GEODÉZIE A + B
PREZENTACE K PŘEDNÁŠKÁM
7. DÍL

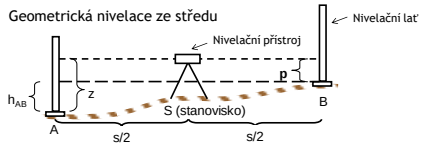
Ing. Pavel Hánek, Ph.D.
hanek00@zf.jcu.cz

REFERENČNÍ VÝŠKOVÝ SYSTÉM ČR

- Výškový referenční systém je definován v nařízení vlády 430/2006 Sb.
- Výškový systém baltský - po vyrovnání je určen
  - a) výchozím výškovým bodem, kterým je nula stupnice mořského vodočtu v Kronštadtu,
  - b) souborem normálních výšek z mezinárodního vyrovnání nivelačních sítí.
- Závazná zkratka Bpv
- Běžně se hovoří o Baltu po vyrovnání
- Dříve se používal Jadranský výškový systém, pro převod mezi systémy platí přibližně vztah BPV = J -0,42 (0,36-0,42)

GEOMETRICKÁ NIVELACE

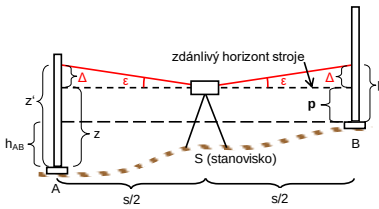
- jedna ze základních metod pro určení převýšení / výšek
- dělí se podle vzájemné polohy nivelačního přístroje a nivelační latě na:
  * geometrickou nivelaci vpřed – prakticky se dnes nepoužívá
  * geometrickou nivelaci ze středu – nejpoužívanější metoda



- Nivelační sestava – složena z 1 čtení vzad a 1 čtení vpřed
- Nivelační pořad – složen z n-krát nivelačních sestav

GEOMETRICKÁ NIVELACE ZE STŘEDU

z ... záměra zpět
p ... záměra vpřed



$h_{AB} = z - p$
$h_{AB} = z' - p'$
$= z + \Delta - p - \Delta$
$= z - p$

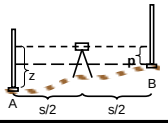
Střední chyba m_L nivelačního převýšení mezi nivelačními body se vypočte:
$m_L = m\sqrt{L}$ (vyjde v mm),
kde:
m je základní střední kilometrová chyba nivelačního převýšení
L vzdálenost nivelačních bodů v kilometrech

Mezní rozdíl mezi měřením tam a zpět: $\Delta = k.\sqrt{R}$ (vyjde v mm), kde R je délka nivelačního pořadu v km

řád	I (ZP)	II (VP)	III (P)	IV	technická nivelace	plošná nivelace
k	1,50	2,25	3,00	5,00	20,0	40,0

POŽADAVKY NA MĚŘENÍ GEOMETRICKOU NIVELACÍ ZE STŘEDU

- přístroj se staví uprostřed nivelační sestavy, v případě technické nivelace se délka záměr krokuje
- čtení na lati nesmí být menší než 0,5 m
- nivelační sestava je v přímce, tj. nivelační lať vzad – nivelační přístroj – nivelační lať vpřed jsou v přímce
- délka záměry (vzdálenost latě od přístroje) nemá být u TN delší než 50 m, raději méně
- na rozhraní prostředí (budova – nádvoří, světlo – stín, trávnatá plocha – zpevněná plocha) musí stát lať, nikoli přístroj!
- nivelační latě se v případě přestavovných bodů staví na nivelační podložku
- v případě měření na stabilizovaném bodě se nivelační lať staví přímo na stabilizaci měřeného/určovaného bodu
- v případě použití 2 niv. Latí při měření musí být nivelační pořad zaměřen se sudým počtem nivelačních sestav



Pořadí měření v sestavě:
1. čtení vzad
2. čtení bočních záměr (jestliže jsou určovány nějaké body)
3. čtení vpřed

