

# vojenský topografický obzor



vydává MNO

1

1967

## OBSAH

<b>Pplk. Ing. Kamil Klečka:</b> Organizace prací při rozvíjení OGSS a ORSS metodou polygonových pořadů Recenzent pplk. Ing. Věněk Pavlica	1
<b>Pplk. Ing. CSc Vladimír Martinák:</b> Některé problémy vývoje radiových metod měření délek a úhlů v geodézii a přínos VTS k jejich řešení . . . . .	20
Recenzent pplk. Ing. Stanislav Kvasnička	
<b>M. Pick, J. Pola:</b> Určování tvaru Země ve zkušebních oblastech . . . . .	27
<b>Pplk. Ing. Jaroslav Severa:</b> Studie o vlivu terénu na ochranu proti tlakové vlně jaderného výbuchu . . . . .	51
Recenzent kpt. Ing. Pavel Mašek	
<b>Ing. L. Kubáčková, Ing. L. Kubáček:</b> Příspěvek k vyšetření lokálních změn tvaru a orientace jednotné trigonometrické sítě po jejím převedení do systému souřadnic 1942 . . . . .	63
Recenzent plk. prof. Dr. Ing. Josef Vykutíl	
<b>Ing. L. Kubáček:</b> Geometrická charakteristika tabulek pro převod souřadnic ze soustavy Křovákovy do S-42 . . . . .	77
Recenzent plk. prof. Dr. Ing. Josef Vykutíl	
<b>Ing. Zdeněk Jelinek:</b> Dokumentace grafických a štábních zákresů v polních podmínkách . . . . .	84
Recenzent pplk. Ing. Karel Kosář	
Stručný obsah výzkumných zpráv . . . . .	94

---

VOJENSKÝ TOPOGRAFICKÝ OBZOR. Vydává MNO. Řídí redakční rada. Ing. Vladimír Vahala (předseda), Ing. Zdeněk Cupal, prof. Dr. Ing. Bedřich Chrastil, Ing. Jifi Kánský, Ing. Ladislav Kebisek, doc. Dr. Ing. Jan Klíma, Ing. CSc Radim Kudělásek, Ing. Ladislav Oliva, Ing. Otakar Skoupý, prof. Dr. Ing. Bohuslav Šimák, prof. Dr. Ing. Josef Vykutíl (členové).

Redaktor: Ing. CSc Vladimír Martinák.



Pplk. Ing. Kamil Klečka, VA-AZ

## Organizace prací při rozvíjení OGSS a ORSS metodou polygonových pořadů

Rozvíjení OGSS i ORSS se provádí různými metodami, které byly dosud více nebo méně ověřeny při praktickém použití v terénu. Rozdělení měřických skupin při rozvíjení OGSS (ORSS) u geodetického oddělení musí být pružné podle povahy úkolu. Proto je nutné nacvičit v oddělení několik variant podle dané situace. Cílem tohoto článku je rozšířit poznatky a zkušenosti z organizace prací při rozvíjení OGSS (ORSS) metodou polygonu o dlouhých stranách nebo orientačního polygonu. Nebudou rozpracovány metody jiné, jako určení souřadnic trilaterací ve spojení s ORSS, metoda přenosu souřadnic pomocí triangulačních řetězců nebo polygonu s využitím rádiových dálkoměrů a přístrojů autonomní orientace.

### Nutné předpoklady:

- geodetické oddělení ku příkladu o 10 měřických skupinách, z nichž musí vyčlenit minimálně 2 skupiny pro měření délek rádiovým dálkoměrem při měření polygonu o dlouhých stranách, 1 skupinu pro měření gyrotheodolitem a alespoň jednu skupinu jako zálohu náčelníka oddělení. Pro vlastní měření zbývá tedy 6–8 skupin podle povahy úkolu,
- všechny skupiny jsou vybaveny předepsaným materiálem,
- při útočné činnosti vlastních vojsk má oddělení zpracovat denně asi 80–100 km polygonového pořadu postupně za pohybuující se frontou,
- při volbě metod při měření je nutno vycházet z maximálního využití všech měřických skupin, aby bylo co nejméně prostojů a ztrátových časů, aby při plnění úkolu byl brán zřetel na nejvyšší hospodárnost a účelnost při organizaci práce.

### Technické provedení:

OGSS (ORSS) je rozvíjena podle požadavků druhů vojsk podél vytyčené trasy. Je vhodné, aby trasa procházela místy předpokládaného palebného postavení druhů vojsk. Přibližně každých 10–15 km je určován stabilizovaný bod v souřadnicích se dvěma zajištěnými směry na orientační body s požadovanou přesností OGSS (ORSS). Stabilizace vrcholů polygonu se provádí dřevěnými kůly o průměru 8–10 cm, dlouhými 1 m. Kůly se zarazí do země tak, aby vyčnívaly 20 cm nad zem. Horní plocha kůly se opatří přesnou centrační značkou (křížek, hřebíček bez hlavičky apod.). Za vhodnou stabilizaci se považují také různé měřické kameny v terénu s centračním křížkem.

Za orientační body směrově zajištěné u vrcholů polygonu vzdálených asi po 10–15 km se mohou volit ve vzdálenosti asi 70–100 m a 200–400 m s úhlem sevřeným těmito body ne menším než  $10^\circ$  trvale signalizované předměty v terénu, opatřené terčem (nebo jiným zařízením) pro přesné zaimění (roh domu, vytesaná ryska na skále, připevněný záměrný terč na stromě, hrana křížku, hromosvod apod.). Není-li v terénu v blízkosti vrcholu polygonu trvale

signalizovaný bod vhodný pro OB, musí se orientační body stabilizovat opět dřevěným kulem o průměru 8–10 cm a dlouhým 1 m, který se zarazí do země tak, aby vyčníval 0,5 m nad zemí. Do horní hrany kúlu se zatluče svisle hřebík jako záměrná hrana pro vytyčení směru. U vrcholu se zřizují vždy dva orientační body, na které je orientován směrnik s přesností požadované OGSS (ORSS).

Vrcholy polygonu se měří vteřinovým theodolitem typu Theo-010 ve dvou skupinách s přesností:

- uzávěr ve skupině do 3",
- odchylky mezi skupinami do 10".

Zápis měřených směrů se provádí na předepsaných formulářiích.

#### *Zásady, se kterými je nutno kalkulovat:*

Prostor pro rozvinutí OGSS (ORSS) nebude nikdy volný do celé hloubky, proto je nutné zpracovávat jej po částech podle bojové situace. Geodetické oddělení nebude moci pracovat v prostoru svazků 1. sledu, ale skupiny se budou pohybovat v rozsahu vojskového týlového prostoru, to znamená, že mohou uceleně rozvíjet OGSS (ORSS) do hloubky asi 40–50 km. Tuto vzdálenost musí být oddělení schopno překonat asi za 6 hodin, tj. půldenní úkol. Za předpokladu rychlosti postupu útočné operace asi 80 km za den zbývá oddělení zaměřit ve druhé půli dne dalších 40–50 km polygonu, aby podklady druhým vojsk byly předány včas.

*Z této kalkulace vyplývá, že denní úkol oddělení 80–100 km polygonu musí být rozdělen na dvě části z těchto důvodů:*

- podle pohybu bojujících vojsk,
- pro lepší operativní řízení práce měřických skupin,
- pro možnosti upřesnění úkolu v terénu,
- pro možnost změny úkolu při nepředvídaných událostech.

Pro usnadnění práce měřických skupin, aby mohly plynule pracovat v obou částech denního úkolu, je nutné, aby se VS oddělení přesunovalo v souladu s plněním úkolu měřických skupin.

Po odeslání měřických skupin do terénu a provedení nutných organizačních opatření se přemístí VS oddělení do prostoru předpokládaného ukončení první části denního úkolu, kde očekává měřické skupiny. Po odevzdání výsledků vydá rozkaz, případně upřesní činnost pro druhou část denního úkolu.

#### *Volba nového VS (včetně záložního VS) musí odpovídat:*

- úkolu oddělení,
- dané situaci,
- zásadám vedení boje za použití jaderných zbraní
- a musí být schválena nadřízeným velitelem.

#### *Zásadní rozdělení organizace práce v oddělení při přípravě a plnění úkolu oddělení:*

- obdržení rozkazu od nadřízeného velitele k rozvíjení OGSS (ORSS),
- ujasnění úkolu,
- zhodnocení situace a kalkulace času,
- provedení technického projektu na mapách 1 : 50 000,
- vydání bojového rozkazu,
- ujasnění úkolu ve skupinách, zhodnocení situace a studium návrhu trasy, provedení dohovoru o součinnosti mezi skupinami,
- vydání bojového rozkazu ve skupinách,
- měření v terénu skupinami v první části denního úkolu,
- kontrola práce skupin v terénu náčelníkem oddělení,



- upřesnění úkolu v terénu podle situace,
- přesun VS oddělení k místu ukončení první části úkolu,
- hlášení o provedení přesunu VS a o stavu prací nadřízené složce,
- odevzdání výsledků měření z první části denního úkolu skupinami,
- vydání bojového rozkazu pro druhou část denního úkolu skupinám, případně pouze upřesnění úkolu nebo vydání doplňkových pokynů,
- výpočetní práce na oddělení,
- měření v terénu skupinami ve druhé části denního úkolu,
- kontrola skupin v terénu náčelníkem oddělení, případně upřesnění úkolu,
- přesun VS oddělení k místu ukončení druhé části úkolu,
- hlášení o přesunu, zaujetí nového VS a stavu prací nadřízené složce,
- odevzdání výsledků měření měřickými skupinami,
- výpočetní práce na oddělení,
- souhrnné operační hlášení nadřízené složce o provedení celodenního úkolu,
- odpočinek měřických skupin,
- zpracování výsledků měření a výpočtů, grafický zákres denního úkolu, předání výsledků druhým vojsk podle požadavků a nadřízené složce,
- příprava technického projektu pro práci v následujícím dni bojové činnosti podle rozkazu nadřízeného velitele,
- vydání bojového rozkazu skupinám.

Další činnost v následujícím dni se opakuje jako prvního dne.

### **Pracovní postupy rozvíjení OGSS (ORSS)**

- Pracovní postup: v celém oddělení,  
 v jedné skupině,  
 ve dvojskupině,  
 v trojskupině.

#### **A. Pracovní postup v celém oddělení**

##### *Možnost použití:*

Při velmi dobrých podmínkách viditelnosti, možnosti záměr na 10–12 km a v terénu, který tyto záměry umožňuje, dále při možnosti rekognoskace ve dne a využití osvětlovací soupravy (světlometů) při měření v noci na dlouhé vzdálenosti. Při průměrné viditelnosti pouze, není-li nutné dosáhnout velké hloubky rozvíjené OGSS (ORSS), za bojové činnosti bez použití jaderných zbraní, kdy rychlost rozvíjení polygonu odpovídá rychlosti postupu útočné operace.

##### *Princip metody:*

Rekognoskaci podle technického projektu provádí náčelník oddělení, jeho zástupce nebo zkušený starší geodet. Zavádí na jednotlivé vrcholy polygonu měřické skupiny, které rozmístěny na vrcholech provádějí střídavě měření a signalizaci.

##### *Organizace práce:*

- umístění 1. msk na výchozím bodě pro provedení orientace na navazovací směry,
- 2. msk provádí signalizaci navazovacích směrů, případně zaměření centračních prvků signálů postavených stavební skupinou,
- 3. msk umístěna rekognoskátořem na prvním vrcholu polygonu signalizuje vrchol ve směru na výchozí bod,
  - 1. msk měří na výchozím bodě,
- 4. msk umístěna rekognoskátořem na druhém vrcholu polygonu signalizuje vrchol ve směru prvního vrcholu,

- 1. msk ukončila měření, dá pokyn smluveným znamením a signalizuje výchozí bod ve směru prvního vrcholu,
- 3. msk uvědomí sousedy smluveným znamením a zahájí měření na prvním vrcholu,
- zavedení 5. msk rekognoskatorem na třetí vrchol polygonu a signalizace třetího vrcholu ve směru na druhý vrchol,
- ukončení měření ohlásí 3. msk smluveným znamením a signalizuje první vrchol ve směru druhého vrcholu,
- přesun 1. a 2. msk na VS oddělení, předání výsledků měření a odjezd 1. a 2. msk na shromaždiště určené rekognoskatorem pro nasazení na další vrchol,
- 4. msk dá smluvené znamení a zahájí měření na druhém vrcholu,
- zavedení 6. msk rekognoskatorem na čtvrtý vrchol a signalizace čtvrtého vrcholu ve směru na třetí vrchol,
- 4. msk dá smluvené znamení o ukončení měření na druhém vrcholu a signalizuje druhý vrchol ve směru na třetí vrchol,
- 3. msk se přesunuje na VS oddělení k odevzdání výsledků měření a odjíždí na shromaždiště určené rekognoskatorem pro nasazení na další vrchol polygonu,
- 5. msk dá smluvené znamení a zahájí měření na třetím vrcholu,
- zavedení 1. msk rekognoskatorem na pátý vrchol.

Tím se začíná druhá část polygonu a celý cyklus se opakuje ve druhé části ještě jednou. Měřické skupiny 7 a 8 jsou určeny jako záloha náčelníka oddělení na VS nebo na určeném místě pro případné nasazení k rozvinutí sítě v daném prostoru předpokládaného palebného postavení podle požadavků druhů vojsk. Měřické skupiny 9 a 10 nezávisle na měření vrcholových úhlů měří délky stran polygonu rádiovým dálkoměrem. Budou-li všechny měřické skupiny vybaveny rádiovými stanicemi, je výhodnější používat pro spojení mezi skupinami místo smluvených znamení rádiových stanic.

Podle tohoto technologického postupu a organizace práce budou v první části polygonu zaměřeny 4 vrcholy, tj. délka asi 40–50 km při časové spotřebě asi 5 až 6 hodin — polovina denní normy. Ve druhé části polygonu opět 4 vrcholy v délce celkem 40–50 km za 5 až 6 hodin.

#### *Výhody metody:*

- Rekognoskátor (náčelník oddělení) může operativně měnit směr polygonu a místa jednotlivých vrcholů podle přímých požadavků druhů vojsk,
- rekognoskaci provádí zkušený starší geodet s dlouhou praxí, a proto je provedena odpovědně,
- náčelník oddělení zná přesné umístění skupin v terénu a má s nimi přímý styk,
- náčelník oddělení má neustále přehled o stavu plnění prací,
- stačí rádiové spojení rekognoskátora s VS oddělení, mezi skupinami stačí světelná smluvená znamení pro zahájení a ukončení měření, případně přesun na VS,
- výsledky měření odevzdává na VS ihned po měření přímo náčelník skupiny,
- každý náčelník skupiny je na VS instruován o dalším úkolu, obdrží pokyny k odjezdu na shromaždiště a tam se bude hlásit k dispozici rekognoskátorovi k zavedení na další vrchol polygonu,
- metoda je hospodárná, není zbytečný proběh kilometrů,
- výsledky jsou dodávány plynule k výpočtům na oddělení,
- odpadají navazovací body a tím také možnost roztržení polygonu,
- méně vrcholů a větší dálky usnadňují dosažení vyšší přesnosti polygonu a umožňují snadnější plnění úkolu při měření délek rádiovým dálkoměrem.

#### *Nevýhody metody:*

- Aby byl splněn úkol v délce polygonu pro zabezpečení druhů vojsk, musí být daleké záměry. Při krátkých záměrech by nebyl splněn požadavek na hloubku rozvinutého polygonu



do 80–100 km, poněvadž z časové kalkulace vyplývá, že není možno zaměřit více vrcholů než 10 za den, neboť práce rekognoskátora je pomalá. K urychlení práce rekognoskátora by došlo jen tehdy, kdyby rekognoskaci prováděli dva rekognoskátoři, kteří by měli mezi sebou navzájem spojení rádiem,

- zkušenosti z měření odpovídají průměrné délce záměr 3–5 km v našich terénních podmínkách. Při možnosti signalizace prostředky oddělení je nyní hlavním činitelem ovlivňujícím délku záměr terén se svou pokrytostí,

- mnoho měřických skupin má dlouhé prostoje, kdy každou hodinu čeká na shromaždišti na rekognoskátora pro zavedení na bod alespoň jedna skupina,

- dohovor s teluometrem pro měření délek nutno umožnit v každém případě rádiovou stanicí,

- podle požadavku druhů zbraní je nutno na každém vrcholu zaměřit a stabilizovat dva orientační body v předepsaných vzdálenostech, jelikož vrcholy polygonu jsou od sebe vzdáleny asi 10 km.

## B. Pracovní postup v jedné skupině

### Možnost použití:

Tato metoda se používala s úspěchem tehdy, když geodeti dávali přednost samostatné práci a zpracovali sami celou část úkolu bez spolupráce dalších skupin. Může se použít podle potřeby, jsou-li všichni náčelníci skupin náležitě vycvičeni ve všech pracovních úkonech, tj. v rekognoskaci i měření. Metoda je velmi náročná na dohovor o součinnosti mezi skupinami.

### Princip metody:

Náčelník oddělení při zpracovávání technického projektu přidělí každému náčelníku skupiny jeho úsek polygonu v první části pro zpracování v terénu. Tento úsek zpracovává každý úplně samostatně. Po zpracování úseku odevzdá výsledky na VS oddělení, kde obdrží další samostatný úsek pro druhou část polygonu. Pro ulehčení dohovoru o součinnosti je nutné, aby byly stanoveny navazovací body, na kterých končí úseky jednotlivých náčelníků skupin. Na těchto navazovacích bodech musí vždy oba náčelníci skupin v terénu provést součinnost, aby se zamezilo nesprávné nebo neúplné zaměření některého vrcholu. Předpokladem je, že každá měřická skupina má trojpodstavcovou soupravu (3 stativy). Při délce první části polygonu asi 40–50 km a rozdělení skupin:

- 1.– 6. skupina pro měření polygonu theodolity,

- 7.– 8. skupina pro rozvinování sítě (případně jako záloha na VS oddělení),

- 9.–10. skupina pro měření délek stran teluometrem,

případně na jednu měřickou skupinu maximálně 10 km polygonu. Jsou-li strany dlouhé asi 3–4 km, zpracovává každá měřická skupina 3 vrcholy polygonu. Pro signalizaci jí tudíž stačí 3 stativy. Obdobná situace nastává ve druhé části polygonu.

### Organizace práce:

- 1. a 2. měřická skupina odjede na výchozí bod a dohovorejí se o prvním vrcholu polygonu,

- 1. msk provede signalizaci dvou navazovacích směrů pomocí terčů,

- 2. msk rekognoskuje svůj úsek až po první navazovací bod, přičemž každý vrchol svého úseku signalizuje stativem s terčem, na prvním vrcholu směřovaným na výchozí bod, čímž je první vrchol signalizován a 1. msk může zahájit měření,

- 3. a 4. msk odjedou společně na druhý navazovací bod, kde se dohovorejí o součinnosti zaměření vrcholu, a dále každá skupina rekognoskuje ve svém úseku,

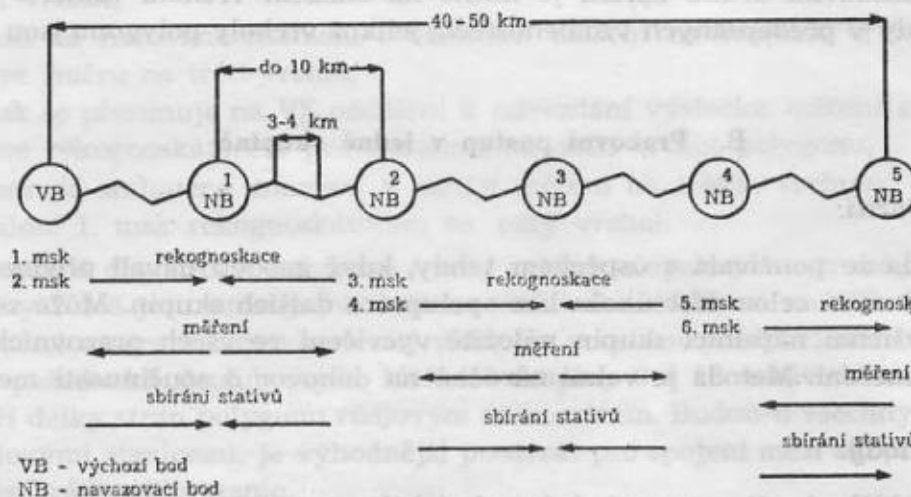
- 2. i 3. msk mají přibližně stejný úsek v terénu, je tedy předpoklad, že rekognoskaci provedou ve stejném čase a sejdou se na navazovacím bodě číslo 1 v přibližně stejnou dobu, aby provedli dohovor o součinnosti zaměření prvního navazovacího bodu v terénu,

— obdobně odjede 5. a 6. msk na navazovací bod číslo 4, odkud po provedeném dohovoru rekognoskují své úseky, a na třetím navazovacím bodě provede dohovor o zaměření bodu 4. a 5. msk,

— po rekognoskaci svého úseku a signalizaci vrcholů se skupiny vracejí po vrcholech a měří,

— po ukončení měření se vracejí měřické skupiny potřetí celou trasou svého úseku a sbírají stativy,

— každá měřická skupina ve svém úseku je povinna navazovací bod polygonu zajistit dvěma orientačními body podle požadavku druhů vojsk s danou směrovou přesností. Zajištěné vrcholy mají být od sebe vzdáleny asi po 10 km, což je hrubě úsek jedné skupiny.



Obr. 1. Grafické znázornění organizace práce skupin při pracovním postupu v jedné skupině.

#### Časová kalkulace pro činnost měřických skupin od odjezdu z VS oddělení:

Čas	Činnost
1 hod.	Odjezd do prostoru plnění úkolu.
0,5 hod.	Dohovor o součinnosti.
1,5 hod.	Rekognoskace úseku s dohovorem o součinnosti se sousední měřickou skupinou.
2 hod.	Měření na vrcholech ve svém úseku.
0,5 hod.	Sbírání terčů.
0,5 hod.	Odjezd na VS oddělení, odevzdání v výsledků měření.

Celkem 6 hodin v první části plnění úkolu. Ve druhé části plnění úkolu se celá činnost všech skupin opakuje.

#### Výhody metody:

- jednotliví náčelníci skupin pracují samostatně ve svých úsecích,
- celkem malé úseky náčelníků skupin umožňují náčelníku oddělení snadno nalézt skupiny v terénu, provádět jejich kontrolu, případně upřesnit jejich práci,
- při zručnosti a dobré vycvičenosti náčelníků skupin je možno dosti zkrátit čas a tím urychlit splnění úkolu.

#### Nevýhody metody:

- při vyřazení jednoho náčelníka skupiny musí zaměřit jeho úsek měřická skupina ze zálohy oddělení,
- malé úseky neumožňují mnohdy vhodné využití terénu při případných změnách od navrhované trasy,



– množství úseků vyžaduje mnoho navazovacích bodů, které jsou zpravidla zdrojem chybného zaměření. Je nutno správnou součinností mezi skupinami tyto chyby na navazovacích bodech vyloučit,

– celý měřený úsek musí být současně volný,

– úsek každé skupiny je nutné projet nejméně třikrát podle organizace prací, metoda proto není hospodárná,

– metoda předpokládá, že všichni náčelníci skupin jsou vyspělí geodeti, schopní úplně samostatně pracovat,

– při měření délek teluometrem bude jeho práce v prvním úseku zdržována činností druhé měřické skupiny, která při samostatné práci nebude stačit tempu teluometru.

### C. Pracovní postup ve dvojskupině

#### *Možnost použití:*

Tato metoda je v praxi nejvíce uplatňována pro svou všestrannou použitelnost. Dá se používat v lehkém i obtížném terénu, při krátkých, středních i dlouhých záměrech, při dobré i zhoršené viditelnosti.

#### *Princip metody:*

Všechny skupiny oddělení jsou rozděleny do dvojic, které tvoří takzvané pracovní dvojskupiny, z nichž jeden náčelník skupiny je vždy starší geodet, zkušenější při pracích v terénu a druhému stačí jen dobrá technická znalost měření. Zkušený náčelník skupiny plní funkci rekognoskátora ve dvojskupině a druhý provádí pouze měření na vytyčených vrcholech polygonu.

Předpokladem pro plnění úkolu touto metodou je, že skupiny jsou vybaveny měřickým materiálem podle tabulek. Pro obtížnější plnění úkolu se předpokládá, že všechny skupiny oddělení nejsou vybaveny rádiovými stanicemi a musí si spojení navzájem mezi sebou zajistit jinými pojiťky. Při vybavení všech skupin rádiovými stanicemi je úloha podstatně ulehčena možností vzájemného dohovoru ve dvojskupinách i spojením s VS oddělení.

#### *Organizace měřických skupin:*

Z deseti měřických skupin u oddělení jsou dvě měřické skupiny vyčleněny pro měření délek teluometrem a osm měřických skupin rozděleno na čtyři dvojskupiny. Pro úkol oddělení 80 až 100 km denně je nejvýhodnější toto použití dvojskupin:

– První dvojskupina je určena k navázání směru na výchozím bodě a zaměření prvního vrcholu polygonu. Po splnění tohoto úkolu je určena jako záloha oddělení a jsou jí přidělovány úkoly kontrolního měření směrů v průběhu polygonu gyrotheodolitem. Dále provádí první dvojskupina rozvinutí sítě předpokládaného palebného postavení druhů vojsk.

– Druhá, třetí a čtvrtá dvojskupina provádí měření polygonu v celé délce trasy, přitom druhá dvojskupina dostává pro splnění úkolu pouze 4 vrcholy, to znamená o jeden vrchol méně než ostatní dvojskupiny, aby ukončila práci v terénu přibližně o jednu hodinu dříve, a tím byl zajištěn plynulý přísun výsledků měření do počtárny oddělení. Třetí a čtvrtá dvojskupina dostávají plně úseky o pěti vrcholech. Z toho čtvrtá dvojskupina musí rekognoskovat ještě následující vrchol, a tím se její práce v terénu asi o jednu hodinu prodlouží. Tímto pracovním rozdělením jednotlivých dvojskupin je dosaženo postupného dokončování prací v terénu a tím i postupného odevzdávání výsledků v počtárně oddělení v 09.00, 11.00, 12.00 a 13.00 hodin. V případě využití ukořistěných bodů na nepřátelském území jsou jednotlivé dvojskupiny nasazovány na dílčí úseky.

Pro délku trasy 80 až 100 km jsou k dispozici pouze tři dvojskupiny, z toho každá musí zaměřit asi 30 km polygonu za den. Tento celodenní úkol je nutno vzhledem k postupujícím jednotkám rozdělit do hloubky na dvě části. V každé části splní dvojskupina polovinu denního úkolu, tj. asi 15 km polygonu.

První část musí dvojskupiny splnit v první polovině dne asi za 6 hodin, tj. od 06.00 do 12.00 hodin. Druhou část obdobně ve druhé polovině dne za 6 hodin, tj. v době od 13.00 do 19.00 hodin, počítáme-li jednu hodinu v poledne pro přesun na VS oddělení, odevzdání výsledků, polední odpočinek skupin, jídlo, vydání pokynů pro druhou část a přesun do nového prostoru plnění úkolu. Tímto hrubým rozdělením není nijak omezena pracovní činnost oddělení. Zbylý čas využívají skupiny podle podmínek jako zálohu času pro dokončení úkolu nebo pro přípravu k dalšímu úkolu, případně pro odpočinek. V každé části zaměří dvojskupina asi 15 km, při optimální vzdálenosti vrcholů asi 3 až 5 km, to znamená rekognoskaci a zaměření 3 až 5 vrcholů, při nutnosti volby kratších stran i více, nepřidělujeme však dvojskupině nikdy více vrcholů než 5. Rekognoskace i zaměření vrcholů probíhají současně s výjimkou prvního vrcholu, na který musí jet obě skupiny společně.

#### *Časová kalkulace práce jedné dvojskupiny v jedné pracovní části:*

- 30 min. rekognoskace na prvním vrcholu,
- 30 min. odjezd rekognoskátora na druhý vrchol, rekognoskace, stabilizace a signalizace vrcholu stativem,
- 30 min. měření měřiče na prvním vrcholu,
- 30 min. přesun měřiče na následující vrchol,
- 120 min. celkem měření na čtyřech dalších vrcholech,
- 120 min. celkem přesuny měřiče na čtyřech dalších vrcholech a přesun na VS odd.
- 360 min. = 6 hodin – celková potřeba času k rekognoskaci a zaměření pěti vrcholů polygonu.

V této časové kalkulaci se neuvádí v dalších bodech čas rekognoskátora, neboť jeho činnost probíhá současně a rychleji než měření na jednotlivých vrcholech.

Rozvrh pracovní činnosti, již musí vykonat měřická skupina za určenou dobu.

#### *Rekognoskátor provede na každém vrcholu:*

- rekognoskaci vrcholu v terénu 10'
- stabilizaci vrcholu kulem 10'
- při zajišťování vrcholu orientačními směry zajistí je terčí nebo stabilizuje kúly 20'
- postaví stativ centricky na stabilizovaný bod – vrchol 5'
- zapíše (zakreslí) orientaci na následující vrchol na lístek, umístí ho na bodě a tím podá zprávu měřiči 5'

#### *Potřeba materiálu pro pracovní činnost rekognoskátora:*

- pět stativů pro signalizaci pěti vrcholů (dva stativy převezme od měřiče),
- tři velké terče (světlomety) pro signalizaci vrcholů (jeden terč převezme od měřiče),
- 8 kúlů průměru 8 až 10 cm a dlouhých 1 m pro stabilizaci vrcholů polygonu a OB pro každou část úkolu,
- terče pro signalizaci OB na stromech,
- auto T-805.

#### *Měřič na každém vrcholu:*

- postaví stroj na stativ, obhlédne terén na bodě 10'
- provede signalizaci následujícího vrcholu
- provede vlastní měření na vrcholu ve dvou skupinách 20'
- provede kresbu topografie 10'
- sebere stativ na předcházejícím vrcholu
- přesune se na následující vrchol 10'



Předpokladem této časové kalkulace je, že počet vrcholů ovlivňuje dobu přesunu z vrcholu na vrchol. Při pěti vrcholech vzdálenost vrcholů od sebe asi 3 km překoná auto i po polní cestě nebo objížďkou po silnici. Při menším počtu vrcholů, kdy budou od sebe více vzdáleny, bude mít auto na překonání této vzdálenosti více času, neboť v celkové době 6 hodin bude dvojskupina zpracovávat méně než 5 vrcholů.

### Organizace práce

#### *První dvojskupina:*

- odjede na výchozí bod polygonu,
- první měřická skupina rekognoskuje navazovací směry,
- dohovorejí součinnost s druhou dvojskupinou o prvním vrcholu polygonu a jeho signalizaci,
- druhá měřická skupina signalizuje navazovací směry terčí nebo světlometry, případně zaměří centrační prvky signálů. První vrchol polygonu signalizuje podle dohovoru druhá dvojskupina stativem a terčem první dvojskupiny,
- první měřická skupina zaměří výchozí bod,
- ponechá na výchozím bodě stativ s terčem, odjede na první vrchol a zaměří dále první vrchol polygonu,
- odjíždí na VS oddělení k předání výsledků měření,
- druhá měřická skupina zruší signalizaci na navazovacích směrech,
- vyčká na výchozím bodě, až doměří první skupina první vrchol, pak zruší signál (stativ s terčem) a odjede na VS oddělení,
- nadále je celá první dvojskupina jako záloha na VS oddělení až do doby, kdy je možno ji nasadit na rozvinutí sítě předpokládaného palebného postavení druhů vojsk, nebo je připravena podle pokynů náčelníka oddělení provádět kontrolní směrové měření gyrotheodolitem.

#### *Druhá dvojskupina:*

- rozdělí si materiál podle funkcí měřických skupin, první měřická skupina — rekognoskátor převezme dva stativy a jeden velký terč (světlomet) pro signalizaci,
- společně odjede na výchozí bod k dohovoru o součinnosti o prvním vrcholu polygonu s první dvojskupinou,
- po dohovoru se přesune do prostoru prvního vrcholu,
- stabilizuje první vrchol a signalizuje jej stativem a terčem první dvojskupiny,
- celá dvojskupina odjíždí společně na druhý vrchol.

#### *Dále pouze první měřická skupina - rekognoskátor:*

- rekognoskuje druhý vrchol, stabilizuje, signalizuje jej podle dohody s první dvojskupinou ve spolupráci s druhou měřickou skupinou — měřičem a dohovorejí se s měřičem o třetím vrcholu polygonu,
- odjede k rekognoskaci třetího vrcholu, přičemž vezme s sebou od měřiče terč (světlomet) s pomocníkem,
- rekognoskuje třetí vrchol,
- stabilizuje vrchol kulem,
- signalizuje vrchol stativem s velkým záměrným terčem nebo světlometem podle viditelnosti a domluvy s měřičem, zanechá na bodě pomocníka od měřiče k zajištění a střežení signálu,
- zanechá lístek s udáním místa — náčrtu — následujícího čtvrtého vrcholu polygonu podle provedené rekognoskace na třetím vrcholu,
- odjede na čtvrtý vrchol,
- rekognoskuje čtvrtý vrchol,

– jestliže nemůže podle rekognoskace na čtvrtém vrcholu umístit stativ s terčem v prostoru, jak předpokládal při rekognoskaci z třetího vrcholu a jak je uvedeno na náčrtu lístku zanechaného na třetím vrcholu, musí se vrátit zpět na třetí vrchol a tento lístek s udáním místa čtvrtého vrcholu opravit. Jinak by mohl nastat případ, že by méně zkušený měřič signalizovaný čtvrtý vrchol polygonu vůbec v terénu nenašel,

- stabilizuje čtvrtý vrchol,
- signalizuje čtvrtý vrchol stativem a terčem,
- zanechá na čtvrtém vrcholu náčrt s údaji o umístění navazovacího bodu,
- přesune se na navazovací bod,
- seznámí se podle lístku na navazovacím bodě s umístěním prvního vrcholu úseku třetí dvojskupiny v terénu,

- přesune se na první vrchol úseku třetí dvojskupiny a signalizuje ho stativem a terčem směřovaným k navazovacímu bodu,

- vrátí se na navazovací bod a zaměří vrchol ve dvou skupinách,

- při měření odešle auto opět na první vrchol úseku třetí dvojskupiny pro stativ s terčem,

- po ukončení měření smluveným znamením přivolá auto,

- vyčká na navazovacím bodě, který signalizuje terčem, ukončení měření druhé měřické skupiny – měřiče na čtvrtém vrcholu,

- po dokončení měření zruší signalizaci a odjede společně s měřičem na VS oddělení.

Alespoň na jednom vrcholu úseku dvojskupiny, pokud možno v prostoru podle požadavku druhů vojsk, zajistí rekognoskační skupina orientaci vrcholu dvěma OB podle platných nařízení a stabilizuje je. OB uvede v náčrtu zanechaném na bodě, aby měřič provedl jejich zaměření.

*Dále pouze druhá měřická skupina - měřič:*

- postaví stativ se strojem na druhý vrchol,
- zapisovatel zakreslí topografii a vyčká, až rekognoskátor signalizuje terčem třetí vrchol úseku,

- náčelník skupiny zaměří druhý vrchol ve dvou skupinách: zpět první vrchol (terč) – vpřed třetí vrchol úseku (terč nebo světlomet),

- postaví na druhém vrcholu terč (světlomet) s pomocníkem,

- přesune se na třetí vrchol,

- náčelník skupiny vystoupí se zapisovatelem a se strojem,

- odešle auto s druhým pomocníkem podle náčrtu na lístku na čtvrtý vrchol, který pomocník signalizuje terčem (světlometem), není-li již rekognoskátořem signalizován,

- náčelník skupiny postaví stroj a horizontuje jej, zapisovatel zakreslí topografii a zajistí stanoviště proti pozemnímu napadení,

- auto se vrátí zpět na druhý vrchol,

- náčelník skupiny dá smluveným znamením pokyn k rozsvícení světlometů a zahájení měření,

- zaměří třetí vrchol ve dvou skupinách,

- náčelník skupiny překontroluje zápisník, uzávěry skupin, odchylky mezi skupinami, zakreslení topografie a zápisník podepíše,

- smluveným znamením dá pokyn k ukončení měření, tím ke zrušení signalizace na druhém vrcholu a přivolá auto z druhého vrcholu,

- zapisovatel sejme stroj se stativu a uloží jej,

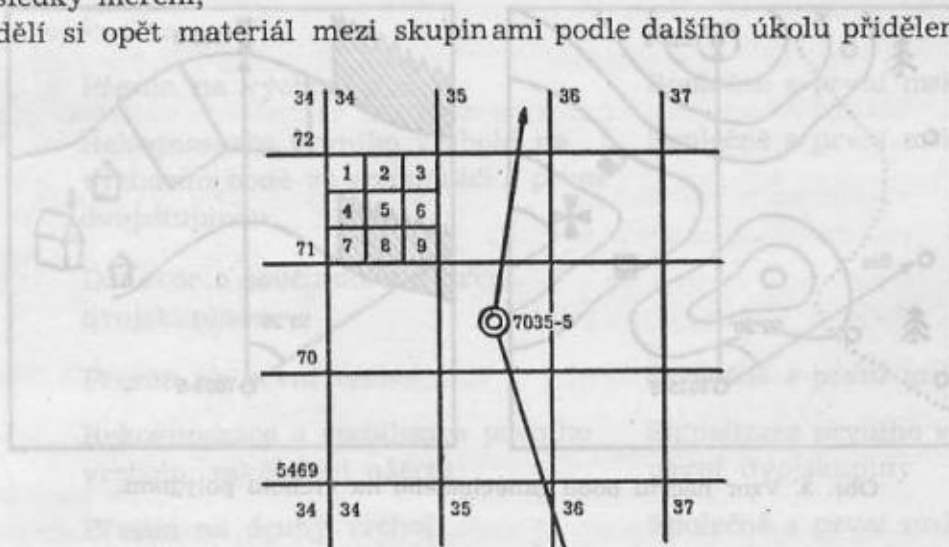
- po příjezdu auta signalizuje třetí vrchol terčem (světlometem) a zanechá u něho pomocníka,

- přesune se se zapisovatelem a strojem na čtvrtý vrchol,

- dá smluveným znamením pokyn k zahájení měření – rozsvícení světlometů (na navazovacím bodě obsluhuje terč rekognoskátor),



- odešle auto zpět na třetí vrchol,
- zaměří čtvrtý vrchol ve dvou skupinách,
- překontroluje zápisník, topografii a podepíše jej,
- smluveným znamením pro ukončení měření přivolá auto z třetího vrcholu a zároveň upozorní rekognoskátora na navazovacím bodě,
- po příjezdu auta překontroluje veškerý materiál,
- společně s první měřickou skupinou - rekognoskátořem odjede na VS oddělení a tam odevzdají výsledky měření,
- rozdělí si opět materiál mezi skupinami podle dalšího úkolu přiděleného oddělením.



