

ING4 – Návod na cvičení

Realizováno za podpory grantu RPMT 2014

Fakulta stavební ČVUT v Praze
Katedra speciální geodézie
2014

Obsah

1	LITERATURA, ZÁSADY PŘESNÉHO MĚŘENÍ	3
2	ORGANIZACE CVIČENÍ	4
3	VÝKLAD K 1. ÚLOZE: PRORÁŽKOVÝ POLYGON (P)	5
3.1	ÚVOD	5
3.2	HISTORIE	6
3.3	GEODÉZIE V PODZEMNÍCH PROSTORÁCH VE ŠTOLE JOSEF	7
3.4	ZADÁNÍ ÚLOHY	9
4	VÝKLAD K 2. ÚLOZE: HLOUBKOVÉ PŘIPOJENÍ (H)	11
4.1	ZADÁNÍ ÚLOHY	11
4.2	POSTUP – HLOUBKOVÉ PÁSMO	11
4.3	ROZBORY PŘESNOSTI – HLOUBKOVÉ PÁSMO	13
4.4	NIVELACE	13
5	VÝKLAD K 3. ÚLOZE: PŘIPOJOVACÍ A USMĚRŇOVACÍ MĚŘENÍ (U)	14
5.1	ZADÁNÍ ÚLOHY	14
5.2	PŘÍPRAVNÉ PRÁCE	15
5.3	MĚŘENÍ ŠTÍHLÉHO TROJÚHELNÍKU	16
5.4	VÝPOČTY	17
5.5	ROZBORY PŘESNOSTI (ŠTÍHLÝ TROJÚHELNÍK)	18
5.6	ROZBORY PŘESNOSTI (POLYGONOVÝ POŘAD)	18

1 Literatura, zásady přesného měření

- studijní a informační zdroje, především:
 1. Hánek, P. - Novák, Z.: Geodézie v podzemních prostorách - 2. vydání. ČVUT Praha 2006 [skriptum ČVUT]
 2. Kovanič, L. - Matouš, J. - Mučka, A.: Důlní měřictví. SNTL 1990
 3. Vyhláška ČBÚ č. 435/1992 Sb., o důlně měřické dokumentaci při hornické činnosti a některých činnostech prováděných hornickým způsobem, ve znění vyhlášky ČBÚ č. 158/1997 Sb. a vyhlášky č. 298/2005 Sb.
 4. Webové stránky Českého báňského úřadu (<http://www.cbubs.cz/>)

- Zásady přesného měření (nejen) s teodolitem Zeiss Theo 010B
 - kontrola a postavení stativu (dotažení hrotu, nohou, hlavy, přibližná centrace, pro pružení nohou aj.)
 - temperace a „rozcvičení“ přístroje (ustanovky, ostření aj.)
 - postup centrace a horizontace, pokud možno bez posunů a opětovného zašlapávání stativu s přístrojem (vteřinovým)
 - kontroly a opravy chyb centrovače a libely (dvojnásobná chyba při otočení o 200 gon, polovina oprava)
 - kontrola všech záměr (proostření kvůli vyhledání překážek)
 - způsob nastavování čtení Hz směru (nastavení mikrometru a poté pohyb pastorkem)
 - metodika měření osnovy v řadách a skupinách (pro 2 směry a více)
 - možnosti dvojího cílení a koincidence (rozcílit, zrušit koincidence, docílit, koincidovat)
 - paralaktické měření délek (Zeiss BaLa) způsob měření PLJ (LL–PPPP–LL), posun mikrometru i limbu mezi PLJ, stačí 1. poloha

2 Organizace cvičení

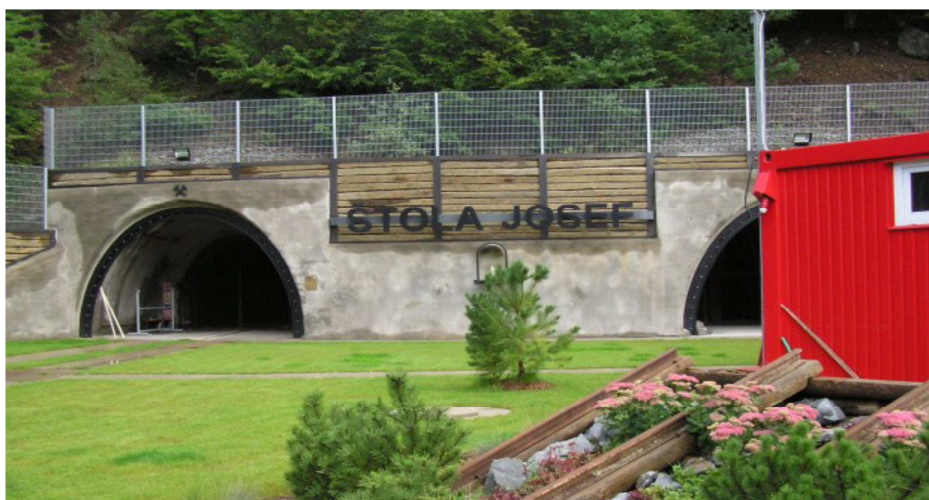
- Kruh je rozdělen do skupin po 4 lidech. Úlohy se cvičí po skupinách. Každé cvičení má na starosti jeden student – vedoucí úlohy. Vedoucí úlohy má ve své úloze zápisníky a přebírá a předává materiál. Vedoucí úlohy zodpovídá za správnost vypracování úlohy.
- Úlohy – každý vypracovává samostatně a odevzdává za sebe. Výpočty se dělají nezávisle z důvodů kontroly. Kontrolu je nutné provést pro úlohu U na webových stránkách přednášejícího.
- Existují tři možnosti kontroly, pokud jsou vyčerpány, je nutné zajít za svým vyučujícím a domluvit se, co dál (udělena sankce). Z tohoto důvodu je nutné si co nejdříve změnit heslo, aby možnosti kontroly nebyly neoprávněně vypotřebovány.
- Úloha bude obsahovat:
 - Technickou zprávu: zadání, postup měření, rozbor přesnosti teoreticky a číselně
 - výpočty (dostatečně podrobně, aby bylo možné zkontrolovat postup) a výsledky
 - Závěr
 - Zápisníky, originál vedoucí, ostatní kopie. Zápisníky jsou vyplňovány trvalým způsobem, vypočteny, zkontrolovány vedoucím úlohy a je v nich uvedeno kdo co dělal s jejich podpisy!!
 - Příprava + její případné doplnění či přepracování
- Příprava – vlastními slovy popsat postup měření pro danou úlohu, rozbor přesnosti před a po měření. Příprava se odevzdává na začátku cvičení příslušné úlohy, vyučující ji opraví a v průběhu cvičení vrátí. Příprava se v současné době píše na počítači a tiskne na standardní bílý kancelářský papír. Může sloužit jako podklad pro technickou zprávu (jen se doplní).
- Po ukončení úlohy je jeden týden na výpočty a kontrolu. Pokud by se objevily potíže, je vhodné kontaktovat svého vyučujícího a potíže s ním vyřešit. Je-li špatně měření, bude domluven termín přeměření. Druhý týden se úloha odevzdává. Pozdní odevzdání znamená snížení známky, co týden to o dvě písmenka (jeden stupeň)!
- Testy – dva průběžné a jeden závěrečný. Pokud jsou uděleny z průběžných testů nebo úloh dvě špatné známky (3-, 4), je nutné psát opravný test před testem závěrečným. Pokud jsou uděleny více než dvě špatné známky, řeší se situace individuálně. Závěrečný test má jeden opravný termín. (Testy se týkají obecných znalostí z G a IG, poslední test je z GP)