NIVELAČNÍ POŘAD

Dělíme na:

- **vetknuté** – pořad začíná a končí na známých (ověřených) bodech
- **uzavřené** – pořad začíná a končí na stejném známém (ověřeném) bodě
- **volné** – pořad začíná na známém (ověřeném) bodě a končí na nově určovaném

Zápis měření se zaznamenává v nivelačním přístroji nebo se zapisuje do nivelačního zápisníku

NIVELAČNÍ POŘAD - VÝPOČET

Zápisník pro technickou a plošnou nivelaci

Číslo bodu		Čtení na lati			Nadmořská výška horizontu stroje	Nadmořská výška bodu		Poznámka
přestavového	bočného	vzad +	vpřed −	boční −		přestavového	určeného bočné	
								Měřil: Karel Doměřil
								Zapsal: Eva Pravá
								Vypočetl: Jan Počtář
								Datum měření: 12.3.2010
								Počasí: zataženo, 5°C, bezvětří
								Pomůcky: Zeiss Ni025, v.č. 123456
								teleskopická nivelační lať ev. č. 3112
								Délka záměr:
Bi1-3		1756			218,609	216,856		70m
			1012			217,597		70m
		2515			220,109			70m
	1			1109			219,000	10m
			0220			219,889		70m
		2509			222,395			70m
			0527			221,868		70m
		2391			224,255			65m
	2			0527			223,728	15m
	3			0827			223,428	20m
Bi1-4			0880			223,375		65m
	Σ	9171	2639					R = 550m
	$\Delta h_{bi1,bi1} = H_{Bi1-4} - H_{Bi1-3} = 6{,}519m$ $\Delta h_{bi1} = \sum vzad - \sum vpřed = 6{,}532m$ $\delta = \Delta h_{bi1,bi1} - \Delta h_{bi1} = -13mm$ $u_h = 20\sqrt{R_{[km]}} = 15mm$ $\delta < u_h$ Výpočet oprav: -10mm/4 sestavy, rozdělení na celé mm, tj. 3x3mm + 1x4mm							**Výpočet kontroloval:** Jiří Kontrolor **Podpis:**

NIVELAČNÍ PŘÍSTROJE A POMŮCKY

Nivelační přístroje se dělí na:

- **optomechanické**
  libelové – dnes se používají pro speciální práce, záměrná přímka urovnávána pomocí nivelační libeli, čtení na lati je optické
  kompenzátorové – dnes nejrozšířenější pro technickou praxi, záměrná přímka přístroje je v rozsahu kompenzačního intervalu opticky urovnávána kompenzátorem, čtení na lati je optické
- **digitální** – v inženýrské praxi převažuje nad kompenzátorovými, záměrná přímka je vytvořena modulovaným paprskem, záměrná přímka je urovnávaným kompenzátorem, čtení je digitální

Podle přesnosti se dělí na přístroje:

- pro **zvláště přesnou, velmi přesnou a přesnou nivelaci** (ZPN,VPN a PN), používané v základním výškovém bodovém poli a dále např. při měření malých svislých posunů staveb s přesností čtení řádově v 0,1 až 0,01 mm,
- pro **technickou nivelaci** (TN), která se používá v podrobném výškovém bodovém poli, pro plošné nivelace a měření nižší přesnosti se čte odhadem na 1 mm; v tomto případě se jedná o tzv. stavební nivelační přístroje.

NIVELAČNÍ PŘÍSTROJE A POMŮCKY

Obrázky pocházejí z archivu autora nebo stránek výrobců

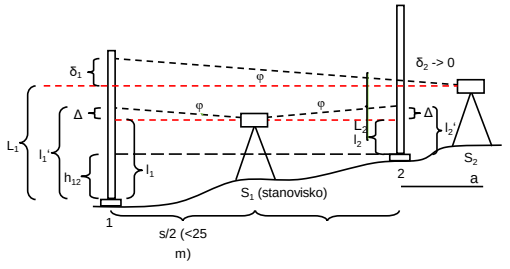
NIVELAČNÍ PŘÍSTROJE

Nivelační přístroje musí splňovat osové podmínky, tj. požadavky na jejich správnou konstrukci a funkčnost, bez jejich splnění nejsou měřené údaje správné!

