

**Střední průmyslová škola Duchcov
Kubicových 2, Ústecký kraj**

Studentská odborná činnost

Vybudování a zaměření výškové nivelační sítě Duchcov

Autoři:

Tereza Čechová, IV. ročník
Jindřiška Štefková, IV. ročník

Vedoucí práce: Ing. Jaroslav Benda

Vedoucí práce zadává práci SOČ na téma:

Vybudování a zaměření výškové nivelační sítě Duchcov

Zásady pro vypracování:

- a) proveďte stručné shrnutí poznatků zadané lokality
- b) rozhodněte v jaké lokalitě a pomocí jaké metody se bude provádět měření
- c) vybudujte výškovou nivelační síť

Rozsah původní zprávy: dle potřeby, max. 30 stran

Rozsah grafických prací: dle potřeby, max. 30 stran

Seznam doporučené literatury:

Geodézie 1 Zdeněk Mašín a kolektiv
Skripta pro ČVUT
Akademik Josef Ryšavý Geodesie II.

Prohlášení

Místopřísežně prohlašujeme, že jsme všechny práce, které se vztahují k Středoškolské odborné činnosti, prováděli zcela samostatně.

Tereza Čechová

Jindřiška Štefková

V Duchcově dne 14. 2. 2006

Poděkování

Děkujeme vedoucímu naší práce Ing. Jaroslavu Bendovi za odborné rady a konzultace při zhotovování práce a rovněž bychom chtěli poděkovat svým spolužákům Petru Špičkovi, Aleně Fedurcové, Marku Pöschlovi a Ondřeji Fialovi, kteří nám během celé práce pomáhali jako figuranti.

Abstrakt

Zaměřte v lokalitě Duchcov ve vhodně zvoleném místě o vyhovujících parametrech i vyhovujícím prostředí pro měření nivelační sítě, kterou také vhodně podle vlastního uvážení stabilizujete dle vyhlášky č. 190 / 1996. Celou síť připojte vámi vhodně zvoleným způsobem na státní nivelační síť a to minimálně na dva body státní nivelační sítě. Všechny vaše body pak zaměřte stejným způsobem a na závěr proveďte výpočet výšek bodů. Ke každému bodu proveďte geodetické údaje o PBPP.

Obsah

1. Úvod	6
2. Současný stav výškového bodového pole v ČR se zaměřením na katastrální území Duchcov	6
3. Volba lokality pro tvorbu sítě	10
4. Volba měřické metody a vybavení	10
5. Volba stabilizace nivelačních bodů	12
6. Měření a výpočet výšek nivelačních bodů	12
7. Závěr práce	13

Přílohy:

1. Přehled České státní nivelační sítě	9
2. Způsoby stabilizace nivelačních bodů	8
3. Měřické zápisníky pro přesnou nivelaci	14
4. Výsledné výškové údaje	41
5. Nivelační údaje výchozích bodů ČSNS	43
6. Nivelační údaje vytvořených bodů	46
7. Náčrt a výsledná přehledka vytvořených nivelačních bodů	50
8. Použité zkratky, použitá literatura	54
9. Fotodokumentace	55

1. Úvod

Pro zkvalitnění výuky studijního oboru geodézie na SPŠ Duchcov je nutné soustavné procvičování základních geodetických dovedností. Jednou ze základních činností zeměměřiče je výškové měření v terénu. Základem této práce je již stávající bodové pole, na které se zeměměřič při své práci připojuje.

Protože stávající státní výškové bodové pole v katastrálním území Duchcov je velmi řídké a nevhodně umístěné na velmi frekventovaných komunikacích je pro potřeby výuky žádoucí vybudovat školní cvičné bodové pole v některé vhodné lokalitě v Duchcově.

Cílem této práce je vybrat vhodnou lokalitu, navrhnout rozmístění bodového pole, navrhnout způsob stabilizace bodů a provést (ve spolupráci se školou a městem Duchcovem) trvalou stabilizaci těchto bodů. Dále na podkladě svých odborných znalostí navrhnout způsob zaměření bodů s ohledem na požadovanou přesnost a měřické práce realizovat.