3 Výklad k 1. úloze: Prorážkový polygon (P)

- úloha se měří v podzemním výukovém středisku Josef

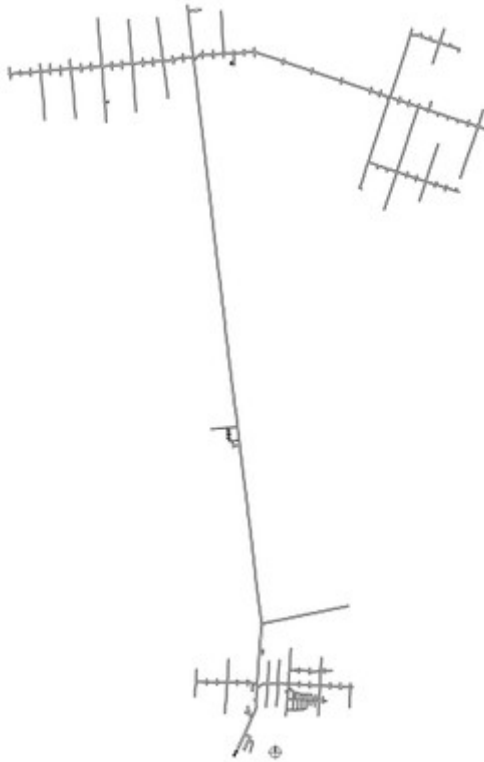
3.1 Úvod

Podzemní výukové středisko UEF (Underground Education Facility) Josef (Obr. 1. a Obr. 2.) je nové pracoviště Stavební fakulty ČVUT, které bylo otevřeno v červnu 2007. Pracoviště se nachází v bezprostřední blízkosti Slapské přehrady poblíž obce Čelina na Příbramsku. UEF Josef slouží zejména k výuce studentů ČVUT s možností využití i pro jiné vysoké školy.

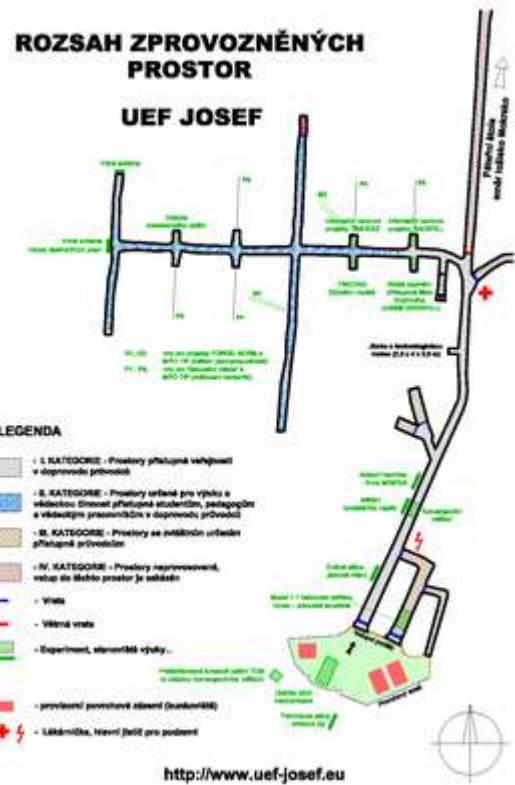


Obr. 1. Portál a okolí štoly

Podzemní výukové středisko UEF Josef využívá prostor bývalé průzkumné štoly Josef (Obr. 2. A Obr. 3.). Důlní dílo Josef je součástí zlatorudného revíru Psí Hory. Průzkumná štola prochází severo-severo-východním směrem napříč horninovým masivem Veselého vrchu. Celková délka páteřní štoly je 1836 m, příčný průřez má velikost 14 až 16 m². Výška nadloží je 90 – 140 m. Ze vstupních portálů jsou souběžně vedeny dva tunely délky 80 m o průřezu 40 m². Na páteřní průzkumnou štolu navazují další liniová průzkumná díla s četnými rozrážkami sledujícími rudní struktury s napojením do dalších 2 pater. Celková délka chodeb dosahuje téměř 8 km. Převážná většina (kolem 90%) výlomů není vystrojena. Konec páteřní štoly je propojen 136 m vysokým nevystrojeným větracím komínem s povrchem terénu.



Obr. 2. Schéma štoly Josef



Obr. 3. Zpřístupněná část štoly Josef

3.2 Historie

Štola Josef vznikla v souvislosti s relativně nedávným geologickým průzkumem revíru Psí hory. Její ražba začala r. 1981. Jedná se o rozsáhlé podzemní dílo s celkovou délkou chodeb téměř 8 km, které bylo využíváno nejen při zjišťování geologických poměrů v oblasti a odběru vzorků, ale sloužilo též jako přístup do podzemí při poloprovozní těžbě zlata v letech 1989-1991 (podrobněji viz níže). Od poloviny devadesátých let, po ukončení všech průzkumných prací, štola i její okolí postupně chátraly. V r. 2000 byl stav areálu již natolik neuspokojivý, že bylo z bezpečnostních důvodů přistoupeno k zabetonování obou přístupových portálů do štoly.