Obr. 2. Číslování bodů při rozvíjení OGSS (ORSS).

#### Připomínka:

Není-li si náčelník skupiny podle náčrtu zanechaného rekognoskátořem bezpečně jist, kde je příští vrchol polygonu, nemůže vysílat k signalizaci tohoto vrcholu pouze měřického pomocníka, ale musí signalizovat následující vrchol sám. V tomto případě zanechá na vrcholu, na kterém se má měřit, pouze zapisovatele se strojem, ten zakreslí topografii, postaví stroj a horizontuje jej. Nadále brání stanoviště proti napadení. Sám náčelník skupiny odjede s pomocníkem a terčem (světlořetivým) na příští vrchol, sám ho vyhledá, signalizuje a zanechá na něm pomocníka. Vráť se autem zpět k měření a auto dále odešle na předcházející vrchol pro zrušení signalizace.

Smluvená znamení, jež je nutno považovat za stálá pro všechny případy měření:

zelená raketa: zahájení měření, rozsvítit světlořetivy,

červená raketa: ukončení měření, zhasnout světlořetivy, plnit úkoly přikázané náčelníkem skupiny po ukončení měření.

Je nutno vydat zákaz používání zelených a červených raket pro jiná smluvená znamení během měření.

#### Poznámka:

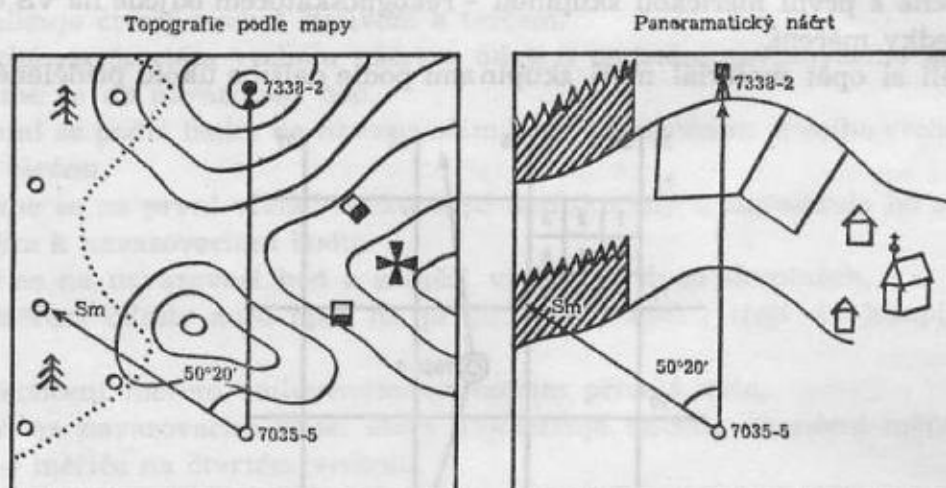
Každý měřický pomocník signalizující terčem nebo světlořetivem vrchol polygonu je povinen reagovat pouze na rakety vystřelené z vrcholu, kde je (měří) jeho náčelník skupiny. Proto musí být přesně obeznámen s terénem, kde je náčelník skupiny, aby nedošlo k omylu!

Při použití rádiových stanic pro spojení mezi skupinami předává rekognoskátoř souřadnice vrcholů měřiči rádiem a ještě zanechává lístky s náčrtem na jednotlivých vrcholech pro kontrolu a vyloučení nesprávného pochopení zprávy. Náčrt slouží také k orientaci skupiny, která měří dálky telurometrem, a je nutné, aby rychle našla následující vrchol polygonu.

Bude-li na celou dvojskupinu přidělena pouze jedna rádiová stanice pro spojení s náčelníkem oddělení, pak musí být umístěna vždy u náčelníka druhé měřické skupiny – měřiče a ten udává svým stanovištěm stav plnění úkolu celou dvojskupinou.

Číslování vrcholů polygonu je vhodné zavést jednotně takto: každý vrchol polygonu dostává pětimístné číslo. První čtyři cifry udávají zkrácené souřadnice X a Y jihozápadního rohu kilometrového čtverce, ve kterém je vrchol umístěn, a pátou cifru tvoří upřesnění místa vrcholu v kilometrovém čtverci podle obr. 2.

Azimut ve směru na další vrchol lze určit kapesní buzolou, kterou má každý geodet přidělenou ve výbavě, nebo zaměřit úhloměrem z mapy.



Obr. 3. Vzor náčrtu bodu zanechaného na vrcholu polygonu.

Časový rozvrh a organizace práce ve dvojskupinách:

*První dvojskupina:*

Hodin	První měřická skupina — rekognoskátor:	Druhá měřická skupina — měřič:
do 06.00	Odjezd na výchozí bod polygonu	Společně s první msk
06.00–06.10	Rekognoskace prvního vrcholu a navazovacích směrů	
06.10–06.15	Dohovor o součinnosti s druhou dvojskupinou, předání stativu a terče k signalizaci prvního vrcholu	Odjezd k signalizaci navazovacích bodů
06.15–07.00	Kresba topografie	Signalizace navazovacích bodů
07.00–08.00	Měření na výchozím bodě	
08.00	Smluvené znamení pro ukončení měření	
08.00–08.10	Signalizace výchozího bodu a odjezd na první vrchol	Stahování signálů, odjezd na výchozí bod, vyčkání na ukončení měření
08.10–08.40	Měření na prvním vrcholu	
08.40	Smluvené znamení pro ukončení měření na prvním vrcholu	
08.40–09.00	Odjezd na VS oddělení, odevzdání výsledků měření	Stažení signálu z výchozího bodu a odjezd na VS oddělení
09.00–12.00	Dále je celá dvojskupina jako záloha náčelníka oddělení na VS oddělení, nebo provádí kontrolní měření směru pomocí gyrotheodolitu, případně astronomické měření	



Hodin	První měřická skupina - rekognoskátor:	Druhá měřická skupina - měřič:
12.00—19.00	Rozvinutí sítě v prostoru předpokládaného palebného postavení druhů vojsk	Společně s první msk
	<i>Druhá dvojskupina:</i>	
do 06.00	Přesun na výchozí bod	Společně s první msk
06.00—06.10	Rekognoskace prvního vrcholu na výchozím bodě ve spolupráci s první dvojskupinou	Společně s první msk
06.10—06.15	Dohovor o součinnosti s první dvojskupinou	
06.15—06.30	Přesun na první vrchol	Společně s první msk
06.30—06.50	Rekognoskace a stabilizace prvního vrcholu, zakreslení náčrtu	Signalizace prvního vrcholu signálem první dvojskupiny
06.50—07.00	Přesun na druhý vrchol	Společně s první msk
07.00—07.15	Rekognoskace na druhém vrcholu a součinnost s měřičem o třetím vrcholu	Součinnost s rekognoskatorem o třetím vrcholu
07.15—07.30	Přesun na třetí vrchol	Stabilizace druhého vrcholu a nakreslení náčrtu
07.30—07.45	Rekognoskace třetího vrcholu, jeho stabilizace, signalizace a nakreslení náčrtu	
07.45—08.15	Přesun na čtvrtý vrchol, rekognoskace čtvrtého vrcholu, určení dvou OB, jejich stabilizace	Zaměření druhého vrcholu
08.15—08.30	Stabilizace a signalizace čtvrtého vrcholu terčem, náčrt dvou OB pro měřiče	Signalizace druhého vrcholu a přesun na třetí vrchol
08.30—09.00	Přesun na navazovací bod, studium náčrtu	Návrat auta na druhý vrchol
09.00—09.30	Signalizace prvního vrcholu třetí dvojskupiny	Zaměření třetího vrcholu, stažení signálu z druhého vrcholu, signalizace třetího vrcholu
09.30—10.00	Zaměření vrcholu navazovacího bodu	Přesun na čtvrtý vrchol
10.00—10.30	Signalizace navazovacího bodu, stažení signálu z prvního vrcholu úseku třetí dvojskupiny	Zaměření čtvrtého vrcholu včetně dvou OB, odeslání auta na třetí vrchol
10.30—11.00	Přesun na VS oddělení	Stažení signálu z třetího vrcholu, přesun na VS oddělení
11.00—12.00	Odevzdání výsledků měření	Odevzdání výsledků měření

Hodin	První měřická skupina - rekognoskátor:	Druhá měřická skupina - měřič:
od 12.00	Kontrola úplnosti materiálu celé dvojskupiny, rozdělení materiálu pro další plnění úkolů. Celý cyklus se opakuje ve druhé části dne v odpoledních hodinách ještě jednou	
<i>Třetí dvojskupina:</i>		
do 06.00	Přesun na navazovací bod	Společně s první msk
06.00–06.20	Rekognoskace a stabilizace navazovacího bodu, vyhotovení náčrtu	Signalizace navazovacího bodu stavivem a terčem
06.20–06.50	Přesun na první vrchol, rekognoskace prvního vrcholu	Společně s první msk
06.50–07.00	Součinnost s měřičem o druhém vrcholu, vyhotovení náčrtu	Součinnost s rekognoskátořem o druhém vrcholu
07.00–07.15	Přesun na druhý vrchol	Stabilizace prvního vrcholu, nákres topografie
07.15–07.30	Rekognoskace druhého vrcholu, jeho stabilizace a signalizace stavivem a terčem s pomocníkem od měřiče	Příprava k měření na prvním vrcholu, odeslání auta na navazovací bod pro stažení terče
07.30–08.00	Nakreslení náčrtu a přesun na třetí vrchol	Měření na prvním vrcholu, smluvené znamení pro ukončení měření, přivolání auta z navazovacího bodu
08.00–08.30	Rekognoskace třetího vrcholu, jeho stabilizace, signalizace a nakreslení náčrtu	Signalizace prvního vrcholu terčem, přesun na druhý vrchol a signalizace třetího vrcholu
08.30–09.00	Přesun na čtvrtý vrchol, rekognoskace čtvrtého vrcholu, určení dvou OB, jejich stabilizace	Zaměření druhého vrcholu, odjezd auta na první vrchol
09.00–09.30	Stabilizace a signalizace čtvrtého vrcholu terčem, náčrt dvou OB pro měřiče	Stažení signálu z prvního vrcholu, signalizace druhého vrcholu a přesun na třetí vrchol
09.30–10.00	Přesun na navazovací bod, studium náčrtu	Kontrola signalizace čtvrtého vrcholu a návrat auta na druhý vrchol
10.00–10.30	Signalizace prvního vrcholu úseku čtvrté dvojskupiny	Zaměření třetího vrcholu, stažení signálu z druhého vrcholu
10.30–11.00	Zaměření vrcholu navazovacího bodu	Signalizace třetího vrcholu a přesun na čtvrtý vrchol
11.00–11.30	Signalizace navazovacího bodu, stažení signálu z prvního vrcholu úseku čtvrté dvojskupiny	Zaměření čtvrtého vrcholu včetně dvou OB, odeslání auta na třetí vrchol
11.30–12.00	Přesun na VS oddělení	Stažení signálu z třetího vrcholu, přesun na VS oddělení
12.00–13.00	Odevzdání výsledků měření	Odevzdání výsledků měření
od 13.00	Kontrola úplnosti materiálu celé dvojskupiny, rozdělení materiálu pro další plnění úkolů. Celý cyklus se opakuje ve druhé části dne v odpoledních hodinách ještě jednou	



Časový rozvrh platí ovšem pro ideální podmínky a může být narušen počasím, bojovou situací nebo většími změnami v projektu sítě.

Práce čtvrté dvojskupiny je úplně shodná s prací třetí dvojskupiny, pouze s tím rozdílem, že ukončení na navazovacím bodě provádí čtvrtá dvojskupina tak, že stabilizuje jak konečný navazovací bod, tak i následující vrchol polygonu kulem a zaměří úhel na navazovacím bodě. V každém případě se všechny dvojskupiny musí držet zásady, že vrchol polygonu na navazovacím bodě měří ta dvojskupina, která na příslušném navazovacím bodě končí svůj úsek.

Tímto pracovním rozdělením jednotlivých dvojskupin je dosaženo postupného dokončování prací v terénu a tím i postupného odevzdávání výsledků měření počtárně oddělení.

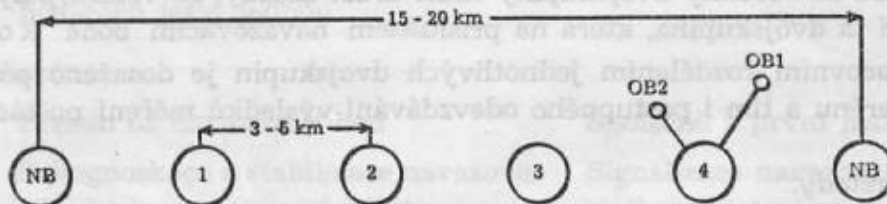
#### *Výhody metody:*

- lze u ní využít úspěšně jak vyspělé, tak i méně vyspělé pracovníky, zdatné pouze po technické stránce (měření),
- metodu lze aplikovat ve všech podmínkách,
- při dobré spolupráci mezi skupinami ve dvojskupině postupuje práce velmi rychle kupředu,
- při přesném dodržení technologického postupu nemůže dojít k přerušení polygonu,
- při vyřazení jedné měřické skupiny u kterékoli dvojskupiny může ještě druhá měřická skupina samostatně pokračovat v plnění úkolu, samozřejmě však s časovou ztrátou, a podat o tom hlášení,
- pro spojení dvojskupin s náčelníkem oddělení stačí pro úplný přehled o stavu plnění prací u celého oddělení pouze čtyři rádiové stanice,
- může být stejně dobře použita i při jiných metodách určování bodů (dlouhý rajón, protínání, krátký polygonový pořad aj.),
- metoda umožňuje dobré operativní řízení práce dvojskupin náčelníkem oddělení,
- při použití této metody jsou všechny skupiny oddělení maximálně a ekonomicky využity,
- tato metoda svým principem nejlépe vyhovuje spolupráci pro měření délek telurometrem, neboť popis následujícího vrcholu je vždy uveden na předcházejícím vrcholu, případně může dostát obsluha telurometru informaci o následujícím bodě od skupiny provádějící měření,
- práce telurometru při měření délek není zdržována, poněvadž rekognoskační skupina získá dostatečný náskok a nebrání telurometru v měření. Celý úsek druhé dvojskupiny je vytyčen stativy za pouhé tři hodiny, což odpovídá časové normě pro měření délek telurometrem, která je asi 30 minut na měření jedné strany + doba přesunu.

#### *Nevýhody metody:*

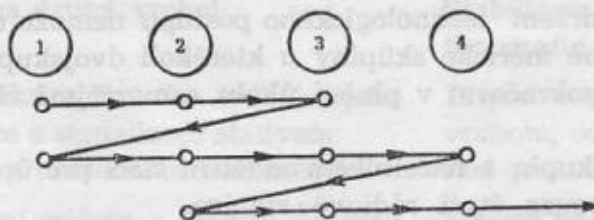
- dosti náročná na souhru dvojic měřických skupin,
- úseky u dvojskupin nemohou být delší než pět vrcholů včetně navazovacích bodů, neboť celá dvojskupina je vybavena pouze šesti stativy. Při více jak pěti vrcholech by se musela rekognoskační skupina vrátit k měřiči a převzít od něho stativy k opětovnému jejich rozmístování v terénu,
- proto při technickém projektu trasy, kde není jistota přímé viditelnosti a je předpoklad půlení strany, musíme zadat dvojskupině raději menší počet vrcholů. Tím se plnění úkolu urychlí,
- zvyšováním počtu vrcholů se prodlužuje celková doba splnění úkolu. Optimální vzdálenosti vrcholů jsou 3 až 5 km za použití světlometů i při ztížené viditelnosti podle náčrtu pracovního úseku jedné dvojskupiny (obr. 4),
- ukládáním úseků pro jednotlivé dvojskupiny o menším počtu vrcholů než pět podle uvedeného náčrtu je metoda velmi nevhodná a nejsou úplně využity všechny podmínky pro rychlé splnění celého úkolu oddělení,

— auto druhé měřické skupiny (měřiče) projíždí celý úsek třikrát pro signalizaci vpřed a zrušení signalizace vzad (obr. 5). Doba jeho přesunu však tvoří pouze malý ztrátový čas, neboť nejdelší přesun vykonává v době měření. Proto je nejvýhodnější volit vrcholy v blízkosti komunikací nebo se snadným přístupem pro vozidla. Pro velký proběh kilometrů a méně materiálu je vhodné, aby druhá měřická skupina (měřič) byla vybavena vozidlem GAZ.



NB - navazovací bod  
 1 . . . 4 - vrcholy polygonu  
 OB - orientační body

Obr. 4. Pracovní úsek jedné dvojskupiny.



Obr. 5. Znázornění pohybu vozidla u druhé měřické skupiny.

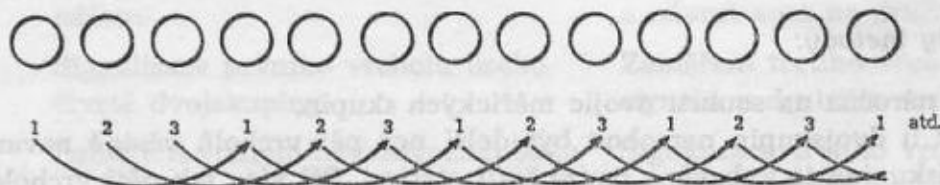
#### D. Pracovní postup v trojskupině

##### Možnost použití:

Tuto metodu je možno použít za všech okolností, avšak pro její neekonomičnost se od ní vbrzku upustilo.

##### Princip metody:

Tato metoda se zdála být zpočátku nejpřirozenější, neboť při měření polygonu je nutno obsadit tři vrcholy (signalizovat vpřed a vzad), aby bylo možno provést zaměření ze středního vrcholu. Proto jedním z prvních návrhů bylo organizovat oddělení do trojskupin, které by vždy



Obr. 6. Schéma postupu skupin při pracovní činnosti ve trojskupině.

obsadily najednou tři vrcholy, přičemž prostřední skupina by měřila a krajní skupiny by signalizovaly. Postup skupin vpřed by se prováděl vzájemným překračováním podle obr. 6.

Již z vysvětlení principu metody je jasné, že při zpracování polygonu nastávají těžkosti a hlavně velké prostoje vždy dvou skupin, které signalizují vrcholy a jsou nuceny čekat, až prostřední skupina ukončí měření. Pak teprve se může zadní skupina přemísťovat, přičemž opět dvě skupiny čekají, než je přední bod signalizován.

Pro tuto neekonomičnost celé metody se od ní brzy upustilo. Zde se tato metoda uvádí pouze pro úplnost, aby bylo zřejmé, že již byla v praxi vyzkoušena a zavržena vzhledem k druhým daleko produktivnějším metodám popsaným vpředu.



## Měření délek teluometrem

Při rozvíjení OGSS metodou polygonu o dlouhých stranách se délky jednotlivých stran měří teluometrem nezávisle na úhlovém měření. Jedině za tohoto předpokladu je možné splnit denní úkol 80 až 100 km polygonu za den. Bylo-li by nutné (při poškození přístroje) určovat délky stran rozvinováním základen geodeticky, v žádném případě není možné z časových důvodů splnit požadovaný úkol. Za těchto okolností je nutné přejít v oddělení k měření pouze ORSS (orientačního polygonu) a souřadnice výsledného bodu odpíchnout s menší přesností z mapy.

### *Způsoby určování délek:*

- použitím teluometru se dvěma odrazovými stanicemi,
- použitím teluometru pouze s jednou odrazovou stanicí.

Volba způsobu bude záviset na organizaci skupin u oddělení, zda budou pro měření teluometrem určeny dvě nebo tři měřické skupiny, které mohou se svými vozidly jednotlivě stanice obsluhovat. Dále bude organizace prací u měření délek záviset na typu použitého teluometru, zda je použito typu MRA-1 nebo MRA-2, u kterého je každá stanice dvojúčelová. Protože většina používaných přístrojů je typu MRA-1, bude uvažována organizace práce pouze s tímto přístrojem. Jelikož nejvýhodnější metodou pro spolupráci s měřením délek je metoda ve dvojskupinách, bude nadále předpokládáno, že teluometr provádí měření délek ve spolupráci s dvojskupinami.

### *Organizace práce při použití dvou odrazových stanic:*

Principem této metody je, aby řídicí stanice stála vždy uprostřed a měřila na obě strany délky na odrazové stanice. Dříve měří délku na stanici zadní (podle směru rozvíjení polygonu), aby tato stanice mohla využít dobu potřebnou k zaměření délky na přední stanici k přesunu k řídicí stanici a dále na nové stanoviště. Obtíže při umísťování odrazových stanic na vrcholy polygonu pramení z neznalosti rekognoskace měřické skupiny. Proto musí při přesunu odrazová stanice zajet vždy až na vrchol s řídicí stanicí a tam podle náčrtu prozkoumat umístění dalšího vrcholu. Tím je prakticky výhoda použití dvou odrazových stanic značně snížena, neboť časově se velký náskok proti metodě s jednou odrazovou stanicí nezíská.

### *Vlastní provedení:*

Při zahájení prací se všechny tři stanice musí dostavit na výchozí bod. Tam je ponechána první odrazová stanice. Řídicí stanice s druhou odrazovou stanicí odjíždějí na první vrchol polygonu s rekognoskatorem. První vrchol obsadí řídicí stanice a ihned provádí měření první strany. Druhá odrazová stanice odjíždí s rekognoskatorem na druhý vrchol. Po doražení druhé odrazové stanice na druhý vrchol je zahájeno měření druhé strany a první odrazová stanice se přemísťuje na pokyn řídicí stanice na první vrchol k řídicí stanici. Po zaměření délky druhé strany oznámí druhá odrazová stanice řídicí stanici telefonem místo třetího vrcholu v terénu podle nákresu na druhém vrcholu. Na toto místo se přesune řídicí stanice i s první odrazovou stanicí. Řídicí stanice zahájí měření délky třetí strany zpět na druhou odrazovou stanici a první odrazová stanice odjíždí na čtvrtý vrchol polygonu podle náčrtu na třetím vrcholu. Tato organizace práce se neustále opakuje až do zaměření délek všech stran polygonu.

### *Organizace práce při použití jedné odrazové stanice:*

Tato metoda bude při měření délek převládat, neboť odčerpá oddělení pouze dvě měřické skupiny. Druhá odrazová stanice je v záloze na VS oddělení a je připravena zasáhnout k činnosti podle potřeby pomocí záložní měřické skupiny na oddělení.

Vlastní měření se provádí jednoduše vzájemným překračováním řídicí stanice a odrazové stanice, přičemž vždy stanice umístěná vpředu oznámí telefonem místo následujícího vrcholu podle náčrtu, takže prostoje vznikají pouze přesunem jedné nebo druhé stanice na následující vrchol.

Praktickým měřením v terénu je ověřeno, že teluometr je schopen splnit požadovaný denní úkol pouze s několikahodinovým zpožděním po optickém zaměření polygonu za předpokladu, že délka stran polygonu se bude pohybovat v mezích 3 až 5 km a více. Je nutné, aby se všechny práce při výpočtu délek prováděly přímo na stanovištích v terénu v době přesunu druhé stanice, aby po příjezdu na VS oddělení byly odevzdány již hotové vypočtené délky stran polygonu.

Odevzdání dílčích výsledků měření během plnění úkolu v terénu musí být zajištěno buď při kontrole náčelníkem oddělení na vrcholu v terénu nebo spojkou vyslanou z VS oddělení tak, aby dílčí výsledky byly dodávány na VS ke zpracování plynule. Spojení alespoň řídicí stanice s VS oddělení musí být zajištěno v každém případě rádiovou stanicí.

### **Možnosti využití získaných údajů o ověřených bodech v průběhu plnění úkolů**

Hustota daných bodů na území nepřítele je velmi malá, ale lze předpokládat, že během plnění úkolu budou ukořistěny údaje o bodech trigonometrické sítě z území nepřítele. V tomto případě je povinností náčelníka oddělení využít všech údajů, které by přispěly k urychlení úkolu a usnadnily jeho splnění. Plně využít se dají pouze body, které jsou umístěny v blízkosti předpokládaného rozvíjení OGSS (ORSS) a ze kterých je možno provádět měření (bez porostu). Nevýhodné jsou body vzdálené od trasy, těžko přístupné a body v lese. Dříve než se rozhodne náčelník oddělení použít těchto bodů při plnění úkolů, je nutné ověřit jejich správnost proměření v terénu.

Pro splnění požadavků druhů vojsk, jak již bylo dříve uvedeno, je nutné předávat údaje (souřadnice a směrníky) bodů rozmístěných podél trasy přesunu asi ve vzdálenosti 10 až 15 km od sebe a v místech předpokládaných rozmístění palebných postavení 3 až 4 body s požadovanou přesností. Za podmínky, že během trasy nenarazíme na žádný daný nebo ukořistěný bod, je nutno řešit tuto úlohu souvislým rozvíjením OGSS (ORSS) metodou polygonu o dlouhých stranách, jak bylo popsáno. Při získání trigonometrických bodů v průběhu plnění úkolu je možný tento postup:

- ověřit správnost získaného bodu měření,
- na osamoceném bodě zaměřit směrník pomocí gyrotheodolitu,
- provést kontrolní měření směru astronomickým zaměřením,
- tohoto bodu využít jako výchozího pro určení bodu na trase, případně pro další rozvíjení OGSS (ORSS) - polygonu o dlouhých stranách. Z tohoto bodu dále pak pokračuje měřická dvojskupina v dalším plnění úkolu,
- je-li bod řádně ověřen a správně využit, odpadá rozvíjení OGSS od výchozího bodu až do prostoru získaného bodu. Tím je ušetřen čas i práce měřických skupin.

Takovéto využívání daných, případně ukořistěných bodů v průběhu plnění úkolu je velmi náročné na organizátorskou a řídicí práci náčelníka oddělení.

K ověření bodů je nezbytně nutné použít dvou daných (ukořistěných) bodů, které se vzájemně proměří buď vetknutým polygonem, nebo se změří mezi nimi délka teluometrem. Je-li v průběhu plnění úkolu více daných bodů do hloubky nepřátelského území, rozpadá se celkový úkol oddělení při rozvíjení OGSS (ORSS) na několik dílčích úkolů:

- ověřování ukořistěných bodů,
- určování bodů podle požadavků druhů vojsk rozvíjením OGSS (ORSS) pouze v nutném rozsahu s využitím ukořistěných bodů.



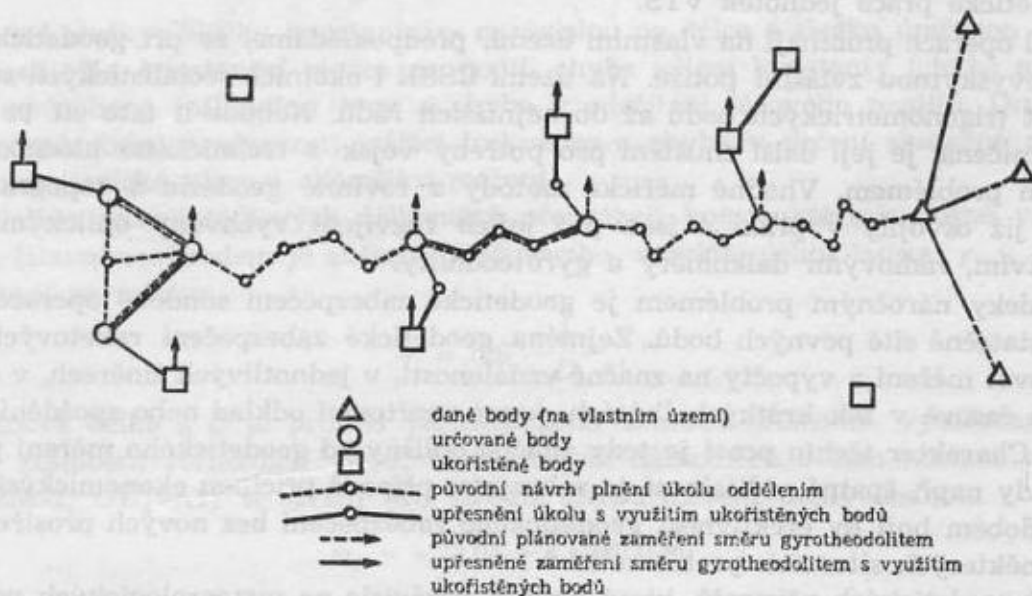
### Příklad:

Podle původního plánu bylo předpokládáno zaměření:

- 24 vrcholů polygonu,
- 22 délek stran teluometrem,
- 4 kontrolních směrů gyrotheodolitem nebo astronomické měření.

Plán při využití ukořistěných bodů na území nepřítel:

- 16 vrcholů dílčích polygonů,
- 14 délek stran teluometrem,
- 5 směrů gyrotheodolitem,
- kontrolní astronomická měření v potřebném rozsahu.



Obr. 7. Grafické znázornění možnosti využití ukořistěných bodů na území nepřítel při plnění úkolu oddělením.

První dvojice bodů je ověřena zaměřením délky mezi oběma body, z ní určen bod na trase. Druhé dva body jsou určeny využitím dvojice bodů, jejichž správnost je ověřena vetknutým polygonem. Body v předpokládaném prostoru palebného postavení jsou určeny samostatně opět pomocí dvou ukořistěných bodů, jejichž správnost je taktéž ověřena vetknutým polygonem. U všech stran dílčích polygonů se předpokládá měření teluometrem.

Z uvedeného příkladu je zřejmé, kolik měření se ušetří využitím ukořistěných bodů na území nepřítel.

### Závěr

Z uvedeného článku vyplývá, že rozvíjení OGSS a ORSS metodou polygonových pořadů o dlouhých stranách klade velké nároky nejen na řídicí práci a organizaci oddělení, ale i na časové provedení celého úkolu.

Z posledního odstavce je patrné, že není nutné rozvíjet OGSS a ORSS do celé hloubky operace průběžně, ale že je účelné více využívat bodů na území nepřítel, čímž se splnění úkolu podstatně ulehčí. Daleko snadněji, rychleji a spolehlivěji určíme bod v požadovaném prostoru dlouhým rajónem nebo krátkým polygonovým pořadem z daných bodů s orientací určenou případně astronomicky nebo přístrojem autonomní orientace.

Přesto však rozvíjení OGSS a ORSS metodou polygonových pořadů o dlouhých stranách má svoje opodstatnění. Této metody je možno s výhodou použít právě při plnění těchto dílčích úkolů, popřípadě ji vhodně aplikovat také při rozvíjení místních sítí. V jednotlivých případech pak lze využít nejvýhodnějších pracovních postupů, které zajistí nejvyšší hospodárnost metody.

## Některé problémy vývoje rádiových metod měření délek a úhlů v geodézii a přínos VTS k jejich řešení

### 1. Úvod

Jedním z hlavních úkolů vojenské topografické služby (VTS) je zabezpečení vojsk potřebnými geodetickými údaji. Požadované velmi krátké lhůty pro přípravu operací, rychlé tempo v průběhu operací, uskupování dělostřelectva často v rozptýlených prostorech a značně od sebe vzdálená palebná postavení pro rakety vyžadují rozvíjení nových metod a prostředků pro geodetické práce jednotek VTS.

Pokud operace probíhají na vlastním území, předpokládáme, že při geodetickém zabezpečení se nevyskytnou zvláštní potíže. Na území ČSSR i okolních socialistických států je vybudována síť trigonometrických bodů až do nejnižších řádů. Nebude-li tato síť ve válečných událostech zničena, je její další zhuštění pro potřeby vojsk z technického hlediska poměrně jednoduchým problémem. Vhodné měřické metody z rovinné geodézie a topografie si jednotky VTS již osvojily v praxi a jsou pro jejich rozvíjení vybaveny optickými teodolity s příslušenstvím, rádiovými dálkoměry a gyroteodolity.

Technicky náročným problémem je geodetické zabezpečení soudobé operace v prostorech bez dostatečné sítě pevných bodů. Zejména geodetické zabezpečení raketových jednotek bude vyžadovat měření a výpočty na značné vzdálenosti, v jednotlivých směrech, v omezených prostorech a časově v tak krátkých lhůtách, které nepřipustí odklad nebo zpoždění při špatné viditelnosti. Charakter těchto prací je tedy značně odlišný od geodetického měření pro mírové mapování, kdy např. špatná viditelnost je v krajním případě příčinou ekonomických ztrát, zatímco v soudobém boji by efektivnost geodetického zabezpečení bez nových prostředků a metod byla v některých situacích problematická.

Vývoj geodetických přístrojů, které pracují nezávisle na meteorologických podmínkách, probíhá ve dvou oblastech:

- V oblasti cm a dm rádiových vln jsou vyvíjeny geodetické dálkoměry a teodolity. Obvyklé geodetické metody založené na měření úhlů a délek na povrchu zemském zůstávají zachovány. Dosavadní přístroje, pracující výhradně v optické oblasti, přecházejí do oblasti rádiových vln, jejichž průchodnost atmosférou není v podstatě ovlivněna různými meteorologickými podmínkami.
- V oblasti autonomního určení změny stanoviště jsou vyvíjeny geodetické připojovače. S pomocí soustavy gyroskopů, akcelerometrů a integrátorů průběžně registrují a integrují pohyb připojovače v prostoru. V okamžiku dosažení cílového bodu připojovačem lze odečítat souřadnicové přírůstky vůči výchozímu bodu a cílový orientační směr. Pro nezávislé určení výchozího směru, jakož i pro určení orientačního směru na cílovém bodu lze použít také gyroteodolit.

Ze srovnání vlastností přístrojů vyvíjených v obou oblastech můžeme zatím dojít jen k dílčím závěrům. Při určování polohy poskytují dosavadní geodetické metody s použitím rádiových dálkoměrů a teodolitů výsledky, jejichž přesnost odpovídá geodetickým požadavkům. Metody jsou závislé na „geometrické“ viditelnosti, což přináší časové ztráty při nevhodné konfiguraci terénu.

Předností autonomních systémů je rychlost dodání výsledků a prakticky úplná nezávislost na konfiguraci terénu. Přesnost výsledků je exponenciálně závislá na době, po níž je připojovač v chodu. Lze tedy předpokládat, že použití připojovače bude výhodné především pro určování polohy bodů dosažitelných v nepřilíš dlouhém časovém intervalu.

Podle dosavadních zkušeností lze předpokládat, že obě metody se budou vzájemně doplňovat při pracích pro geodetické zabezpečení. Rádiové geodetické metody najdou využití při určení polohy základních bodů i značně od sebe vzdálených. Pro zhušťování podkladu



bude výhodné použít připojovačů. Zavedení obou metod do praxe geodetického zabezpečení bude představovat kvalitativní skok ve vývoji měřických metod.

V tomto článku se budeme zabývat výhradně rádiovými geodetickými metodami, jejichž rozšíření je objektivní nutností pro VTS. Shrňeme současný stav i perspektivy dalšího vývoje, uvedeme pozitivní výsledky výzkumu VTS a podrobněji zdůvodníme některé návrhy, jejichž řešení podle našeho názoru stojí před VTS.

## 2. Perspektivy vývoje rádiových dálkoměrů

U rádiových dálkoměrů prvních typů (např. MRA-1, MRA-2, GET-B1) s nosnou vlnovou délkou okolo 10 cm se uvádí střední chyba

$$m_D = \pm (0,05 + 3 \cdot 10^{-6} D) \text{ m} . \quad (1)$$

Chyba má dvě složky: Složku konstantní - nezávislou na délce a složku úměrnou délce měřené vzdálenosti. Na konstantní složce se podílí chyba adiční konstanty (chyba nulové opravy), chyba způsobená reflexními jevy a chyba v odečítání fázového rozdílu. Druhou složku tvoří chyby způsobené nepřesností měřicí frekvence a chyba v určení skutečné rychlosti šíření elektromagnetické vlny v okamžiku měření.