2. Současný stav výškového bodového pole v ČR se zaměřením na katastrální území Duchcova

Pro mapování v ČR se nyní používá „Výškový systém baltský – po vyrovnání“, vztahený k hladině Baltického moře. Při podrobném mapování se používají i všechny dřívější výšková měření používaná pro doplňování katastrálních map výškopisem nebo pro různá jiná výškopisná měření. Při přejímání takových výškopisných měření je zapotřebí znát vztahy mezi dřívějším a dnešním výškovým systémem. Dřívější výšková měření u nás navazovala na výškový systém jadranský. Československá jednotná nivelační síť (ČSJNS / J) se napojovala na základní výškový od I. Lišov u Českých Budějovic a na výškový bod Strečno u Žiliny (zničen). Oba základní body byly určeny při evropském stupňovém měření v roce 1889 napojením na nulový bod Jadranského moře na Molo Sartorio v Terstu. Čs. nivelační síť byla vyrovnávána až do doby po 2. světové válce v tomto systému. Potom počal postupný přechod na baltský systém kde nejdříve dosavadní výšky nivelačních bodů v jadranském systému se zmenšovaly o hodnoty 68 cm. Tento výškový systém se nazývá „Výškový systém baltský – 68“ značí se B-68. Pozdějším propojením obou systémů u Černé na Československo-sovětských hranicích určil se rozdíl přibližně hodnotou 46 cm. Tento systém se nazývá „Výškový systém baltský – 46“ a značí se B-46.

Po mezinárodním vyrovnání nivelačních sítí několika států připojených na baltský horizont vznikl nový systém s názvem „ Výškový systém baltský – po vyrovnání ” a značí se Bpv. Tento nový systém se neliší od systému jadranského o konstantní hodnotu a to vlivem tíhových oprav a převyrovnáním sítě. Rozdíl mezi oběma systémy je uváděn v nivelačních údajích u výšky každého bodu.

Podobně jako bodové pole polohové, tak i bodové pole výškové se dělí na základní a podrobné výškové bodové pole.

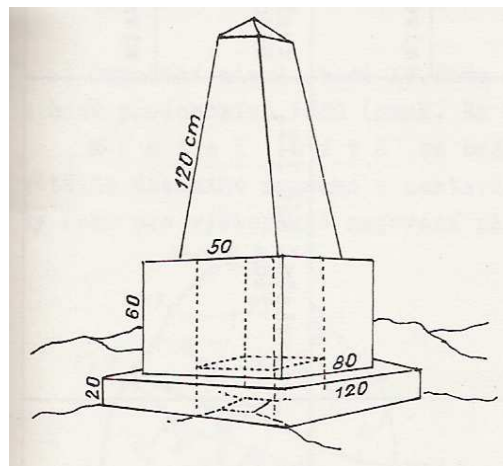
Základní výškové bodové pole tvoří soubor bodů **České státní nivelační sítě**. Je to soubor trvale po celém území ČR stabilizovaných a vhodně rozložených výškových bodů. Body byly určeny s vysokou přesností v mezích stanovených celostátními předpisy a jejich výšky jsou vztaženy k jedinému horizontu Baltského moře v přístavu Kronštadt.

ČSNS tvoří: a) Základní nivelační body

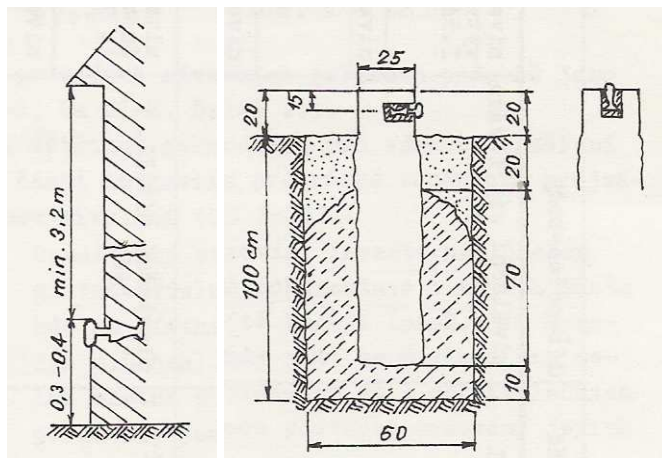
b) Body České státní nivelační sítě (nivelační síť I. a III. řádu)