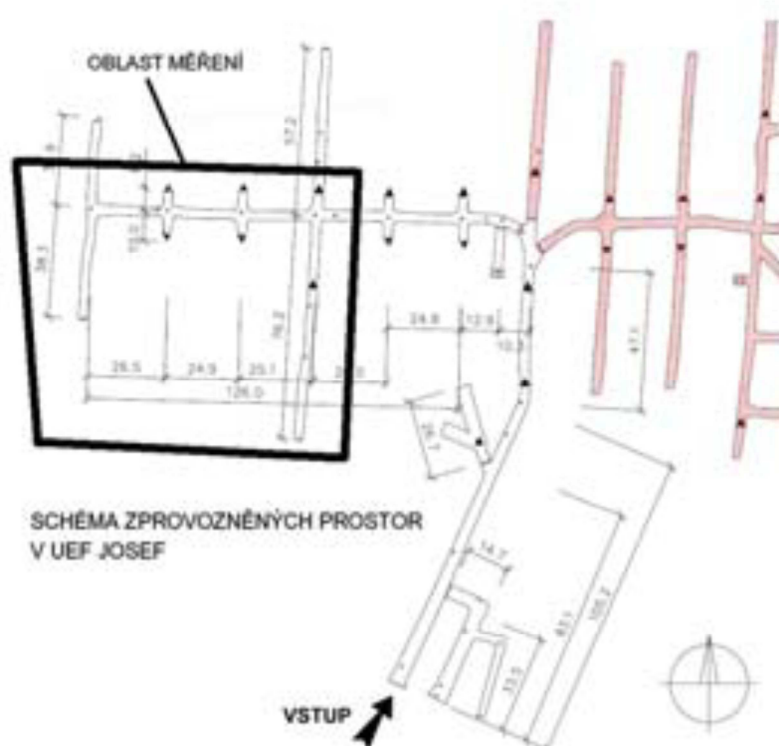
O tři roky později vznikl na půdě ČVUT nápad využít opuštěné podzemní dílo Josef ke zřízení unikátního podzemního vzdělávacího a experimentálního pracoviště. V roce 2004 se ČVUT dohodlo se společností Metrostav a.s. o zprovoznění štoly (v dodatku rámcové smlouvy o spolupráci). V květnu 2005 byla podepsána smlouva mezi Stavební fakultou ČVUT a správcem průzkumného díla, kterým je Ministerstvo životního prostředí, o zapůjčení štoly pro vzdělávací a výzkumné účely. V srpnu 2005 byla proražena betonová zátka jednoho z portálů, čímž došlo ke znovu zpřístupnění štoly. Počátkem září 2005 zkontrolovala Báňská záchranná služba stav podzemních prostor a pak byl portál opět uzavřen. K definitivnímu otevření obou portálů došlo až v srpnu 2006. Ihned poté se začalo s rekonstrukcí podzemních prostor. V současnosti je zrekonstruováno a zpřístupněno prvních 600 m podzemí.

Celkový potenciál všech ložisek revíru byl odhadnut na 130 t Au, což je více, než kolik se vytěžilo na celém území České republiky během celé historie dobývání zlata. V rámci průzkumu probíhala v letech 1989-1991 i experimentální podzemní těžba ložiska Čelina. Bylo vytěženo celkem 19 500 t rudniny, která se zpracovávala na úpravně Rudních

dolů v Příbrami. Získáno z ní bylo 21,5 kg zlata. K průmyslovému využití revíru nebylo vzhledem k předpokládanému negativnímu vlivu případné těžby na životní prostředí nikdy přistoupeno. Hlavní zdroj zlata – ložisko Mokrsko-západ by se totiž muselo dobývat výhradně povrchovým způsobem, což by mělo výrazný dopad na ráz tamní krajiny a kvalitu přírody. V polovině 90. let sice projevily o lokalitu zájem zahraniční těžební společnosti, ale díky protestům místních obyvatel a různých ekologických organizací z plánů na těžbu sešlo.

3.3 Geodézie v podzemních prostorách ve štole Josef

V současné době je ve štole Josef vedena část výuky povinného předmětu Geodézie v podzemních prostorách, studijního programu Geodézie a kartografie. Jedná se o zaměření prorážkového polygonového pořadu v části zpřístupněných chodeb v oblasti Čelina-západ (Obr. 4).



Obr. 4. Umístění prorážkového polygonového pořadu v UEF Josef

Pro účely praktické výuky bylo stabilizováno bodové pole. Body 511 a 512 jsou body základní orientační přímky (ZOP) a jsou stabilizovány v počvě (Obr. 7). Vzdálenost mezi body je při výuce určována obousměrně paralakticky. Koncové body 16X a 44X jsou stabilizovány ve stropě pomocí mosazné lišty s otvory (Obr. 5), aby bylo možné zadávat různé varianty zadání. Ostatní body jsou pak stabilizovány ocelovou konzolí s nucenou centrací (Obr. 6) nebo ve stropě mosazným trnem s otvorem (Obr. 8). Tyto body se signalizují závěsem olovnice. Ve cvičeních se používají speciální důlní olovnice (Obr. 9, konstrukce Ing. J. Vlčka z Ústavu pro výzkum rud). Olovnice ÚVR má stavitelnou délku závěsu, kterou lze měnit po povolení horního bubínku. Pro přesné dostředění teodolitu pod olovnicí je vybavena ostrým hrotem, který je jinak chráněn odnímatelným krytem (na závit). Hrot musí směřovat na

červenou tečku na kolimátoru dalekohledu Zeiss Theo 010A(B). Příklad musí být už téměř urovnán a dostředěn, čtení na svislém kruhu $300 \text{ gon} \pm i$ (i – indexová chyba).