Při dalším vývoji rádiových dálkoměrů přecházejí konstruktéři k nosné vlnové délce okolo 3 cm. Hlavním důvodem je zúžení vyzařovacího svazku, jehož šířka  $\gamma$  u parabolické antény se určí ze vztahu

$$\gamma^\circ = 120 \frac{\lambda}{D} ,$$

kde  $\lambda$  je vlnová délka a  $D$  je průměr parabolického zrcadla. Zúžením vyzařovacího svazku se dosáhne zeslabení reflexních vlivů. U rádiových dálkoměrů s 3cm nosnou vlnou (např. MRA-3, PEM-2, GET-A1) se uvádí pro střední chybu měřené délky hodnota

$$m_D = \pm (0,03 + 3 \cdot 10^{-6} D) \text{ m} . \quad (2)$$

Konstantní složka střední chyby ( $\approx 0,03$  m) se snížila především zmenšením podílu reflexní chyby na této hodnotě.

Konstrukce přístrojů se zdokonalují i v ostatních směrech. Např. u přístrojů s číselným odečítáním fázového rozdílu klesá konstantní složka na hodnotu  $\approx 0,02$  m (např. u MRA-3).

Poslední vývojový typ rádiového dálkoměru MRA-4 byl předveden v r. 1965 na mezinárodním symposiu v Oxfordu. Při použití nosné frekvence 35GHz (délka vlny okolo 8 mm) klesla šířka vyzařovacího svazku na  $2^\circ$ . Modulační frekvence byla zvýšena na 75 MHz. Střední chyba měření při 1 čtení

$$m_D = \pm (0,01 + 3 \cdot 10^{-6} D) \text{ m} . \quad (3)$$

a při 10 čteních

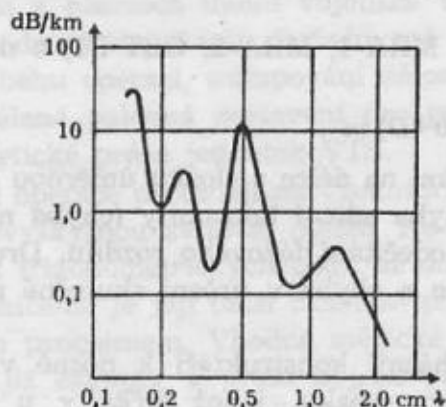
$$m_D = \pm (0,003 + 3 \cdot 10^{-6} D) \text{ m} .$$

Ze srovnání vzorců (1), (2), (3) pro střední chybu vyplývá, že další konstrukční úpravy aparatury mohou vést jen k sotva znatelnému zvýšení přesnosti. Konstrukční vývoj dospěl ke stadiu, kdy zvýšení přesnosti je limitováno vnějšími vlivy, tj. především neznalostí skutečné rychlosti šíření elektromagnetických vln v okamžiku měření.

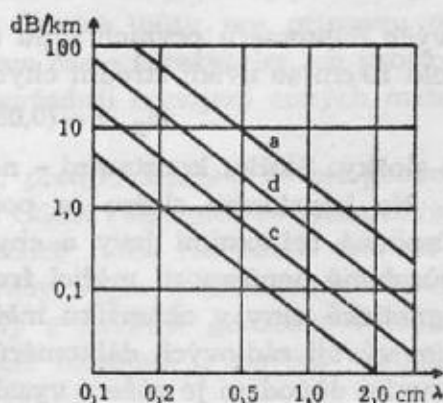
Další zvýšení nosné frekvence nad 35 GHz by se setkala nejen s konstrukčními potížemi, ale došlo by k nepřijatelnému útlumu signálu ve srážkách a atmosféře. Vzhledem k tomu, že útlum v obou prostředích se sečítá, vyplývá z grafů na obr. 1 a 2 [11], připustíme-li maximální útlum 1,4 dB/km, že k němu dochází při „středním“ dešti již pro vlnovou délku 8 mm. Touto hodnotou je dána spodní hranice použité vlnové délky.

Konstrukční vývoj rádiových dálkoměrů byl ovlivňován také požadavky uživatelů. Moderní typy přístrojů jsou konstruovány se vzájemně zaměnitelnou funkcí řídicí a odrazové stanice, s možností oddělení vysílacího bloku s anténou a vysunutí do výše 20-25 m pomocí jednoduchého stožáru, s číselným odečítáním fázového rozdílu. Tranzistorací se snižuje váha aparatury i spotřeba elektrické energie.

Těmto požadavkům v podstatě odpovídá dálkoměr GET-A1 (MLR), jehož zavedení ve VTS lze předpokládat. Dosavadní přístroje GET-B1 rozšířené v jednotkách VTS budou částečně modernizovány. V rámci řešení výzkumného úkolu [4] se podařilo ing. R. Hovorkovi konstrukčně oddělit vysílací blok a anténu u odrazové stanice GET-B1. Prototyp byl vyzkoušen v terénu. V současné době se konají přípravy pro úpravu několika odrazových stanic GET-B1 a byla zadána výroba speciálního skládacího stožáru o výšce 20 m pro potřeby VTS. Bližší údaje jsou uvedeny ve výzkumné zprávě [4].



Obr. 1.



Obr. 2.

Rádiové dálkoměry GET-B1 našly široké uplatnění při geodetickém zabezpečení. Např. metoda trilaterálních řetězců praktikovaná u jednotek VTS je zatím jedinou - i když ne optimální - metodou rychlého určení souřadnic na vzdálenosti 100 - 200 km za jakékoli viditelnosti. Je na škodu, že výsledky a zkušenosti z těchto prací nebyly dosud analyzovány a vhodnou formou publikovány.

### 3. Návrh na rozšíření projektu pro zaměření základny kosmické triangulace

Z analýzy vzorce (3) pro střední chybu vyplývá, že při měření vzdálenosti dálkoměrem typu MRA-4 hlavní část chyby připadá na vrub nejistého určení meteorologických prvků podél celé trasy. Po snížení této chyby vhodnou technologií měření lze předpokládat dosažení vysoké přesnosti, zejména při měření větších vzdáleností. Z tohoto důvodu jsme navrhli zakoupení přístroje MRA-4\*) k výzkumným účelům, především k vyzkoušení vhodné technologie pro měření délek s vysokou přesností.

Tento výzkum pokládáme za aktuální v době realizace projektu pro měření základny kosmické triangulace. Projekt v podstatě bude vycházet z teoretických rozborů, uvedených také v [2]. Z rozboru vyplývá, že pro určení délky dlouhé geodetické základny (1 000 - 2 000 km) s požadovanou přesností 1 : 600 000 postačí, změří-li se - kromě příslušných úhlů - strany jednoho polygonového pořadu, spojujícího koncové body základny, vysoce přesným elektrooptickým dálkoměrem NASM-2A nebo EOD. Předpokládá se, že strany polygonů o délce kolem 30 km budou měřeny po úsecích vzhledem k malému počtu nocí s dobrou viditelností na 30 km.

Pro realizaci projektu bude soustředěna větší personální a materiálová kapacita. Navrhujeme, aby při poměrně nízkých ekonomických nákladech, při poměrně malém zvýšení kapacity a s využitím prostojů způsobených špatnou viditelností při elektrooptickém měření vzdáleností byl rozšířen vlastní projekt o souběžné měření všech polygonových stran (nikoliv úseků) rádiovým dálkoměrem podle metodiky, kterou navrhujeme dále. Tím se získá neobyčejně bohatý materiál pro posouzení přesnosti rádiových dálkoměrů. Z analýzy výsledků lze očekávat závěr, že rádiovým dálkoměrem MRA-4 při vědecky rozpracované a přesně dodržo-

\*) Podle sdělení ing. CSc. B. Delonga předvedou zástupci firmy v Praze v r. 1967 telurometry typu MRA-3, MRA-4.



vané technologii měření je možné provádět i tak náročné měření vzdáleností, jaké je požadováno při určování základny kosmické triangulace. Potvrzení tohoto závěru by přineslo značnou úsporu prostředků a času.

Získané zkušenosti by mohly být využity nejen pro měření obdobných základen, ale vůbec pro rozvíjení polygonových pořadů pro potřeby geodetického zabezpečení.

Podle známých nám informací není vyjasněna otázka opatření teluometru MRA-4 pro valutové potíže. V tomto případě navrhujeme využít všech příznivých okolností, které poskytuje proces měření základny, a provést souběžné měření polygonových stran dvěma typy rádiových dálkoměrů, které máme k dispozici, tj. GET-B1 a MRA-2. V případě schválení tohoto návrhu bude nutno vypracovat podrobnou technologii, v níž budou zakotveny následující požadavky.

Ke snížení konstantní složky střední chyby ve vzorci (1) je nutno:

- Provést měření každé vzdálenosti dvojicí přístrojů, tj. GET-B1 a MRA-2.
- U přístrojů pečlivě určit adiční konstantu a její závislost na nosné frekvenci a na poloze fázové značky na obrazovce (cyklická složka konstanty).  
Vhodný měřický postup byl částečně rozpracován v naší výzkumné zprávě [6].
- Sledovat adiční konstanty přístrojů v průběhu prací, zejména tehdy, jestliže se výsledky získané dálkoměrem GET-B1 a MRA-2 budou systematicky lišit.
- Na základě zkušeností při měření dlouhých vzdáleností lze předpokládat, že složka střední chyby způsobená reflexní chybou bude minimální. Jestliže však rozptyl čtení na jednotlivých nosných frekvencích překročí statisticky zjištěnou hodnotu  $4-6 \mu$ , bude nutno kompenzovat reflexní chybu tím, že měření bude opakováno při změněné výšce vizury.

Ke snížení druhé složky střední chyby ve vzorci (1), která je závislá na vzdálenosti, je nutno:

- Průběžně v poli kontrolovat a nastavovat modulační frekvenci  $A$ . Způsob je popsán např. ve výzkumné zprávě [5].
- Zvolit vhodnou metodu pro výpočet průměrné hodnoty meteorologických prvků podél měřené vizury. K tomu účelu je nutné měřit teplotu, tlak a vlhkost vzduchu nejen na konečných bodech měřené vzdálenosti, ale i na 1–2 mezilehlých bodech. Kromě uvedených meteorologických prvků je nutno měřit i teplotní a vlhkostní gradient. Měření meteorologických prvků na mezilehlých bodech bude provedeno pomocí psychometru\*) s dálkovým odečítáním naměřených hodnot. Psychometr může být vyneseno do výše 80–100 m pomocí upoutaného meteorologického balónu.
- Měření provádět ve stanovenou dobu, rozloženou symetricky vzhledem k období izotermie. Dále je třeba zjišťovat směr i rychlost větru a podle toho stanovit buď různou váhu měření nebo měření provádět jen za příznivých okolností.
- Ověřit prakticky různé metody pro výpočet reprezentativních meteorologických hodnot podél vizury.

Získaný bohatý měřický materiál poskytne bezesporu podklad pro patřičné závěry. Předpokládáme, že kompenzaci chyb při měření jednotlivých stran polygonu se dosáhne vysoké přesnosti délkového určení základny i v případě, že nebude použit teluometr MRA-4. Z výsledků získaných při měření dálkoměry typu GET-B1 a MRA-2 bude možno relativně posoudit i předvídanou přesnost při využití dálkoměru pracujícího v pásmu 8mm vln.

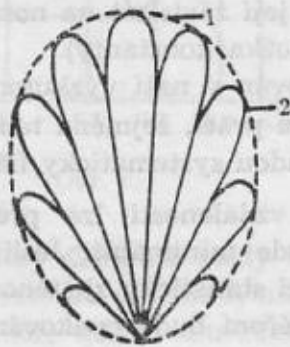
\*) V r. 1967 byl ve VTOPÚ vypsán zlepšovací námět na konstrukci psychometru s dálkovým odečítáním hodnot. Bližší technické podmínky jsou k dispozici u autora.

#### 4. Vývoj rádiových teodolitů

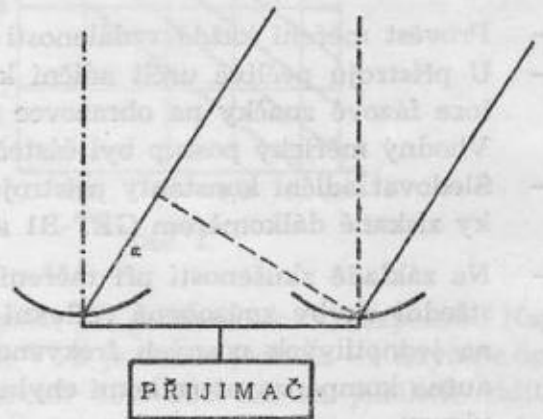
Zatím co geodetické rádiové dálkoměry našly již široké uplatnění v praxi, je vývoj rádiových teodolitů teprve v počátcích.

Dosud jsme jako „rádiový teodolit“\*) označovali přístroj určený k astronomické orientaci zaměřením na Slunce jako silný zdroj rádiového vlnění. V SSSR byl zkonstruován v minulých letech prototyp, který pracoval v pásmu 3cm vln se střední chybou azimutu okolo  $\pm 10''$ . Na dalším vývoji tohoto přístroje se podle našich zpráv nepokračovalo.

Jako rádiový teodolit navrhujeme označovat také rádiový přijímač s velmi úzkou vyzařovací charakteristikou, který je doplněn úhломěrným zařízením. Anténa rádiového teodolitu se postupně směřuje na jednotlivé vysílače (majáky). Na limbu lze odečítat polohu nasměrované antény a tím i úhly mezi danými směry. Přijímač musí mít dostatečně velkou rozlišovací schopnost, aby úhel byl změřen s přesností obvyklou v geodézii. Z používaných anténních



Obr. 3.



Obr. 4.

systemů vyhovuje pro tento účel rádiový interferometr, jehož parametry odpovídají požadkům na polní geodetický přístroj. Rádiový interferometr je tvořen dvěma identickými anténami, které napájejí jeden přijímač. Signál od vysílače proběhne před dopadem na antény různou dráhu, která se liší o  $d$  (viz obr. 3). Je-li přijímač propojen s anténami stejně dlouhými kabely, pak se pro směr, kde rozdíl drah  $d$  se rovná násobku sudého počtu půlvln, vlny z obou antén zesilují a nastává maximum. Ve směru, kde se  $d$  rovná lichému násobku půlvlny, se vlny vzájemně ruší a citlivost je minimální. Výsledný směrový diagram má pak tvar podle obr. 4, kde křivka 1 je směrový diagram jedné antény, křivka 2 je směrový diagram obou antén v zapojení podle obr. 3. Výsledný směrový diagram je poměrně ostře směrový a závisí

- na použité vlnové délce,
- na vzdálenosti mezi anténami.

V literatuře [1] byly publikovány některé údaje o rádiovém interferometru pro měření úhlů v geodézii za jakéhokoli počasí. Rádiový interferometr je doplněn úhломěrným zařízením (pravděpodobně Wild T-3), alhiáda je nosičem symetricky umístěných antén. Rádiový interferometr pracuje v oblasti 8mm vln, vzdálenost podélných os parabolických antén je asi 1–1,5 m a uváděná přesnost při měření úhlů  $\pm 2''$ . Zadavatelem pro výrobu přístroje bylo výzkumné oddělení US ARMY (GIMRADA), které vzneslo požadavek na dosažení přesnosti  $\pm 10''$ .

Výzkumné oddělení VTOPŮ se zabývá obdobným problémem. S použitím existujících bloků bude v r. 1968 podle projektu ing. R. Hovorky zkonstruován prototyp rádiového interferometru pracujícího v pásmu 3cm vln. I když toto pásmo, k jehož volbě jsme nuceni

\*) Název „rádiový teodolit“ není v naší odborné literatuře dosud specifikován. Výkladový slovník [12] jej vůbec neuvádí. V článku se proto touto otázkou zabýváme poněkud podrobněji.



technickými možnostmi, nedává předpoklady k dosažení vyšší přesnosti než minutové, získáme při ověřovacích pracích s přístrojem bohatý materiál, jehož analýza poslouží k ověření principu metody, k získání zkušeností pro další vývoj, ke studiu refrakce, symetrie vyzařovacího svazku, konstrukční stability nosiče antén i parabolických zrcadel apod.

Dále jsme navrhli, aby téma bylo zadáno k řešení ve formě disertační práce. Předpokládáme, že tímto způsobem může být zkonstruován s pomocí existujících bloků rádiový interferometr pracující v pásmu 8mm vln, případně může být projednána i možnost sériové výroby těchto přístrojů v ČSSR.

Vývoji rádiového interferometru je nutno věnovat plnou pozornost. Při úspěšném vývoji takového přístroje bude umožněno s dostatečnou přesností měření vodorovných, případně i vertikálních úhlů za jakéhokoli počasí. Geodetické práce pro potřebu vojsk tak budou z převážné míry osvobozeny od vlivu špatného počasí.

## 5. Rušení provozu geodetických rádiových přístrojů

Při nasazení rádiových geodetických přístrojů na soudobém bojišti, které je nasyceno hustou sítí radiotechnických prostředků, projeví se základní slabina všech těchto prostředků: jejich antény přijímají spolu s vlastními signály i rušící signály, vyzařované na stejném kmitočtu, jestliže energie rušícího signálu zasahuje vyzařovací diagram antény. Rušící signály podle intenzity ztěžují nebo úplně znemožňují normální provoz přístroje.

Ve výzkumné zprávě [7] jsme se zabývali jen rušením provozu rádiových dálkoměrů typu GET-B1, MRA-1, MRA-2. Z celé řady možných rušičů jsme vybrali ty, které svými parametry i rozmístěním v bojové sestavě mohou prakticky s největším účinkem rušit provoz rádiových dálkoměrů. Patří sem radiolokátory pracující v pásmu 10cm, 6cm a 3cm vln a dále vojskové rádiové stanice, které ruší na mezifrekvenčním pásmu uvedených rádiových dálkoměrů (33 MHz).

Při řešení problému jsme vycházeli z obecně platné zásady, že totiž odstranit rušení je složitým problémem radiotechniky, jehož realizace je spojena s řadou konstrukčních opatření, která mohou přístroj značně zkomplikovat. Podobné složité konstrukční zásahy přicházejí v úvahu u geodetických rádiových přístrojů podle našeho názoru jen výjimečně.

Ve výzkumné zprávě [7] jsme rozebrali účinky rušení, technické a organizační opatření k jeho snížení, případně potlačení, stanovili jsme postup při zjišťování stupně rušení a zpracovali grafy a tabulky, které umožňují předem vypočítat pravděpodobnost rušení, jsou-li alespoň známy parametry rušičů.

Aby bylo dosaženo minimálního účinku rušení, je třeba dosáhnout minimálního poměru výkonu rušícího k užitečnému signálu. Toho lze dosáhnout u dvojice stanic rádiového dálkoměru aktivním nebo pasívním způsobem.

### a) Aktivní způsob.

Změnou nosné frekvence. Konstrukce přístrojů GET-B1, MRA-2, MRA-1 dovoluje změnu nosné frekvence přibližně v pásmu 2 750 až 3 150MHz. Ochrana před rušením bude účinná za předpokladu, že pásmo přeladění bude širší než pásmo rušení. Pro vlastní měření bude využita jen zbývající část pásma, a tím bude narušena technologie měření. Následkem toho většinou nebude kompenzován vliv odraženého signálu a mohou vzniknout až metrové chyby v měřené délce. V takovém případě pro požadovanou přesnost v dm je nutné kompenzovat vliv odrazu nejen změnou nosné frekvence, ale i změnou výšky vizury.

Konstrukce rádiového dálkoměru i technologický postup dovolují provést měření na jednotlivých frekvencích v krátkém časovém rozpětí. V případě nárazového rušení je možno využít těch intervalů, kdy např. radiolokátor s otáčivou anténou nezasahuje vlastní rádiový směr hlavním vyzařovacím lalokem. Podmínkou je, aby obsluha dálkoměru pracovala rychle a s přehledem.

Perspektivně bude důležitým prvkem technické metody boje s rušením použití nového přístroje GET-A1. Přístroj umožňuje výměnu odděleného bloku s anténou pro 10cm nebo 3cm pásmo. Základní metodou ochrany před rušením zůstane přeladění pracovní frekvence v pásmu větším, než je pásmo rušení. Přístroj GET-A1 umožňuje přeladění v 10cm pásmu v rozsahu stejném jako u typu GET-B1 a dovolí ještě přechod na 3cm pásmo s dostatečnou šířkou ladění. Přechod na 3cm pásmo přináší také další výhody v boji s rušením:

- Užší vyzařovací diagram antény.
- Nepochází k rušení provozu krátkovlnnými stanicemi. Vlnovod pro 3cm pásmo, kterým je nahrazena dipolová anténa pro 10cm pásmo, neslouží jako anténa pro příjem krátkovlnných signálů.

#### b) Pasivní způsob.

V důsledku přímočarého šíření elektromagnetických vln je rušení pulsními rušiči, které pracují v cm a dm pásmu, omezeno jen na přízemní vlnu, které nestojí v cestě žádná překážka. Této okolnosti je třeba využít při projektování geodetické trilaterální sítě nebo jednotlivých vizur zaměřovaných rádiovým dálkoměrem.

Ze směru rušení nepřítelem vznikají rozsáhlé hluché prostory, které s výjimkou dominantních výšin pokrývají většinu prostoru v hloubce 20 a více km od předního okraje. V blízkosti předního okraje je nutno pro staničení přístroje využít svahy odvrácené od nepřítele, vnitřní svahy širokého údolí apod. Rušení se zeslabí vhodnou kombinací při rozmístování řídicí a odrazové stanice a zkrácením měřených délek.

Provoz bude rušen většinou vlastními radiotechnickými prostředky umístěnými v celé hloubce sestavy. Z organizačních metod boje s rušením je třeba jmenovat metody, které budou využívat hluché prostory, jako např. měření trilaterálních řetězců po vnitřních úbočích širokých údolí, staničení na odvrácených svazích a případné doměření excentricit geodetickým způsobem. Je třeba využít i vlastností vyzařovacího diagramu, zvětšovat užitečný signál zkrácením vzdáleností apod.

Stanice rádiového dálkoměru je třeba vzdálit od krátkovlnných stanic, případně provádět měření jen v době, kdy tyto stanice jsou na příjmu.

Všeobecně je nutno předpokládat, že na dominantních výšinách vhodných pro rozvíjení geodetických sítí bude použití (staničení) rádiového dálkoměru typu GET-B1, MRA-1, MRA-2 problematické. S touto okolností je třeba počítat při projektování geodetických sítí. Perspektivní metodou boje proti rušení se jeví rozšíření nově konstruovaného typu GET-A1 při kombinaci 10cm a 3cm pracovního pásma.

Z hlediska boje proti rušení bude značným přínosem přechod k přístrojům, které pracují v pásmu 8mm vln. Rozsah rušení těchto přístrojů při provozu bude nutno proměřit.

Výzkumnou zprávou [7] zdaleka nebyl vyčerpán problém rušení provozu rádiových dálkoměrů. Bylo by vhodné přezkoušet všechny závěry přímo v terénu a v prostoru činnosti některých druhů radiolokátorů. Pro tyto práce nemělo výzkumné oddělení VTOPÚ k dispozici nejnutnější personální kapacitu. Výzkum rušení je dále třeba rozšířit o rušiče - radiolokátory, které pracují v pásmu okolo 1 m a jejichž výskyt na bojišti je poměrně častý.

#### 6. Závěr

Cílem naší práce bylo shrnutí současného stadia ve vývoji rádiových metod při měření délek a úhlů v geodézii a to obecně i speciálně ve VTS. Uvedli jsme práce, které v tomto oboru byly vykonány výzkumným oddělením i spolupracujícími složkami. Zdůvodnili jsme některé návrhy, jejichž realizace by byla přínosem pro perspektivní vývoj.

V roce 1961 napsal plk. ing. Bařek v recenzi k článku plk. prof. Vykutila „Geodetické zabezpečení vojk v současných podmínkách“ uveřejněném ve Vojenském topografickém ob-



zoru (zvláštní číslo 1961): „Nové podmínky soudobého boje nesporně budou vyžadovat novou tvůrčí práci v geodetickém zabezpečení raketových zbraní. Bude třeba organizovat a provádět nové vědeckovýzkumné práce, hledat nové metody a prostředky, automatizaci a mechanizaci geodetických prací“.

I náš článek je zaměřen k tomuto cíli.

#### Literatura:

- [1] Crowell Melvin: „All-Weather Angle-Measuring Equipment.“ *Surveying and Mapping*, N1/1966.
- [2] DeLong B.: „K otázce měření délek dlouhých geodetických základů.“ *Geod. a kart. obzor* č. 11/1966.
- [3] Hovorka R.: „Vliv rušících zdrojů na měření rádiovými dálkoměry.“ Diplomní projekt, VTOPÚ, 1964.
- [4] Martinák V., Hovorka R.: „Oddělení antény u odrazové stanice GET-B-1.“ Výzkumná zpráva VTOPÚ 1966.
- [5] Martinák V.: „Příprava rádiových a světelných dálkoměrů pro použití v bojových a mírových podmínkách.“ Výzkumná zpráva, VTOPÚ 1965.
- [6] Martinák V.: „Určování adiční konstanty geodetických rádiových dálkoměrů.“ Výzkumná zpráva, VTOPÚ 1965.
- [7] Martinák V.: „Rušení provozu geodetických rádiových dálkoměrů pracujících v pásmu 10cm vln.“ Výzkumná zpráva, VTOPÚ 1965.
- [8] Martinák V.: „Metody kompenzace reflexních chyb při měření rádiovými dálkoměry.“ VTO číslo 1/1964.
- [9] „Symposium über elektromagnetische Entfernungsmessung Oxford 1965.“ *Allgemeine Vermessungsnachrichten* N1/1966.
- [10] Vykutíl J.: „Geodetické zabezpečení vojsk v současných podmínkách.“ VTO, zvláštní číslo 1961.
- [11] Ziesche K.: *Gesichtspunkte zur Wahl einer optimalen Wellenlänge für Mikrowellenentfernungsmesser.* *Vermessungstechnik* N1/1966.
- [12] Kučera K.: „Výkladový geodetický a kartografický slovník.“ SNT, Praha 1964.

M. Pick, I. Pola, Geofyzikální ústav ČSAV, Praha

## Určování tvaru Země ve zkušebních oblastech

I. Aby bylo možno porovnávat přesnost a vhodnost různých metod pro určování tvaru Země, jsou tyto metody ověřovány jednak na matematických modelech, jednak na modelových územích. V ČSSR byla za takové modelové zkušební území zvolena oblast Velké Fatry se středem v Laplaceově bodě Krížna. V centru oblasti byla zaměřena doplňková gravimetrická síť s velkou přesností a s velkou hustotou tíhových bodů. Dále jsou zde prováděna astronomická měření a připravují se další práce.

V současné době je území až do vzdálenosti nejméně 100 km od středu pokryto gravimetrickou sítí s hustotou nejméně 1 bodu na 5 km<sup>2</sup>, přičemž ve středu oblasti klesá střední vzdálenost tíhových bodů až na 20 metrů. Přesnost měření v okrajových částech dosahuje hodnot 0,3 mg/l v tíži a 0,3 metru v nadmořských výškách, ve středu oblasti hodnot 0,07 mg/l, resp. 8 cm. V oblasti je nyní k dispozici 10 astronomických bodů.

Velká Fatra je vhodná pro podobné práce, neboť prakticky celý její povrch je travnatý, tíhová měření je možno libovolně zahustit, astronomické body jsou dosažitelné terénním vozidlem. Přitom ovšem sklony terénu dosahují ve středu oblasti hodnot asi 37°. Převýšení dosahují hodnot asi 1 000 metrů při průměrné nadmořské výšce asi 1 300 metrů ve středu oblasti.

Všechny práce jsou konány v rámci komisí akademií socialistických států pro planetární geofyzikální výzkum. Geofyzikální ústav ČSAV v Praze je koordinátorem těchto prací. Z Československých ústavů s námi spolupracuje MNO, přírodovědecká fakulta Karlovy university v Praze a Ústav astronomie a základů geofyziky při ČVUT v Praze. Na r. 1968 je

plánována spolupráce s Kartgeofondem Praha, VA Brno a VTOPÚ Dobruška. Ze zahraničních pracovišť jde především o CNIIGAiK v Moskvě a Geodetický ústav v Postupimi.

II. Pro výpočet výšek kvasigeoidu  $\zeta$  a tížnicových odchylek  $\xi$ ,  $\eta$  byla použita Moloděnského metoda v nulté, první a druhé aproximaci [1]:

$$\zeta = \frac{1}{2\pi\gamma} \sum_{n=0}^2 \iint \frac{G_n}{r_o} d\sigma, \quad \xi = \sum_{n=0}^2 \xi_n, \quad \eta = \sum_{n=0}^2 \eta_n,$$

$$\xi_0 = -\frac{1}{2\pi\gamma} \iint \frac{\Delta g}{r_o^2} \cos \alpha \cdot d\sigma,$$

$$\xi_1 = -\frac{1}{2\pi\gamma} \iint \frac{G_1}{r_o^2} \cos \alpha \cdot d\sigma - \frac{\Delta g}{\gamma} \cdot \frac{\partial H_o}{\partial l},$$

$$\xi_2 = -\frac{1}{2\pi\gamma} \iint \frac{G_2}{r_o^2} \cos \alpha \cdot d\sigma + \frac{3}{4\pi\gamma} \iint \frac{\Delta H^2 \cdot \Delta g}{r_o^4} \cos \alpha \cdot d\sigma - \frac{\Delta G_1}{\gamma} \cdot \frac{\partial H_o}{\partial l}.$$

Rovnice pro tížnicovou odchylku  $\eta$  jsou obdobné.

$$G_0 = \Delta g,$$

$$G_1 = \frac{1}{2\pi} \iint \frac{\Delta H \cdot \Delta g}{r_o^3} d\sigma,$$

$$G_2 = \frac{1}{2\pi} \iint \frac{\Delta H \cdot G_1}{r_o^3} d\sigma + \Delta g \cdot \text{tg}^2 \alpha.$$

Pro každý vrchol kilometrové sítě  $2 \times 2$  km byly určeny výšky kvasigeoidu a tížnicové odchylky v nulté, první a druhé aproximaci. Rovněž byly vypočteny Moloděnského funkce  $G_1$  a  $G_2$ . Veškeré výpočty byly provedeny na samočinném počítači Eliot 503. Rychlost konvergence postupných aproximací je možno posoudit z příloh.

III. Vypočtené gravimetrické tížnicové odchylky byly porovnány s astronomickými hodnotami na šesti astronomických bodech. Po převedení do společného systému jsme dostali následující diference:

	$\xi_A - \xi_G$	$\eta_A - \eta_G$
1	-0,95''	-0,18''
2	+0,45	+0,02
3	-0,75	+0,92
4	+0,55	-1,18
5	+0,65	+0,92
6	+0,05	-0,48

V těchto diferencích jsou zahrnuty jednak chyby ve vypočtených gravimetrických odchylkách, jednak chyby v astronomických měřeních.

O výsledcích bylo předběžně referováno na symposiu o určování tvaru Země ve Vídni 1967 [2].

#### Literatura:

- [1] Труды ЦНИИГАиК, Вып. 131, Москва 1960.
- [2] Pick M., Pola I.: About Some Results in the Czechoslovak Test Area. Sonderheft 25 der Österreich. Zft. f. V., Proceedings of the Internat. Symposium Figure of the Earth and Refraction, Vienna 1967, 124-125.