Body		Označení	Příklady označení	Poznámky
Základní nivelační body		Římskými čísly s názvem obce, na jejíž území leží	I Lišov XII Bratislava	11 v ČSR 11 v SSR 22 v ČSSR
Zajišťovací značky			Stabilizované značky z umělých hmot, Monelova kovu, ze skla. Vloženy do beton.rámu, kryty žulov.deskami	
Pomocné základní nivel.body			Používají se k zajištění a ke kontrole nadmořských výšek nivel.bodů v oblastech poddolovaných nebo jiných pohybů	
Hlavní	styčné body	název příslušné obce např.Kadan	Jsou body, ve kterých se stýkají alespoň tři nivelační pořady I. nebo II.řádu	
	připojovací body	označení řádu a číslo bodu v pořadu např.AZ ₁ -93 (I.řád) Aab-24 (II.řád)	Jsou body kteréhokoliv řádu, ze kterého vychází jediný nebo více pořadů nižšího řádu, nebo vetknuté pořady nižšího řádu	
	uzlové body	název příslušné obce např.Ko-přivná	Jsou body, ve kterých se stýkají alespoň tři nivelační pořady III.řádu	
Nivelační body		arabskými čísly v každém pořadu počínaje jedničkou 1,2,3,	Jsou jednotlivé body ve všech nivelačních pořadech	

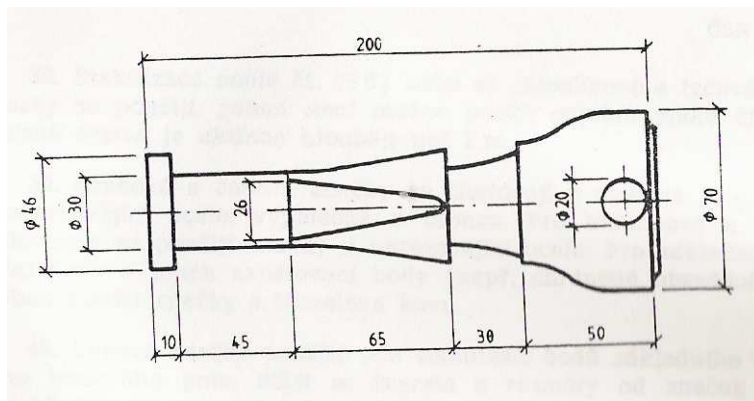
Pro stabilizaci základních nivelačních bodů se vyhledávají místa, kde již nedochází k pohybům a rozrušování v zemské kůře. Stabilizace je provedena vybrušením plošky o rozměru 15 x 15 cm na nenarušené skále. Značka je zakryta pomníkem. Základní nivelační body nepoužíváme pro technická měření. Jsou zajištěny několika **zajišťovacími značkami** osazenými v blízkosti (asi 100 m).



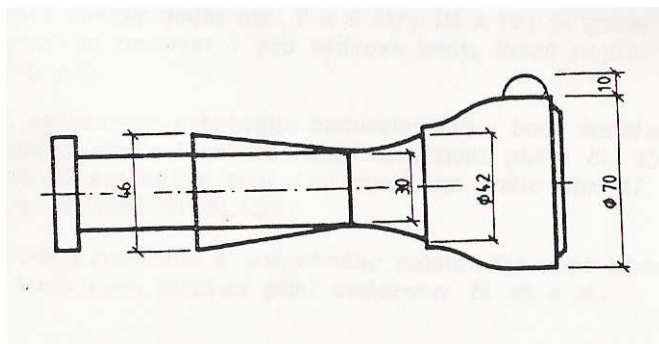
Podzemní zajišťovací značky ze skla nebo Monelova kovu.