Obr. 5. Mosazná lišta s otvory



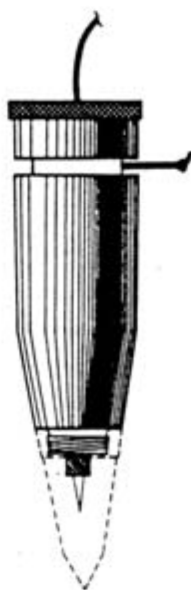
Obr. 6. Ocelová konzole (měřický stolek)



Obr. 7. Zabetonovaný bod v počvě



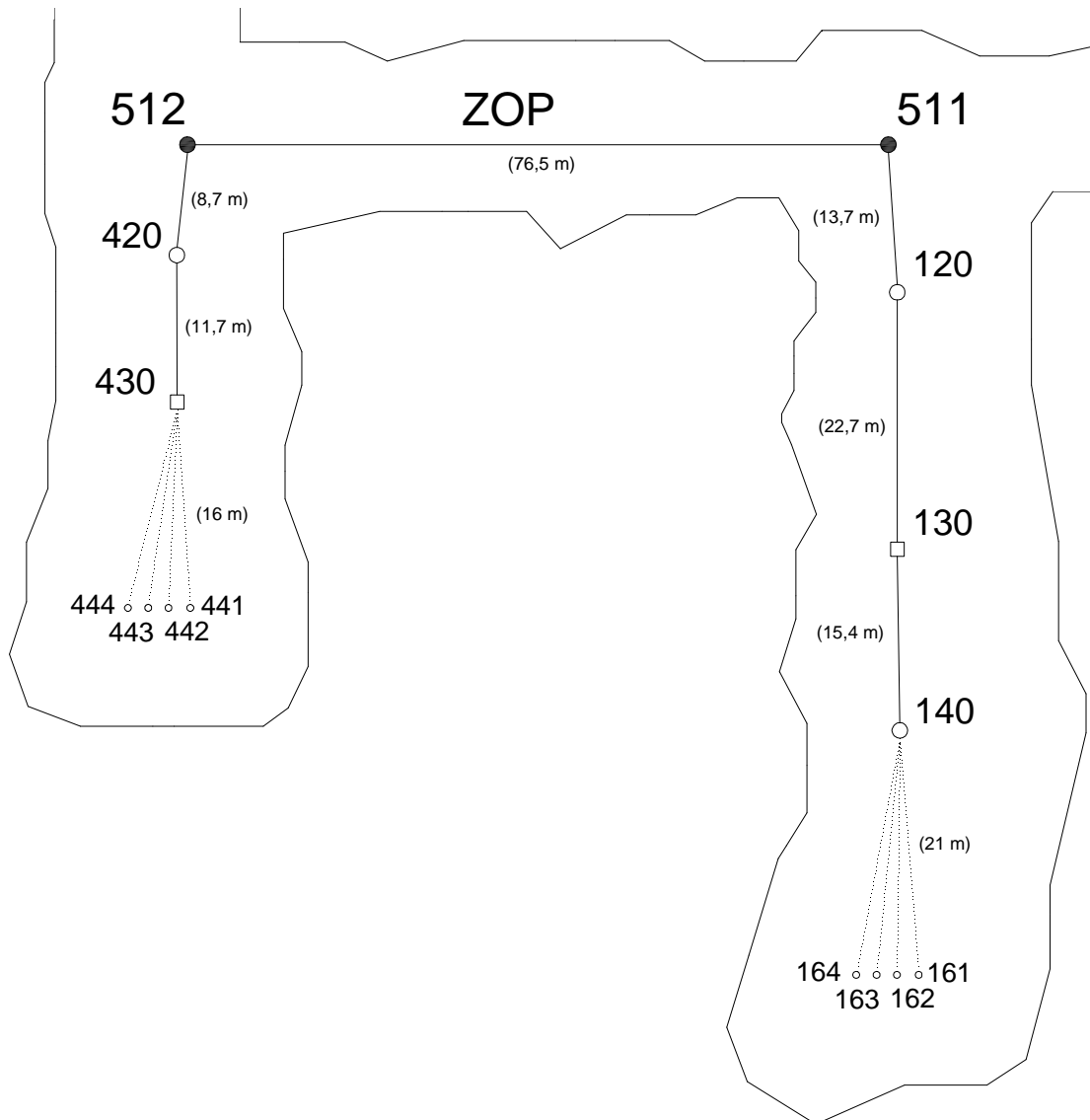
Obr. 8. Mosazný trn ve stropě



Obr. 9. Olovnice ÚVR

3.4 Zadání úlohy

Cílem cvičení je zaměřit prorážkový polygonový pořad tvořený dvěma větvemi otevřených (volných) přesných pořadů a vypočítat prorážkové úhly (u bodů 16X a 44X) a délku prorážky (mezi body 16X a 44X), viz Obr. 10. Obě větve jsou připojeny na základní orientační přímku (ZOP) danou bodem 512 s orientací na bod 511. Grafickou přílohou úlohy je zobrazení pořadu ve vhodném měřítku s tabulkou průvodičů r .



Obr. 10. Schéma polygonu

Tab. 1. – Číselné zadání

Bod	Y [m]	X [m]
511	753 446,579	1 081 449,518
Směrník 511 - 512		102,1267 gon
Měřítko JTSK		0,9999046
Průměrná nadmořská výška		291 m

Číselné zadání je stejné pro všechny měřické skupiny a vychází ze ZOP dle Tab. 1. Variantu zadání pak udává poslední bod polygonu (otvory v mosazném pásu) dle Tab. 2. Potřebné pomůcky lze nalézt v Obr. 11. Délka ZOP bude měřena paralakticky nejméně dvakrát (tj. obousměrně) ve dvou polovičních laboratorních jednotkách vteřinovým teodolitem Zeiss Theo 010A/B. Jednotlivé ramena polygonu budou měřeny ve dvou skupinách vteřinovým teodolitem Zeiss Theo 010A/B a délky třikrát šikmo pásmem ke značce na kolimátoru se současným čtením zenitového úhlu (nezapomenout na redukci délky vlivem rozdílu osy dalekohledu a polohy tečky kolimátoru – do přípravy uvést obrázek a vzorce s použitými vztahy)!!!

Tab. 2. – Zadání varianty

Skupiny	Varianta 16	Varianta 44
1,2,3	161	441
4,5,6	162	442
7,8,9	163	443
10,11,12	164	444

Pomůcky					
2 čety, pracovně 3 skupiny					
sk. 1	sk. 2	sk. 3 (BaLa)	společné:	celkem	co
1xTheo 010A	1xTheo 010A	1xTheo 010B+kužilek	rezerva Theo	4	Zeiss Theo010A/B
2x stativ	2x stativ	2x stativ		6	stativ (sklad C-0, Suchý)
1x terčovka Zeiss	1x terčovka Zeiss			2	terčová souprava (á 2 terče)
2x osvětlení	2x osvětlení	1x osvětlení		5	osvětlení terč/theo
		1x BaLa plus světla		1	Zeiss BaLa + osvětlení
		1x centrovač Zeiss		1	centrovač Zeiss
		1x trojnožka k BaLa		1	trojnožka pro BaLa lat'
8x AA baterie (+4)	8x AA baterie (+4)	4x AA baterie		28	AA baterie
		2x D baterie (+2)		4	D baterie
			nabíječka (uni?)	1	nabíječka
3x Vlčková olovnice	2x Vlčková olovnice			5	Vlčková olovnice
			štafle	1	štafle
pásmo 30m	pásmo 30m			2	pásmo 30m
siloměr	siloměr			2	siloměr
zápisníky	zápisníky	zápisníky		6	zápisníky univerzál