Osové podmínky:

- **Záměrná přímka přístroje má být vodorovná**
  * rozhodující podmínka,
  * kontrola pomocí tzv. zkoušky nivelačního přístroje
- **Vodorovné vlákno ryskového kříže má být kolmé k ose alhidády**

ZKOUŠKA NIVELAČNÍHO PŘÍSTROJE



$h_{12} = l_1 - l_2 = l_1' - l_2'$ (ze středu)

Má být: $L_1 = L_2 + h_{12}$ (za předpokladu δ_2 -> 0)

Nečteme-li L_1, je záměrná přímka skloněna o δ_1 na délku (s+a)

OVĚŘENÍ VÝŠKY BODU

- provádí se pro každý bod na který se výškově připojujeme
- ověřování bodu se provádí minimálně s využitím dalších 2 bodů
- zjišťujeme totožnost a neměnnost připojovacích nivelačních bodů
- Odchylka mezi daným a nově naměřeným převýšením nesmí překročit hodnotu:

  a) pro I. řád $2{,}0 + 1{,}50\sqrt{R}$,
  b) pro II. řád $2{,}0 + 2{,}25\sqrt{R}$,
  c) pro III. řád $2{,}0 + 3{,}00\sqrt{R}$,
  d) pro IV. řád $2{,}0 + 5{,}00\sqrt{R}$,
  kde R je délka oddílů (pořadů) v kilometrech

OVĚŘENÍ VÝŠKY BODU - VÝPOČET

Zápisník pro technickou a plošnou nivelaci

Číslo bodu		Čtení na lati			Nadmořská výška horizontu stroje	Nadmořská výška bodu		Poznámka
přesto-vného	bočného	vzad +	vpřed −	bočné −		přestavového	určeného bočné	
								Měřil: Karel Nový
								Zapsal: Jana Stará
								Vypočetl: Jan Škovný
								Datum měření: 12.5.2010
								Počasí: polojasno, 15°C, bezvětří
								Pomůcky: Zeiss Ni025, v.č. 123456
								pár teleskopických 4m nivelačních latí
								ev. Č. 3112 a 3113
4		1000				500,000		40m
			2347					40m
		2309						30m
1			863			500,100		30m
	Σ	3309	3210					
1		1535						30m
			800					30m
		1575						40m
4			2408					
	Σ	3110	3208					
4		1000				500,000		65m
			1180					
		2540						60m
2			1600			500,700		
	Σ	3540	2780					
2		1000						60m
			1376					
		1029						65m
4			1415					
	Σ	2029	2791					

Výpočet:

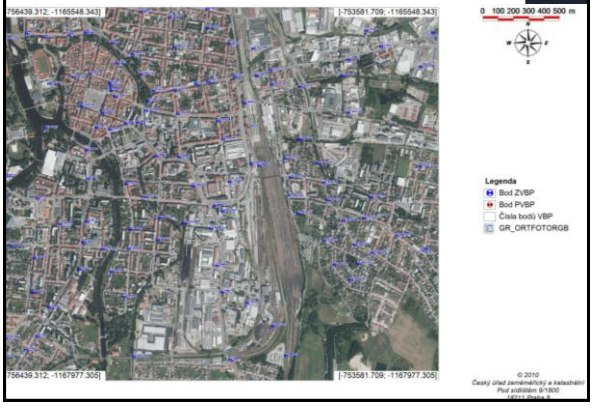
1. Vypočtou se Σ vzad a vpřed v jednotlivých pořadech
2. Vypočtou se měřená převýšení
3. Vypočte se rozdíl převýšení tam a zpět u příslušné dvojice měření a porovná se s mezní odchylka dvojího měření (tam a zpět) nivelačního pořadu
4. Vypočte se průměrné měřené převýšení a převýšení ze známých výšek
5. Vypočte se rozdíl mezi známým a průměrným převýšením
6. Vypočtený rozdíl se porovná s mezní odchylka určeného převýšení