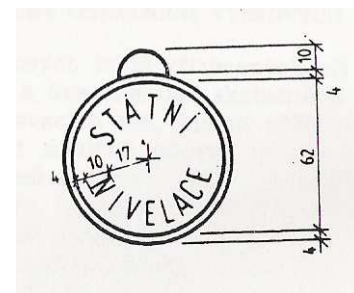
Ostatní body ČSNS (I. – III. řadu) se stabilizují značkami různých typů. Značky jsou zhotovené z litiny a jsou většinou čepové nebo hřebové. Značky se osazují do zdiva nebo do nivelačního kamene tam, kde není vhodných objektů. Pro body základního bodového pole výškového je povoleno předpisy použít i jiných typů značek, které byly již dříve osazeny. Jsou to různé starší typy značek a stupnicových značek, pokud zaručují svým tvarem jednoznačné určení výšek.



Nivelační čepová značka
(pohled ze shora)



Nivelační čepová značka (pohled z boku)



Nivelační čepová značka
(pohled zepředu)

Podrobné výškové pole tvoří:

- 1) body podrobné nivelační sítě (IV. řád a plošná nivelace)
- 2) stabilizované body technické nivelace
- 3) body podrobného (polohového) pole určeného technickou nivelací

Nivelační síť IV. řádu - nivelační pořady IV. řádu a plošné nivelační síť. Místní síť se budují v důležitých částech intravilánu s připojením na ČSNS podle ustanovení „nivelační instrukce pro práce v ČSNS“.

Nivelační pořady IV. řádu se vkládají mezi nivelační body I. až IV. řádu již dříve určené. Nesmí nikdy křížovat některý z předchozích již vyrovnaných pořadů. Označení u IV. řádu se provádí podobně jako předchozích řádů.

Místní síť – budují se většinou jako podklad pro výškové zaměření většího územního rozsahu v zastavěné části pro technické projekty nebo výškopisné mapování plošnou nivelací. Označení se provádí číslem příslušné dokumentace s názvem místa kde se síť budují. Body se číslovají pro síť od 1 po nivelačních pořadech.

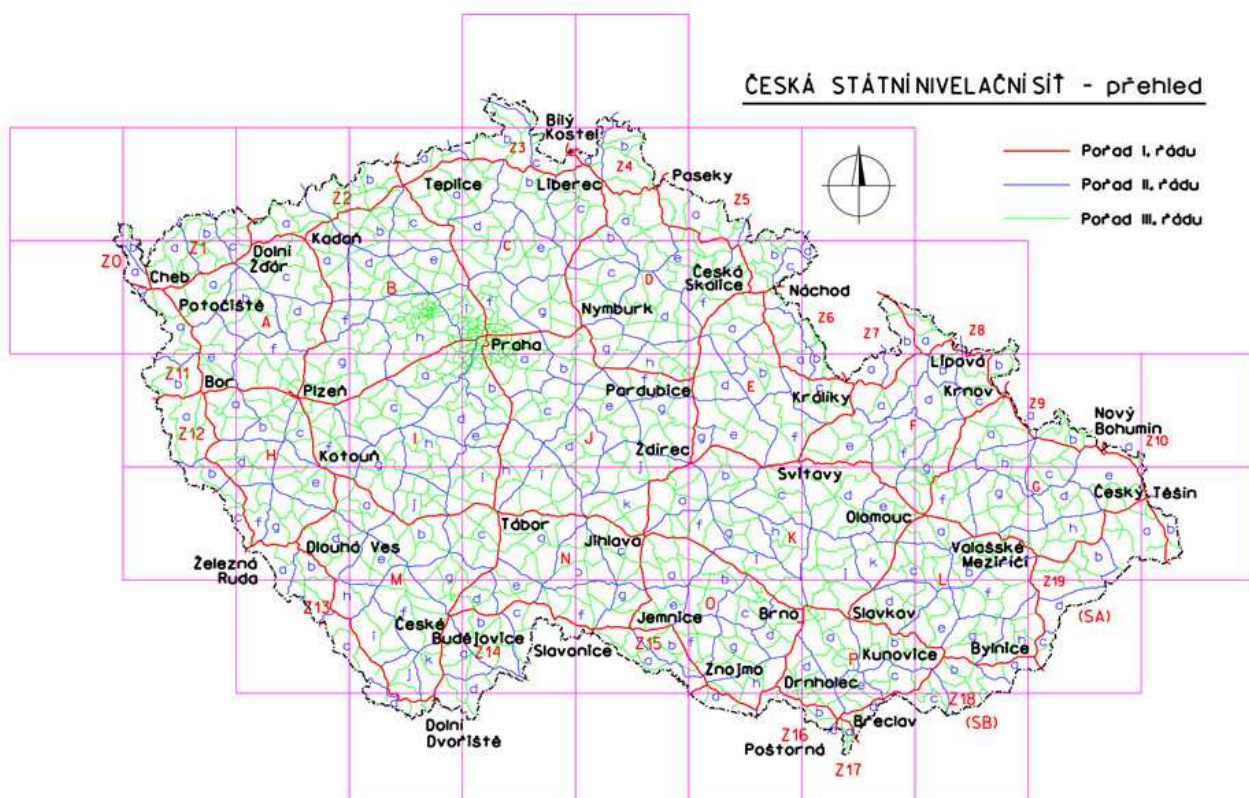
Používají se také body stabilizované technickou nivelací. Pro podrobné měření se určují nadmořské výšky PBPP. Přesnost bodů určených technickou nivelací je dána vzorcem