Příloha 1. Tížnicová odchylka  $\xi = \xi_0 + \xi_1 + \xi_2$

Příloha 2.  $\xi_0$

Příloha 3.  $\xi_1$

Příloha 4. Tížnicová odchylka  $\eta = \eta_0 + \eta_1 + \eta_2$

Příloha 5.  $\eta_0$

Příloha 6.  $\eta_1$

Příloha 7. Výška kvasigeoidu  $\zeta = \zeta_0 + \zeta_1 + \zeta_2$

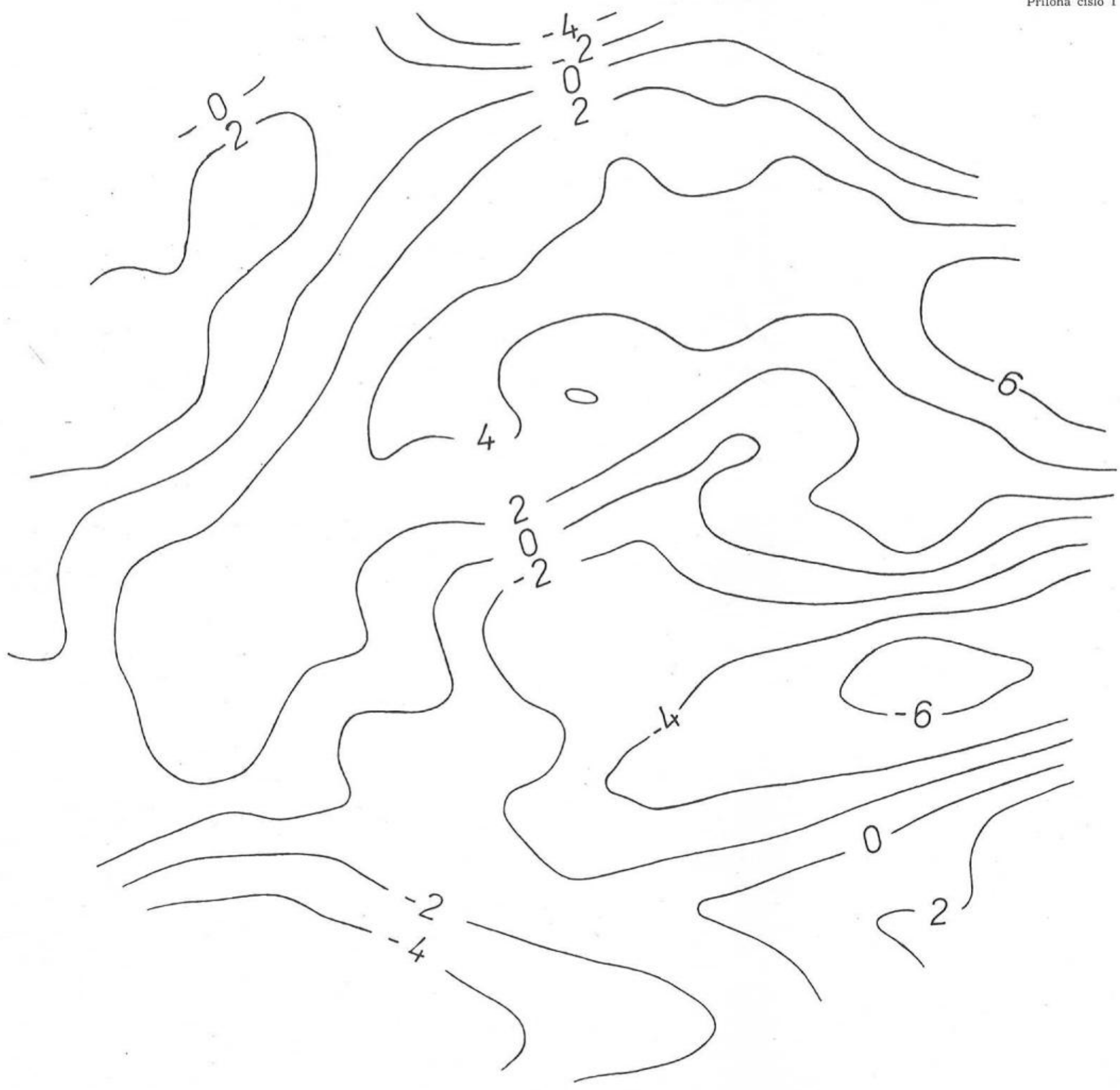
Příloha 8.  $\zeta_0$

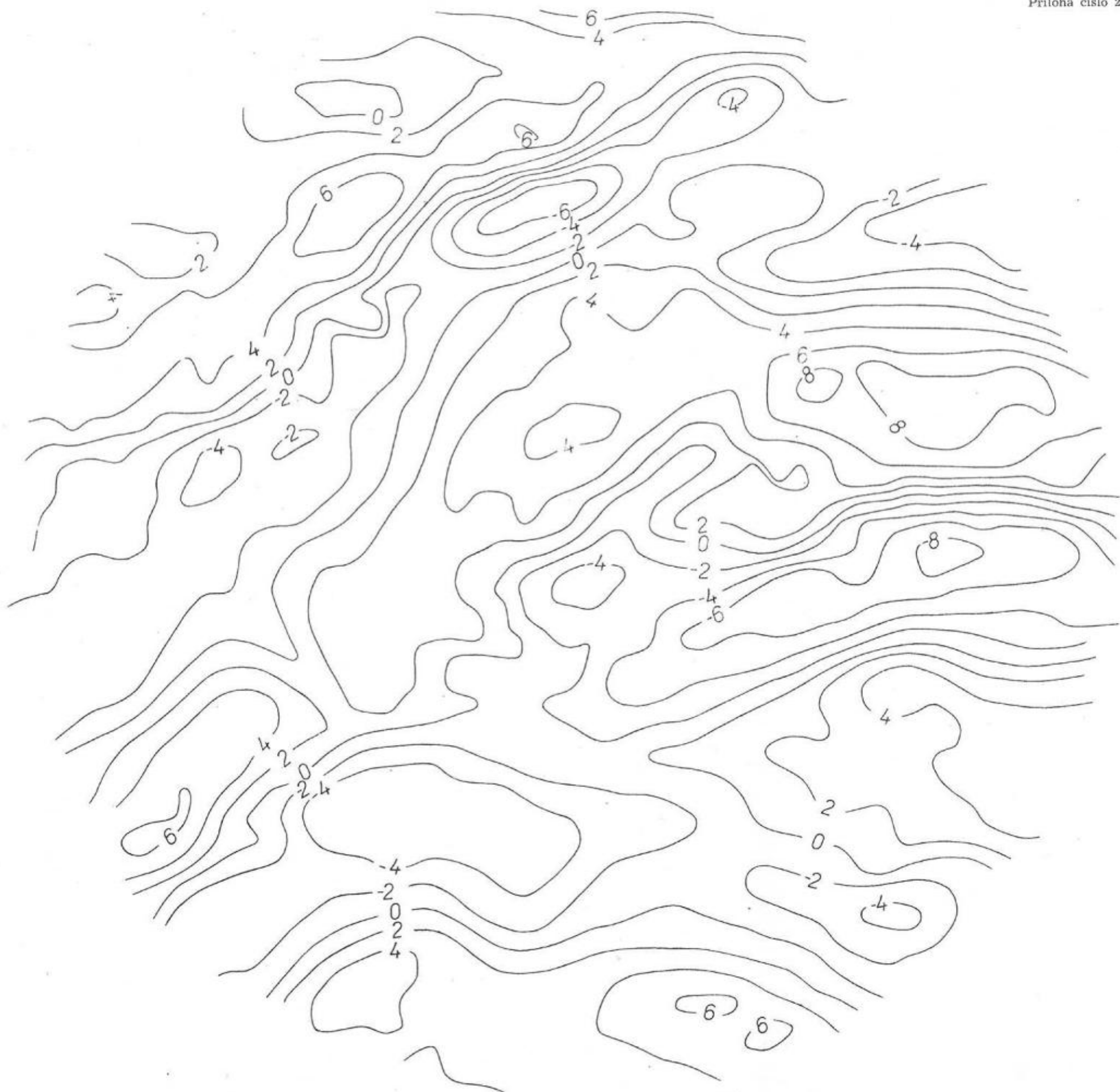
Příloha 9.  $\zeta_1$

Příloha 10. Moloděnského funkce  $G_1$

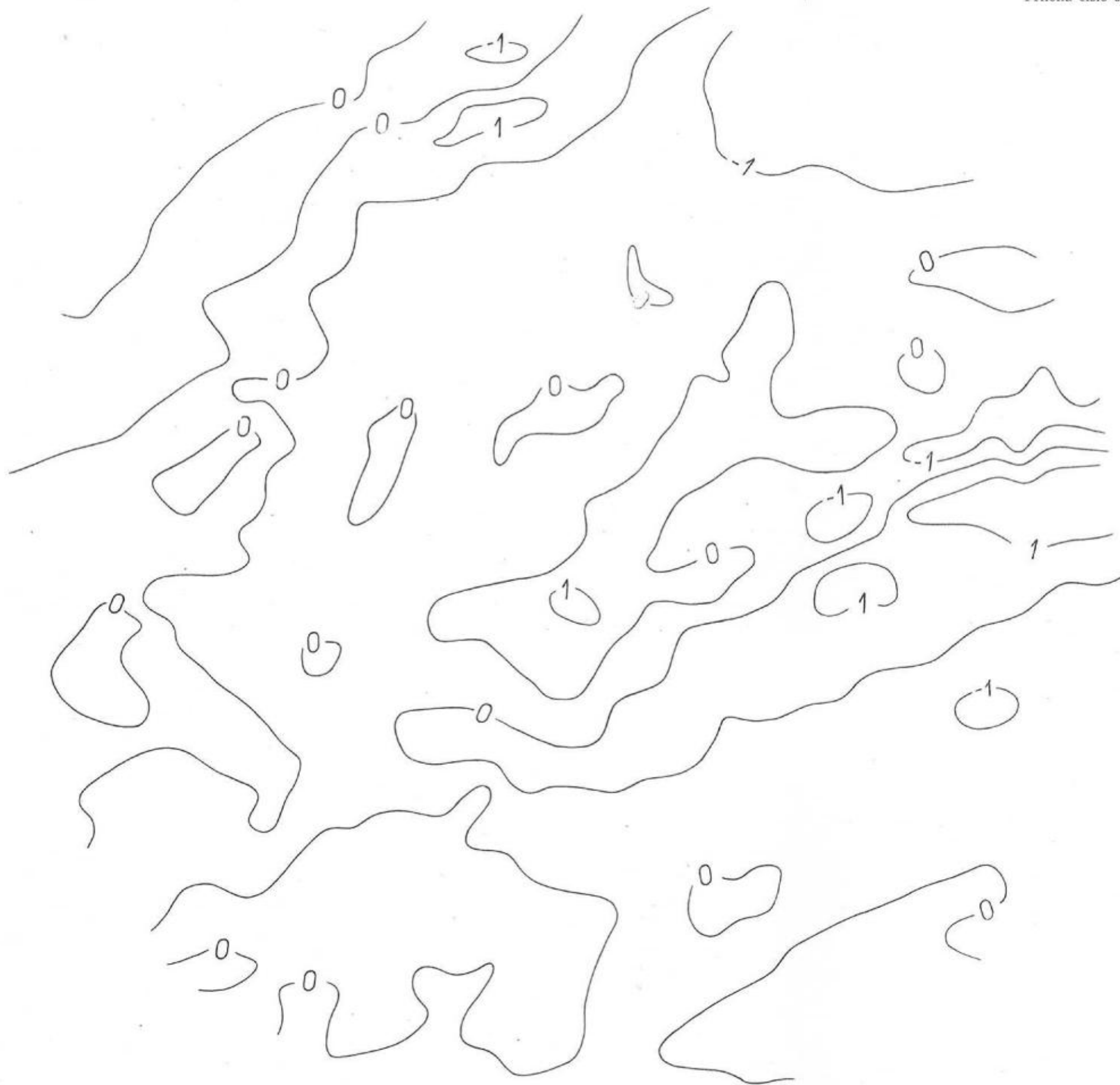
Příloha 11. Moloděnského funkce  $G_2$

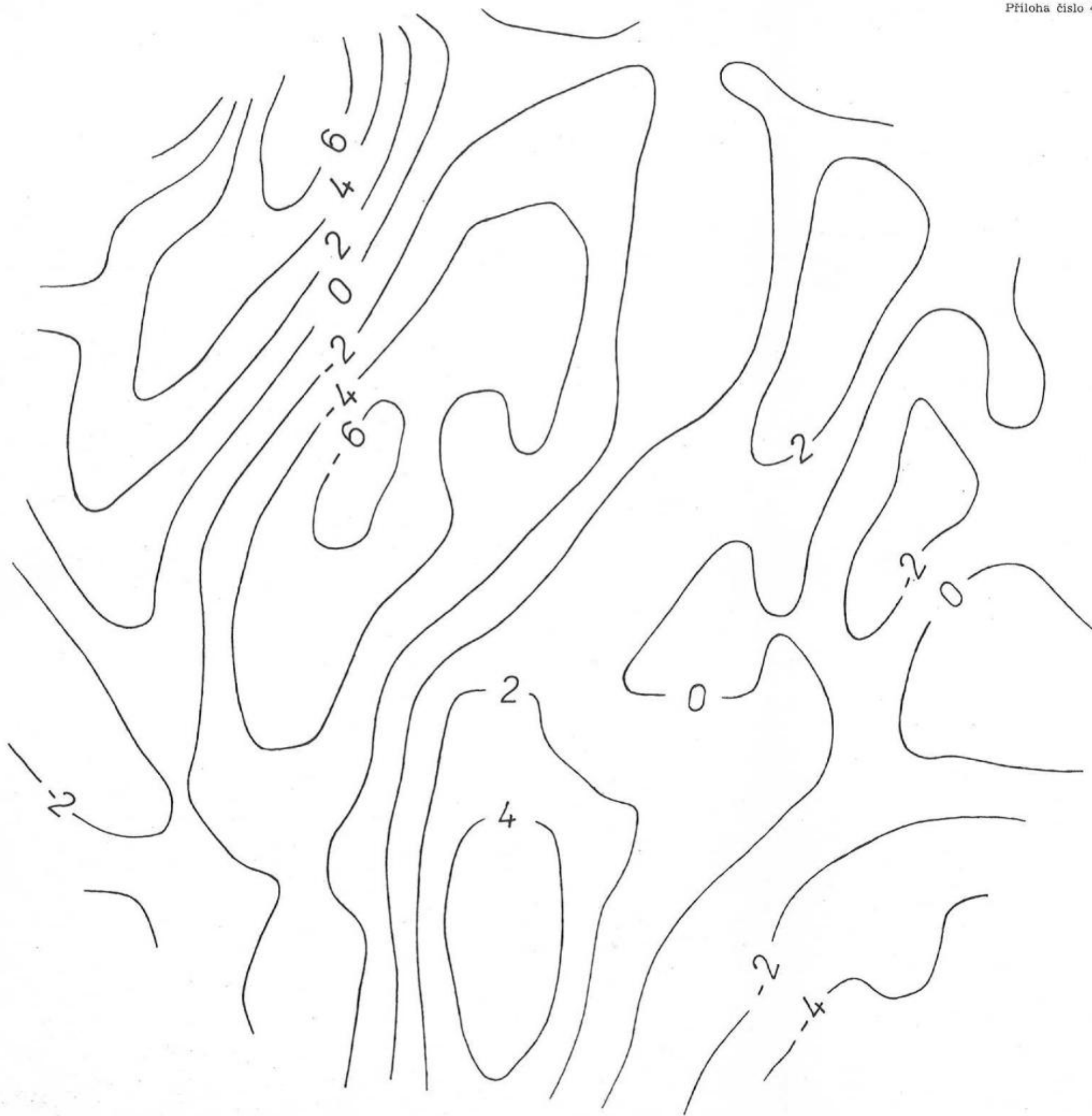






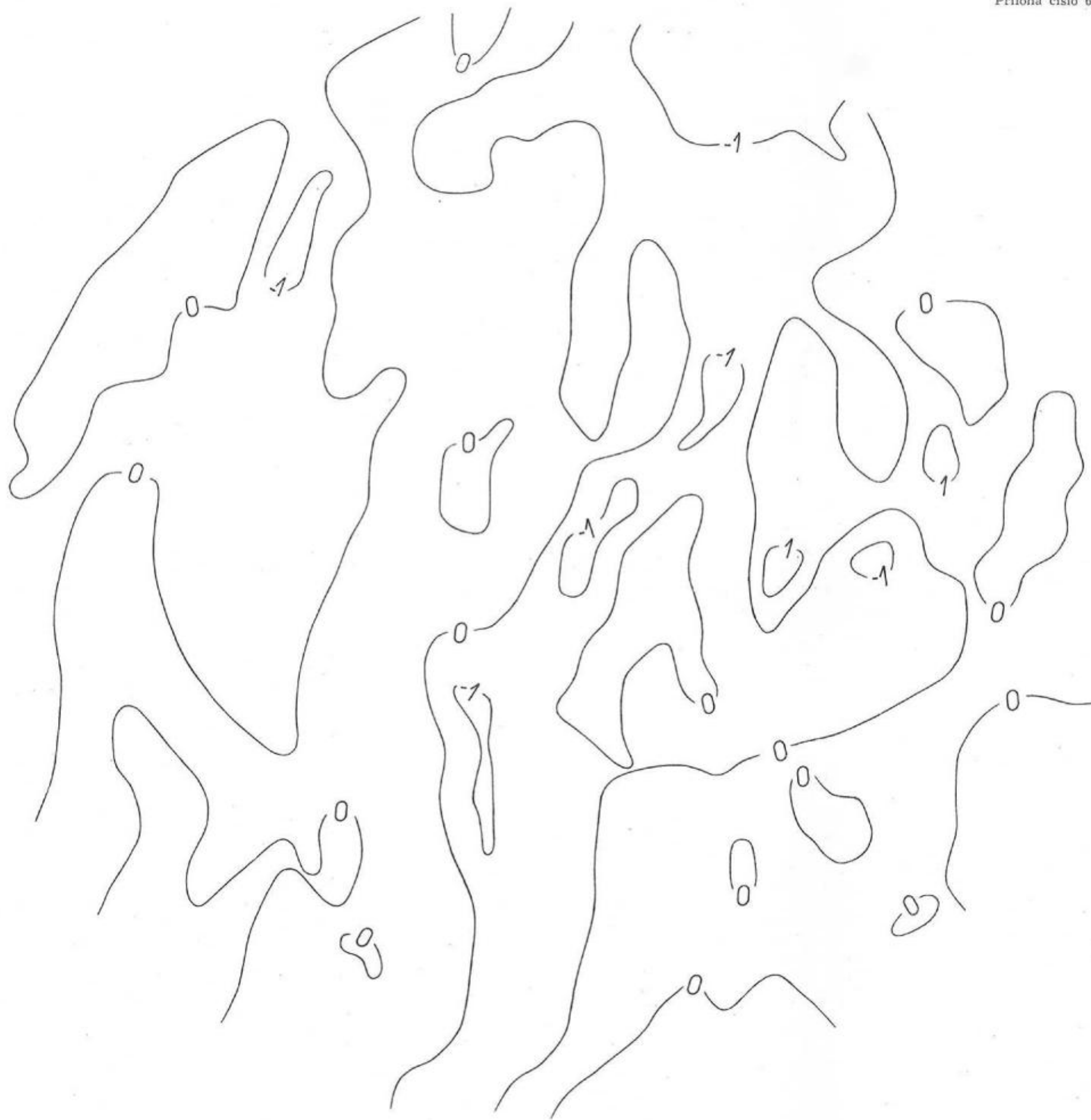




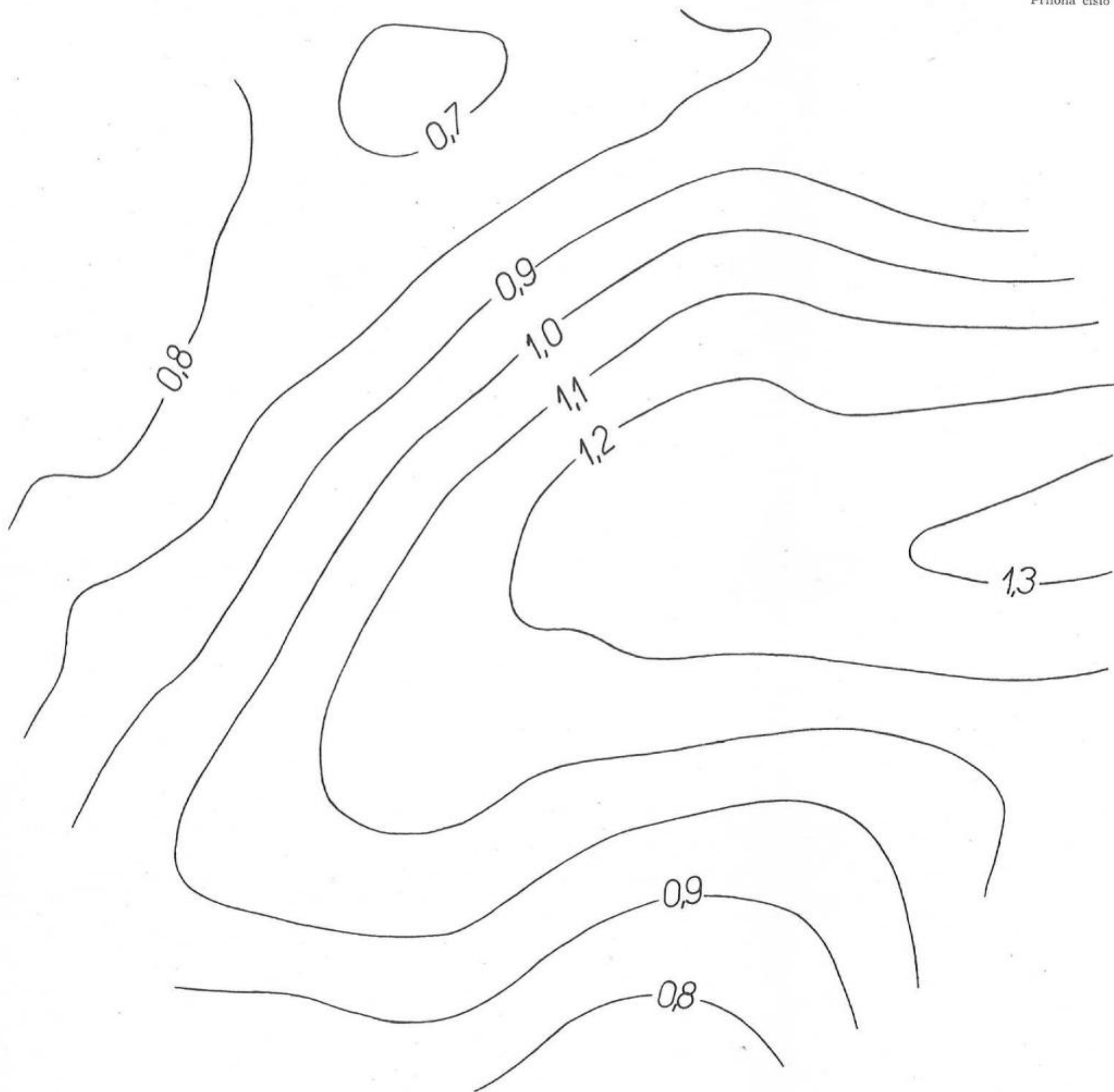


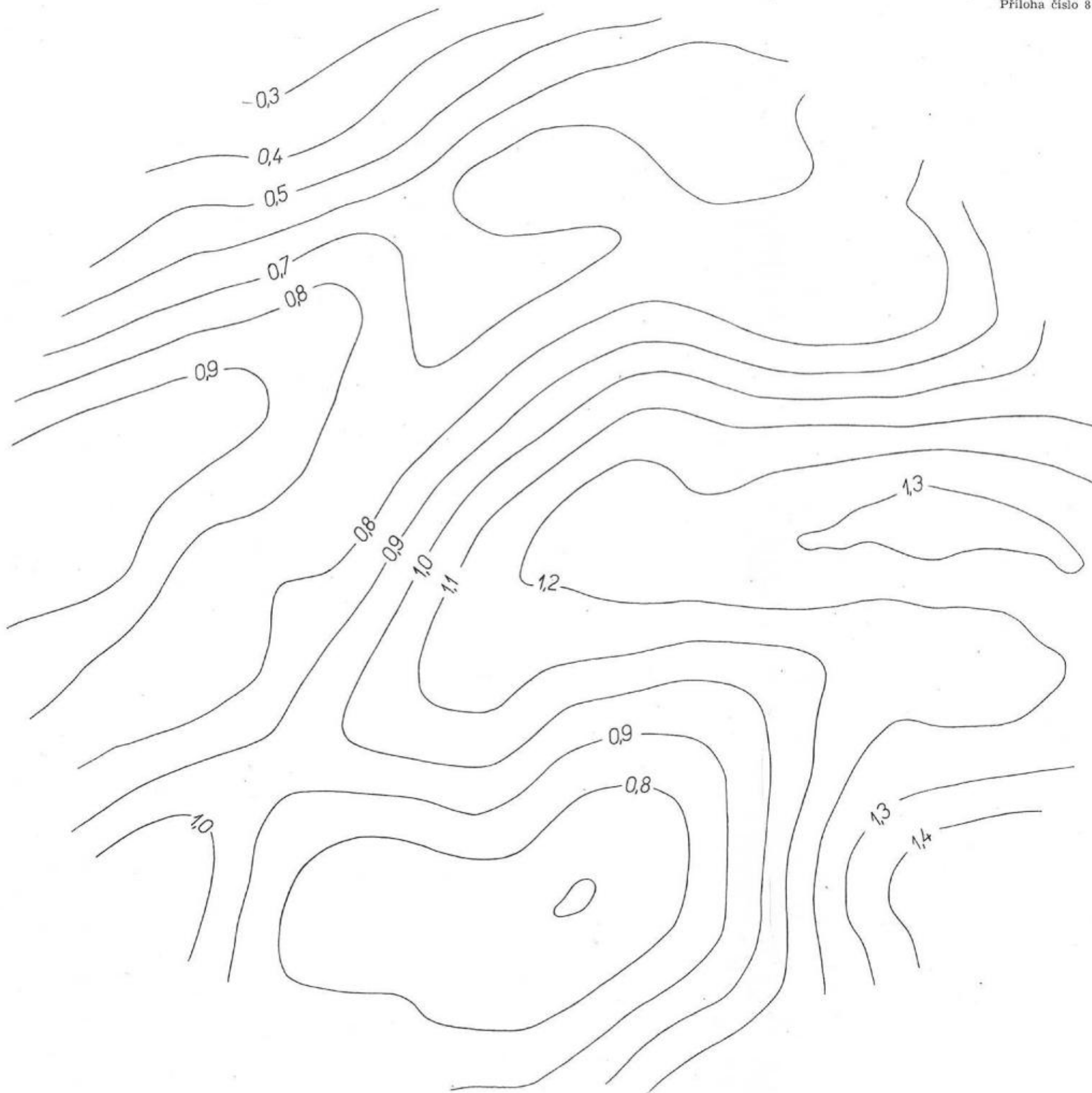


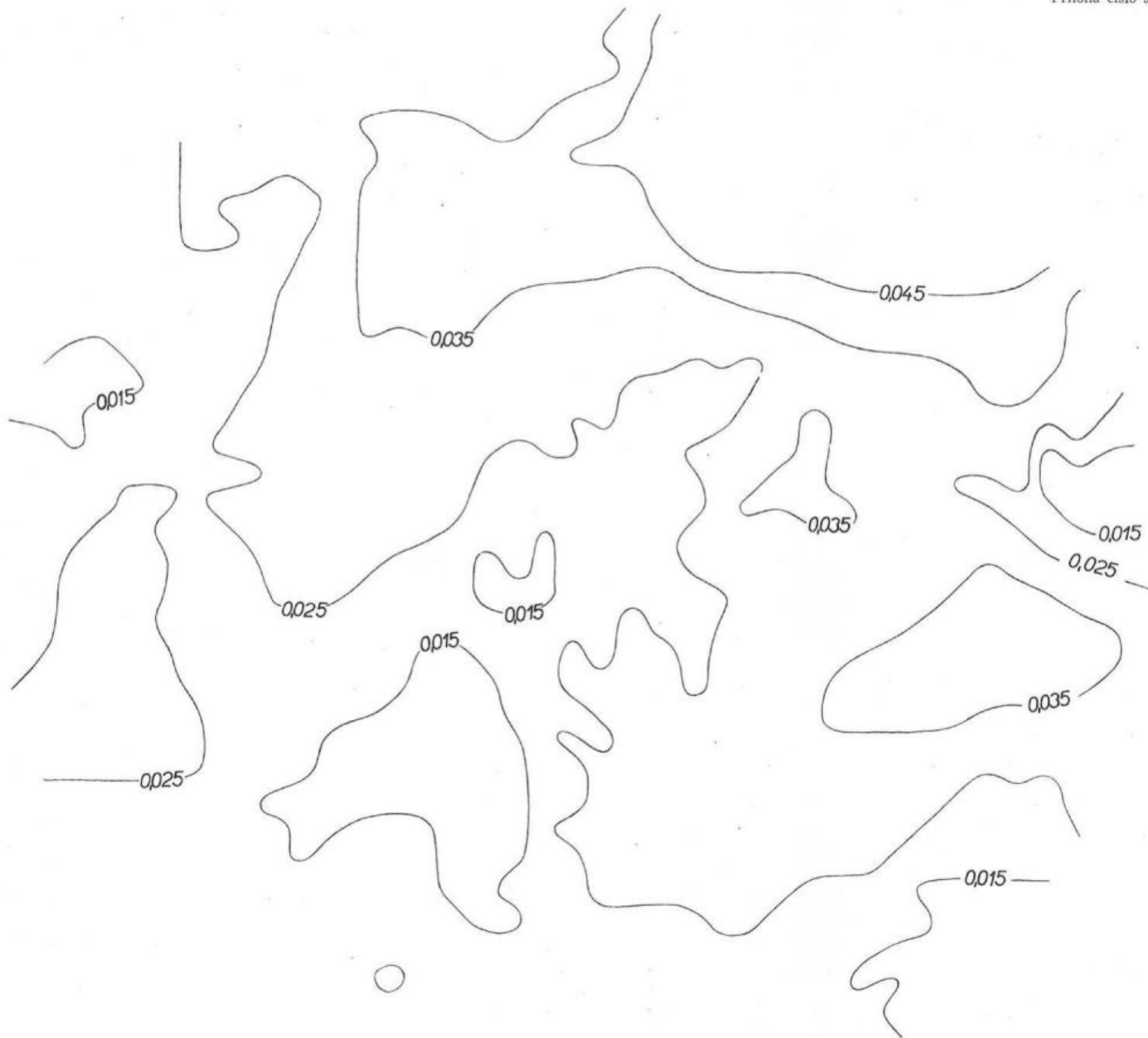




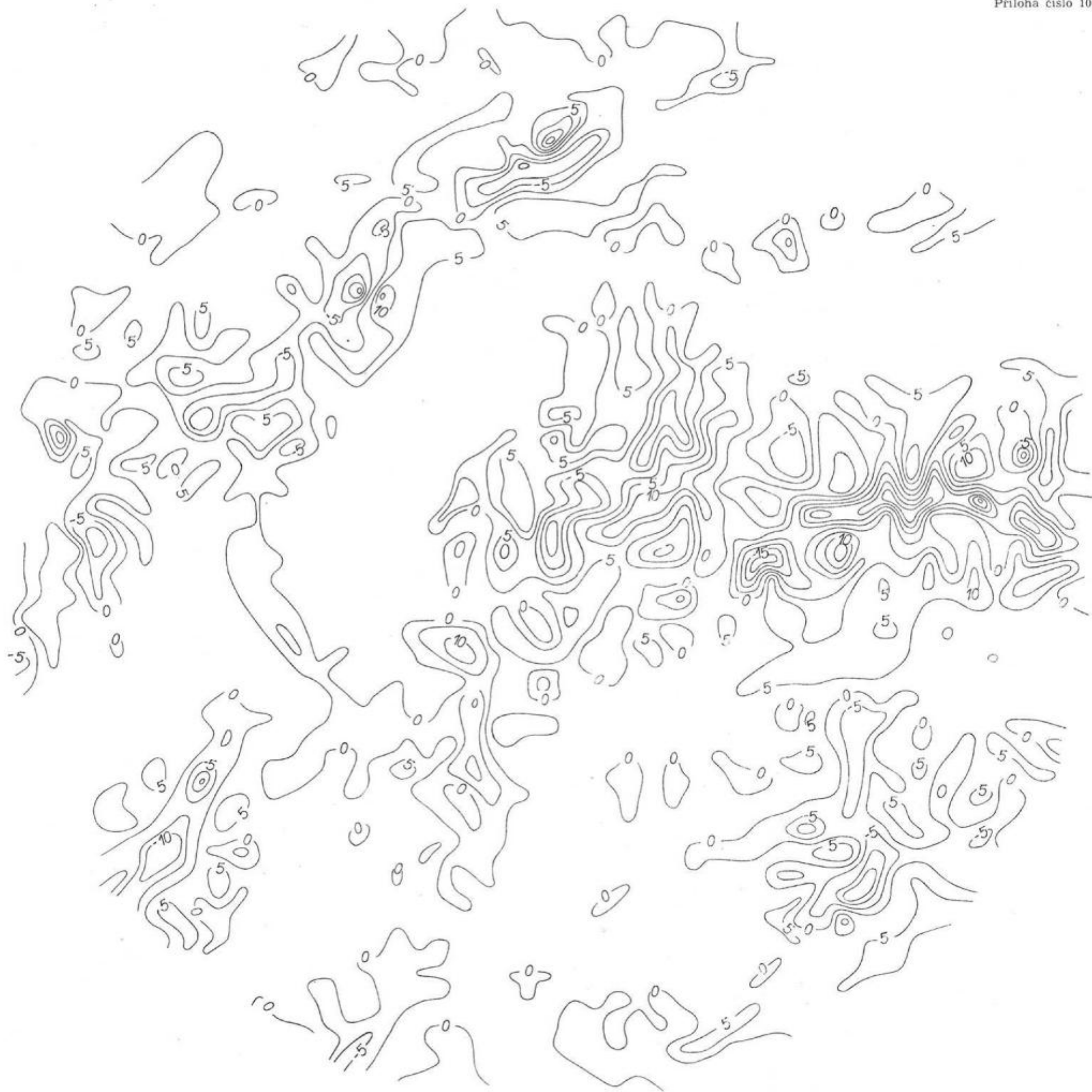














## Studie o vlivu terénu na ochranu proti tlakové vlně jaderného výbuchu

### Úvod

Jaderné zbraně by byly, pokud nedojde k dohodě o zákazu jejich používání a zničení, v příští možné válce nejničivějším nástrojem vedení boje.

Je přirozené, že proti zhoubným účinkům jaderných zbraní se hledá účinná ochrana. Prostředky ochrany můžeme rozdělit do dvou skupin:

Do první skupiny náleží přirozené prostředky a zde se uplatní terén se svými ochrannými vlastnostmi;

do druhé skupiny patří prostředky umělé, vytvořené např. ženijně technickými pracemi.

Na otázku, jaký bude vliv terénu na ničivé účinky jaderné pumy, odpovídá předložená studie.

Výbuch jaderné pumy je doprovázen ničivými účinky

- tlakové vlny,
- světelného záření,
- tepelného záření,
- pronikavé radiace,
- indukované radiace,
- krátkodobého elektromagnetického impulsu.

Z jmenovaných účinků má největší ničivost tlaková vlna. Světelné záření a pronikavá radiace se šíří přímočaře a řešení úlohy zjistit ochranu, kterou poskytují terénní tvary, je totožné se známou úlohou zjistit vzájemnou viditelnost bodů v terénu. Indukovaná radiace je funkcí druhu jaderného výbuchu a povětrnostních podmínek, vliv terénu se zde neuplatní.

Z uvedených skutečností vyplývá, že předmětem dalšího studia může být problém, do jaké míry se zmírní účinek tlakové vlny vlivem terénu, respektive pouze jeho složky, tj. terénního reliéfu, poněvadž terénní předměty ve srovnání s terénními tvary jsou mizivě malých rozměrů a jejich vliv vyjma porosty nebude valný.

Poněvadž terénní reliéf je nekonečně mnohotvárný a druhů jaderných výbuchů může být celá řada, bylo třeba vybrat jen některé kombinace typických příkladů, které mohou nastat. Z těchto důvodů byly uvažovány pouze vzdušné výbuchy jaderných pum různých ráží v optimální výšce, tj. ve výšce, při níž poloměr ničení staveb střední odolnosti a patrně též živé síly bude největší. Z terénních tvarů byly uvažovány pahorkatiny, vrchoviny a hornatiny.

### I. Tlaková vlna

Tlaková vlna je charakterizována řadou parametrů, z nichž vyjímám nejobvykleji užívané:

1. přetlak v čele tlakové vlny, což je rozdíl mezi normálním atmosférickým tlakem a zvýšeným tlakem při průchodu tlakové vlny daným místem; je udáván v  $\text{kg/cm}^2$ .
2. Rychlostní nápor, který je funkcí rychlosti a hustoty vzduchu na čele tlakové vlny, udává se rovněž v  $\text{kg/cm}^2$  a je vázán na přetlak v čele tlakové vlny.

Jde-li o silné tlakové vlny, tj. takové, při nichž je přetlak větší než  $4,9 \text{ kg/cm}^2$ , převyšuje rychlostní nápor hodnotu přetlaku. S rostoucí vzdáleností od epicentra výbuchu klesá rychlostní nápor rychleji než přetlak v čele tlakové vlny.

Poněvadž ochranné vlastnosti terénu byly studovány při nižších přetlacích než  $4,9 \text{ kg/cm}^2$  a na větší vzdálenosti od epicentra výbuchu, bude nadále používán jen jeden parametr tlakové vlny, a to přetlak v jejím čele. Velikost přetlaku v čele tlakové vlny je pře-



devším funkcí ráže jaderné pumy, druhu výbuchu, vzdáleností od centra, resp. epicentra výbuchu, a prostředí, v němž se tlaková vlna šíří.

Do vzorců pro výpočet velikosti přetlaku v čele tlakové vlny se zavádí tzv. tritolový ekvivalent tlakové vlny ( $q_{tv}$ ), který se uvažuje jako jedna polovina plného tritolového ekvivalentu jaderného výbuchu (ráž jaderné pumy)  $q$ .

$$q_{tv} = 0,5 q$$

Přetlak v čele vzdušné tlakové vlny  $\Delta p_e$ , tj. vlny, která se šíří od centra výbuchu, až do jejího dopadu na zem se určí ze vzorce:

$$\Delta p_e \approx 0,84 \frac{\sqrt[3]{q_{tv}}}{R} + 2,7 \frac{\sqrt[3]{q_{tv}^2}}{R^2} + 7,0 \frac{\sqrt[3]{q_{tv}^3}}{R^3} \text{ v kg/cm}^2$$

( $q_{tv}$  v kilogramech,  $R$  = vzdálenost od středu výbuchu v metrech).

Optimální výška jaderného výbuchu se udává vztahem:

$$H_o \approx 2,4 \sqrt[3]{q_{tv}} \text{ v m,}$$

a označíme-li vzdálenost místa zjišťovaného přetlaku v čele padající tlakové vlny od epicentra výbuchu  $R_o$ , bude

$$R = \sqrt{R_o^2 + H_o^2}.$$

V následující tabulce jsou uvedeny hodnoty přetlaku  $\Delta p_e$  v čele padající tlakové vlny ve vzdálenostech od epicentra  $R_o = H_o$  až  $5H_o$  pro plné tritolové ekvivalenty  $q = 10 \text{ kt}$ ,  $50 \text{ kt}$  a  $100 \text{ kt}$ .

$q$	$R_o$	$H_o$ $\Delta p_e$	$2 H_o$ $\Delta p_e$	$3 H_o$ $\Delta p_e$	$4 H_o$ $\Delta p_e$	$5 H_o$ $\Delta p_e$	$q_{tv}$
10 kt		400	800	1200	1600	2000	5 kt
		0,68	0,31	0,18	0,12	0,09	
50 kt		700	1400	2100	2800	3500	25 kt
		0,66	0,30	0,17	0,12	0,09	
100 kt		900	1800	2700	3600	4500	50 kt
		0,64	0,29	0,16	0,12	0,09	

Tab. 1

Z tabulky je zřejmé, že pro všechny ráže jaderné pumy a vzdálenosti, jež jsou rovné násobkům optimální výšky, bude mít přetlak v čele padající tlakové vlny přibližně stejné hodnoty, z nichž vezmeme střed, tj. přetlaky  $0,66 \text{ kg/cm}^2$ ,  $0,30 \text{ kg/cm}^2$ ,  $0,17 \text{ kg/cm}^2$ ,  $0,12 \text{ kg/cm}^2$  a  $0,09 \text{ kg/cm}^2$ . Pro tyto přetlaky v čele padající tlakové vlny vypočteme přetlaky v čele vlny odražené od povrchu země,

$$\Delta p_1 = 2 \Delta p_e + \frac{6 \Delta p_e^2}{\Delta p_e + 7} \text{ v kg/cm}^2,$$

jež sestavíme do další tabulky:

$\Delta p_e$	$\Delta p_1$
0,66	1,66
0,30	0,67
0,17	0,37
0,12	0,26
0,09	0,19

Tab. 2

Splynutím čel padající tlakové vlny a odražené vlny vzniká ve vzdálenosti  $R_0 = H_0$  hlavní tlaková vlna s téměř svislým čelem a přetlakem

$$\Delta p'_\xi = (1,08 - 0,08 \frac{R_0}{H_0}) \Delta p_1 \text{ v kg/cm}^2.$$

Tento vzorec platí pro  $R_0 = H_0$  až  $5 H_0$ .