Obr. 11. Pomůcky pro jednu výpravu

Organizační pokyny

- 1) Vzít si pevnou obuv.
- 2) Vzít si svačinu ☺.
- 3) Sraz v 7:00 v devátém patře u skladu inženýrské geodézie.
- 4) Vzít si baterku.
- 5) Vzít si teplé oblečení (celoroční teplota okolo 12°C s velkou vlhkostí).
- 6) Připravit si rozbor přesnosti při měření.
- 7) Nezapomenout odevzdat vypracovanou přípravu – každý za sebe.

4 Výklad k 2. úloze: Hloubkové připojení (H)

- úloha se měří v budově fakulty stavební ČVUT v Praze

4.1 Zadání úlohy

Cílem úlohy je určit 3 výškové body na náraží (vně budovy B v úrovni 2. podlaží za vstupními dveřmi) přenesením z povrchu (ohlubně). Skládá se ze 2 částí: z měření geometrickou přesnou nivelací s přístrojem Zeiss Ni 005A a z měření komparovaným hloubkovým pásmem s milimetrovým dělením, zavěšeným nulou vzhůru v 9. podlaží. Každá z těchto částí úlohy se měří postupem T-Z (tam a zpět). Při měření se určují výšky nivelačních hřebových značek jednotlivých mezilehlých horizontů (podlaží). Měření obou metod probíhá souběžně: čtení na zavěšeném hloubkovém pásmu je boční záměrou v rámci metody nivelace.

Výška připojovacího bodu na ohlubni, tj. hřebová značka v podlaze severní chodby 7. podlaží budovy B FSv ČVUT u zábradlí zadní sekce (pod linem pod hasícím přístrojem):
H7 = 242,9711m.

Přesnost měření je dána vzorcem mezního rozdílu dvojice nezávislých měření:

$$\delta_h [mm] = k \cdot \sqrt{20 + \frac{2 \cdot h}{15}} [m], \quad \text{kde } h \dots \text{ hloubka } [m]$$

k ... koeficient pro přesná měření = > 4

4.2 Postup – hloubkové pásmo

- pásmo zavěšíme na háček v 9. podlaží s nulou nahoře
- naproti spuštěnému pásmu postavíme nivelační lať na bod A o známé výšce
- pásmo musíme zatížit závažím o určité hmotnosti Q_M , tak aby se ona hmotnost rovnala síle působící na pásmo při komparaci
- při čtení na pásmu a nivelační lati ve stejném patře by se měly délky záměr téměř rovnat
- během měření odečítáme teplotu a to alespoň ve 2 úrovních, toto měření se provádí teploměrem s přesností $\sigma_t \leq 1^\circ\text{C}$, za výslednou teplotu uvažujeme jejich průměr
- **oprava z komparace**
 - zavádíme podle hodnot v komparačním protokolu, ve kterém je uveden údaj o komparační síle Q_K a komparační teplotě t_0
- **oprava z teploty** $\sigma_t = 1 \cdot \alpha \cdot (t - t_0)$
 - kde: 1 ... měřený úsek pásma
 - α ... koeficient teplotní roztažnosti $\alpha = 1,15 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$,
 - t ... teplota při měření
 - t_0 ... komparační teplota

• oprava z protažení pásma

$$o_p = \frac{l}{EP} \cdot \left(Q_M - Q_K + \frac{glq}{2} + gl_d q \right)$$

- kde: Q_M ... síla závaží včetně pouzdra

Q_K ... komparační síla

q ... hmotnost jednoho běžného metru (0,021 kg/m)

g ... gravitační zrychlení (9,81 m/s²)

l ... odvinutá délka pásma

l_D ... neodvinutá část pásma

E ... modul pružnosti pásma BMI (227 120 N/mm²)

P ... průřez pásma v mm² (3,5 mm²)

Údaje o odchylkách pásma BMI z kalibračního listu:

Nominální hodnota (m)	Odchylka (mm)	Nominální hodnota (m)	Odchylka (mm)
0	0,0	16	+0,2
1	+0,1	17	+0,1
2	-0,1	18	+0,2
3	+0,1	19	+0,3
4	0,0	20	+0,1
5	+0,2	21	0,0
6	+0,1	22	+0,2
7	+0,1	23	+0,3
8	+0,2	24	+0,1
9	+0,2	25	+0,2
10	+0,1	26	0,0
11	0,0	27	+0,3
12	+0,2	28	+0,3
13	+0,2	29	+0,3
14	+0,2	30	+0,4
15	+0,1		

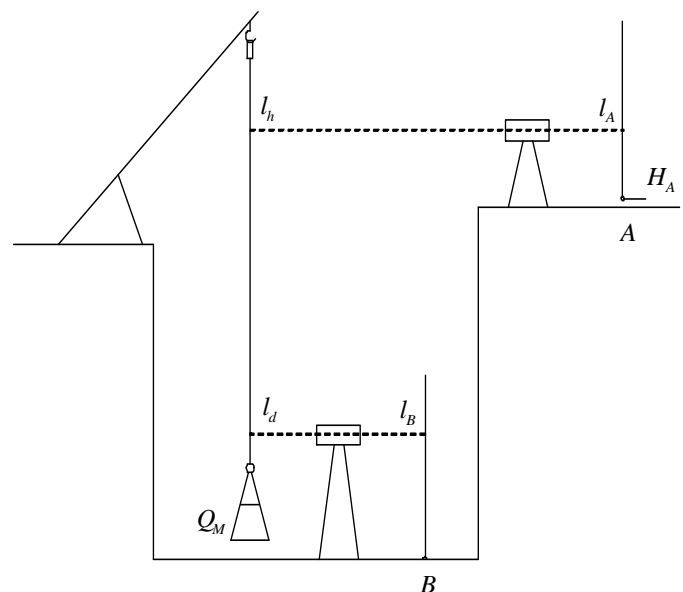
Poznámka: znaménko + (-) znamená, že pásmo je delší (kratší) nominální délky.