$$\Delta V = 40 \sqrt{r} \qquad r_{\max} = 5 \text{ km}$$

Nivelační síť v katastrálním území Duchcov – přes obec Duchcov byly vedeny nivelační pořady ČSNS a to I. řádu označený jako BZ 2 Teplice – Kadaň a nivelační pořad III. řádu Duchcov – Osek. Oba dva nivelační pořady a body, které jsou v nich stabilizované, byly vedeny po hlavních komunikacích (bohužel dopravně velmi frekventovaných) a pro běžnou výuku s ohledem na bezpečnost žáků nepoužitelné.

S ohledem na požadovanou přesnost vytvářené sítě byly pro připojení zvoleny nejbližší nivelační body I. řádu a to nivelační bod BZ 2 – 14 (Duchcov, dům čp. 13, škola) a nivelační bod BZ 2 – 14.1 (Duchcov, dům čp. 1000, kino).

Nivelační údaje jsou uvedeny v příloze této práce.



3. Volba lokality pro tvorbu sítě

Na území Duchcova jsme měli po úvaze na výběr ze dvou lokalit, na kterých mohlo být prováděno měření.

- a) **Park Boženy Němcové (u rybníku Barbora)** - výhodou této lokality je blízkost školy, snadná přístupnost , možnost využití státního bodového pole, na které je možnost se připojit. Naopak nevýhodami této lokality je nedostatek prostoru pro zbudování sítě, rušení geodetických prací obyvateli (dříve lokalita sloužila jako dětské hřiště), nestabilní terén pro stabilizaci bodů (povrch tvoří naplaveniny).
- b) **Zámecká zahrada** - výhody této lokality jsou velké území s dostatkem prostoru pro zbudování sítě, žádné frekventované komunikace, klidné prostředí pro měření a stabilní terén k stabilizaci bodů výškové sítě. Naopak nedostatek je velká vzdálenost od školy.

Rozhodnutí: Po úvaze všech výhod a nedostatků, které nám obě lokality nabízejí, jsme pro měření zvolily lokalitu Zámecké zahrady. Tato lokalita byla zvolena kvůli většímu prostoru, který k měření nabízí i pro svoje klidné prostředí a stabilní terén pro stabilizaci bodů.

4. Volba měřické metody a vybavení

Měření výšek lze zpracovat dvěma způsoby a to pomocí nivelace nebo pomocí trigonometrické nivelace.

Nivelaci lze měřit několika způsoby, vždy záleží na přesnosti s jakou chceme získat výšku bodu. Lze jí získat:

a) Technickou nivelací – nejběžnější druh nivelace, postačuje pro většinu technických úkolů a pro určení nadmořské výšky některých bodů v podrobném výškovém bodovém poli. Jedná se zejména o stabilizované body TN a body polohopisného bodového pole u nichž byla dodatečně určena výška. Není určena pro měření v sítích I / IV. řádu. Používají se latě s pevnou patkou a lehké nivelační podložky. Rozlišujeme 2 kvalitně rozlišené postupy.