Hodnoty  $\Delta p'_\xi$  pro vypočtené  $\Delta p_1$  jsou sestaveny opět v tabulce:

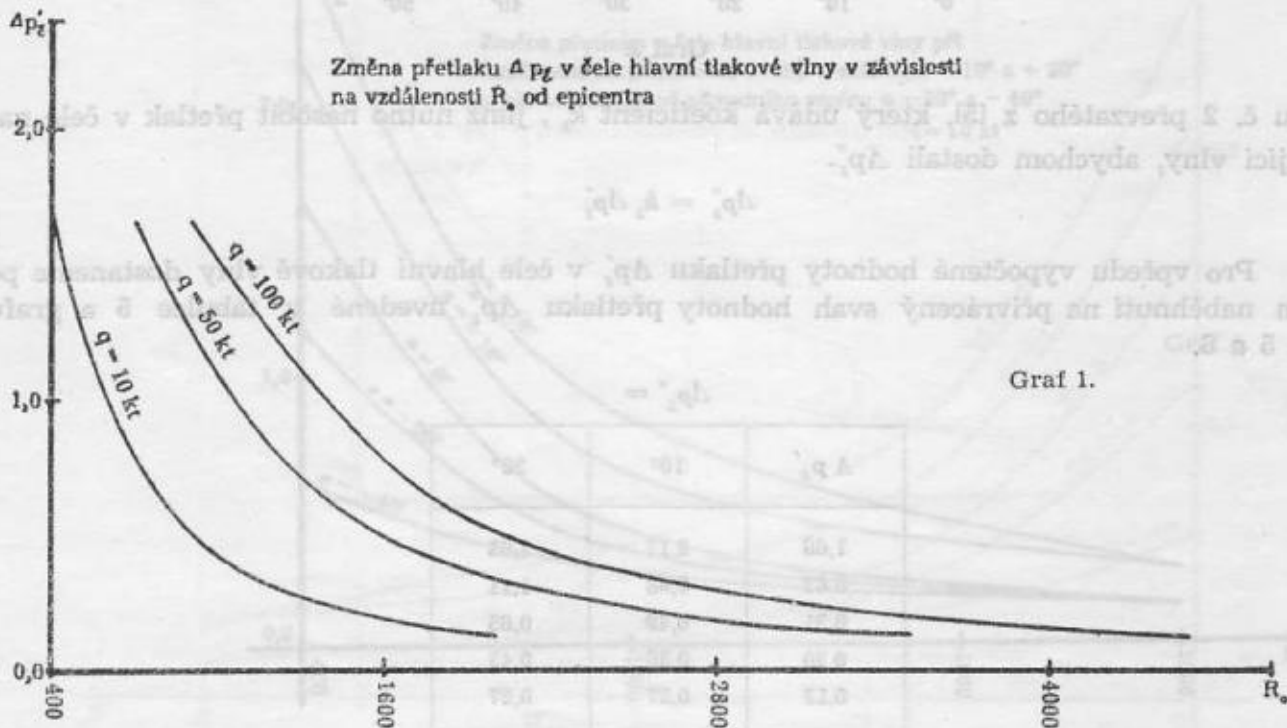
$\Delta p_1$	$\Delta p'_\xi$
1,66	1,66
0,67	0,62
0,37	0,31
0,26	0,20
0,19	0,13

Tab. 3

Dosadíme-li uvedené hodnoty přetlaku v čele hlavní tlakové vlny do první tabulky, dostaneme přehled udávající, jak se mění  $\Delta p'_\xi$  se vzdáleností od epicentra výbuchu:

$R_0$	$H_0$ pro	$2 H_0$	$3 H_0$	$4 H_0$	$5 H_0$	$q_{to}$
$q$	$\Delta p_\xi = 1,66$	$\Delta p_\xi = 0,62$	$\Delta p_\xi = 0,31$	$\Delta p_\xi = 0,20$	$\Delta p_\xi = 0,13$	
10 kt	400	800	1200	1600	2000	5 kt
50 kt	700	1400	2100	2800	3500	25 kt
100 kt	900	1800	2700	3600	4500	50 kt

Tab. 4



Těchto hodnot bylo použito pro konstrukci grafu č. 1, na kterém je možno interpolací získat další hodnoty  $\Delta p'_\xi$ .

## II. Hlavní tlaková vlna nabíhající na přivrácený svah

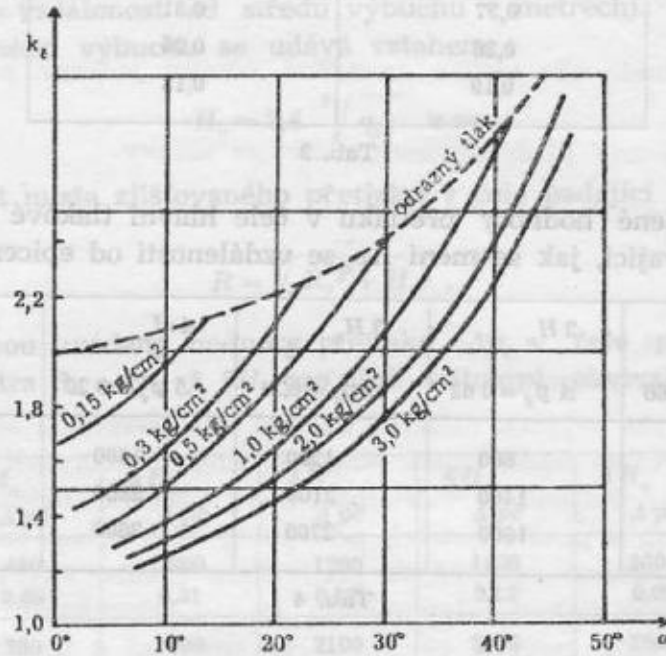
Dosavadní úvahy se týkaly šíření tlakových vln po rovinném terénu. Narazí-li hlavní tlaková vlna při svém postupu terénem na přivrácený svah, zvýší se přetlak v jejím čele podle vztahu uvedeného v [2] nebo odvozeného v [5] na

$$\Delta p_{\varepsilon}'' = \frac{1}{0,83} \left[ \frac{1 + 0,83 \Delta p_{\varepsilon}'}{\cos^2(\alpha + \varepsilon)} \cos^2 \varepsilon - 1 \right] \text{ v kg/cm}^2,$$

kde  $\alpha$  je úhel sklonu terénu,

$\varepsilon$  je úhel, který svírá dráha pohybu trojného bodu s odrazejícím svahem; je závislý na tlaku v čele nabíhající vlny a jejím úhlu dopadu.

Hodnotu úhlu  $\varepsilon$  lze zjistit z grafu v [2] a  $\Delta p_{\varepsilon}''$  počítat numericky nebo lze  $\Delta p_{\varepsilon}''$  určit pomocí



Graf 2.

grafu č. 2 převzatého z [5], který udává koeficient  $k_{\varepsilon}$ , jímž nutno násobit přetlak v čele nabíhající vlny, abychom dostali  $\Delta p_{\varepsilon}''$ .

$$\Delta p_{\varepsilon}'' = k_{\varepsilon} \Delta p_{\varepsilon}'$$

Pro vpředu vypočtené hodnoty přetlaku  $\Delta p_{\varepsilon}'$  v čele hlavní tlakové vlny dostaneme po jejím naběhnutí na přivrácený svah hodnoty přetlaku  $\Delta p_{\varepsilon}''$  uvedené v tabulce 5 a grafu č. 4, 5 a 6.

$$\Delta p_{\varepsilon}'' =$$

$\Delta p_{\varepsilon}'$	10°	20°
1,66	2,17	2,63
0,62	0,88	1,11
0,31	0,49	0,65
0,20	0,36	0,43
0,13	0,27	0,27

Tab. 5

Jestliže by však pro daný úhel a přetlak v čele nabíhající tlakové vlny bylo třeba



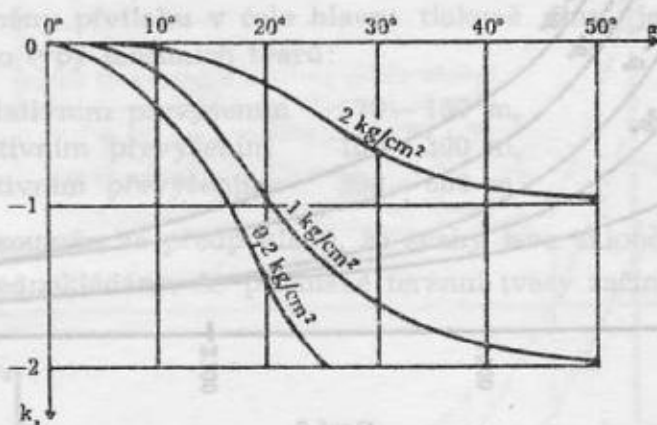
hledat koeficient  $k_z$  v grafu 2 za čarou označenou „odrazný tlak“, znamená to, že ve vyšetřovaném místě se zvýší přetlak na odrazný tlak, který se počítá ze vzorce

$$\Delta p_1' = 2\Delta p'_z + \frac{6 \Delta p'_z}{\Delta p'_z + 7} \text{ v kg/cm}^2.$$

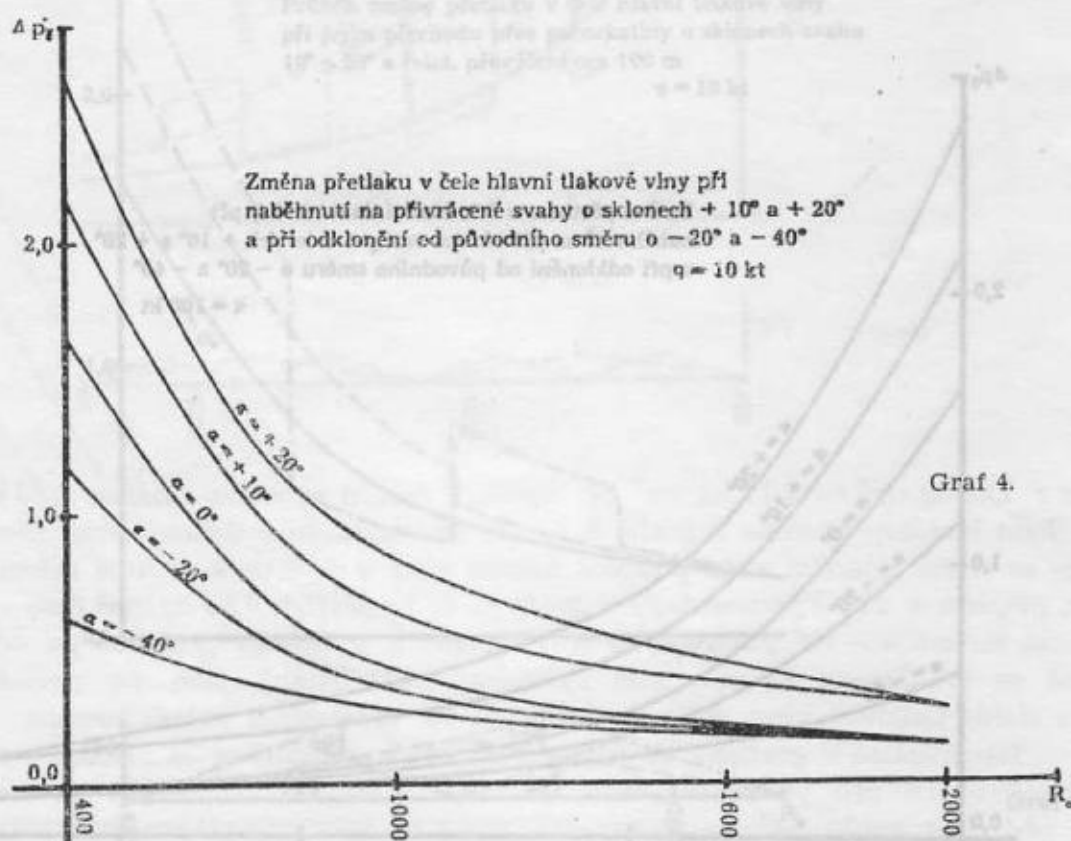
### III. Hlavní tlaková vlna šířící se po odvráceném svahu dolů

Hodnoty přetlaku v čele hlavní tlakové vlny šířící se po svahu dolů lze zjistit ze vzorce převzatého z [5].

$$\Delta p_z = \Delta p'_z + k_z \cdot \frac{2,5 \Delta p'_z{}^2}{7 + \Delta p'_z} \text{ v kg/cm}^2,$$

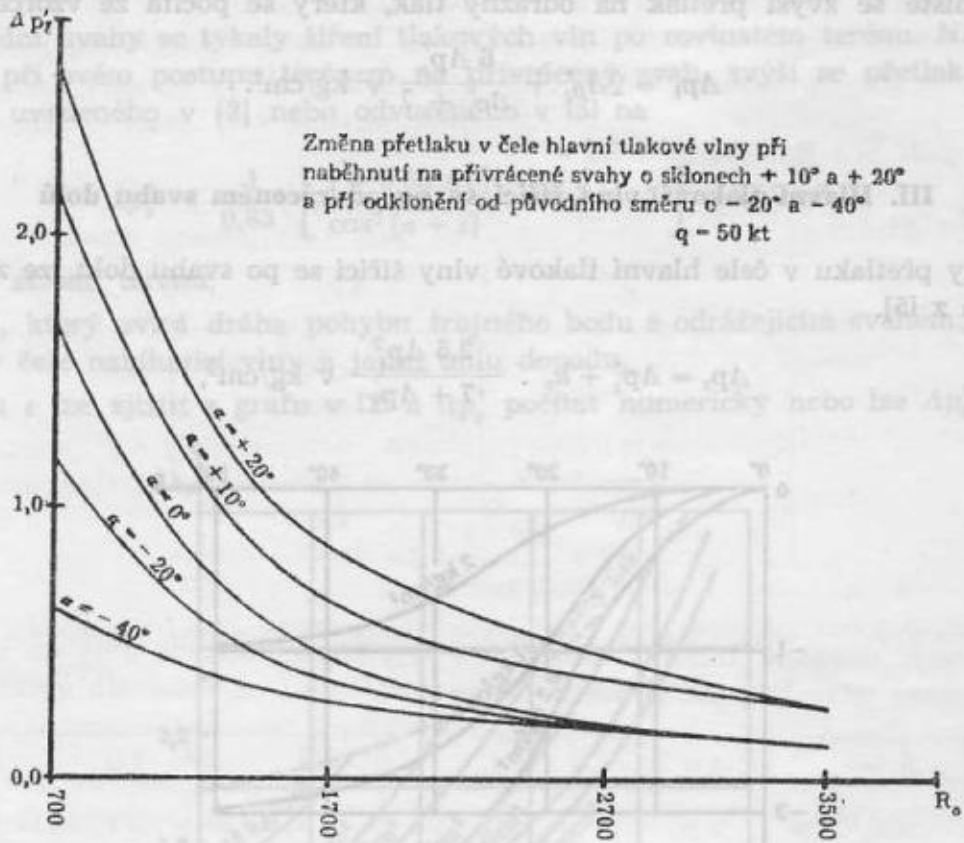


Graf 3.

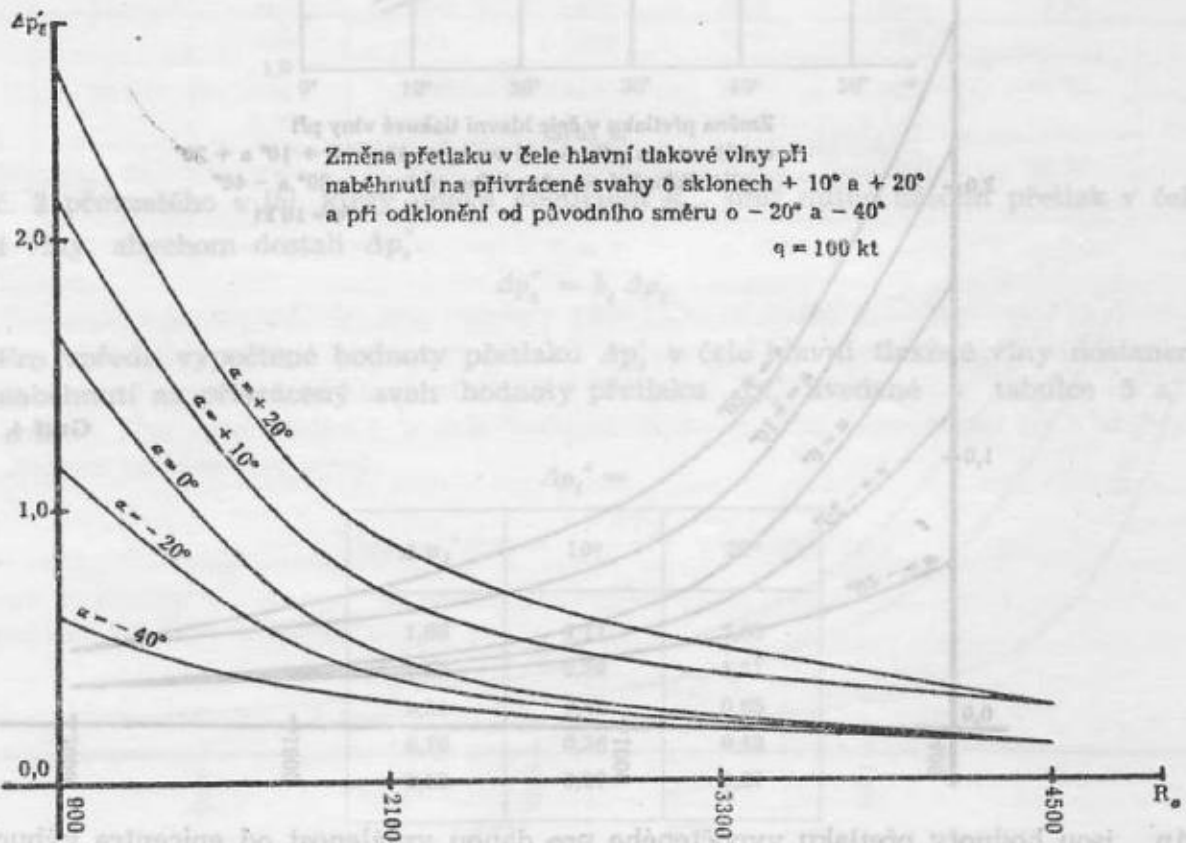


Graf 4.

kde  $\Delta p'_z$  jsou hodnoty přetlaku vypočteného pro danou vzdálenost od epicentra výbuchu pro vodorovnou rovinu a  $k_z$  je koeficient, který lze vzít z grafu č. 3. Pro hodnoty  $\Delta p'_z$  vpředu vypočtené obdržíme hodnoty  $\Delta p_z$  uvedené v tabulce 6 a v grafech č. 4, 5 a 6.



Graf 5.



Graf 6.

$$\Delta p_z =$$

$\Delta p_z'$	$\alpha = 20^\circ$	$\alpha = 40^\circ$
1,66	1,18	0,62
0,62	0,48	0,34
0,31	0,27	0,23
0,20	0,18	0,17
0,13	0,13	0,13

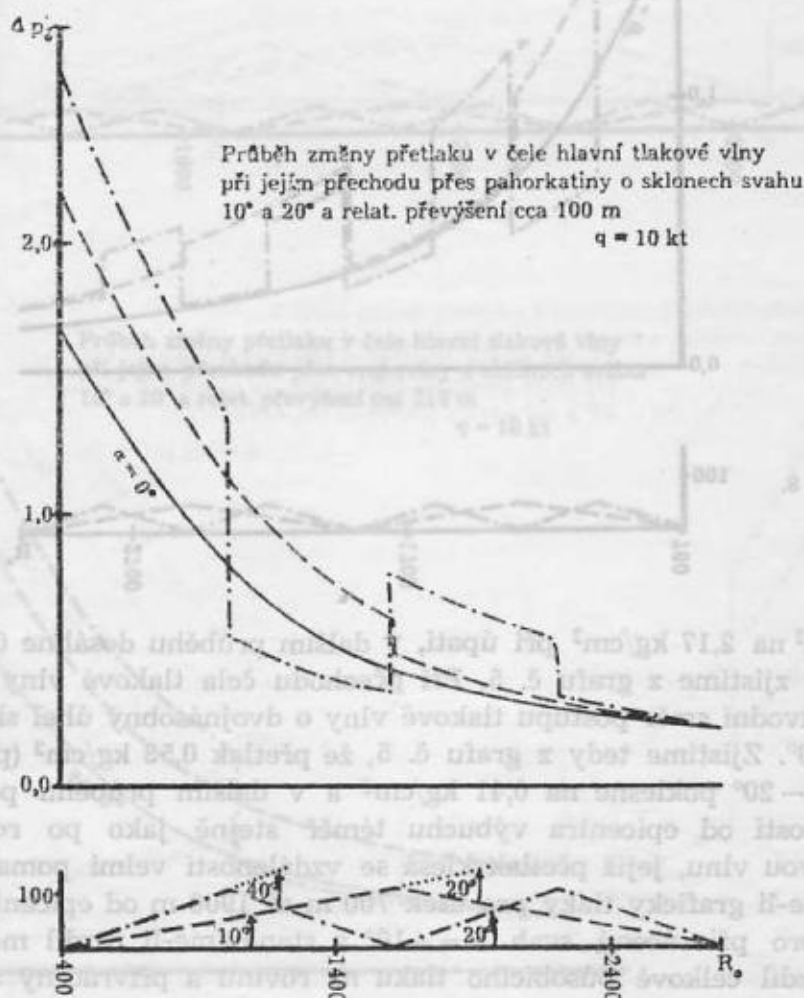
Tab. 6

#### IV. Hlavní tlaková vlna přecházející přes terénní tvary

Pro zkoumání změny přetlaku v čele hlavní tlakové vlny, jež přechází přes terénní tvary, byly vybrány tyto typy terénních tvarů:

- pahorkatiny s relativním převýšením 70 – 150 m,
- vrchoviny s relativním převýšením 150 – 300 m,
- hornatiny s relativním převýšením 300 – 600 m.

Každý typ byl zkoumán za předpokladu, že svahy jsou skloněny k vodorovné  $10^\circ$  a  $20^\circ$ . Při tom bylo předpokládáno, že příslušné terénní tvary začínají ve vzdálenější oblasti



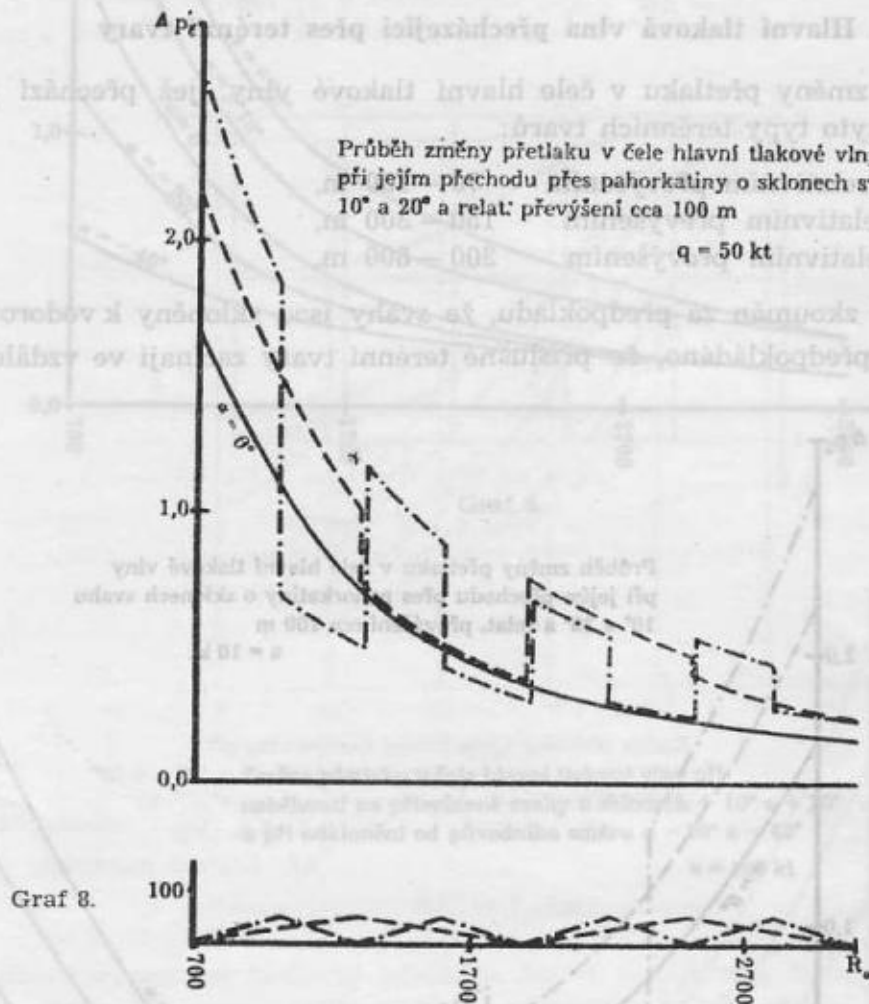
Graf 7.

od epicentra výbuchu, tj. ve vzdálenosti  $R_0 = H_0$ , že v daném prostoru na sebe plynule navazují, jsou stejného druhu a jsou symetrické. Změna přetlaku v čele tlakové vlny byla zjišťována graficky pomocí grafů č. 4, 5 a 6 a byla vyjádřena v procentech jako rozdíl ploch



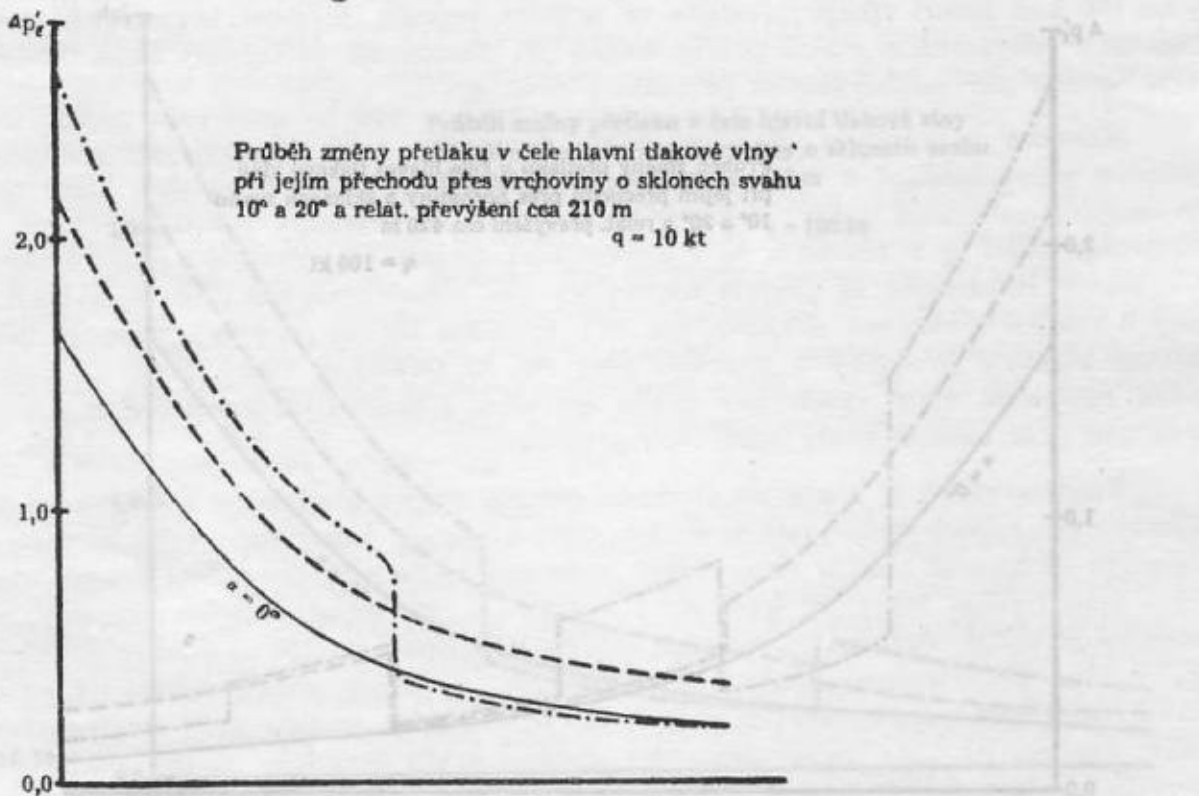
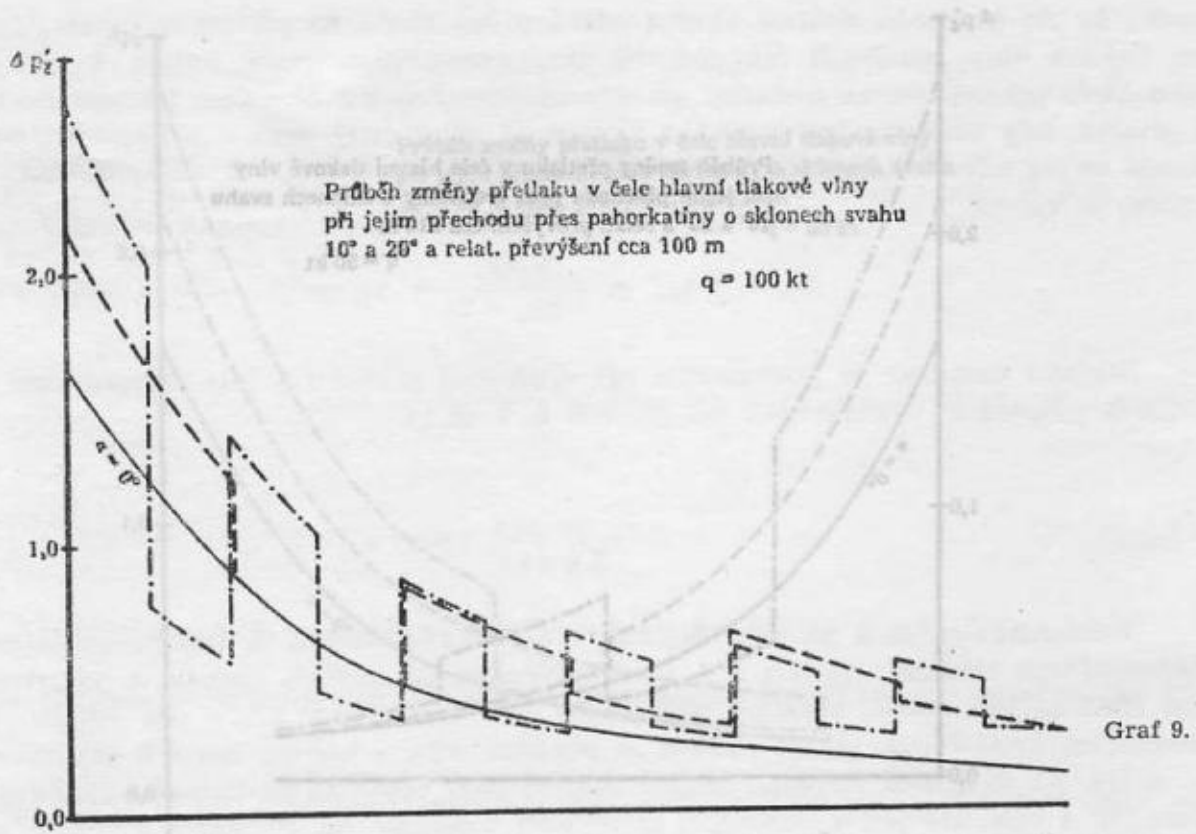
omezený pořadnicemi, úsečkou a křivkou vyznačující změnu přetlaků v daném úseku, tedy grafickou integrací.

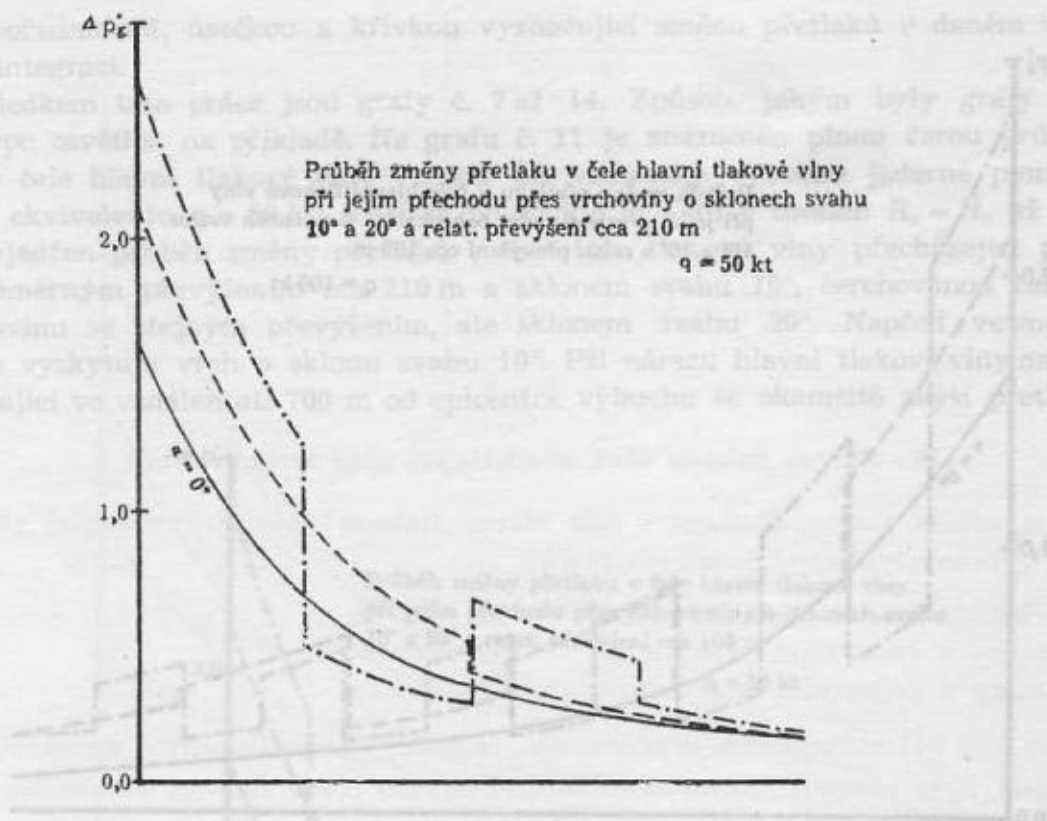
Výsledkem této práce jsou grafy č. 7 až 14. Způsob, jakým byly grafy sestrojeny, bude nejlépe osvětlen na příkladě. Na grafu č. 11 je znázorněn plnou čarou průběh změny přetlaku v čele hlavní tlakové vlny vzniklé při vzdušném výbuchu jaderné pumy o plném tritolovém ekvivalentu  $q = 50 \text{ kt}$ , šířící se po rovině ( $\alpha = 0^\circ$ ) v mezích  $R_0 = H_0$  až  $5H_0$ , čárkovaně je vyjádřen průběh změny přetlaků v čele téže tlakové vlny přecházející přes vrchovinu s průměrným převýšením cca 210 m a sklonem svahu  $10^\circ$ , čerchovanou čarou průběh přes vrchovinu se stejným převýšením, ale sklonem svahu  $20^\circ$ . Napřed vezmeme terén, v němž se vyskytuje vrch o sklonu svahu  $10^\circ$ . Při nárazu hlavní tlakové vlny na přivrácený svah začínající ve vzdálenosti 700 m od epicentra výbuchu se okamžitě zvýší přetlak v jejím



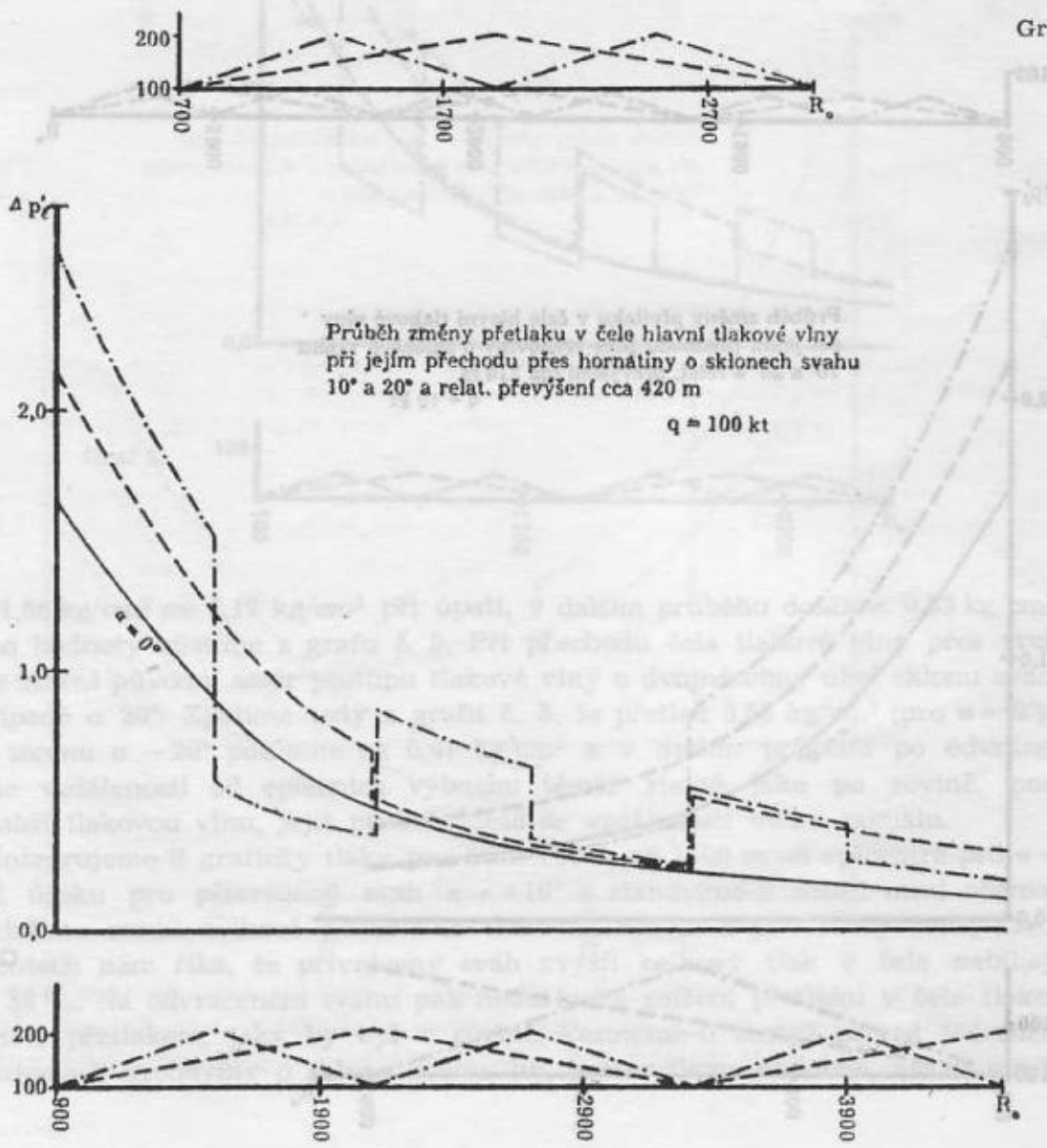
čele z  $1,66 \text{ kg/cm}^2$  na  $2,17 \text{ kg/cm}^2$  při úpatí, v dalším průběhu dosáhne  $0,53 \text{ kg/cm}^2$  při vrcholu. Tyto hodnoty zjistíme z grafu č. 5. Při přechodu čela tlakové vlny přes vrchol vyvýšeniny se změni původní směr postupu tlakové vlny o dvojnásobný úhel sklonu svahu, tj. v našem případě o  $20^\circ$ . Zjistíme tedy z grafu č. 5, že přetlak  $0,53 \text{ kg/cm}^2$  (pro  $\alpha = 0^\circ$ ), při změně sklonu terénu o  $-20^\circ$  poklesne na  $0,41 \text{ kg/cm}^2$  a v dalším průběhu po odvráceném svahu klesá se vzdáleností od epicentra výbuchu téměř stejně jako po rovině, poněvadž jde už o slabší tlakovou vlnu, jejíž přetlak klesá se vzdáleností velmi pomalu.