rovnice pro určení výšky: $H_B = H_A + l_A + l_h - l_d - l_B$

H_A, H_B ... výška bodu A, B

l_A, l_B ... čtení nivelační latě nahoře a dole

l_n, l_d ... čtení na pásmu nahoře a dole



4.3 Rozbory přesnosti – hloubkové pásmo

Z kritéria δ_n mezního rozdílu dvojice nezávislých porovnání vyplývá hodnota očekávané směrodatné odchylky jednoho měření $\sigma_m = \delta_n / (u\sqrt{2})$

$$\sigma_m = \sqrt{\sigma_k^2 + \sigma_{ot}^2 + \sigma_{cp}^2 + \sigma_{oz}^2 + \sigma_{pp}^2 + \sigma_{cl}^2}$$

kde: σ_k přesnost komparace
 σ_{ot} přesnost opravy z teploty
 σ_{cp} přesnost čtení stupnice pásma (0,2 mm)
 σ_{oz} přesnost opravy z nestejně délky záměr (0,1mm)
 σ_{pp} přesnost opravy z prodloužení pásma
 σ_{cl} přesnost čtení stupnice nivelační latě
u součinitel konfidence

- **Předpokládané hodnoty pro hloubku 20m**

- komparace a opravy z protažení pásma $s_{kp} = 0,1mm$
- opravy z teploty $s_{ot} = 0,2mm / 1^\circ C$
- oprava jednoho čtení pásma či latě nivelačním přístrojem $s_{cl} = 0,1mm$ včetně vlivu nesvislosti latě a drobných změn polohy přístroje otřesy
- směrodatná odchylka jedné cesty měření $s_p = \sqrt{(2s_{kp}^2 + s_{ot}^2 + 4s_{cl}^2)}$
- mezní rozdíl dvojice cest $\delta_p = s_p \cdot u \cdot \sqrt{2}$
- směrodatná odchylka výsledku průměru $s_{pp} = \frac{s_p}{\sqrt{2}}$

4.4 Nivelace

Provádí se rektifikovaným optickým přístrojem Zeiss Ni 005 se dvěma 3 m dvoustupnicovými latěmi Zeiss a s latí délky 1,8 m pro postavení na stabilizované body.

- směrodatná odchylka jedné cesty nivelace $s_n = \sigma_c \cdot \sqrt{n}$
(n .. počet záměr na niv. Lať)
- mezní rozdíl dvojice cest $\delta_n = s_n \cdot u \cdot \sqrt{2}$, kde: u = 2
- směrodatná odchylka výsledku průměru $s_{pn} = \frac{s_n}{\sqrt{2}}$
- **Hodnocení výsledků obou metod**
 - mezní rozdíl výsledků obou metod $\delta_{np} = u \cdot \sqrt{(s_{pn}^2 + s_{pp}^2)}$ u = 2

5 Výklad k 3. úloze: Připojovací a usměrňovací měření (U)

- úloha se měří v budově fakulty stavební ČVUT v Praze

5.1 Zadání úlohy

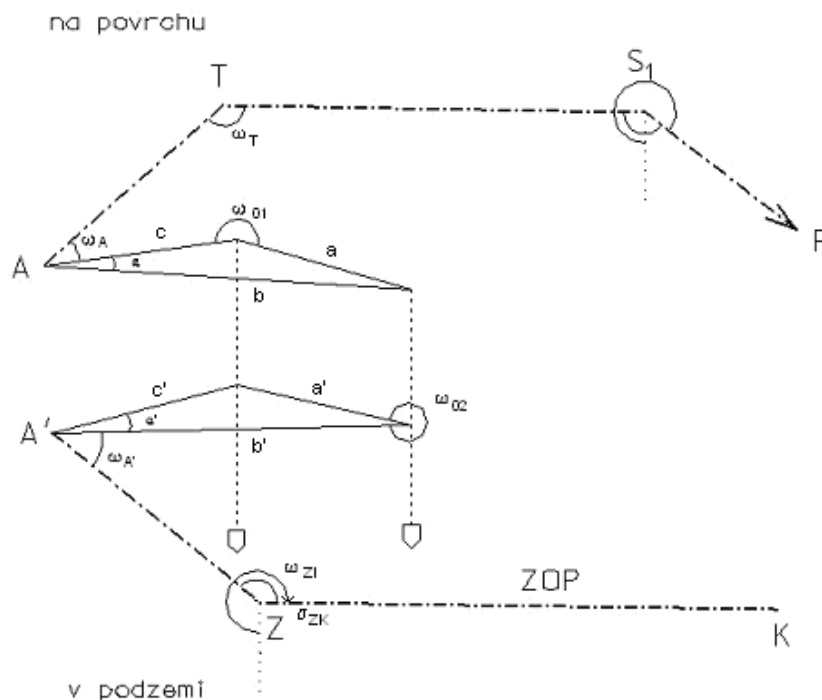
Cílem úlohy je určení souřadnic počátečního bodu a směrníku základní orientační přímky (ZOP) na připojovacím horizontu v podzemí metodou připojovacího a usměrňovacího měření jednou jamou a dvěma upnutými olovnicemi. Připojovacím obrazcem je štíhlý trojúhelník (Obr.12).

Zadání stanoviska [S-JTSK] a orientačních směrniců [gon]						
Stanovisko	Y	X	1001 (Sv. Matěj)	1002 (hromosvod)	T1	T2
S1	744 964,57	1 040 909,13	171,2739	74,827	71,6145	324,8062
S2	744 964,94	1 040 909,46	171,2837	74,8227	72,4601	316,8073
S3	744 965,27	1 040 909,10	171,2939	74,7987	69,512	321,1131
S4	744 964,90	1 040 908,77	171,3147	74,8317	68,7941	328,5167

Na povrchu (střešní terasa) je dáno stanovisko S_i o známých souřadnicích v systému S-JTSK a orientační směrníky na terč a věže kostelů sv.Víta a sv.Matěje. Konkrétní zadání dle webových stránek přednášejícího (<http://klobouk.fsv.cvut.cz/~hanek/K154/>).

Délkové zkreslení do kartografického zobrazení S-JTSK je 0,9999041.

Průměrná nadmořská výška v Bpv je na povrchu 253 m a v podzemí 235 m.