- 1) **základní přesnost** – latě skládací, zasouvací či sklopné nemusí být vybaveny krabicovou libelou. Délka záměr v rovinném terénu až 120 m, záměry se nerozměňují ani nekroují. nivelační oddíl měříme 1krát, u volných pořadů 2krát. Základním kritériem přesnosti je mezní odchylka.

$$\Delta \max_{mm} = 40 \sqrt{R}$$

- 2) **zvýšená přesnost** latě kvalitnější, nejlépe celistvé, vybavené krabicovou libelou. Při použití 2 latí má sudý počet sestav. Délka záměr 80 m lépe 40–50 m. Sestavy se pólí krokováním. Dálka záměry nad terénem nesměla klesnout pod 0,3 m. nivelační oddíl vždy tam a zpět. Základním kritériem mezní odchylka.

$$\Delta \max_{\text{mm}} = 20 \sqrt{R}$$

b) Přesná nivelace - se zjišťují nadmořské výšky v pořadech III. a IV. řádu nebo i při speciálních pracích vyšší přesnosti, spadajících do oblasti inženýrské geodzie (např. měření deformací stavebních objektů). Záměry vpřed a zpět v téže sestavě mají být v přímce , nemají přesahovat délku 50 m, záměra proti svahu má být aspoň 50 cm nad terénem. Niveluje se tam a zpět při PN třeba i týž den, ale v jinou denní dobu. Maximální odchylka mezi měřením „tam a zpět“ v jednom nivelačním oddílu do $5\sqrt{R}$ v mm ($R = v$ km). Pro přesnou nivelaci má mít přístroj minimální zvětšení aspoň 24 ×. Nivelací lat' z jednoho kusu s dvěma vzájemně posunutými stupnicemi a krabicovou libelou pro spolehlivé postavení do svislé polohy. Při použití dvou latí musí být vždy sudý počet sestav. Staví se na kovové podložky kotoučovitěho tvaru se 3 hroty na zaražení do země. Stativy se používají pevné. Záměry se rozměřují pásmem s přesností na 1 dm..

c) Velmi přesná nivelace a zvláště přesná nivelace – VPN se používá pro práce v základním výškovém bodovém poli, zejména v nivelačních sítích I. a II. řádu. ZPN pak při výškovém určení výškových indikačních bodů i při speciálních pracích s vysokými nároky na dosaženou přesnost (přesné měření vertikálních posunů, určování poklesů a náklonů piliřů, sledování vertikálních pohybů zemské kůry apod.) Používají se nejpřesnější přístroje. Technologie se příliš neliší od PN, jen kritéria přesnosti jsou přiměřeně přísnější.

d) Trigonometrická nivelace – lze použít trigonometrickou nivelaci vpřed nebo trigonometrickou nivelaci ze středu

Rozhodnutí: K měření byla zvolena přesná nivelace, protože je to přesnější metoda než PN nebo trigonometrie. K našemu měření jsme se nerozhodli použít VPN nebo ZPN kvůli jejich velmi náročnému měření.

Volba přístroje a latí:

Z přístrojů Koni 007 Zeiss a Ni 004 Zeiss, které jsem měli na výběr, jsme si vybrali přístroj Koni 007 Zeiss. Přestože je tento přístroj starší než Ni 004 Zeiss. Byl vybrán protože u přístroje Ni 004 Zeiss se vyskytla chyba v horizontaci při protočení přístroje o 180°. Proto byl raději zvolen přístroj Koni 007 Zeiss.

Koni 007 Zeiss – přístroj se skládá z třínožky a z dalekohledu. Na dalekohledu je umístěna ustanovka, která po zacílení na lat' zabraňuje pohnutí dalekohledu ve vodorovném směru. Dále obsahuje nitkový kříž, pomocí kterého se dá odečítat na obou stupnicích latě, obsahuje pomocnou stupnici na odečítání desetin milimetru. Nevýhodou je, že tento přístroj patří mezi starší přístroje, čímž má menší přesnost.