Integrujeme-li graficky tlaky pro úsek 700 m až 1900 m od epicentra pro  $\alpha = 0^\circ$  a tlaky v témž úseku pro přivrácený svah  $\alpha = +10^\circ$  a stanovíme-li rozdíl mezi oběma integracemi, obdržíme rozdíl celkově působícího tlaku na rovinu a přivrácený svah, který vyjádřen v procentech nám říká, že přivrácený svah zvýšil celkový tlak v čele nabíhající tlakové vlny o 36 %. Na odvráceném svahu pak nedošlo ke snížení přetlaku v čele tlakové vlny ve srovnání s přetlakem, jaký by byl v rovině. Vezmeme-li tentýž případ jaderného výbuchu a uvažujeme-li vrchoviny o sklonu svahu  $20^\circ$ , postupujeme obdobně, avšak musíme mít na





Graf 11.

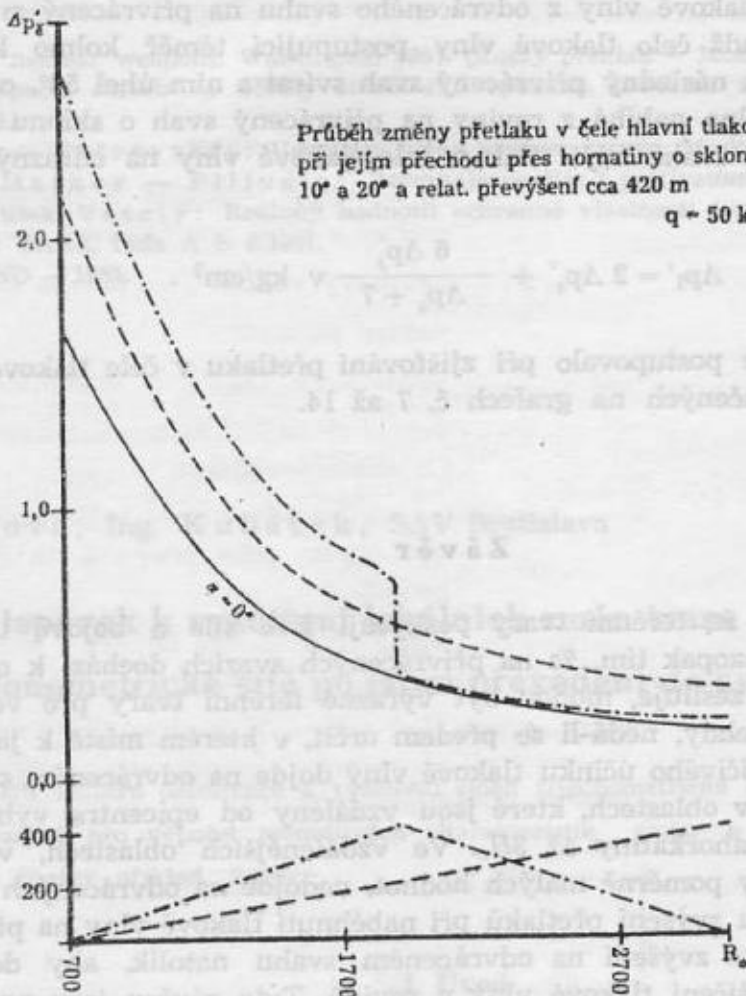


Graf 12.



Průběh změny pět tlaku v čele hlavní tlakové vlny  
při jejím přechodu přes hornatiny o sklonech svahu  
10° a 20° a relat. převýšení cca 420 m

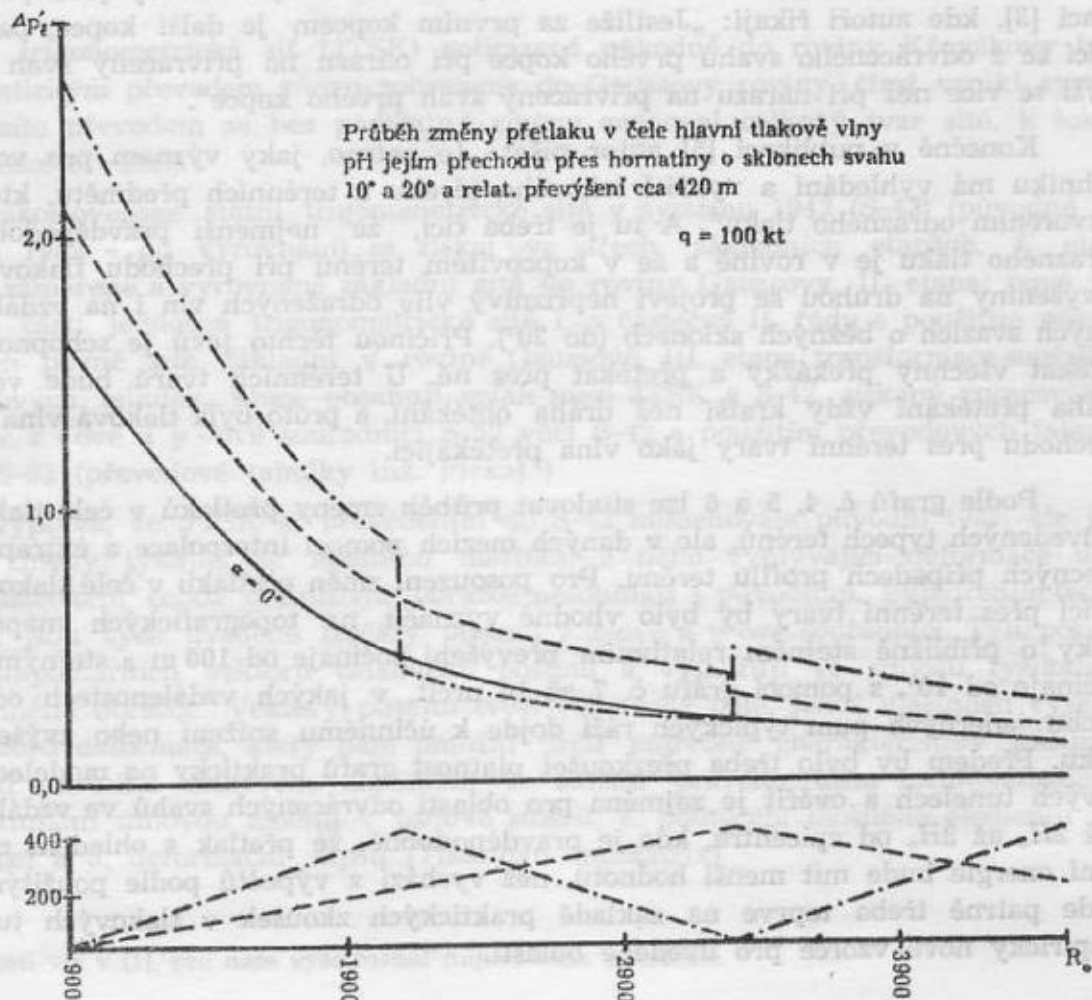
q = 50 kt



Graf 13.

Průběh změny pět tlaku v čele hlavní tlakové vlny  
při jejím přechodu přes hornatiny o sklonech svahu  
10° a 20° a relat. převýšení cca 420 m

q = 100 kt



Graf 14.

paměti, že při přechodu tlakové vlny z odvráceného svahu na přivrácený svah dojde k odrazu tlakové vlny, poněvadž čelo tlakové vlny postupující téměř kolmo k odvrácenému svahu bude při nárazu na následný přivrácený svah svírat s ním úhel  $50^\circ$ , což lze aplikovat na příklad, kdy tlaková vlna nabíhá z roviny na přivrácený svah o sklonu  $40^\circ$ ; v takovém případě se na odvráceném svahu zvýší tlak v čele tlakové vlny na odrazný tlak, který se vypočte ze vzorce

$$\Delta p_1' = 2 \Delta p_\varepsilon' + \frac{6 \Delta p_\varepsilon'}{\Delta p_\varepsilon' + 7} \text{ v kg/cm}^2 .$$

Stejnou metodou se postupovalo při zjišťování přetlaku v čele tlakové vlny ve všech ostatních případech vyznačených na grafech č. 7 až 14.

### Z á v ě r

Všeobecně lze říci, že terénní tvary poskytují živé síle a bojové technice celkem problematickou ochranu; naopak tím, že na přivrácených svazích dochází k odrazům tlakové vlny, čímž se její účinek zesiluje, mohou být výrazné terénní tvary pro vojska zvýšeným nebezpečím, zvláště pak tehdy, nedá-li se předem určit, v kterém místě k jadernému výbuchu dojde. Ke zmenšení ničivého účinku tlakové vlny dojde na odvráceném svahu skloněném kolem  $20^\circ$  a více, ale jen v oblastech, které jsou vzdáleny od epicentra výbuchu v mezích od  $R_0 = H_0$  až  $2H_0$ , u pahorkatiny až  $3H_0$ . Ve vzdálenějších oblastech, v nichž nabývá přetlak v čele tlakové vlny poměrně malých hodnot, nedojde na odvrácených svazích ke snížení přetlaku a v důsledku zvýšení přetlaků při naběhnutí tlakové vlny na předcházející přivrácený svah neklesne toto zvýšení na odvráceném svahu natolik, aby dosáhlo hodnoty přetlaků odpovídající při šíření tlakové vlny v rovině. Tyto závěry jsou potvrzeny v publikaci [3], kde autoři říkají: „Jestliže za prvním kopcem je další kopec, pak tlaková vlna šířící se z odvráceného svahu prvního kopce při nárazu na přivrácený svah druhého kopce zvýší se více než při nárazu na přivrácený svah prvního kopce“.

Konečně v publikaci [5] autor píše: „Je patrné, jaký význam pro vojska a bojovou techniku má vyhledání a využití takového terénu a terénních předmětů, které chrání před vytvořením odrazného tlaku“. A tu je třeba říci, že nejmenší pravděpodobnost vytvoření odrazného tlaku je v rovině a že v kopcovitém terénu při přechodu tlakové vlny z jedné vyvýšeniny na druhou se projeví nepříznivý vliv odražených vln i na vzdálenějších odvrácených svazích o běžných sklonech (do  $20^\circ$ ). Příčinou těchto jevů je schopnost tlakové vlny obtékat všechny překážky a přetékat přes ně. U terénních tvarů bude ve velké většině dráha přetékání vždy kratší než dráha obtékání, a proto byla tlaková vlna posuzována při přechodu přes terénní tvary jako vlna přetékající.

Podle grafů č. 4, 5 a 6 lze studovat průběh změny přetlaků v čele tlakové vlny nejen v uvedených typech terénů, ale v daných mezích pomocí interpolace a extrapolace i ve zcela obecných případech profilu terénu. Pro posouzení změn přetlaku v čele tlakové vlny přecházející přes terénní tvary by bylo vhodné vyznačit na topografických mapách geografické celky o přibližně stejném relativním převýšení počínaje od 100 m a stejným sklonem svahu počínaje od  $10^\circ$ , s pomocí grafu č. 7 až 14 určit, v jakých vzdálenostech od epicentra výbuchu jaderných pum typických ráží dojde k účinnému snížení nebo zvýšení hodnot přetlaku. Předem by bylo třeba přezkoušet platnost grafů prakticky na modelech terénu v tlakových tunelech a ověřit je zejména pro oblasti odvrácených svahů ve vzdálenostech větších než  $2H_0$  až  $3H_0$  od epicentra, kde je pravděpodobné, že přetlak s ohledem na zákon zachování energie bude mít menší hodnotu, než vychází z výpočtů podle použitých vzorců, a že bude patrně třeba teprve na základě praktických zkoušek v tlakových tunelech stanovit empiricky nové vzorce pro uvedené oblasti.

## Literatura:

- [1] The effects of nuclear weapons, Washington 1957. (Ruský překlad – Moskva 1961.)
- [2] Příručka k výpočtu staveb na účinky atomového výbuchu. (Překlad z ruského originálu vydaného v Moskvě 1955.)
- [3] Naumenko – Petrovskij: Udarnaja volna atomov vzryva, Moskva 1956.
- [4] Gluško – Markov – Piljugin: Atomnoje oružije i protivatomnaja zasčita, Moskva 1958.
- [5] Ing. plk. František Veselý: Reálněji hodnotit ochranné vlastnosti terénu a jejich využití pro PAO vojsk, Sborník VAAZ, řada A č. 6/1961.
- [6] Pěch-VII-3 MNO – 1955.

Ing. Kubáčková, Ing. Kubáček, SAV Bratislava

## Příspěvek k vyšetření lokálních změn tvaru a orientace jednotné trigonometrické sítě po jejím převedení do systému souřadnic 1942

Úvod. Použití tenzoru deformace k vyšetření změn trigonometrické sítě a jeho geometrické vlastnosti. Odvození vzorců pro výpočet jednotlivých charakteristik změn a jejich grafické znázornění. Úprava vzorců a číselný příklad. Závěr.

### I. Úvod

Jednotná trigonometrická síť (JTSK) zobrazená původně do roviny Křovákovy byla určitým matematickým převodem znovu zobrazena do Gaussovy roviny, čímž vznikl systém 1952 (S-52). Tímto převodem se bez podstatné změny zachoval celkový tvar sítě, k lokálním změnám nedošlo vůbec.

Obraz československé státní trigonometrické sítě v systému 1942 (S-42) (původně nazývaný systém 1952 – po vyrovnání) se získal ve třech základních etapách. I. etapa: zobrazení nově zaměřené a vyrovnané základní sítě do roviny Gaussovy. II. etapa: nové vyrovnání dílčích částí jednotné trigonometrické sítě I. a částečně II. řádu s použitím původních měření do pevné sítě základní v rovině Gaussově. III. etapa: transformace souřadnic pomocí převodových tabulek, které obsahují vztah mezi JTSK a S-42, získaný zpracováním izochar posunů v  $x$ -ové a  $y$ -ové souřadnici S-52 vůči S-42 a použitím převodových tabulek mezi JTSK a S-52 (převodové tabulky inž. Picka).<sup>1)</sup>

Z toho vyplývá, že JTSK si převedením do S-42 nezachovala původní tvar, ale jeví určité lokální změny týkající se místního měřítka, z něho vyplývající deformace úhlů a pootočení, následkem čehož definitivní obrazec nesouhlasí s původním. Vyjádřením těchto lokálních změn jsou výše uvedené izočary posunů v  $x$ -ové a  $y$ -ové souřadnici. Tyto posuny jsou složky komplanárních vektorů celkového posunu a vyjadřují ve smyslu fyzikálním deformaci rovinného obrazce. Vektory posunů tvoří vektorové pole, jehož vlastnosti vyšetříme pomocí tenzoru deformace, který nám umožní určit potřebné charakteristiky lokálních změn: 1. modul místního délkového zkreslení, 2. změnu pravého úhlu infinitezimálního čtverce, 3. maximální úhlovou změnu v osnově směrů, 4. pootočení plošného elementu sítě (změna orientace) a 5. deformační elipsu (Tissotovu indikatrix)

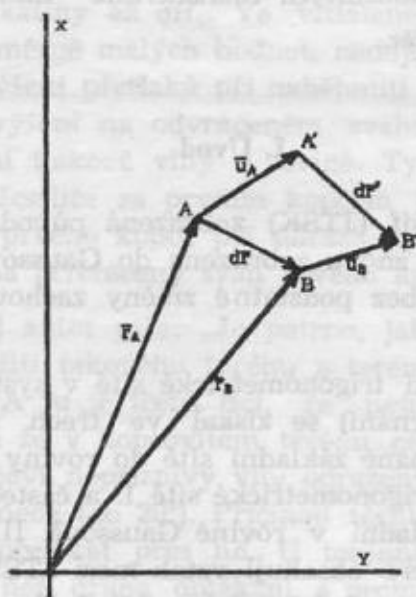
<sup>1)</sup> Podrobnosti viz v [1], pro naše vyšetřování nejsou však podstatné.



## II. Zavedení tenzoru deformace a jeho geometrické vlastnosti

Zaveďme tato označení:

- $\bar{j}, \bar{i}, \bar{k},$  . . . jednotkové vektory ve směru souřadnicových os  $x$  a  $y$ ,  $\bar{k}$  je vektor k předcházejícím kolmý, tvořící s nimi pravotočivou soustavu;
- $\bar{r}$  . . . polohový vektor libovolného bodu v S-52;
- $\bar{u}$  . . . vektor posunu;
- $\varepsilon_\varphi$  . . . jednotkový vektor o směrníku  $\varphi$ ;
- $m_\varphi$  . . . modul místního délkového zkreslení  $m_\varphi = dr'/dr$  (1. charakteristika);
- $\Delta\varphi_{\frac{\pi}{2}}, \varphi$  . . . změna pravého úhlu infinitezimálního čtverce v S-52 po jeho převodu do S-42 (2. charakteristika);
- $\Delta\omega$  . . . maximální úhlová změna v osnově směrů S-52 po jejich převodu do S-42 (3. charakteristika);
- $\Delta\alpha$  . . . úhel rotace, který vyjadřuje velikost potočení plošného elementu sítě, změnu orientace (4. charakteristika).



Obr. 1

Mezi body sítě před převedením a po něm platí vztahy vyjádřené pomocí vektorů na obr. 1. Nechť body  $A, B$  jsou dva infinitezimálně blízké body sítě před převedením o polohových vektorech  $\bar{r}_A$  a  $\bar{r}_B$ . Převedením sítě získaly body polohu  $A' B'$ . Vzájemná poloha bodů před převedením a po něm je charakterizována vektory  $\bar{d}r$  a  $\bar{d}r'$ , a právě tato změna vektoru  $\bar{d}r'$  vůči vektoru  $\bar{d}r$  je výrazem všech změn, které převedením nastaly.

Zároveň je potřebné upozornit, že pro naše vyšetřování mají význam ne skutečné hodnoty posunů vyšetřovaných bodů, ale pouze změny posunů.

Z obr. 1 vyplývá:

$$\begin{aligned} \bar{u}_A + \bar{d}r' &= \bar{d}r + \bar{u}_B \\ \bar{d}r' &= \bar{d}r + (\bar{u}_B - \bar{u}_A) = \bar{d}r + \bar{d}u \end{aligned} \quad (1)$$

Protože vektor posunu je funkcí polohového vektoru  $\bar{r}$

$$\bar{u} = \bar{u}(\bar{r})$$

platí:

$$d\bar{u} = d\bar{r} \cdot \text{grad } \bar{u}^2) \quad (2)$$

(Zde tečka značí skalární součin.)

Protože

$$d\bar{r} = dx\bar{i} + dy\bar{j},$$

máme

$$\begin{aligned} d\bar{r} \cdot \text{grad } \bar{u} &= (dx\bar{i} + dy\bar{j}) \cdot \left( \frac{\partial u_x}{\partial x} \bar{i}\bar{i} + \frac{\partial u_y}{\partial x} \bar{i}\bar{j} + \frac{\partial u_x}{\partial y} \bar{j}\bar{i} + \frac{\partial u_y}{\partial y} \bar{j}\bar{j} \right) = \\ &= \left( \frac{\partial u_x}{\partial x} dx + \frac{\partial u_x}{\partial y} dy \right) \bar{i} + \left( \frac{\partial u_y}{\partial x} dx + \frac{\partial u_y}{\partial y} dy \right) \bar{j} = du_x \bar{i} + du_y \bar{j} = d\bar{u} \\ d\bar{r} \cdot \text{grad } \bar{u} &= d\bar{u}, \end{aligned}$$

čímž jsme dokázali důležitý vztah (2).

Dále upravíme tenzor  $\text{grad } \bar{u}$  použitím Hamiltonova nabla operátoru a rozkladem na symetrický a antisymetrický tenzor<sup>4</sup> podle vzorce:

$$\text{grad } \bar{u} = \nabla \bar{u} = \frac{1}{2} (\nabla \bar{u} + \bar{u} \nabla) + \frac{1}{2} (\nabla \bar{u} - \bar{u} \nabla)$$

<sup>2)</sup> Výraz  $\text{grad } \bar{u}$  je tenzorový součin tzv. nabla operátoru  $\nabla$  s vektorem  $\bar{u}$ .

$$\nabla = \frac{\partial}{\partial x} \bar{i} + \frac{\partial}{\partial y} \bar{j}$$

$$\bar{u} = u_x \bar{i} + u_y \bar{j}$$

$$\text{grad } \bar{u} = \left( \frac{\partial}{\partial x} \bar{i} + \frac{\partial}{\partial y} \bar{j} \right) (u_x \bar{i} + u_y \bar{j}) = \frac{\partial u_x}{\partial x} \bar{i}\bar{i} + \frac{\partial u_y}{\partial x} \bar{i}\bar{j} + \frac{\partial u_x}{\partial y} \bar{j}\bar{i} + \frac{\partial u_y}{\partial y} \bar{j}\bar{j}$$

Dosazením (2) do (1) dostaneme:

$$d\bar{r}' = d\bar{r} + d\bar{r} \cdot \text{grad } \bar{u} = d\bar{r} \cdot (\bar{J} + \text{grad } \bar{u}) = d\bar{r} \cdot \bar{D}$$

Výraz:

$$\bar{D} = \bar{J} + \text{grad } \bar{u}^3)$$

se nazývá tenzor celkové deformace.

<sup>3)</sup> Výraz:

$$\bar{I} = \bar{i}\bar{i} + \bar{j}\bar{j}$$

je tenzor identity, který má tu významnou vlastnost, že jeho skalární součin s libovolným vektorem

$$\bar{a} = a_x \bar{i} + a_y \bar{j}$$

je původní vektor.

$$\bar{a} \cdot \bar{I} = (a_x \bar{i} + a_y \bar{j}) \cdot (\bar{i}\bar{i} + \bar{j}\bar{j}) = a_x \bar{i} + a_y \bar{j} = \bar{a}$$

<sup>4)</sup> Tenzor  $\bar{T}_s$  je symetrický, jestliže pro libovolný vektor  $\bar{v}$  platí:

$$\bar{v} \cdot \bar{T}_s = \bar{T}_s \cdot \bar{v}.$$

Analogicky je definován tenzor  $\bar{T}_a$  jako antisymetrický, jestliže pro libovolný vektor  $\bar{v}$  je splněna rovnost:

$$\bar{v} \cdot \bar{T}_a = -\bar{T}_a \cdot \bar{v}.$$

Tenzor obecně není ani symetrický, ani antisymetrický, ale vždy se dá upravit na součet symetrického a antisymetrického tenzoru. Důkaz zde je nepodstatný.

na tvar

$$\nabla \bar{u} = \bar{B} + \bar{R}.$$

Symetrický tenzor

$$(3) \quad \bar{B} = \frac{1}{2} (\nabla \bar{u} + \bar{u} \nabla)$$

nám umožní určit změny rozměrů a tvaru a antisymetrický tenzor

$$\bar{R} = \frac{1}{2} (\nabla \bar{u} - \bar{u} \nabla)$$

nám umožní určit lokální změnu orientace sítě.

*Geometrický význam tenzoru  $\bar{B}$ . Platí:*

$$d\bar{r}' = d\bar{r} + d\bar{r} \cdot \bar{B} + d\bar{r} \cdot \bar{R} \quad (3)$$

Skalárním násobením dostaneme:

$$\begin{aligned} d\bar{r}' \cdot d\bar{r}' &= dr'^2 = (d\bar{r} + d\bar{r} \cdot \bar{B} + d\bar{r} \cdot \bar{R}) \cdot (d\bar{r} + d\bar{r} \cdot \bar{B} + d\bar{r} \cdot \bar{R}) = \\ &= dr^2 + d\bar{r} \cdot (d\bar{r} \cdot \bar{B}) + (d\bar{r} \cdot \bar{B}) \cdot d\bar{r} + d\bar{r} \cdot (d\bar{r} \cdot \bar{R}) + (d\bar{r} \cdot \bar{R}) \cdot d\bar{r} + \dots \end{aligned}$$

Po zanedbání všech dalších členů vyšších řádů a aplikací pravidel o skalárním násobení symetrických tenzorů vektorem dostaneme vztah:

$$dr'^2 = dr^2 + 2d\bar{r} \cdot \bar{B} \cdot d\bar{r} \quad (4)$$

Jestliže položíme

$$d\bar{r} = dr \bar{\varepsilon}_\varphi$$

do (4), dostaneme:

$$dr'^2 = dr^2 (1 + 2\bar{\varepsilon}_\varphi \cdot \bar{B} \cdot \bar{\varepsilon}_\varphi).$$

Po odmocnění a zanedbání všech členů vyššího řádu máme

$$dr' = dr (1 + \bar{\varepsilon}_\varphi \cdot \bar{B} \cdot \bar{\varepsilon}_\varphi),$$

z čeho ihned dostaneme vztahy:

$$\frac{dr' - dr}{dr} = m_\varphi - 1 = \bar{\varepsilon}_\varphi \cdot \bar{B} \cdot \bar{\varepsilon}_\varphi \quad (5)$$

kteří charakterizují první geometrický význam tenzoru  $\bar{B}$ : relativní délkovou změnu délky  $dr$  (místní modul délkového zkreslení zmenšený o jednotku) ve směru vektoru  $d\bar{r}$ .

Zvolme dále v původní síti dva jednotkové vektory  $\bar{\varepsilon}_\varphi$  a  $\bar{\varepsilon}_{\varphi+\omega}$  o směrnících  $\varphi$ , resp.  $\varphi + \omega$ . Těmto jednotkovým vektorům odpovídají v S-42 jednotkové vektory  $\bar{\varepsilon}_{\varphi'}$  a  $\bar{\varepsilon}_{\varphi'+\omega'}$ . Spojením vztahů (3) a (5), ve kterých jsme položili:

$$d\bar{r} = \bar{\varepsilon}_\varphi, \text{ resp. } d\bar{r} = \bar{\varepsilon}_{\varphi+\omega}$$

dostáváme:

$$m_\varphi \bar{\varepsilon}_{\varphi'} = \bar{\varepsilon}_\varphi + \bar{\varepsilon}_\varphi \cdot \bar{B} + \bar{\varepsilon}_\varphi \cdot \bar{R},$$

resp.

$$m_{\varphi+\omega} \bar{\varepsilon}_{\varphi'+\omega'} = \bar{\varepsilon}_{\varphi+\omega} + \bar{\varepsilon}_{\varphi+\omega} \cdot \bar{B} + \bar{\varepsilon}_{\varphi+\omega} \cdot \bar{R},$$

Vynásobíme skalárně levé a pravé strany posledních rovnic a dostaneme:

$$m_\varphi m_{\varphi+\omega} \cos \omega' = \cos \omega + 2\bar{\varepsilon}_\varphi \cdot \bar{B} \cdot \bar{\varepsilon}_{\varphi+\omega}$$



Jestliže zde položíme:

$$m_\varphi = m_{\varphi+\omega} = 1; \omega = \frac{\pi}{2}$$

pro

$$\Delta\varphi \frac{\pi}{2}, \varphi = \omega' - \omega$$

platí:

$$\Delta\varphi \frac{\pi}{2}, \varphi = -2\bar{\varepsilon}\varphi \cdot \bar{B} \cdot \bar{\varepsilon}\varphi + \frac{\pi}{2} \quad (6)$$

(po nahrazení hodnoty  $\sin\Delta\varphi$  argumentem  $\Delta\varphi$ ).

(6) vyjadřuje druhý geometrický význam tenzoru  $\bar{B}$ : změnu pravého úhlu libovolně orientovaného infinitezimálního čtverce.

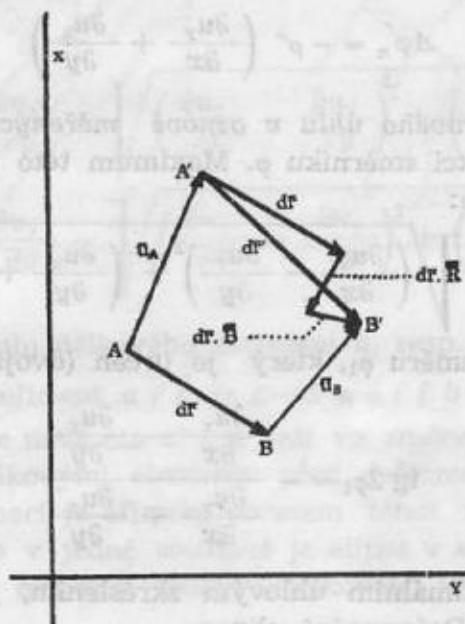
Geometrický význam tenzoru  $\bar{R}$ . Antisymetrický tenzor  $\bar{R}$  je charakterizován vektorem  $\bar{R}^5$  daným výrazem:

$$\bar{R} = \frac{1}{2} (\nabla \times \bar{u} - \bar{u} \times \nabla) = \nabla \times \bar{u} = \text{rot} \bar{u} = \left( \frac{\partial u_x}{\partial x} - \frac{\partial u_x}{\partial y} \right) \bar{K} = R\bar{K} \quad (7)$$

Pomocí (7) se ukáže, že infinitezimální vektor  $d\bar{r} \cdot \bar{R}$ , pro který platí:

$$\begin{aligned} d\bar{r} \cdot \bar{R} &= \frac{1}{2} (\nabla \times \bar{u}) \times d\bar{r} = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u_y}{\partial x} - \frac{\partial u_x}{\partial y} \right) \bar{K} \times (\bar{i} \cos\varphi + \bar{j} \sin\varphi) d\bar{r} = \\ &= \frac{1}{2} R d\bar{r} (-\bar{i} \sin\varphi + \bar{j} \cos\varphi), \end{aligned}$$

je kolmý na vektor  $d\bar{r}$  a je mírou pootočení vektoru  $d\bar{r}$  v dané rovině (viz obr. 2, který je shrnutím geometrických významů vyšetřovaných výrazů  $\bar{R}$  a  $\bar{B}$ ).



Obr. 2

<sup>5)</sup> Každý antisymetrický tenzor  $\bar{T}_a$  je charakterizován určitým vektorem  $\bar{t}_a$ , který vznikne z tenzoru daného tak, že tenzorové součiny jeho diád nahradíme vektorovými. Potom pro každý vektor  $\bar{v}$  platí:

$$\bar{v} \cdot \bar{T}_a = \frac{1}{2} \bar{t}_a \times \bar{v}$$

Spojíme-li s vektorem  $\bar{dr}$  jeho nejbližší okolí, vyjadřuje hodnota  $\bar{dr} \cdot \bar{R}/dr$  pootočení  $\Delta\alpha$  tohoto plošného elementu vzhledem k jeho původní poloze. Tedy pootočení plošného elementu sítě udává vztah:

$$\Delta\alpha'' = \frac{1}{2} \rho'' R \quad (8)$$

### III. Odvození vzorců pro výpočet charakteristik

1. Modul místního délkového zkreslení. Podle (5) platí:

$$m_\varphi = 1 + \bar{\varepsilon}_\varphi \cdot \bar{B} \cdot \bar{\varepsilon}_\varphi = 1 + (\bar{i} \cos\varphi + \bar{j} \sin\varphi) \cdot \left[ \frac{\partial u_x}{\partial x} \bar{i} \bar{i} + \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u_y}{\partial x} + \frac{\partial u_x}{\partial y} \right) \bar{i} \bar{j} + \right. \\ \left. + \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u_y}{\partial x} + \frac{\partial u_x}{\partial y} \right) \bar{j} \bar{i} + \frac{\partial u_y}{\partial y} \bar{j} \bar{j} \right] \cdot (\bar{i} \cos\varphi + \bar{j} \sin\varphi)$$

Z toho:

$$m_\varphi = 1 + \frac{\partial u_x}{\partial x} \cos^2\varphi + \left( \frac{\partial u_y}{\partial x} + \frac{\partial u_x}{\partial y} \right) \sin\varphi \cos\varphi + \frac{\partial u_y}{\partial y} \sin^2\varphi \quad (9)$$

2. Změna pravého úhlu infinitezimálního čtverce se stranami rovnoběžnými se souřadnicovými osami. Podle (6) platí:

$$\Delta\varphi_{\frac{\pi}{2}, \varphi} = -2(\bar{i} \cos\varphi + \bar{j} \sin\varphi) \cdot \left[ \frac{\partial u_x}{\partial x} \bar{i} \bar{i} + \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u_y}{\partial x} + \frac{\partial u_x}{\partial y} \right) \bar{i} \bar{j} + \right. \\ \left. + \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u_y}{\partial x} + \frac{\partial u_x}{\partial y} \right) \bar{j} \bar{i} + \frac{\partial u_y}{\partial y} \bar{j} \bar{j} \right] \cdot (-\bar{i} \sin\varphi + \bar{j} \cos\varphi)$$

a dále:

$$\Delta\varphi_{\frac{\pi}{2}, \varphi} = \left( \frac{\partial u_x}{\partial x} - \frac{\partial u_y}{\partial y} \right) \sin 2\varphi - \left( \frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_x}{\partial y} \right) \cos 2\varphi \quad (10)$$

pro  $\varphi = 0$

$$\Delta\varphi_{\frac{\pi}{2}}'' = -\rho'' \left( \frac{\partial u_y}{\partial x} + \frac{\partial u_x}{\partial y} \right) \quad (11)$$

3. Maximální změna pravého úhlu v osnově měřených směrů. Vzorec (10) udává změnu pravého úhlu jako funkci směrníku  $\varphi$ . Maximum této funkce určuje hledanou maximální změnu pravého úhlu  $\Delta\omega$ :

$$\Delta\omega'' = \rho'' \sqrt{\left( \frac{\partial u_x}{\partial x} - \frac{\partial u_y}{\partial y} \right)^2 + \left( \frac{\partial u_x}{\partial y} + \frac{\partial u_y}{\partial x} \right)^2} \quad (12)$$

Maximální změna nastává ve směru  $\varphi_1$ , který je určen (dvojnásobně) tangentou:

$$\operatorname{tg} 2\varphi_1 = - \frac{\frac{\partial u_x}{\partial x} - \frac{\partial u_y}{\partial y}}{\frac{\partial u_y}{\partial x} + \frac{\partial u_x}{\partial y}} \quad (13)$$

Výraz (12) je totožný s maximálním úhlovým zkreslením, jak jej známe z matematické kartografie. Viz odstavec 5: Deformační elipsa.