VÝŠKOVÉ BODOVÉ POLE (VBP)

- Výškové bodové pole je tvořeno celkem 119 500 nivelačními body.
- Výškové bodové pole se dělí na:
  a) základní výškové bodové pole (ZVBP), které tvoří:
  - základní nivelační body (ZNB) – 12 b.,
  - Českou státní nivelační síť (ČSNS), které tvoří:
    * nivelační síť I. řádu - 16 tisíc bodů,
    * nivelační síť II. řádu - 20 tisíc bodů,
    * nivelační síť III. řádu - 47 tisíc bodům,

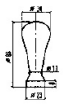
  b) podrobné výškové bodové pole (PVBP), které tvoří:
    * nivelační síť IV. řádu,
    * plošné nivelačních sítě (PNS),
    * stabilizované body technických nivelací
- Vzdálenost nivelačních bodů v nivelačních pořadech v nezastavěném území je menší než 1,0 km a v zastavěném území v průměru 0,3 km.
- Správu ZNB a nivelačních bodů I., II. a III. řádu ČSNS zajišťuje Zeměměřický úřad
- Správu nivelačních bodů IV. řádu ČSNS a bodů PNS zajišťují územně příslušné katastrální úřady.

UKÁZKA HUSTOTY VBP

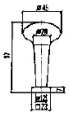


TECHNICKE POZADAVKY NA BODY VBP - STABILIZACE

- jsou definovány ve Vyhlášce ČÚZK č. 31/1995 Sb.
- Bod výškového bodového pole (dále jen "nivelační bod") je stabilizován jedním z následujících způsobů:
  * skalní značkou, kterou je vyhlazená ploška nebo vodorovná ploška s polokulovým vrchlíkem uprostřed,
  * hřebovou značkou (obr.2), která se osazuje shora do vodorovné plochy skal, balvanů, vybraných staveb nebo do horní plochy nivelačního kamene,
  * hřebovou značkou (obr.3), která je osazena shora do vodorovné plochy nebo ze strany do svislé plochy skal a vybraných staveb,
  * další způsoby následující snímky



Obr.2

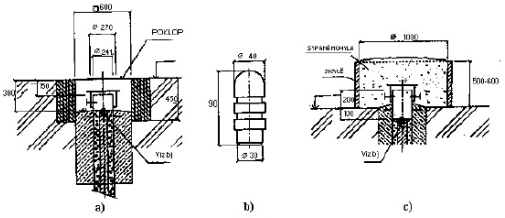


Obr.3

TECHNICKE POZADAVKY NA BODY VBP - STABILIZACE

d) hřebovou značkou (obr.8b) pro hloubkové stabilizace (obr. 8a) nebo 8c)),

e) hřebovou značkou (obr. 9b) pro tyčové stabilizace (obr. 9a) nebo 9c),

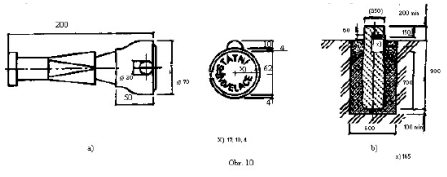


a) b) c)

Obr. 8

TECHNICKE POZADAVKY NA BODY VBP - STABILIZACE

f) čepovou značkou (obr. 10a) s označením "Státní nivelace" pro nivelační body základního výškového bodového pole nebo bez označení pro nivelační body podrobného výškového pole, která se osazuje do stěn vybraných staveb, ze strany do líce nivelačního kamene (obr. 10b) nebo do svislých ploch skal.



a) b)