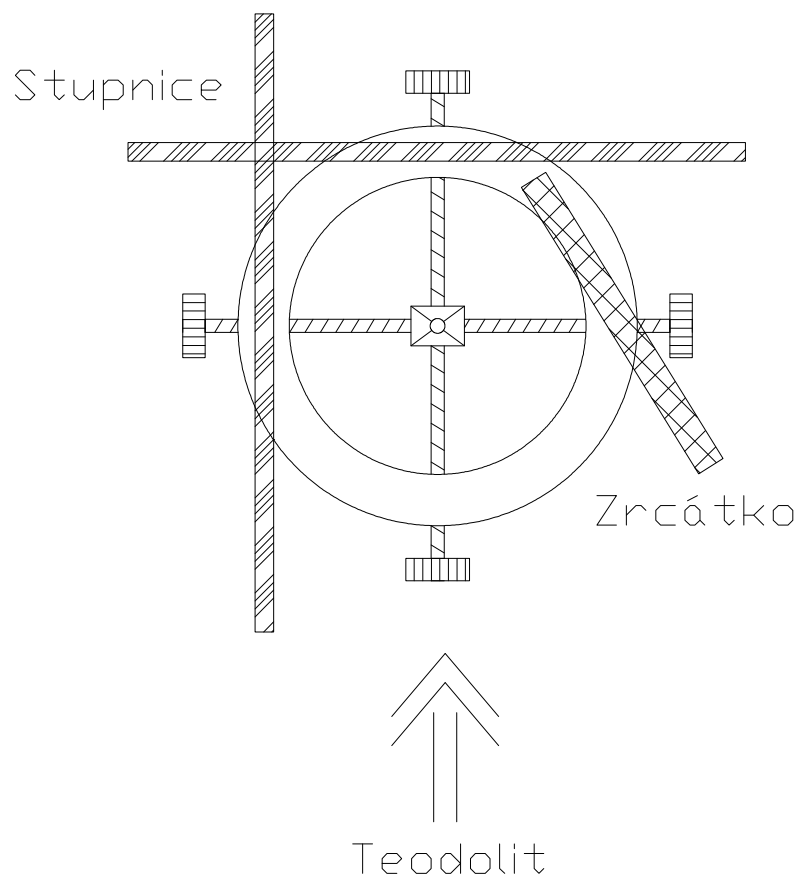
Obr. 12. Schématický obrázek

5.2 Přípravné práce

Měří současně dvě skupiny (na povrchu a na náraží připojovaného horizontu).

- **přípravné práce a upevnění závěsů s olovnici**
 - závěsy se závěsy a středovou tyčí spustí tak, aby procházely vrcholy vodících zářezů a prstenci Jungových talířů (5. podlaží)
 - po spuštění, zasunout západku a nainstalovat záchytné koše !!!
 - na tyč se navlékne pět kotoučů dělené olovnice tak, aby radiální výřezy byly rovnoměrně rozmístěny
- **ověření volnosti závěsu**
 - kontrola zrakem
 - kroužkem z měkkého drátu
 - porovnáním doby kyvu s kyvem matematického kyvadla $t \approx \sqrt{l}$ (l je délka závěsu)
 - pokud by se měřená a vypočtená doba kyvu lišila, vypočte se z výše uvedeného vzorce výška nad místem měření, ve které došlo k uvíznutí závěsu
- **upevnění závěsů olovnice pomocí Jungových talířů**
 - přístroj se postaví na vhodné místo o vzdálenosti 2 – 5m tak, aby horizont ležel v úrovni jednotlivých stupnic
 - jedna ze stupnic se hranou zacílí na pravou vidlici teodolitu a druhá se natočí kolmo k ní, tak aby svíraly pravý úhel
 - dále se na Jungův talíř přidělá zrcátka (pod úhlem k záměrné přímce) nastavovacími šrouby
 - poloha zrcátka a stupnic se nesmí až do upnutí závěsů změnit !!!
- **určení klidové polohy závěsu olovnice**
 - určíme středy kyvů v rovinách rovnoběžných se stupnicemi talíře
 - pomocí dalekohledu budeme odečítat krajní polohy s odhadem na 0,1mm
 - rozkmit závěsu má být takový, aby se dala určit vratná poloha (asi 20mm)
 - měření se provede ve třech řadách, přičemž jedna řada má 15 čtení (8-levých a 7-pravých)
- **čtení na stupnici**
 - oba vnější nebo oba vnitřní okraje závěsu, výsledná poloha je střed závěsu
 - oba levé nebo oba pravé okraje závěsu, výsledná poloha je kraj zvoleného závěsu

Po výpočtu se na vnitřní osazení prstence vloží kruhová podložka s výřezy a na ní jádro ve tvaru čtyřbokého komolého jehlanu pro upevnění závěsu olovnice. Závěs se umístí do jádra, ale matka se neutahuje, aby závěs mohl měnit délku. Pomocí nastavovacích šroubů se nastaví závěs na vypočtená středová čtení, utáhne se matice a zkontroluje se správnost nastavení klidové polohy. Až do utažení matic se nesmí změnit poloha stupnic a zrcátka Jungova talíře (Obr.13)!



Obr. 13. Jungův centrační talíř

5.3 Měření štíhlého trojúhelníku

- **paralaktické úhly**
 - paralaktické úhly α a $\alpha' < 1^{gon}$
 - měří se vteřinovým teodolitem v n laboratorních jednotkách
 - laboratorní jednotka závisí na poloze dalekohledu

Poloha	směr otáčení	pořadí záměr
I	→	LL - PPPP - LL
II	←	PP - LLLL - PP

- **vodorovné délky**
 - vodorovné délky se měří mezi závěsy nebo červenou tečkou na kolimátoru dalekohledu a závěsem při čtení na svislém kruhu 300 gon.
- **polygonový pořad**
 - pořad se měří jako přesný (2 skupiny s uzávěrem a protisměrným měřením délek)
 - v podzemí se měří alespoň v jedné skupině s uzávěrem a délka třikrát pásmem

5.4 Výpočty

- **upevnění závěsů olovnic**

- kyvy se sledují ve třech řadách, a v každé z nich se vypočte střední poloha odpovídající rovnovážné poloze drátu v tížnici

