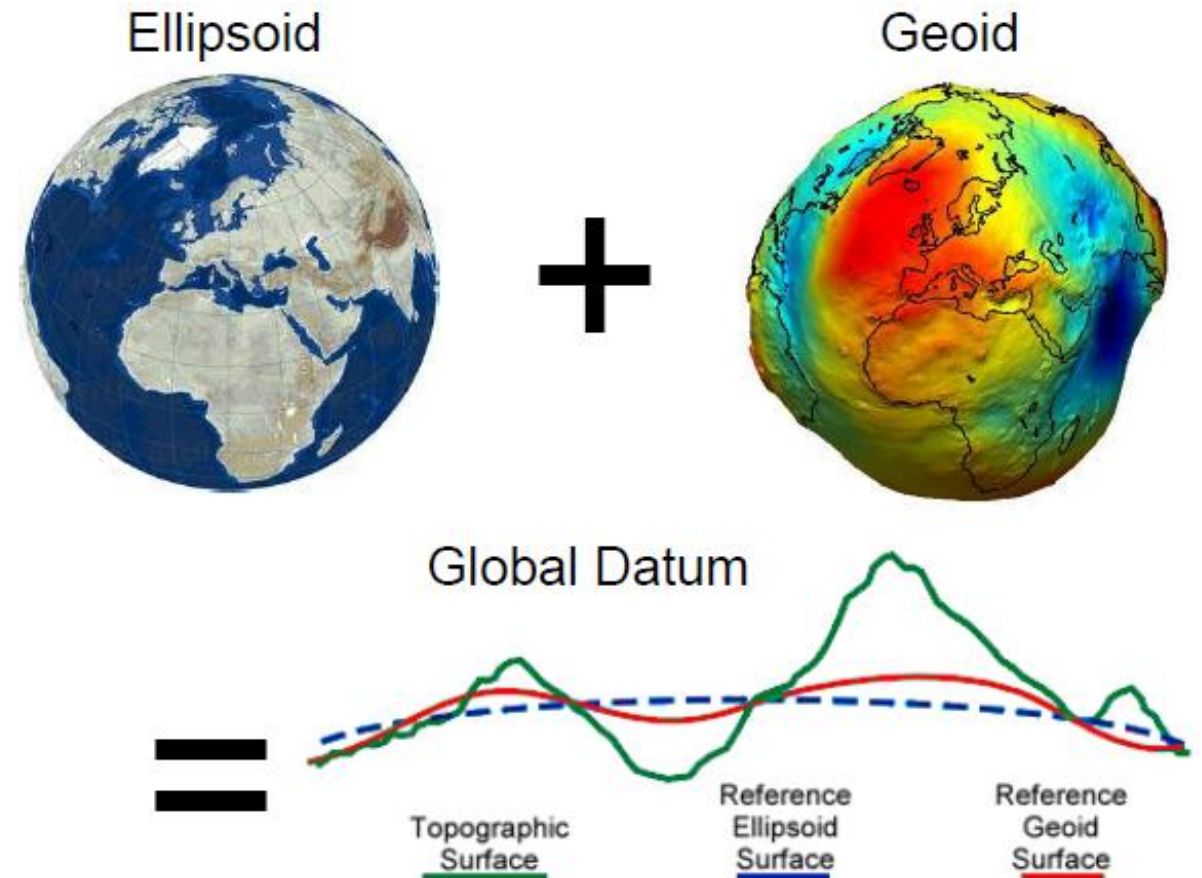
- mierka
- hustota mriežky
- druh mapy
- nesprávny počiatok (súradnicového systému)
- obmedzený rozsah pokrytia (zemského povrchu)
- vertikálny dátum (výška plochy projekcie nad zemským povrchom)