Obr. 10

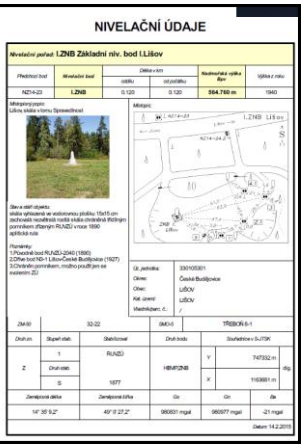
TECHNICKÉ POŽADAVKY NA BODY VBP

- K ochraně nivelačních bodů před zničením nebo poškozením se používají zařízení uvedená v bodě 2.7 písm. a) a c) nebo ochranné šachtice. Ochranná tyč je červenobílá a výstražná tabulka má nápis "STÁTNÍ NIVELACE. POŠKOZENÍ SE TRESTÁ".
- Přesnost výšek nivelačních bodů je určena podle střední chyby m_L nivelačního převýšení mezi nivelačními body, která nepřekračuje hodnotu - $m_L = m\sqrt{L}$ (chyba vyjde v mm), kde m je základní střední kilometrová chyba nivelačního převýšení a L vzdálenost nivelačních bodů v kilometrech

Mezní velikost základní střední kilometrové chyby nivelačního převýšení m je stanovena hodnotou (v mm)
a) pro I. řád $0{,}40 + \frac{0{,}71}{\sqrt{nR}}$, b) pro II. řád $0{,}45 + \frac{0{,}80}{\sqrt{nR}}$,
c) pro III. řád $0{,}60 + \frac{1{,}06}{\sqrt{nR}}$, d) pro IV. řád a PNS $1{,}00 + \frac{1{,}77}{\sqrt{nR}}$,
kde nR je počet nivelačních oddílů v posuzovaném převýšení.

NIVELAČNÍ ÚDAJE

- informace o bodech VBP jsou dostupné na http://bodovapole.cuzk.cz
- Údaje obsahují:
  - u bodů ČSNS - označení nivelačního pořadu, číslo nivelačního bodu, délku oddílu a vzdálenost od počátku pořadu v kilometrech na tři desetinná místa, číslo předcházejícího nivelačního bodu v pořadu, uzlového nebo připojovacího bodu, lokalizační údaje o územních jednotkách, označení listu SMO-5, označení ZM-50, místopisný náčrt s vyhledávacími mírami a místopisný popis, druh značky, stupeň stability, druh stabilizace, druh nivelačního bodu, rok určení nadmořské výšky, stav a stáří objektu s nivelační značkou, údaje o zřízení nivelačního bodu,
  - u bodů PVBP obsahují vybrané údaje uvedené pro body ČSNS


NIVELAČNÍ ÚDAJE

Nivelační pořad: I.2NB Základní niv. bod I.Lišov

Předchozí bod	Nivelační bod	Délka v km: oddílu	Délka v km: od počátku	Nadmořská výška Bpv	Výška z roku
NZ14-23	I.2NB	0.120	0.120	564.760 m	1940

Místopisný popis: Lišov, kostel v centru Spravedlnosti

Místopis:

Stav a stáří objektu: stabilní vyhloubená ve vodorovnou plošku 15x15 cm zachovalá neodstraněná rostlá skála chráněná litinným pomníkem zřízeným RJAŽD v roce 1890 eptitickó role

Poznámky:
1.Pevné bod NZ-1 (1840)
2.Pevné bod ND-1 Lišov-České Budějovice (1927)
3.Chráněn pomníkem, možno použít jen se svolením ZÚ