4. Pootočením plošného elementu sítě. Podle (8) je:

$$\Delta\alpha'' = \frac{1}{2} \rho'' R,$$

tedy:

$$\Delta\alpha'' = \frac{1}{2} \rho'' \left( \frac{\partial u_y}{\partial x} - \frac{\partial u_x}{\partial y} \right) \quad (14)$$

5. Deformační elipsa (Tissotova indikatrix). Tenzor  $\bar{B}$  má v daném souřadnicovém systému tvar:

$$\bar{B} = \frac{\partial u_x}{\partial x} \bar{i} \bar{i} + \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u_y}{\partial x} + \frac{\partial u_x}{\partial y} \right) \bar{i} \bar{j} + \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u_y}{\partial x} + \frac{\partial u_x}{\partial y} \right) \bar{j} \bar{i} + \frac{\partial u_y}{\partial y} \bar{j} \bar{j} \quad (15)$$

Vhodným pootočením souřadnicové soustavy můžeme docílit toho, že tenzor  $\bar{B}$  vzhledem k těmto novým osám nebude obsahovat smíšené členy s diádami  $\bar{i} \bar{j}$  a  $\bar{j} \bar{i}$ . Necht' směrnik nové osy  $x'$  je  $\varphi_0$ , jednotkové vektory ve směru nových os  $\bar{i}'$ , resp.  $\bar{j}'$ . Platí:

$$\bar{i} = \bar{i}' \cos \varphi_0 - \bar{j}' \sin \varphi_0$$

$$\bar{j} = \bar{i}' \sin \varphi_0 + \bar{j}' \cos \varphi_0$$

Vytvořme tenzorové součiny:

$$\bar{i} \bar{i} = \bar{i}' \bar{i}' \cos^2 \varphi_0 - \bar{i}' \bar{j}' \sin \varphi_0 \cos \varphi_0 - \bar{j}' \bar{i}' \sin \varphi_0 \cos \varphi_0 + \bar{j}' \bar{j}' \sin^2 \varphi_0$$

$$\bar{i} \bar{j} = \bar{i}' \bar{i}' \sin \varphi_0 \cos \varphi_0 + \bar{i}' \bar{j}' \cos^2 \varphi_0 - \bar{j}' \bar{i}' \sin^2 \varphi_0 - \bar{j}' \bar{j}' \sin \varphi_0 \cos \varphi_0$$

$$\bar{j} \bar{i} = \bar{i}' \bar{i}' \sin \varphi_0 \cos \varphi_0 - \bar{i}' \bar{j}' \sin^2 \varphi_0 + \bar{j}' \bar{i}' \cos^2 \varphi_0 - \bar{j}' \bar{j}' \sin \varphi_0 \cos \varphi_0$$

$$\bar{j} \bar{j} = \bar{i}' \bar{i}' \sin^2 \varphi_0 + \bar{i}' \bar{j}' \sin \varphi_0 \cos \varphi_0 + \bar{j}' \bar{i}' \sin \varphi_0 \cos \varphi_0 + \bar{j}' \bar{j}' \cos^2 \varphi_0$$

a dosaďme je do (15). Z toho, co bylo uvedeno, vyplývá, že členy s diádami  $\bar{i}' \bar{j}'$  a  $\bar{j}' \bar{i}'$  vypadnou, jestliže pro  $\varphi_0$  bude platit:

$$\operatorname{tg} 2\varphi_0 = \frac{\frac{\partial u_y}{\partial x} + \frac{\partial u_x}{\partial y}}{\frac{\partial u_x}{\partial x} - \frac{\partial u_y}{\partial y}} \quad (16)$$

Tenzor  $\bar{B}$  má nyní tvar:

$$\bar{B} = \bar{i}' \bar{i}' \frac{1}{2} \left\{ \frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_y}{\partial y} + \sqrt{\left( \frac{\partial u_x}{\partial x} - \frac{\partial u_y}{\partial y} \right)^2 + \left( \frac{\partial u_x}{\partial y} + \frac{\partial u_y}{\partial x} \right)^2} \right\} + \bar{j}' \bar{j}' \frac{1}{2} \left\{ \frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_y}{\partial y} - \sqrt{\left( \frac{\partial u_x}{\partial x} - \frac{\partial u_y}{\partial y} \right)^2 + \left( \frac{\partial u_x}{\partial y} + \frac{\partial u_y}{\partial x} \right)^2} \right\} \quad (17)$$

Označme extrémny modulu délkového zkreslení  $a$ , resp.  $b$  a porovnejme výrazy, které je určují, se vztahem (17). Koeficient u  $\bar{i}' \bar{i}'$  je  $a - 1$  a u  $\bar{j}' \bar{j}'$   $b - 1$ . Tedy  $\varphi_0$  určuje takové pootočení souřadného systému, že nová osa  $x'$  a  $y'$  leží ve směrech extrémů modulu délkového zkreslení. Vztah (3) mezi délkovými elementy před deformací a po ní ukazuje, že blízké okolí určitého bodu po deformaci je afinním obrazem téhož okolí před deformací. Z toho vyplývá, že obrazem kružnice v jedné soustavě je elipsa v soustavě druhé a že poloosy deformační elipsy jsou určeny extrémny modulu délkového zkreslení.

Tedy infinitezimální kružnice se převodem posune o vektor  $\bar{u}$ , změní se na elipsu charakterizovanou tenzorem  $\bar{B}$  a tato elipsa se pootočí o úhel  $\Delta\alpha$ . Deformační elipsa velmi

<sup>6)</sup> Porovnáním tangent dvojnásobků  $\varphi_0$  (16) a  $\varphi_1$  (13) vyplatí se důležitý vztah mezi oběma směrníky:

$$\varphi_1 = \varphi_0 \pm \frac{\pi}{4}$$



všeobecně popisuje průběh deformace a zároveň umožňuje určit i jiné charakteristiky, např. modul místního plošného zkreslení  $m_p$  určený dostatečně přesně vztahem:

$$m_p = a + b - 1 \quad (18)$$

nebo maximální úhlovou změnu

$$\Delta\omega'' = \rho'' 2 \frac{a-b}{a+b} = \rho'' (a-b) \quad (19)$$

a podobně.

Dosadíme-li do výrazu (19) za  $a$  a  $b$ , dostaneme opět vztah (12), čímž je dokázána správnost tvrzení v odstavci 3.

#### IV. Grafické znázornění

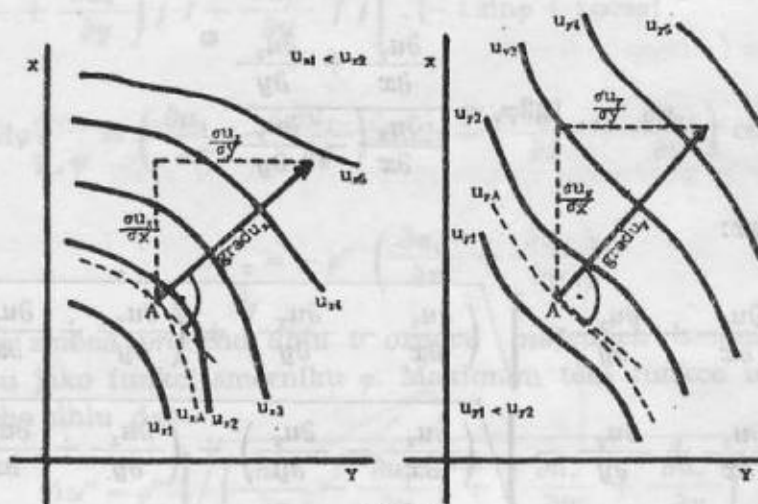
Pro grafické znázornění získaných výsledků zavedeme dále tři nové vektory. Nejprve vektory grad  $u_x$  v poli izochar posunů  $u_x$  a analogický vektor grad  $u_y$  v poli izochar posunů  $u_y$ .

Platí :

$$\text{grad } u_x = \frac{\partial u_x}{\partial x} \bar{i} + \frac{\partial u_x}{\partial y} \bar{j} \quad (20)$$

resp.

$$\text{grad } u_y = \frac{\partial u_y}{\partial x} \bar{i} + \frac{\partial u_y}{\partial y} \bar{j} \quad (21)$$



Obr. 3

Grafické znázornění vektorů grad  $u_x$  a grad  $u_y$  ukazuje obr. 3. Gradient  $u_x$  (grad  $u_y$ ) je vektor, který svým směrem určuje směr maximální změny  $u_x$  ( $u_y$ ) a svou velikostí určuje hodnotu derivace  $du_x/ds$  ( $du_y/ds$ ) provedenou ve směru této maximální změny  $u_x$  ( $u_y$ ).

Dále vektor  $\bar{v}$  definovaný takto:

$$\bar{v} = \nabla u_x + \bar{K} \times \nabla u_y,$$

který můžeme dále upravit:

$$\bar{v} = (m_x - m_y) \bar{i} - \Delta\varphi_{\pi/2} \bar{j} \quad (22)$$

kde  $m_x$  ( $m_y$ ) je modul místního délkového zkreslení ve směru osy  $x$  ( $y$ ).

Směrník  $\varphi_2$  tohoto vektoru určuje výraz:

$$\text{tg } \varphi_2 = \frac{-\Delta\varphi_{\pi/2}}{m_x - m_y} \quad (23)$$



Je samozřejmé, že vyšetřování lokálních změn tvaru a pootočení sítě není možné provádět výlučně graficky, protože deformace kružnice je nepatrná a též velikost pootočení je řádu několika vteřin. Vektorové znázornění slouží hlavně k získání geometrického názoru o vztazích mezi jednotlivými hodnotami.

## V. Úprava vzorců

Praktické vyšetřování budeme provádět podle těchto úvah. Předpokládejme, že průběh izochar je tak pravidelný, že výrazy:

$$\frac{\partial u_x}{\partial x}, \frac{\partial u_x}{\partial y}, \frac{\partial u_y}{\partial x}, \frac{\partial u_y}{\partial y} \quad (25)$$

se v rámci triangulačního listu tak povolně mění, že každý z těchto výrazů můžeme vyjádřit jedním číselným údajem pro celý triangulační list. Hodnoty uvedených parciálních derivací můžeme zjistit z přehledu izochar posunů tak, že zkonstruujeme vektory grad  $u_x$  a grad  $u_y$  a odsuneme jejich složky do směru os v Gaussově rovině v (přehledech, ve kterých je vyznačena kilometrová síť JTSK, je nutné uvážit různost orientace souřadnicových os).

Rychleji dospějeme k hodnotám (25) tímto postupem: Předně zanedbáme vliv posunů z druhé aproximace, který je malý a hlavně značně nahodilý. Použijeme diference I. řádu:

$$\Delta y_y^1, \Delta y_x^1, \Delta x_y^1, \Delta x_x^1,$$

které vznikly jako rozdíly posunů  $u_x$  a  $u_y$  mezi rohy triangulačních listů JTSK. Izočáry jsou potom analytické křivky dané vztahy:

$$\begin{aligned} u_y &= u_{y_0} + (\eta - \eta_0) \cdot 10^{-4} \Delta y_y^1 + (\xi - \xi_0) \cdot 10^{-4} \Delta y_x^1 + K_y \Delta y_{yy}^1 + K_x \Delta y_{xx}^1 + Z_x Z_y \Delta y_{xy}^1 \\ u_x &= u_{x_0} + (\eta - \eta_0) \cdot 10^{-4} \Delta x_y^1 + (\xi - \xi_0) \cdot 10^{-4} \Delta x_x^1 + K_y \Delta x_{yy}^1 + K_x \Delta x_{xx}^1 + Z_x Z_y \Delta x_{xy}^1, \end{aligned} \quad (26)$$

kde  $K_x$ ,  $K_y$ ,  $Z_x Z_y$  jsou koeficienty Newtonovy-Gregoryho formule pro kvadratickou plošnou interpolaci,  $\xi$ ,  $\eta$  jsou souřadnice bodu v JTSK a hodnoty  $u_{y_0}$ ,  $u_{x_0}$ ,  $\eta_0$ ,  $\xi_0$  se vztahují k severovýchodnímu rohu triangulačního listu JTSK. Hledané parciální derivace posunů dostaneme ze vztahu (26) podle vzorců:

$$\begin{aligned} \frac{\partial u_x}{\partial x} &= \frac{\partial u_x}{\partial \eta} \cdot \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{\partial u_x}{\partial \xi} \cdot \frac{\partial \xi}{\partial x}; & \frac{\partial u_x}{\partial y} &= \frac{\partial u_x}{\partial \eta} \cdot \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{\partial u_x}{\partial \xi} \cdot \frac{\partial \xi}{\partial y} \\ \frac{\partial u_y}{\partial x} &= \frac{\partial u_y}{\partial \eta} \cdot \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{\partial u_y}{\partial \xi} \cdot \frac{\partial \xi}{\partial x}; & \frac{\partial u_y}{\partial y} &= \frac{\partial u_y}{\partial \eta} \cdot \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{\partial u_y}{\partial \xi} \cdot \frac{\partial \xi}{\partial y} \end{aligned} \quad (27)$$

Hodnoty parciálních derivací

$$\frac{\partial \eta}{\partial x}; \frac{\partial \eta}{\partial y}; \frac{\partial \xi}{\partial x}; \frac{\partial \xi}{\partial y}$$

vypočítáme ze vztahů mezi JTSK a S-42:

$$\begin{aligned} y &= y_0 + (\eta - \eta_0) \cdot 10^{-4} \Delta y_y + (\xi - \xi_0) \cdot 10^{-4} \Delta y_x + \dots \\ x &= x_0 + (\eta - \eta_0) \cdot 10^{-4} \Delta x_y + (\xi - \xi_0) \cdot 10^{-4} \Delta x_x + \dots \end{aligned}$$

přičemž v daném případě postačuje omezit se pouze na lineární členy uvedených vztahů.

Derivujme nejdříve obě rovnice parciálně podle  $y$ , potom podle  $x$  a dostaneme dvě soustavy rovnic o dvou neznámých:

$$\begin{aligned} 1 &= \frac{\partial \eta}{\partial y} 10^{-4} \Delta y_y + \frac{\partial \xi}{\partial y} 10^{-4} \Delta y_x \\ 0 &= \frac{\partial \eta}{\partial x} 10^{-4} \Delta x_y + \frac{\partial \xi}{\partial x} 10^{-4} \Delta x_x \end{aligned}$$



resp.

$$\begin{aligned} \varnothing &= \frac{\partial \eta}{\partial x} 10^{-4} \Delta y_y + \frac{\partial \xi}{\partial x} 10^{-4} \Delta y_x \\ 1 &= \frac{\partial \eta}{\partial x} 10^{-4} \Delta x_y + \frac{\partial \xi}{\partial x} 10^{-4} \Delta x_x \end{aligned}$$

Protože detrimanty obou soustav mají velmi přibližně hodnotu 1, platí s dostatečnou přesností:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \xi}{\partial x} &= + \Delta y_y \cdot 10^{-4} = + \Delta x_x \cdot 10^{-4} \\ \frac{\partial \xi}{\partial y} &= - \Delta x_y \cdot 10^{-4} = + \Delta y_x \cdot 10^{-4} \\ \frac{\partial \eta}{\partial x} &= - \Delta y_x \cdot 10^{-4} = + \Delta x_y \cdot 10^{-4} \\ \frac{\partial \eta}{\partial y} &= + \Delta x_x \cdot 10^{-4} = + \Delta y_y \cdot 10^{-4} \end{aligned} \quad (28)$$

což v přiblížení představuje Cauchyovy-Riemannovy vztahy pro konformní zobrazení.

Dříve než napíšeme výsledné vztahy (25), musíme si uvědomit, že hodnoty:

$$\Delta x_x^1, \Delta x_y^1, \Delta y_x^1, \Delta y_y^1$$

jsou uváděny jako celá čísla, mají však význam změny v milimetrech na vzdálenost 10 km. Uvážením této připomínky a zavedením symbolů

$$1 = \frac{\partial u_x}{\partial x} 10^7 \quad 2 = \frac{\partial u_x}{\partial y} 10^7 \quad 3 = \frac{\partial u_y}{\partial x} 10^7 \quad 4 = \frac{\partial u_y}{\partial y} 10^7$$

dostaneme:

$$\begin{aligned} 1 &= \Delta x_x^1 \Delta x_x 10^{-4} + \Delta x_y^1 \Delta x_y 10^{-4} \\ 2 &= \Delta x_y^1 \Delta x_x 10^{-4} - \Delta x_x^1 \Delta x_y 10^{-4} \\ 3 &= \Delta y_x^1 \Delta y_y 10^{-4} - \Delta y_y^1 \Delta y_x 10^{-4} \\ 4 &= \Delta y_y^1 \Delta y_y 10^{-4} + \Delta y_x^1 \Delta y_x 10^{-4} \end{aligned}$$

*Přehled vzorců k výpočtu vyšetřovaných hodnot*

$$m_\varphi = 1 + 1 \cdot 10^{-7} \cos^2 \varphi + (2 + 3) \cdot 10^{-7} \sin \varphi \cos \varphi + 4 \cdot 10^{-7} \sin^2 \varphi$$

$$m_x = 1 + 1 \cdot 10^{-7} ; m_y = 1 + 4 \cdot 10^{-7}$$

$$\Delta \varphi_{\pi/2}'' = -0,0206'' (2 + 3)$$

$$\Delta \omega'' = 0,0206'' \sqrt{(4 - 1)^2 + (2 + 3)^2}$$

$$\Delta \alpha'' = 0,0103'' (3 - 2)$$

$$\operatorname{tg} 2\varphi_0 = \frac{2 + 3}{1 - 4} ; \operatorname{tg} 2\varphi_1 = \frac{4 - 1}{2 + 3}$$

$$a = 1 + \frac{1}{2} \cdot 10^{-7} \{ 1 + 4 + \sqrt{(4 - 1)^2 + (2 + 3)^2} \}$$

$$b = 1 + \frac{1}{2} \cdot 10^{-7} \{ 1 + 4 - \sqrt{(4 - 1)^2 + (2 + 3)^2} \}$$

## VI. Číselný příklad a stručný rozbor výsledků

Vyčíslení výsledných vzorců jsme provedli v uvedeném formuláři tímto způsobem:

Označení	1	2	3	4	2+3	1-4	$\sqrt{(5)^2 + (6)^2}$	1+4	$\frac{1}{2} [7 + (8)]$	$\frac{1}{2} [(8) - (7)]$	3-2	$\Delta \omega''$ 0,0206(7)	$\Delta \alpha''$ 0,0103(11)	$\Delta \varphi''$ 0,0206(5)	$\operatorname{tg} 2 \varphi_0$ (5) (6)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
1a	+ 128	- 10	- 36	+ 113	- 46	+ 15	+ 48	+ 241	+ 144	+ 96	- 26	+ 0,99''	- 0,27''	+ 0,95''	- 3,067
1b	+ 8	+ 27	- 54	+ 72	- 27	- 64	+ 69	+ 80	+ 74	+ 5	- 81	+ 1,42''	- 0,83''	+ 0,56''	+ 0,422

Výsledky výpočtů potřebné pro grafické znázornění uvádíme v tabulce:

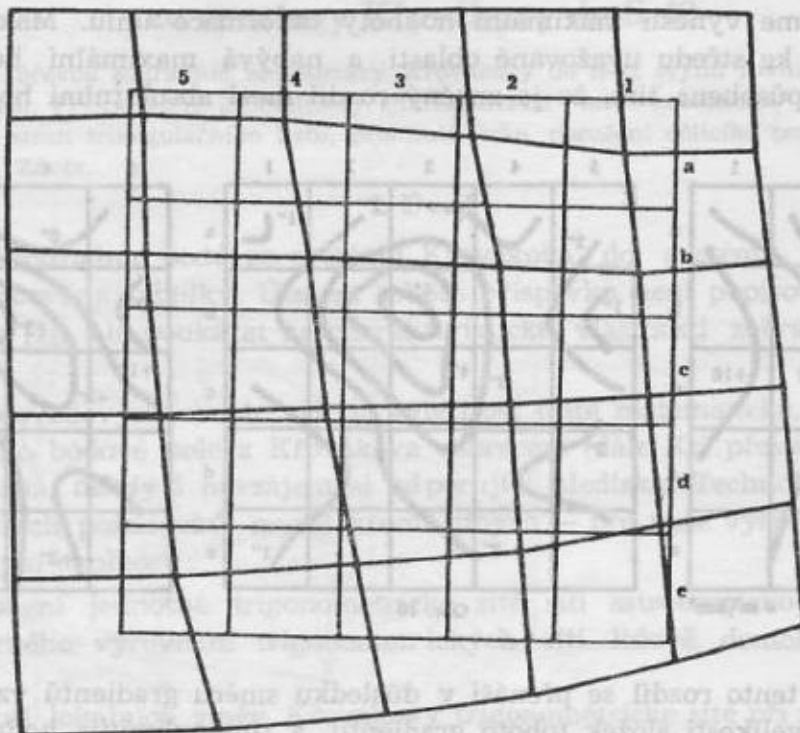
Označení	$(m_p - 1) \cdot 10^{-7}$	$\Delta \omega''$	$\Delta \alpha''$	$\Delta \varphi''_{\pi/2}$		Označení	$(m_p - 1) \cdot 10^{-7}$	$\Delta \omega''$	$\Delta \alpha''$	$\Delta \varphi''_{\pi/2}$
1a	+ 241	+ 0,99''	- 0,27''	+ 0,95''		4a	+ 151	+ 3,05''	- 0,26''	- 0,80''
1b	+ 80	+ 1,42''	- 0,83''	+ 0,56''		4b	+ 247	+ 2,84''	- 0,95''	+ 2,84''
1c	+ 86	+ 1,22''	- 0,79''	+ 0,19''		4c	+ 350	+ 2,78''	+ 0,08''	+ 2,14''
1d	+ 148	+ 0,54''	- 0,92''	- 0,52''		4d	+ 387	+ 1,98''	- 1,36''	+ 1,85''
1e	+ 107	+ 0,99''	- 1,29''	- 0,56''		4e	+ 411	+ 2,64''	- 1,63''	+ 1,57''
2a	+ 306	+ 1,96''	- 0,62''	+ 1,94''		5a	+ 28	+ 2,58''	- 0,35''	+ 0,54''
2b	+ 191	+ 4,16''	+ 0,18''	+ 2,33''		5b	+ 154	+ 0,97''	- 0,50''	- 0,35''
2c	+ 162	+ 1,96''	- 0,36''	+ 0,76''		5c	+ 324	+ 2,45''	- 0,77''	+ 1,13''
2d	+ 198	+ 0,60''	- 0,95''	- 0,41''		5d	+ 352	+ 1,63''	- 0,65''	+ 1,42''
2e	+ 237	+ 1,28''	- 1,71''	- 1,28''		5e	+ 367	+ 2,93''	- 1,60''	+ 2,78''
3a	+ 352	+ 2,88''	- 0,75''	+ 0,10''						
3b	+ 377	+ 5,69''	- 0,29''	+ 3,34''						
3c	+ 382	+ 4,16''	- 0,26''	+ 1,30''						
3d	+ 431	+ 2,82''	- 0,34''	- 0,06''						
3e	+ 333	+ 1,13''	- 1,05''	+ 0,12''						

Abychom získali co nejlepší obraz o číselných výsledcích, případně abychom vystihli souvislost mezi průběhy jednotlivých změn, vynesli jsme tyto výsledky do přehledů tak, že vypočítanou hodnotu jsme vztáhli ke středu patřičného triangulačního listu<sup>7)</sup> a konstruovali jsme izočáry příslušných hodnot.

Nejdříve, pro získání názorné představy o deformaci sítě, uvádíme značně překreslený obraz čtvercové sítě (obr. 5). Nevýhodou tohoto znázornění je, že na jeho základě není možné určovat velikosti jednotlivých charakteristik. Uvedená nevýhoda se však nevyskytuje u rozborů a grafických znázornění provedených dále. Na obr. 6 uvádíme izočáry posunů  $x$ -ové souřadnice mezi S-42 a S-52, na obr. 7 izočáry posunů  $y$ -ové souřadnice.

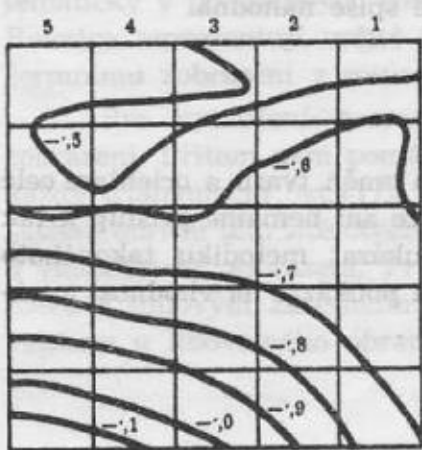
<sup>7)</sup> Vypočítané hodnoty se skutečně velmi přibližně vztahují ke středu triangulačního listu, protože derivace  $K_x$  a  $K_y$  [ve vztahu (26)] pro střed triang. listu jsou nulové.

Podle průběhu izochar, tj. podle jejich směrů a hustoty (veličiny určující gradient), dá se usoudit, že uvažovaná oblast síť má malou rotaci, zato však značnou změnu měřítka -

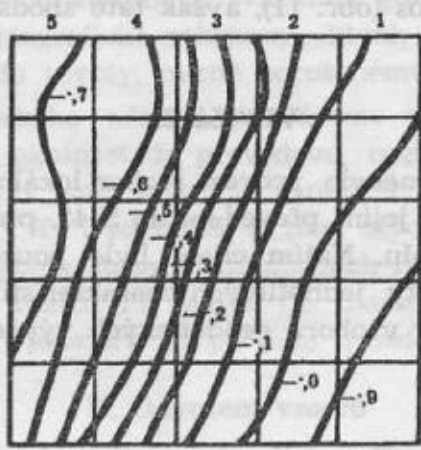


Obr. 5

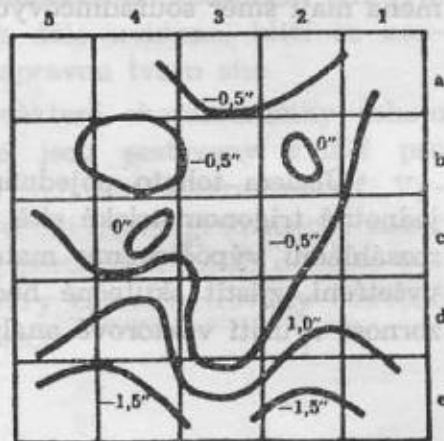
původní síť je zhuštěna proti síti po převedení. Tyto předběžné názory získané jednak podle obr. 5, jednak podle průběhu izochar ověřují číselné výsledky vynesené do přehledů. Na obr. 8 uvádíme pole změn orientace  $\Delta\alpha''$ . Severní část vyšetřované oblasti, kde průběh izochar



Obr. 6



Obr. 7



Obr. 8

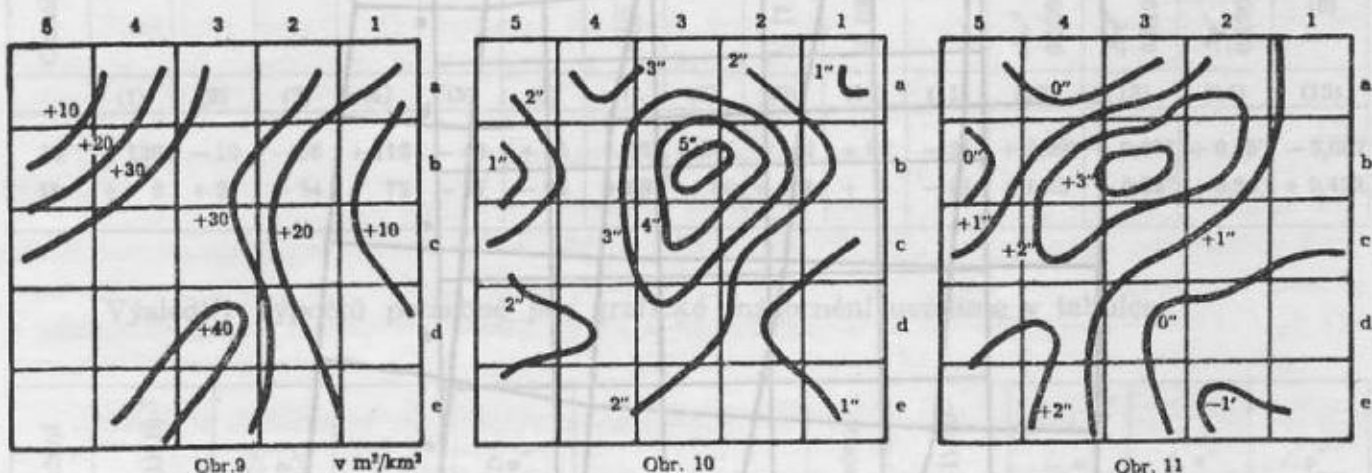
$x$ -ových posunů je zhruba kolmý na osu  $x$  a průběh izochar  $y$ -ových posunů je zhruba kolmý na osu  $y$  vykazuje skutečné hodnoty rotace velmi malé. Směrem na jih se hodnoty rotace absolutně zvětšují a jsou záporné, neboť i izočáry posunů  $x$  se počínají stáčet a zhušťují se, zatímco izočáry posunů  $y$  si zachovávají směr i hustotu. Pozvolné stáčení a zhušťování izochar posunů  $x$ -ové souřadnice má za následek, že složka gradientu  $\text{grad } u_x$  do směru osy  $y$  se zvětšuje, zatímco složka gradientu  $\text{grad } u_y$  se do směru osy  $x$  si zhruba zachovává svou velikost.

Průběh modulů délkového zkreslení ve směru osy  $x$  a ve směru osy  $y$  jsme graficky neznázorňovali. Jeho průběh je obdobný průběhu izochar posunů v  $x$ -ové a  $y$ -ové souřadnici, což je opět důsledek skutečnosti, že izočáry posunů v  $x$ -ové souřadnici jsou zhruba kolmé na osu  $x$  a izočáry posunů v  $y$ -ové souřadnici zhruba kolmé na osu  $y$ . Provedli jsme však



grafické znázornění průběhu plošného zkreslení (obr. 9). Největší hodnoty dosahuje v jihozápadní části oblasti, což je hlavně důsledek zhuštění izočar posunů jak  $x$ -ové, tak i v  $y$ -ové souřadnici.

Na obr. 10 jsme vynesli maximální hodnoty deformace úhlu. Maximální deformace úhlu stoupá směrem ke středu uvažované oblasti a nabývá maximální hodnoty téměř  $6''$ . Tato skutečnost je způsobena tím, že je značný rozdíl mezi absolutními hodnotami gradientů



grad  $u_x$  a grad  $u_y$  a tento rozdíl se přenáší v důsledku směru gradientů vzhledem k souřadnicovým osám i do velikosti složek tohoto gradientu, a tím ovlivňuje hodnotu výrazu:

$$\frac{\partial u_x}{\partial x} - \frac{\partial u_y}{\partial y}$$

Na první pohled je patrna podobnost mezi izočarami stejných hodnot maximální deformace úhlu a izočarami stejných hodnot maximálního zkreslení pravého úhlu, jehož ramena mají směr souřadnicových os (obr. 11), avšak tato shoda je spíše náhodná.

## VII. Závěr

Účelem tohoto pojednání nebylo provést rozbor lokálních změn tvaru a orientace celé jednotné trigonometrické sítě po jejím převedení do S-42, protože ani nemáme přístup k tak rozsáhlému výpočtovému materiálu. Naším cílem bylo pouze ukázat metodiku takového vyšetření, zjistit skutečné hodnoty jednotlivých charakteristik a poukázat na vhodnost a názornost využití vektorové analýzy v oboru geodetických výpočtů.

### Literatura:

- [1] Cimbálník: Transformation des tschechoslowakischen trigonometrischen Einheitsnetzes in das internationale System (Studia geophysica et geodaetica č. 4, roč. 1960).
- [2] Böhm: Matematická kartografie I a II. VŠT — Brno 1950.
- [3] Ilkovič: Vektorový počet. Přírodovědecké nakladatelství Praha 1950.
- [4] Interní technologické postupy a materiály pro sestavení převodových tabulek z JTSK do S-42.

## Geometrická charakteristika tabulek pro převod souřadnic ze soustavy Křovákovy do S-42

Tabulky pro převod souřadnic ze soustavy Křovákovy do S-42 svými rovnicemi reprezentují určité kartografické zobrazení. Prvky, které geometricky charakterizují toto zobrazení - maximální zkreslení v úhlu, úhel obrazů stran triangulačního listu, prohnutí stran, porušení dělicího poměru, nespojitost rovnic atp. Číselný příklad. Závěr.

### I. Úvod

Pro převod souřadnic bodů ze systému Křovákovy do systému Gaussova zobrazení v S-42 byly vypracovány tabulky. Účelem tohoto příspěvku není popisovat způsob vytvoření těchto tabulek (viz [1]), ale poukázat na charakteristické vlastnosti zobrazení, které tyto tabulky představují.

Sestavení převodových rovnic nebyla záležitost čistě matematická. Při návrhu metody, podle které by bylo bodové pole z Křovákovy zobrazení (dále Kz) převedeno do S-42 musela být uvažována různá, někdy i navzájem si odporující hlediska. Technologický postup, který vzešel sladěním všech požadavků, musel kromě jiných - pro naše vyšetřování nepodstatných - uvážit hlavně tyto okolnosti:

1. Přizpůsobení jednotné trigonometrické sítě síti astronomicko-geodetické, která je výsledkem souborného vyrovnání trigonometrických sítí lidově demokratických států, ve svém celku.

2. Vystihnutí lokálních změn Křovákovy trigonometrické sítě při zachování její vysoké místní přesnosti.

Astronomicko-geodetická síť není homogenní s jednotnou sítí - různé měření a metody vyrovnání - proto je zřejmé, že přizpůsobení jednotné sítě, můžeme říci zlepšení jejího tvaru, nutně poruší konformitu převodových rovnic.

Celková změna a menší místní změny tvaru sítě jsou do značné míry podchyceny matematicky v převodových rovnicích, získaných zvláštním graficko-početním způsobem (viz [1]). Rovnice reprezentují určité kartografické zobrazení, které, jak dále uvidíme, blíží se konformnímu zobrazení z roviny do roviny, mírně porušenému nápravou tvaru sítě.

Pro vytvoření geometrického názoru poukážeme na některé charakteristiky tohoto zobrazení. Přitom nám pomáhá okolnost, že převodové rovnice jsou sestaveny zvlášť pro každý triangulační list (TL), které tvoří v zobrazovaném území souvislou čtvercovou síť. Vyšetření obrazu této sítě čtverců v Kz v rovině S-42 nám utvoří velmi dobrý geometrický názor o vlastnostech zobrazení. Průhybem stran triangulačních listů, porušením jejich dělicího poměru a úhlovým zkreslením v rozích TL budou do značné míry charakterizovány obdobné veličiny u libovolného obrazce v prostoru TL po jeho transformaci.

### II. Odvození vzorců

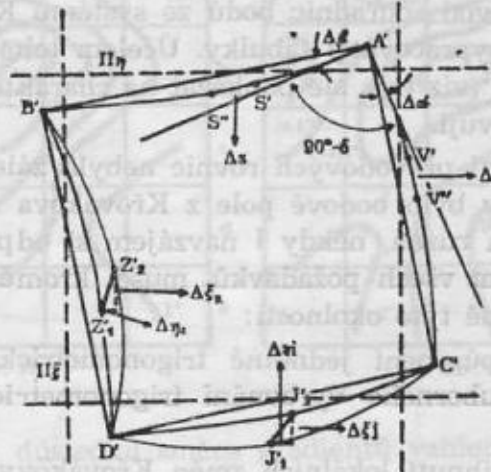
Na obrázku 1a je znázorněn triangulační list v Kz, na obr. 1b jeho obraz v rovině S-42. Dále označíme:

$A, B, C, D$ ( $A', B', C', D'$ )	...	rohy TL v Kz (S-42),
$S, Z, J, V$	...	středů stran TL v Kz,
$S', Z_1', J_1', V'$	...	obrazy středů stran TL v S-42. Tato poloha odpovídá rovnicím vztaženým k bodu A,
$Z_2'$	...	obraz Z - poloha odpovídá rovnicím vztaženým k bodu B,
$J_2'$	...	obraz J - poloha odpovídá rovnicím vztaženým k bodu C,
$S'', V''$	...	body, které dělí délky oblouků $A'B', A'C'$ na polovičku,

- $\Delta\alpha, \Delta\beta$  . . . směrové opravy ze zobrazení pro východní a severní stranu TL, které nám budou reprezentovat prohnutí stran TL,
- $90^\circ - \delta$  . . . úhel obrazů stran TL v bodě A',
- $\Delta_v, \Delta_s$  . . . délka úseků V'V'', S'S'',
- $\Delta\eta_z, \Delta\xi_z, \Delta\eta_1, \Delta\xi_1$  . . . souřadnicové difference mezi body Z'\_1Z'\_2, resp. J'\_1J'\_2,
- $\Delta\omega$  . . . maximální úhlové zkreslení v A.



Obr. 1a



Obr. 1b

Hodnoty  $\Delta\omega, \delta, \Delta\alpha, \Delta\beta, \Delta_v, \Delta_s, \Delta\eta_x, \Delta\xi_x, \Delta\eta_1, \Delta\xi_1$  budou nám charakterizovat geometrické vlastnosti zobrazení daného převodovými tabulkami.

**Přípravné vzorce.** Převodové rovnice mají pro každý TL tvar:

$$\eta = \eta_0 + \Delta y_y \cdot Z_y + \Delta y_x \cdot Z_x + \Delta y_{yy} \cdot K_y + \Delta y_{xx} \cdot K_x + \Delta y_{xy} \cdot Z_x \cdot Z_y \quad (1)$$

$$\xi = \xi_0 + \Delta x_y \cdot Z_y + \Delta x_x \cdot Z_x + \Delta x_{yy} \cdot K_y + \Delta x_{xx} \cdot K_x + \Delta x_{xy} \cdot Z_x \cdot Z_y$$

$$Z_y = (y - y_0) \cdot 10^{-4} ; Z_x = (x - x_0) \cdot 10^{-4}$$

$$K_y = \frac{1}{2} \cdot Z_y \cdot (1 - Z_y) ; K_x = \frac{1}{2} \cdot Z_x \cdot (1 - Z_x)$$

Zde  $y, x, (\eta, \xi)$  jsou souřadnice v Kz (S-42),  $y_0, x_0, (\eta_0, \xi_0)$  souřadnice bodu A, (A'),  $\Delta y_y, \Delta y_x, \dots$  atd. jsou koeficienty převodových rovnic z tabulek.