5. Volba způsobu stabilizace nivelačních bodů

a) **stabilizace bodů** – Bod musí být stabilizován tak, aby nebyl ohrožen, aby byla jednoduchá stabilizace a aby byl využitelný pro připojení podrobného měření. Ostatní body je možno stabilizovat vytesáním křížku na opracované ploše skály; hřbovými značkami zabetonovanými do skály, kovovými konzolami, čepovými značkami apod. na budovách; ocelovými trubkami nebo čepy v betonových blocích o velikosti nejméně; kovovými značkami o průměru nejméně 8 mm a s plochou hlavou nejméně 25 mm.

b) **použitá stabilizace**

bod číslo 11 - byl stabilizován čepovou nivelační značkou ve zdi Zámecké zahrady

bodů číslo 1, 10, 8, 7, 9, 5, 4 – byli stabilizováni pomocí hřbové značky

bodů číslo 804, 2008, 2009 – byli stabilizováni jako pomocné body pouze hřebem

bod číslo 800 – u tohoto bodu byla použita stávající stabilizace (jako stabilizace byla využita plocha na hraně trubky, která vyčnívala ze země)

6. Měření a výpočet výšek

Nejprve se sečtou všechny měření na první stupnici při měření zpět pak se sečtou všechna měření na druhé stupnici také při měření na stupnici zpět. Dále následuje sečtení měření na první stupnici při měření vpřed a poté se sečte měření na druhé stupnici při měření vpřed. Následuje odečtení součtu měření na první stupnice (zpět minus vpřed) a poté odečtení součtu měření na druhé stupnice (zpět minus vpřed). Na posledy se navzájem sečtou rozdíly měření na první a na druhé stupnice, vydělí se čtyřmi a tím získáme výškový rozdíl mezi počátečním a koncovým bodem.

$$h = (I - II) : 2$$

$$os = h_1 - h_2$$

$$mez = 5\sqrt{R}$$

$$mez I - II = 2\sqrt{5}\sqrt{R}$$

$$o = I - II.$$

7. Závěr práce

Zadaná lokalita se nachází na severozápadě Čech. Tato lokalita se nachází v městě Duchcov je jí místní Zámecký park, kde v rámci Středoškolské odborné činnosti byla zbudována pro potřeby Střední průmyslové školy výšková síť pomocí přesné nivelace.

Dosažené výsledky: Pomocí přesné nivelace byla zaměřena síť zbudovaná pro potřeby Střední průmyslové školy. Celá síť bodů byla připojena na Státní nivelační síť.

Dosažená přesnost: Pomocí přístroje Koni 007 lze dosáhnout přesnost 0,07 mm. V úvahu musí také být brána chyba měřiče při měření. Pomocí PN lze dosáhnout přesnosti maximálně $5\sqrt{R}$.

Zhodnocení stabilizace: Celá lokalita byla připojena na Státní nivelační síť I. řádu a to na dva nivelační body. Body BZ2-14.1 a BZ2-14. V zámecké zahradě bylo celkem zbudováno 12 bodů z toho jeden byl během našeho měření zničen a nadále už nemohl být k měření používán.

Celkové zhodnocení sítě: Síť, která byla při naší práci zbudována, bude dále sloužit pouze pro potřeby měření Střední průmyslové školy v Duchcově jako podrobná síť nivelačních bodů na území Zámeckého parku při zámku Duchcov. Tato síť byla zbudována s přesností jakou nám umožňovali přístroje pomocí kterých byla zaměřena.

Seznam použit literatury:

Geodézie – Zdeněk Mašín a kolektiv
Skripta pro ČVUT – Mapování

Použit zkratky:

ČSNS – Česká státní nivelační síť
ČSJNS / J – Česká státní jednotná nivelační síť / Jadran
PBPP – Podrobné bodové pole polohové
BZ – 2 – číslo nivelační sítě
TN - technická nivelace
PN – přesná nivelace
VPN – velmi přesná nivelace
ZPN – zvlášť přesná nivelace
R – délka nivelačního pořadu v km

Zkratky použité v zápisníku a ve výpočtech:

Z – měření zpět
T – měření tam
o – odchylka mezi I. a II. stupnicí po rozdílů
h1 – převýšení mezi body při měření tam
h2 – převýšení mezi body při měření zpět
mez – mezní měřená odchylka mezi měřením tam a zpět
os – osobní odchylka mezi měřením tam a zpět