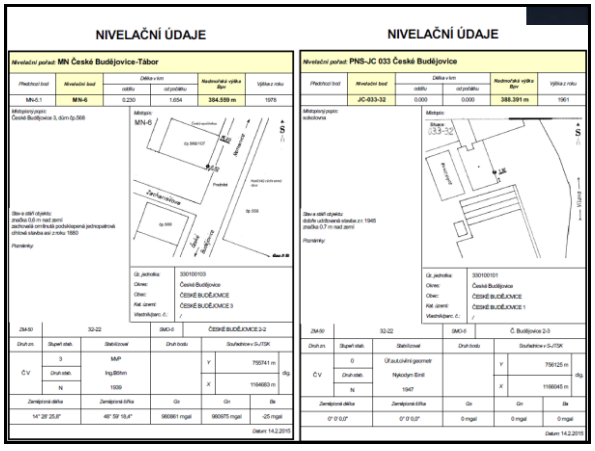
Gj_jednotka	330100301
Okres:	České Budějovice
Obec:	LIŠOV
Kat. území:	LIŠOV
Vlastníkpozn. č.:	/

ZM-50	32-22	SMO-5	TŘEBOŇ-5-1

Druh zn.	Stupeň stab.	Stabilizovaný	Druh bodu	Souřadnice v S-JTSK		
Z	1	RJAŽD	HBNP2NB	Y	747332 m	Rkg
	Druh stab.			X	1163981 m	
	S	1877				

Zeměpisná délka	Zeměpisná šířka	Gs	Gn	Ba
14° 35' 9,2"	49° 0' 27,2"	980831 mgal	980977 mgal	-21 mgal

Datum: 14.2.2019


NIVELAČNÍ ÚDAJE

Nivelační pořad: MN České Budějovice-Tábor

Předchozí bod	Nivelační bod	Délka v km: oddílu	Délka v km: od počátku	Nadmořská výška Bpv	Výška z roku
MN-5.1	MN-6	0.230	1.654	384.559 m	1975

Místopisný popis: České Budějovice 3, dům čp.568

Místopis: MN-6

Stav a stáří objektu: značka 0,6 m nad zemí zachovalá cihlová podzemní jednopatrová stržená stavba asi z roku 1880

Poznámky:

Gj_jednotka:	330100103
Okres:	České Budějovice
Obec:	ČESKÉ BUDĚJOVICE
Kat. území:	ČESKÉ BUDĚJOVICE 3
Vlastníkpozn. č.:	/

ZM-50	32-22	SMO-5	ČESKÉ BUDĚJOVICE 3-2

Druh zn.	Stupeň stab.	Stabilizovaný	Druh bodu	Souřadnice v S-JTSK		
Č V	3	MP		Y	755741 m	Rkg
	Druh stab.	Ing.Böhm		X	1164663 m	
	N	1939				

Zeměpisná délka	Zeměpisná šířka	Gs	Gn	Ba
14° 28' 25,8"	48° 59' 16,4"	980861 mgal	980975 mgal	-25 mgal

Datum: 14.2.2019

NIVELAČNÍ ÚDAJE

Nivelační pořad: PNS-JC 033 České Budějovice

Předchozí bod	Nivelační bod	Délka v km: oddílu	Délka v km: od počátku	Nadmořská výška Bpv	Výška z roku
	JC-033-32	0.000	0.000	388.391 m	1961

Místopisný popis: sokolovna

Místopis:

Stav a stáří objektu: dobře udržovaná stavba z r. 1945 značka 0,7 m nad zemí

Poznámky:

Gj_jednotka:	330100101
Okres:	České Budějovice
Obec:	ČESKÉ BUDĚJOVICE
Kat. území:	ČESKÉ BUDĚJOVICE 1
Vlastníkpozn. č.:	/

ZM-50	32-22	SMO-5	Č. Budějovice 2-3

Druh zn.	Stupeň stab.	Stabilizovaný	Druh bodu	Souřadnice v S-JTSK		
Č V	0	Ú zeměpisní geomet		Y	756125 m	Rkg
	Druh stab.	Nykodym Emil		X	1166045 m	
	N	1947				

Zeměpisná délka	Zeměpisná šířka	Gs	Gn	Ba
0° 0' 0,0"	0° 0' 0,0"	0 mgal	0 mgal	0 mgal

Datum: 14.2.2019