Vertikálny dátum a presnosť meraných dát

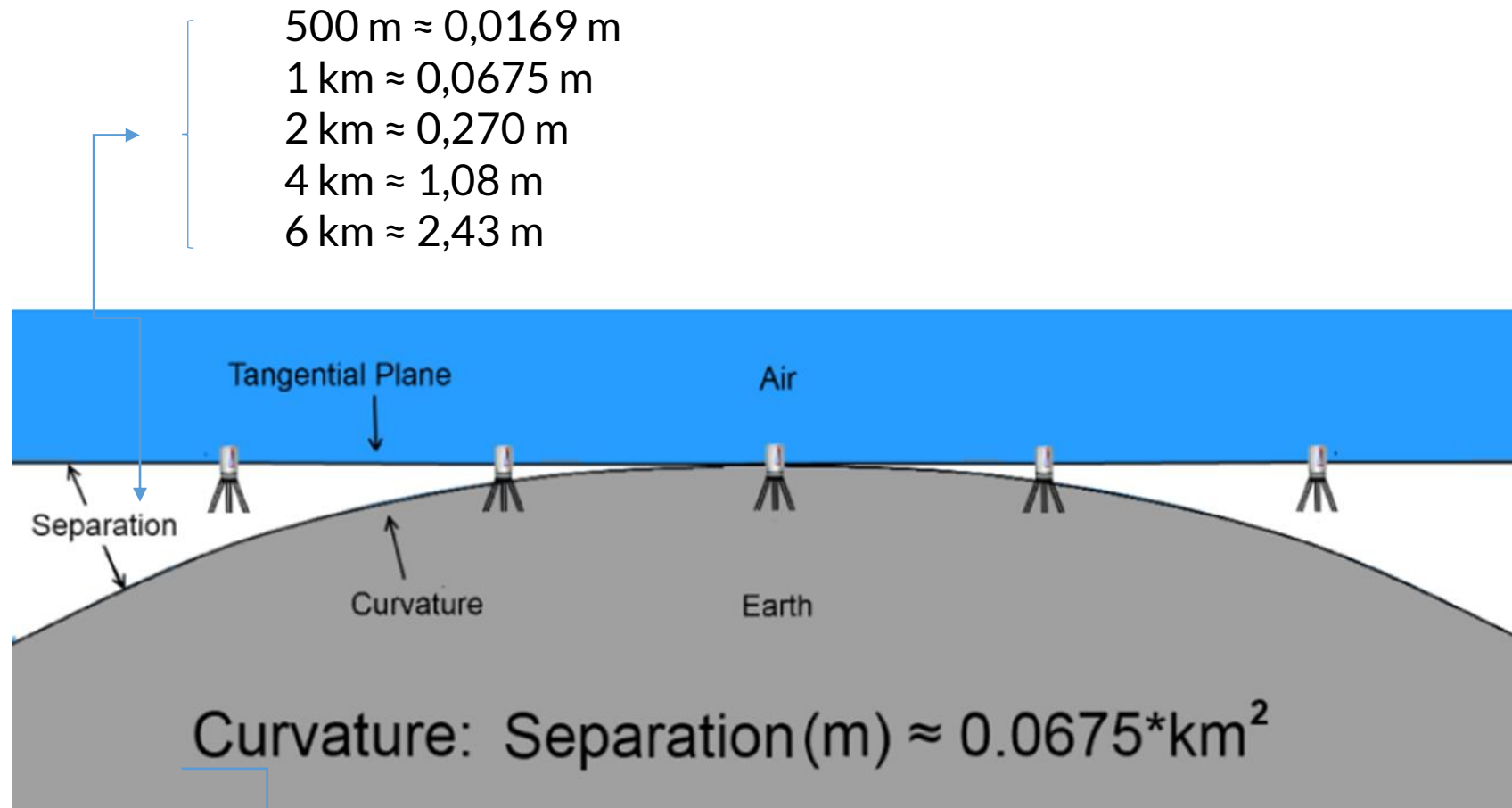
Vertikálny (výškový) dátum = vertikálny dátum (nulová výšková plocha) a jeho variabilita → rozdielnosť vo výškach vzťahnutých na rôzne nulové (základné) výškové plochy:

- **WGS84 (GPS)** (World Geodetic System 1984)
- **ITRF08** (International Terrestrial Reference Frame 2008)
- **EGM2008** (Earth Gravitational Model 2008)
- lokálne dátumy
- projektové dátumy
- dátumové Informácie:
 - epocha
 - definovanie
 - súvislosti



Zakrivenie a presnosť meraných dát

Zakrivenie zemského povrchu a jeho negatívny vplyv na merané dáta:



$\approx$ 8 inches (palcov) na 1 míľu vzdialenosti (0,0675 krát vzdialenosť v km²)

Spracovanie TLS meraní

Spracovanie meraní za podpory počítačových softvérov a ich vplyv na výslednú presnosť nameraných dát u TLS (výhody):

- Možnosť jednotného spracovania dát z viac-násobných stanovišť skenera
- Viac-násobné vstupy:
 - kontrolné vektory
 - skenované dáta
 - externé pozície (polohové dáta, napr. z GPS/GNSS)
 - externé dáta (napr. z leteckých skenovaní, atď.)
- Eliminácia hrubých chýb
- Možnosť eliminácie nesprávneho rozmiestnenia pozícií
- Zachovanie celistvosti spracovávaných dát
- Zvýšenie presnosti projekcie