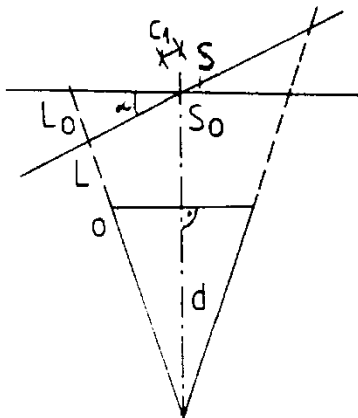
$$o_l = \frac{\sum l}{n_l}, o_p = \frac{\sum p}{n_p}, s_i = \frac{o_l + o_p}{2}$$

kde: $i \in \langle 1, 2, 3 \rangle$, l, p ... krajní kyvy, n_l, n_p ... počet kyvů

- opravy od průměru musí vyhovovat kritériu $|v_i| \leq 0,2 \text{ mm}$

- **chyba ze stočení stupnice**

- stupnice není kolmá na záměrnou přímkou = chyba v určení středu kyvu



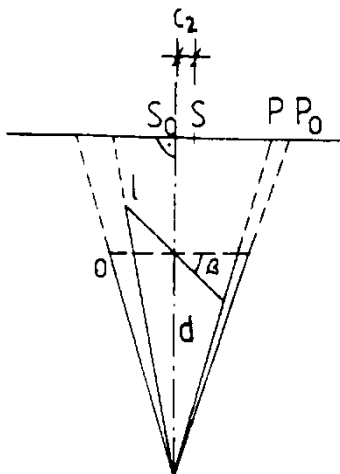
$$c_1 = \frac{u^2 \cdot \sin \alpha}{4 \cdot d}$$

kde: u ... čtený úsek ($u = P - L$)
 d ... délka záměry ($d = T - S_0$)
 α ... úhel stočení stupnice

Pro: $u = 0,05 \text{ m}$, $d = 2 \text{ m}$, $\alpha = 20 \text{ gon}$ $c_1 \leq 0,01 \text{ mm}$

- **chyba ze stočení roviny**

- závěs se nekývá v rovině rovnoběžné se stupnicí



$$c_2 = \frac{u^2 \cdot \sin 2\beta}{8 \cdot d}$$

kde: u ... čtený úsek ($u = P - L$)
 d ... délka záměry ($d = T - S_0$)
 β ... úhel stočení roviny kyvů

Pro: $u = 0,05 \text{ m}$, $d = 2 \text{ m}$, $\beta \leq 20^{\text{gon}}$ $c_2 \leq 0,1 \text{ mm}$

Přesnost nastavení stupnic a rozkývání olovnic by neměla překročit hodnotu 0,1 mm.

5.5 Rozbory přesnosti (štíhlý trojúhelník)

- **paralaktické úhly**
 - budeme měřit ve 2 laboratorních jednotkách
 - testování provedeme pomocí McKay-Nairova testu

$$|v_i| \leq u_{\alpha,n} \cdot \sigma_0, \text{ kde: } \alpha = 1\% \text{ a } \sigma_0 = 1,0^{mgon} \quad \text{pro } n = 2 \text{ je } |v_i| \leq 1,82^{mgon}$$

- **délky stran**
 - měříme je v trojúhelníku třikrát
 - mezní rozdíl musí vyhovovat kritériu: $\delta_s \leq 0,5 \cdot \sqrt{S}$, kde: $\delta_s = [mm]$ a $S = [m]$
 - pro strany a a a' platí kritérium: ${}^1\delta_a = |a - a'| \leq 0,8 \cdot \sqrt{s}$, kde: ${}^1\delta_a = [mm]$ a $a = [m]$
- **kontrolní výpočet strany a, resp. a' kosinovou větou s mezním rozdílem:**

$${}^2\delta_a = 1,5\sqrt{a}$$
- **vrcholové úhly**
 - vrcholové úhly polygonového pořadu na bodech odpovídajících závěsům O_1 a O_2 se určí pomocí úhlů β a γ vypočtených sinovou větou ve štíhlém trojúhelníku:

$$\sin \beta = \frac{b}{a} \cdot \sin \alpha$$

5.6 Rozbory přesnosti (polygonový pořad)

- **vrcholové úhly** (na přístupných bodech se měří ve dvou skupinách)
 - mezní oprava $|v_i| \leq u_{\alpha,2} \cdot \sigma_0$, kde: $\alpha = 5\%$ a $\sigma_0 = 1,2^{mgon}$ pro $n = 2$ je $|v_i| \leq 1,67^{mgon}$
- **uzávěr skupiny vodorovných směrů mezní směrodatná odchylka** $\delta_\omega = 3,0^{mgon}$
- **délky** protisměrně elektronicky relativní mezní odchylka $\delta_d = \frac{d}{14000}$
- **mezní odchylka dvojího nezávislého určení směrníku ZOP**

$$\delta_M = 0,3\sqrt{n+k} \quad \text{kde: } n \dots \text{upravený počet měřených vrcholových úhlů}$$

$k \dots$ konstanta podle obtížnosti promítání

$$\text{- pro } h < 400\text{m} \Rightarrow k = \frac{50}{a^2} \quad \begin{array}{l} h \dots \text{hloubka promítání} \\ a \dots \text{vzdálenost olovnicových závěsů} \end{array}$$

- **mezní odchylka dvojího nezávislého určení polohy bodu ZOP:**

$$\delta_{xy} = \sqrt{2 \cdot L + 0,016 \cdot \sum r_i^2 + k \cdot \frac{x}{100}}$$

$L \dots$ délka pořadu

$r_i \dots$ průvodiče jednotlivých bodů

$x \dots$ průvodič hodnoceného bodu ZOP

$k \dots$ konstanta obtížnosti promítání

Datum:

Skupina č.1

Zápisník sledování kyvů olovnicového závěsu

Závěs:

Měřil:

Stupnice:

Zapsal:

Datum:

Kontroloval:

Serie	1		2		3	
	l	p	l	p	l	p
1 - 2						
3 - 4						
5 - 6						
7 - 8						
9 - 10						
11 - 12						
13 - 14						
15						
Σ						
Σ/p						
$s_i = (\Sigma/p_l + \Sigma/pp)/2$						
$s = \Sigma s_i / 3$						
$ v_i \leq 2$						

Zápisník sledování kyvů olovnicového závěsu

Závěs:

Měřil:

Stupnice:

Zapsal:

Datum:

Kontroloval:

Serie	1		2		3	
	l	p	l	p	l	p
1 - 2						
3 - 4						
5 - 6						
7 - 8						
9 - 10						
11 - 12						
13 - 14						
15						
Σ						
Σ/p						
$s_i = (\Sigma/p_l + \Sigma/pp)/2$						
$s = \Sigma s_i / 3$						
$ v_i \leq 2$						