V případě konformity rovnic (1) musí platit:

$$\frac{\partial \xi}{\partial x} = \frac{\partial \eta}{\partial y} \quad \frac{\partial \xi}{\partial y} = - \frac{\partial \eta}{\partial x} \quad (2)$$

a též

$$\frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 \eta}{\partial x \partial y} \quad \frac{\partial^2 \xi}{\partial x \partial y} = \frac{\partial^2 \eta}{\partial y^2} \quad (3)$$

$$\frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2} = - \frac{\partial^2 \xi}{\partial x \partial y} \quad \frac{\partial^2 \eta}{\partial x \partial y} = - \frac{\partial^2 \xi}{\partial y^2}$$

Z (1) až (3) vyplývá:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \xi}{\partial x} &= 10^{-4} \cdot \left( \Delta x_x + \frac{1}{2} \Delta x_{xx} \right) + 10^{-4} \cdot \Delta x_{xx} \cdot (-x + x_0) + 10^{-4} \cdot \Delta x_{xy} \cdot (y - y_0) \\ \frac{\partial \xi}{\partial y} &= 10^{-4} \cdot \left( \Delta x_y + \frac{1}{2} \Delta x_{yy} \right) + 10^{-4} \cdot \Delta x_{yy} \cdot (-y + y_0) + 10^{-4} \cdot \Delta x_{xy} \cdot (x - x_0) \\ \frac{\partial \eta}{\partial x} &= 10^{-4} \cdot \left( \Delta y_x + \frac{1}{2} \Delta y_{xx} \right) + 10^{-4} \cdot \Delta y_{xx} \cdot (-x + x_0) + 10^{-4} \cdot \Delta y_{xy} \cdot (y - y_0) \end{aligned} \quad (4)$$



$$\frac{\partial \eta}{\partial y} = 10^{-4} \cdot \left( \Delta y_y + \frac{1}{2} \Delta y_{yy} \right) + 10^{-4} \cdot \Delta y_{yy} \cdot (-y + y_0) + 10^{-4} \cdot \Delta y_{xy} \cdot (x - x_0)$$

resp.

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2} &= -\Delta x_{xx} \cdot 10^{-4} ; \quad \frac{\partial^2 \eta}{\partial x \partial y} = +\Delta y_{xy} \cdot 10^{-4} ; \quad \frac{\partial^2 \xi}{\partial x \partial y} = \Delta x_{xy} \cdot 10^{-4} ; \quad \frac{\partial^2 \eta}{\partial y^2} = -\Delta y_{yy} \cdot 10^{-4} \\ \frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2} &= -\Delta y_{xx} \cdot 10^{-4} ; \quad -\frac{\partial^2 \xi}{\partial x \partial y} = -\Delta x_{xy} \cdot 10^{-4} ; \quad \frac{\partial^2 \eta}{\partial x \partial y} = \Delta y_{xy} \cdot 10^{-4} ; \\ &-\frac{\partial^2 \xi}{\partial y^2} = +\Delta x_{yy} \cdot 10^{-4} \end{aligned} \quad (5)$$

Jestliže sledujeme v tabulkách hodnoty ve sloupcích  $\Delta y_{yy}$ ,  $\Delta y_{xx}$ ,  $\Delta y_{xy}$ , vidíme, že podle (5) platí v případě konformity:

$$\begin{aligned} \Delta y_{yy} + \Delta y_{xx} &= 0 \\ \Delta y_{xx} &= \Delta x_{xy} \end{aligned} \quad (6)$$

Podobně pro hodnoty  $\Delta x_{yy}$ ,  $\Delta x_{xx}$  a  $\Delta y_{xy}$  platí:

$$\begin{aligned} \Delta x_{yy} + \Delta x_{xx} &= 0 \\ \Delta y_{xy} &= \Delta x_{yy} \end{aligned} \quad (7)$$

Nápadné porušení vztahů (6) a (7) v tabulkách nás upozorňuje na nekonformitu převodových rovnic (1). Pomocí (6) a (7) můžeme velmi snadno zjistit prostor, v kterém je konformita tabulek porušena. Za míru deformace konformity přijmeme hodnoty  $\delta_1$  a  $\delta_2$ , které obdržíme z (2):

$$\delta_1 = - \left( \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{\partial \xi}{\partial y} \right) ; \quad \delta_2 = \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{\partial \xi}{\partial x} \quad (8)$$

pro bod A (severovýchodní roh TL), kde ve (4) vypadnou členy násobené  $x$  a  $y$ , platí:

$$\begin{aligned} \delta_1 |_A &= -10^{-4} \cdot \left( \Delta y_x + \frac{1}{2} \Delta y_{xx} + \Delta x_y + \frac{1}{2} \Delta x_{yy} \right) \\ \delta_2 |_A &= +10^{-4} \cdot \left( \Delta y_y + \frac{1}{2} \Delta y_{yy} - \Delta x_x - \frac{1}{2} \Delta x_{xx} \right) \end{aligned} \quad (9)$$

Dále označíme:

$$E = \xi_x^2 + \eta_x^2 ; \quad F = \xi_x \xi_y + \eta_x \eta_y ; \quad G = \xi_y^2 + \eta_y^2$$

Při uvážení (8) platí:

$$\begin{aligned} E &= \xi_x^2 + \eta_x^2 \\ F &= -\delta_1 \cdot \xi_x + \delta_2 \cdot \eta_x \\ G &= E + 2 \cdot (\delta_1 \cdot \eta_x + \delta_2 \cdot \xi_x) \end{aligned} \quad (10)$$

V (10) jsou zanedbány členy  $\delta_1^2$ ,  $\delta_2^2$ ,  $\delta_1 \delta_2$ , ... atd. Dále je potřebné upozornit na to, že rovnice (1) nebudou podmínky (2) a (3) porušovat příliš, tedy hodnoty  $\delta_1$ ,  $\delta_2$  v (9) budou velmi malé veličiny – řádu cca  $10^{-5}$  – a hodnoty  $E$ ,  $F$ ,  $G$  splňují přibližně vztahy:

$$\begin{aligned} E &\doteq G \doteq 1 \\ F &\doteq 0 \end{aligned}$$

a) Maximální úhlové zkreslení  $\Delta \omega$ . Platí:

$$m^2 = E \cos^2 \alpha + 2F \cdot \sin \alpha \cos \alpha + G \sin^2 \alpha$$

Zde je:  $m$  . . . modul délkového zkreslení zobrazení Kz - S-42,  
 $\alpha$  . . . jižník délkového elementu v Kz.

Pro jižník  $\alpha_0$  extrémního zkreslení platí:

$$\operatorname{tg} 2\alpha_0 = \frac{2F}{E - G}$$

a pro velikost  $m$  v extrémních směrech platí:

$$m_1^2 = m_{\max}^2 = \frac{1}{2 \cdot \sqrt{(E - G)^2 + 4F^2}} \cdot \left\{ (E + G) \cdot \sqrt{(E - G)^2 + 4F^2} + [(E - G)^2 + 4F^2] \right\} \quad (11)$$

$$m_2^2 = m_{\min}^2 = \frac{1}{2 \cdot \sqrt{(E - G)^2 + 4F^2}} \cdot \left\{ (E + G) \cdot \sqrt{(E - G)^2 + 4F^2} - [(E - G)^2 + 4F^2] \right\}$$

Pro maximální zkreslení v úhlu platí:

$$\sin \frac{\Delta\omega}{2} = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} = \frac{m_1^2 - m_2^2}{(m_1 + m_2)^2} \quad (12)$$

Jestliže nahradíme funkci sinus argumentem, do (12) dosadíme (11) a uvážíme vztah:

$$m_1 \cdot m_2 = \sqrt{EG - F^2},$$

máme

$$\Delta\omega'' = 2\rho'' \cdot \frac{\sqrt{(E - G)^2 + 4F^2}}{E + G + 2\sqrt{EG - F^2}} \quad (13)$$

Dosazením (10) do (13) a úpravou máme pro náš případ s dostatečnou přesností:

$$\Delta\omega'' = \rho'' \cdot \sqrt{\delta_1^2 + \delta_2^2}$$

b) Úhel obrazů stran triangulačního listu. Pro radiusvektor v S-42 platí:

$$\bar{r} = \xi(x, y) \cdot i + \eta(x, y) \cdot j$$

Zde  $i$  a  $j$  jsou jednotkové vektory ve směru souřadných os  $\xi$  a  $\eta$ . Dále platí:

$$\begin{aligned} \bar{r}_x &= \xi_x \cdot i + \eta_x \cdot j \\ \bar{r}_y &= \xi_y \cdot i + \eta_y \cdot j \\ |\bar{r}_x| &= \sqrt{E}; \quad |\bar{r}_y| = \sqrt{G}; \quad \bar{r}_x \cdot \bar{r}_y = F \end{aligned} \quad (14)$$

V posledním vztahu tečka značí skalární součin. Jestliže úhel obrazů stran triangulačního listu označíme  $90^\circ - \delta$  podle (14) - viz též obr. 1b - platí:

$$\cos(90^\circ - \delta) = \frac{F}{\sqrt{EG}} \quad (15)$$

Z (15) a (10) lehce dostaneme s potřebnou přesností

$$\delta'' = \rho'' \cdot 10^{-4} \cdot (-\delta_1 \cdot \Delta x_x + \delta_2 \cdot \Delta y_x)$$

c) Prohnutí severního a východního obrazu strany triangulačního listu.

Označíme:  $\alpha'$  . . . severník tečny obrazu strany TL a  $A'$ ;  
 $\alpha$  . . . severník přímé spojnice bodů  $A' C'$ ;  
 $\beta'$  } . . . analogické hodnoty pro severní stranu TL.  
 $\beta$  }

Platí:

$$\operatorname{tg} \alpha' = \frac{\partial \eta}{\partial x}; \quad \frac{\partial \xi}{\partial x} \Big|_A; \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta y_x}{\Delta x_x}; \quad \operatorname{tg} \alpha' - \operatorname{tg} \alpha = \frac{\sin(\alpha' - \alpha)}{\cos \alpha \cdot \cos \alpha'}$$

Úpravou a vypuštěním členů pro náš případ nepodstatných máme:

$$(\alpha' - \alpha)'' = -\Delta\alpha'' = \frac{1}{2} \cdot 10^{-8} \cdot \rho'' \cdot (\Delta x_x \cdot \Delta y_{xx} - \Delta y_x \cdot \Delta x_{xx})$$

a analogicky

$$(\beta' - \beta)'' = -\Delta\beta'' = \frac{1}{2} \cdot 10^{-8} \cdot \rho'' \cdot (\Delta x_y \cdot \Delta y_{yy} - \Delta y_y \cdot \Delta x_{yy})$$

Pro maximální prohnutí východní a severní strany platí zřejmě s dostatečnou přesností:

$$d_v = \frac{1}{4\rho''} \cdot 10^4 \cdot \Delta\alpha'' ; d_s = \frac{1}{4\rho''} \cdot 10^4 \cdot \Delta\beta''$$

přibližně též

$$(d_v)_{em} = 1,25 \cdot \Delta\alpha'' ; (d_s)_{em} = 1,25 \cdot \Delta\beta''$$

Zde je potřebné poznamenat, že esovitě prohnutí křivky při tomto zobrazení prakticky nenastává a z posledních vzorců dostáváme maximální prohnutí, jaké může pro jednu nebo druhou stranu nastat. Obrazy stran TL jsou prakticky vzato velmi mírně zakřivené parabolické oblouky.

d) *Porušení dělicího poměru.* Jako kritérium pro toto porušení přijmeme hodnoty  $\Delta$  a  $\Delta_s$  (viz obr. 1b). Pro východní stranu platí podle (1):

$$\eta = \eta^{(x)} ; \xi = \xi^{(x)}$$

$$d\sigma^2 = (\eta_x^2 + \xi_x^2) \cdot dx^2$$

$d\sigma$  je délkový element obrazu východní strany TL

$$\eta_x = 10^{-4} \cdot (\Delta y_x + \frac{1}{2} \Delta y_{xx}) - 10^{-4} \cdot \Delta y_{xx} \cdot (x - x_0) ;$$

$$\xi_x = 10^{-4} \cdot (\Delta x_x + \frac{1}{2} \Delta x_{xx}) - 10^{-4} \cdot \Delta x_{xx} \cdot (x - x_0)$$

$$\sigma = \sqrt{\eta_{x_0}^2 + \xi_{x_0}^2} \cdot \int_0^x \left\{ 1 + \frac{\eta_{x_0} \eta_{xx_0} + \xi_{x_0} \xi_{xx_0}}{\eta_{x_0}^2 + \xi_{x_0}^2} \cdot (x - x_0) + \dots \right\} dx$$

Nulovým indexem značíme, že derivace se vztahují k bodu A. Jestliže za horní mez integrálu dosadíme jednak souřadnice bodu C, jednak souřadnice bodu V, dostáváme snadno hodnotu

$$\frac{1}{2} \sigma_{AC} - \sigma_{AV} = \Delta_v = + \frac{1}{8} \cdot 10^{-4} \cdot (-\Delta y_x \cdot \Delta y_{xx} - \Delta x_x \cdot \Delta x_{xx})$$

a analogicky:

$$\Delta_s = \frac{1}{8} \cdot 10^{-4} \cdot (-\Delta y_y \cdot \Delta y_{yy} - \Delta x_y \cdot \Delta x_{yy})$$

e) *Nespojitost zobrazení na okrajích TL.* Převodové rovnice jsou platné pro prostor jednoho triangulačního ilistu. Spojitost zobrazení, jak vyplývá z technologického postupu pro sestavení převodových rovnic na stycích TL, je mírně porušena. Velikost této nespojitosti posoudíme pro západní okraj z výrazů:

$$\Delta\eta_z = (\Delta y_{xx} |_B - \Delta y_{xx} |_A) \cdot K_x$$

$$\Delta\xi_x = (\Delta x_{xx} |_B - \Delta x_{xx} |_A) \cdot K_x$$



a pro jižní okraj z výrazů:

$$\Delta\eta_1 = (\Delta y_{yy} |_C - \Delta y_{yy} |_A) \cdot K_y$$

$$\Delta\xi_1 = (\Delta x_{yy} |_C - \Delta x_{yy} |_A) \cdot K_y$$

kteří obdržíme lehce z (1) (viz též obr. 1b).

Z posledních výrazů vidíme, že obrazy čtverců triangulačních listů se nepřikládají plynule k sobě, ale o malou hodnotu se překrývají, resp. rozevřají. Jestliže okraj jednoho listu považujeme za přímku, rozevření (překryt) probíhá parabolicky tak, že v koncových bodech styčné strany jsou rozdíly nulové, maximální odchylka je v bodě  $Z'$ , resp.  $J'$ , tedy ve středu strany, protože zde členy  $K_x$  a  $K_y$  získávají maximální hodnotu 0,125. Pro průběh paraboly je charakteristické, že poměry  $\Delta\eta_x : \Delta\xi_x$ , resp.  $\Delta\eta_1 : \Delta\xi_1$ , zůstávají konstantní a celá parabola je v afinním vztahu k parabole, která znázorňuje průběh koeficientů  $K_x$  a  $K_y$ .

### III. Číselný příklad

Pro vytvoření názoru o velikosti hodnot  $\Delta\omega$  až  $\Delta\eta_1$  a  $\Delta\xi_1$  byly v prostoru jednoho ZTL (základní triangulační list) tyto hodnoty vypočítány a sestaveny do tabulky:

Viz tabulka 1

V tabulce kladné znaménko u  $\Delta\alpha$  ( $\Delta\beta$ ) značí, že strana  $TL$  je vypuklá na východ (jih), záporné znaménko značí vypuklost na západ (sever). Kladné znaménko u  $\Delta_s$  ( $\Delta_v$ ) znamená, že  $S'$  ( $V'$ ) se posunul na východ (sever), záporné znaménko značí posun na západ (jih). Podle obr. 1b podobně určíme směr změny ostatních hodnot. Pomocí uvedených hodnot můžeme též vypočítat např. úhel  $\sphericalangle C'A'B'$  podle vztahu:

$$\sphericalangle C'A'B' = 90^\circ - \delta + \Delta\beta - \Delta\alpha$$

(Je snad zbytečné podotýkat, že tentýž úhel získáme rozdílem směrniců v bodě  $A'$ ).

### IV. Závěr

Na základě předchozích úvah a vyčíslených hodnot můžeme charakterizovat zobrazení reprezentované převodovými rovnicemi přibližně takto: Zobrazení je definováno množinou převodových rovnic, které jsou platné pro plochu jednoho triangulačního listu s výjimkou jižní a západní strany. Zobrazení není a nemůže být konformní, je úplně obecné, nezachovává délky, úhly a plochy. Na stycích triangulačních listů je velmi mírně nespojitě - viz hodnoty  $\Delta\eta_x$ ,  $\Delta\xi_x$ ,  $\Delta\eta_1$ ,  $\Delta\xi_1$ ; tuto okolnost je nutno zvláště uvážit v případě inverzních převodů S-42 - Kz. Mezi obrazy  $TL$  v rovině S-42 vznikají několik málo milimetrů široké proužky měsíčkovitého tvaru, v jejichž prostoru v rovině Kz neexistují korespondující body (rozevření), resp. existují dva (překryt). Přímka procházející v Kz přes několik  $TL$  zobrazuje se jako zakřivená čára (na stycích  $TL$  přetržitá), která ve svém celkovém průběhu je charakterizována průběhem křivky v konformním zobrazení, ve svých menších úsecích však sleduje částečně změnu tvaru trigonometrické sítě. Geometricky dostatečný obraz získáváme již ze znalosti obrazů čtvercové sítě  $TL$ . Je totiž zřejmé, že i obraz obecně položené přímky je dosti dobře charakterizován průběhem obrazů stran  $TL$ . Podobná úvaha platí i o obrazech jiných geometrických rovinných útvarů.

Pro všechny účely, kdy se spokojujeme s přesností 1 až 2 cm na vzdálenost 1 km (cca přesnost relativního určení trigonometrických bodů V. řádu), zobrazení je konformní a podržuje si tedy všechny charakteristické vlastnosti tohoto zobrazení. Vlastní porušení konformity, které je způsobeno převedením sítě, probíhá povlovně tak, že nenarušuje vysokou lokální přesnost trigonometrické sítě Křovákovy. Na první pohled některé velké

TL

(ΔS) mm Δβ'' δ''

(Δz) mm Δω'' Δα''

(Δξz) mm (ΔV) mm

(Δzj) Δξj) mm

ZTL

7

7

7

7

7

-54 -1'',05 -4'',10 +3,24	-64 -0'',83 -3'',75 +3,01	-69 -0'',94 -4'',35 +2,64	-71 +0'',22 -2'',62 +3,78	-70 -0'',20 -2'',73 +4,08
- 8 5'',16 +6'',29 + 3 -13	+ 4 4'',70 +5'',93 + 4 -16	- 1 4'',46 +6'',05 - 4 -12	- 6 2'',63 +6'',62 - 8 - 5	- 1 2'',81 +6'',66 ∅ - 6
-5 +5	+4 +3	+1 -3	-6 +4	-1 -8
-59 -1'',53 -1'',73 +5,47	-60 -1'',03 -3'',34 +4 12	-68 -0'',66 -2'',27 +4,54	-76 -0'',13 -0'',10 +6,07	-69 -0'',85 -2'',15 +5,19
- 3 2'',54 +5'',67 - 9 -18	- 9 3'',88 +6'',43 - 3 -16	+ 4 2'',33 +6'',15 - 4 -11	+ 1 0'',78 +6'',04 + 1 -12	- 5 2'',19 +6'',49 - 3 -10
-1 -5	-9 +2	+6 +4	-1 +7	-6 ∅
-61 -1'',16 +0'',78 +7,10	-68 -1'',30 -0'',23 +6,66	-61 -0'',97 -0'',99 +5,97	-76 -0'',73 -0'',95 +6,11	-76 -0'',88 -1'',40 +6,06
∅ 1'',36 +5'',16 + 6 -22	- 4 0'',93 +5'',59 -10 -12	- 4 1'',36 +5'',99 - 2 -10	- 4 1'',53 +6'',33 - 3 - 7	- 3 1'',73 +6'',58 + 1 - 8
-2 -2	-3 -3	-6 +5	+2 +2	0 -4
-63 -1'',04 -0'',41 +6,36	-72 -1'',07 +0'',62 +7,25	-67 -1'',43 -1'',05 +6,38	-74 -0'',89 -0'',52 +6,80	-75 -1'',18 -1'',16 +6,73
- 4 0'',43 +5'',73 - 6 -21	+ 2 0'',62 +5'',56 + 5 -26	- 4 1'',26 +6'',00 - 8 -19	- 5 0'',89 +6'',43 - 4 -15	- 3 1'',28 +6'',71 - 5 -10
-5 +17	0 +12	-6 -3	+1 +3	0 -1
-65 -2'',51 -0'',68 +7,69	-70 -2'',09 -2'',08 +6,14	-73 -1'',27 -1'',01 +6,51	-72 -1'',14 -0'',23 +7,36	-76 -1'',11 +0'',14 +7,90
∅ 1'',88 +5'',86 - 4 -10	- 3 3'',05 +6'',13 - 1 -10	- 2 1'',53 +6'',25 + 5 -15	- 3 0'',41 +6'',45 - 4 -19	- 2 0'',54 +6'',65 - 2 -17
-8 -9	-5 +1	0 +10	+1 ∅	-2 ∅

hodnoty maximálního úhlového zkreslení  $\Delta\omega''$  musíme chápat s rezervou, s vědomím, že touto hodnotou je vystiženo difereciální okolí bodu  $A$ . Např. hodnota  $\Delta\omega'' = 5''$  znamená ve směru změny  $2,5''$ , kterážto hodnota na vzdálenost 1 km představuje příčný posun asi 1 cm. Zde je třeba podotknout, že tvar sítě ve svém celkovém průběhu ani zdaleka nepodlehla takovýmto deformacím. Blíže viz [1]. Vidíme to též podle průběhu hodnot  $\Delta\alpha$ ,  $\Delta\beta$ , které ne-representují nejbližší okolí bodu  $A$ , ale celkový průběh stran dlouhých 10 km. Uvedené hodnoty až na několik milimetrů odpovídají hodnotám přísně konformního zobrazení  $Kz$  - Gauss. Podobné připomínky platí o hodnotách  $\Delta\alpha$  a  $\Delta\beta$ . Centimetrovou shodu s konformním zobrazením můžeme si též ověřit porovnáním modulů délkového zkreslení ve směru os  $x$  a  $y$   $Kz$  v bodě  $A$  mezi konformním obrazem a obrazem v 52v.\*

Pro práce grafické je třeba podotknout, že pro měřítko 1:1 000 a menší jsou obrazy kilometrových čar  $Kz$  přímky ( $\Delta\alpha'' = 10''$  představuje prohnutí ve straně  $TL$  v měřítku 1:1 000 cca 0,1 mm), čtverce triangulačních listů jsou opět čtverce (rozdíly v délce spojnic bodů  $A'B'$  a  $C'D'$  resp.  $A'C'$  a  $B'D'$  nepřesáhne grafickou přesnost v měřítku 1:1 000). Je snad zbytečné poznamenávat, že v mapě 1:1 000 strana  $TL$  je dlouhá 1 m! Zákres tak dlouhých kilometrových čar se v praxi vyskytne jen výjimečně.

Z této velmi stručné geometrické charakteristiky převodových tabulek vidíme, že tabulky umožní převést souřadnice všech bodů  $Kz$  do S-42 bez násilného porušení tvaru trigonometrické sítě a vysoké relativní přesnosti jejich bodů, spojí naši síť se sítěmi sousedních lidově demokratických států, zlepší celkový tvar a uložení sítě na Krasovského elipsoidu a kromě toho - viz [1] - umožní značnou mechanizaci převodových prací.

#### Literatura:

- [1] Cimbálník M.: Transformation des tschechoslowakischen trigonometrischen Einheitsnetzes in das internationale System (Studia geophysica et geodaetica 4/1960).  
 [2] Finíkov: Kurs diferenciaInoj geometrii.

Ing. Zdeněk Jelínek, VZÚ

## Dokumentace grafických a štábních zákresů v polních podmínkách

Fotografická dokumentace průběhu bojové činnosti v určité její fázi je důležitým a velice všeobecně požadovaným prostředkem, který usnadňuje zpětné rozborové řešení úkolů.

V podstatě jde o zhotovení dokumentace zákresu taktické situace v určitém časovém úseku, provedené v nejkratším čase minimálním počtem snímků bez podstatného narušení provozu ve voze typu „Miloš“.

Pokládám za vhodné, aby příslušníci VTS byli seznámeni se současným stavem řešení tohoto úkolu. Zdánlivá technická dokonalost dnešní fotografie svádí mnohdy k domněnce, že při snímání mapy se zákresem situace nemohou vyskytnout žádné problémy, když i amatérské snímky jsou vysoce kvalitní a často jsou na nich zobrazeny i malé detaily.

Při dokumentaci grafických zákresů na mapách se používá, jak bude dále ukázáno, minimálně 24násobné zmenšení. V tomto případě budou mít jemné a malé prvky mapy na negativu rozměr vyjádřený v setinách milimetru. Tím se dostáváme do oboru tzv. reprodukce malých detailů, kdy se rušivě uplatňují určité vlivy, které snižují kvalitu mikronegativu až

\* Modul ve směru osy  $x$ ,  $m_x = E$ , ve směru osy  $y$ ,  $m_y = G$ . Viz též (10). Při konformním zobrazení platí  $m_x = m_y$ , v případě našeho zobrazení je

$$m_y = m_x + (\eta_x \delta_1 + \xi_x \delta_2) + \dots$$



k neupotřebitelnosti pro daný účel. K tomu je třeba dodat, že v uvedeném případě nejde o mikrodokumentaci map s cílem jejich pozdějšího zpětného zvětšení a rozmnožení např. ofsetem. Jde tu pouze o dosažení čitelnosti zpětně zvětšeného snímku, aniž se přihlíží ke kvalitě zvětšených prvků předlohy a k zachování přesných rozměrů reprodukované mapy. Přesto nejsou podmínky reprodukce jednoduché. Snímání se provádí ve voze, kde je nedostatek volného prostoru, v polních podmínkách, snímá se soulep map rozměru 270 × 110 cm za plného polního provozu a v co nejkratší době.

V tomto článku není možné teoreticky rozvádět důvody složitosti problému, který závisí na vlastnostech použité optiky a citlivého materiálu; k tomu je zapotřebí, aby si čtenář vše vyjasnil v příslušné odborné fotografické literatuře. Zde se pokusím popsat pouze metodu dokumentace a v krátkosti objasnit pouze nejzákladnější teoretické problémy související s otázkou reprodukce.

Nejprve se zmíním o průběhu řešení skutečné fotoreprodukční mikrodokumentace map z hlediska funkce halogenostříbrného fotografického materiálu. S mikrodokumentací map se u nás ve vojenské topografické službě a na VAAZ v Brně začalo před 10 lety. Při řešení úkolů bylo zjištěno, že nejde-li o speciální fotografické přístroje a materiály, není možné počítat s více než čtyřnásobným fotografickým zmenšením předlohy pro dosažení kvalitní zpětné reprodukce [5]. Z práce prof. Lauschmanna (1957) např. vyplývá, že překročí-li se zmíněná mez, nastává na halogenostříbrných zrnech světelný rozptyl ve světlocitlivé vrstvě. Tato difúze světla pak způsobuje ztrátu možnosti reprodukovat čáry, jejichž lineární rozměr po zmenšení je menší než tloušťka fotografické vrstvy; tím dochází ke ztrátě podrobnosti obsahu mapy při zpětné reprodukci. Ještě ve větší míře se samozřejmě tento jev projeví u barevného třívrstvého materiálu, který je proto pro tento obor prakticky vyloučen.

Kromě vad způsobených vlastnostmi fotografických materiálů přispívají ke zhoršení kvality zpětné reprodukce optické vady, dané kromě jiného i použitím objektivů různých soustav při pracovních pochodech (zmenšení předlohy — zvětšení do původního měřítk).

Otázky spojené s reprodukcí malého detailu jsou řešeny ve výzkumné zprávě ing. Ježka pplk. ing. Kosaře „Mikrodokumentace topografických map“ (1967). Výsledky této práce dokazují, že pro mikrodokumentaci map je třeba použít speciálních přístrojů a citlivých vrstev s výjimečnými schopnostmi pro snímání malých detailů. Výňatky z této práce budou rovněž uveřejněny ve VTO, a proto není třeba, abych se obsírněji zabýval teorií reprodukce malého detailu.

Dnes je v mikrodokumentaci stav takový, že sice lze tento problém v hlavních rysech považovat za vyřešený, ale pouze pro reprodukci jedné mapy ve zvláštních podmínkách (např. přístroj MIKROBOX, materiál Kodak).

Při dokumentaci v bojových podmínkách bylo třeba vyjít ze zcela jiných základů. Bylo nutné zpracovat úkol nejprve teoreticky a pak při řešení přistupovat po etapách k realizaci. Předchozí řešitelé tohoto úkolu postupovali tak, jak jedině je možné. Práci vykonávali pouze ve voze „Miloš“ nebo v podmínkách tomu odpovídajících. Znamená to reprodukovat soulep map z maximální vzdálenosti 180-200 cm (viz schéma obr. 6 a 7). Ke snímání používali nejsemněji dosažitelných komor amatérských (např. Praktisix) s objektivy různých ohniskových vzdáleností a amatérských materiálů (Foma, Dekopan apod.). Výsledky, kterých dosáhli, nebyly uspokojivé. Tak např. bylo doporučováno snímat soulep map 8 snímky ze vzdálenosti 130 cm přístrojem Praktisix s objektivem Tessar 2,8/80 mm. Toto řešení nebylo výhodné právě pro nutnost osminásobného snímání mapy. Čitelnost snímků přirozeně byla dobrá. [1]

Při řešení se narazilo na důležitý problém. Při zadání úkolu bylo nutné znát míru čitelnosti dokumentované mapy. Jestliže by byl kladen požadavek naprosto ostré zpětné reprodukce, pak by nebylo vyhnutí, než snímat soulep co největším počtem snímků, aby obrazy map byly na světlocitlivé vrstvě co největší. Postačí-li však pouhá čitelnost (nikoli ostrost) reprodukované mapy, může se značně zmenšit počet snímků nutných k obsazení celého soulepu. Velmi závažným je ovšem u map pojem čitelnosti a s ním související reprodukce. Pro objasnění předkládám malý příklad:

Na soulepu nejčastěji používaných map 1 : 500 000 umístěných ve voze „Miloš“ je nejmenší písmo vysoké zhruba 2 mm. Je-li třeba toto písmo na mapě číst, je nutné, aby normální lidské oko bylo od mapy vzdáleno asi 35 cm. Pak však přirozeně uniká přehled celého válčiště mapy. Naopak, jde-li pouze o přehled, postačí postavit se do takové vzdálenosti, kde je vidět celý soulep. Potom ovšem již není mapa v podrobnostech čitelná. Tomu je nutné podřídit celou dokumentaci. Jestliže postačí přehled, není dokumentace problémem a vyhoví každý lepší fotoaparát. Naopak při požadavku úplné čitelnosti i nejmenších písmen je nutné použít speciálního přístroje i materiálů.

Z toho je nutné vycházet při dokumentaci zakreslené bojové situace, neboť po vyfotografování je třeba opět ji převést zpětnou reprodukcí do takové velikosti, aby i nejmenší písmo bylo čitelné. Za předpokladu, že by bylo nejmenší písmo čitelné ve velikosti 1 mm, dosáhla by zvětšenina soulepu velikosti 135 × 55 cm. To již je zvětšenina v bojových podmínkách velmi těžko zhotovitelná. Nehledě ke skutečnosti, že písmo 1 mm vysoké se již skutečně špatně čte.

Z tohoto důvodu zvolil jsem jako konečný produkt dokumentace negativ jako výsledek jediný, a proto nejméně zkreslené fotografické reprodukce. Negativ lze v diaprojektoru vždy libovolně promítnout a zvětšit. Jak ukázaly výsledky, je čitelnost vyhovující. Využitím negativu se kromě toho šetří čas potřebný ke zhotovení pozitivů dokumentovaných map.

Až dosud byl problém dokumentace rozebírán pouze ze širokého hlediska. Dále bych se chtěl krátce zmínit o přístrojích a materiálech, které dřívější řešitelé používali. Prakticky se vždy vycházelo z okamžitě nejlépe dostupných přístrojů a materiálů, tj. používaly se amatérské fotografické přístroje i filmy [1]. Zkoušen byl materiál 35 a 60 mm široký, černobílý i barevný (negativní i inverzní). Z důvodů vpředu uvedených se naprosto neosvědčila širší film 35 mm a veškerý barevný materiál. Pro dokumentaci byla hlavně používána komora Praktisix, jednooká zrcadlovka formátu 6 × 6 cm. Jako přednost byla uváděna možnost přesného zaostření mapy u tohoto přístroje. Jak známo, má amatérský film značně vyrovnávací účinek a relativně nízké gama. Z těchto důvodů nemohly být výsledky reprodukce map vyhovující. Rovněž zrnitost používaných materiálů (Foma 21/10 DIN, 17/10 DIN, Dekopan 17/10 DIN) hrála důležitou roli a znemožňovala dosažení potřebné čitelnosti při zvětšení. K dosažení kvalitnějších reprodukcí bylo nutné použít jiných, vhodnějších přístrojů i materiálů, jak bude uvedeno dále.

Jednoduchým přezkoušením bylo dokázáno, že předpokládaná výhoda přesného zaostřování u jednooké zrcadlovky Praktisix je vhodná pro amatérskou fotografii, nikoli však pro reprodukci map. Do komory s objektivem Zeiss Tessar 2,8/80 mm byla místo světlocitlivého materiálu vložena matnice a kontrolováno zaostřování mapy ze vzdálenosti 200 cm přes zrcadlo a přímo na matnici. Na zaostřovacím prstenci byl shledán rozdíl téměř 20 cm! Zaostřováno bylo přes zvětšovací lupu na matnici a běžným způsobem přes zrcadlo. Zjištěný rozdíl při vzdálenosti 200 cm nemůže vadit amatérské fotografii, ale rozhodně vadí při velkém zmenšení obrazu, chceme-li obsáhnout 2–3 snímky celý daný soulep. Prakticky to znamená 24násobné zmenšení a v tom případě je již výška nejmenšího písma na negativu pouze 0,04 mm. Další závadou běžné amatérské komory je, že filmový materiál se ve snímkovém rámu nedostatečně vyrovná, a to vlivem vlastního pružení a vlastní nerovnosti. Tím vzniknou další místní rozostření.

V další stati jsou uvedeny nejdůležitější údaje o průběhu řešení úkolu, o použitých zařízeních, materiálech a jejich zpracování, o osvětlení a vnitřní úpravě vozu „Miloš“, nutné pro dosažení uspokojivé dokumentace.

### Velikost dokumentovaného soulepu

Předpokládá se, že bude dokumentován zakresl taktické situace na soulepu map 1 : 500 000 umístěných na stěně vozu „Miloš“. Velikost soulepu je dána velikostí podložené dřevěné desky. Maximálně lze na desku umístit soulep 18 listů, z toho 12 celých a 6 polovič-



ních map. Celkový rozměr soulepu je  $270 \times 110$  cm. Maximální vzdálenost map od protější stěny vozu je asi 200 cm. Této základní podmínce byly všechny zkoušky podřízeny.



Obr. 1. Schematické znázornění soulepu map ve voze „Miloš“ ( $270 \times 110$  cm)

Jak již bylo v úvodu uvedeno, není pro tento účel vhodný žádný amatérský přístroj. Přesto však lze při malé úpravě a se zřetelem na základní podmínky alespoň zkušebně použít každý přesnější přístroj. Z těchto důvodů byl použit přístroj Praktisix formátu  $6 \times 6$  cm. Jak již bylo uvedeno, je uvedený formát  $6 \times 6$  cm nejmenší, který je ještě schopen podat kvalitní reprodukci dokumentu.

Bylo uvažováno o použití přístrojů větších formátů, ale proti nim mluvila řada závažných důvodů:

1. málo prostoru ve voze (přístroj by překážel);
2. nutnost použití desek (zajištění naprosté rovinnosti filmu je technicky náročné) a tím i zpomalování fotografování;
3. nutnost použití širokoúhlého objektivu. (Dokumentace by tím byla v rozích obrazu zatížena trvale chybou způsobenou větší sférickou vadou každého širokoúhlého objektivu.)

Proto je nejvýhodnější přístroj formátu  $6 \times 6$  nebo max.  $7 \times 7$  cm. Použitý přístroj Praktisix byl jednoduše upraven pro snímání tak, že se nepoužívalo svitkového filmu, nýbrž filmu řezaného do formátu a rovinně jištěného pouze přitlačením pérové destičky na zadní stěně přístroje. S chybami, které by vznikly nerovností filmu, bylo nutné počítat. Jejich odstranění v navrhovaném přístroji by bylo jednoduché a kvalita reprodukce by stoupla. Ostření se provádělo ze vzdálenosti 200 cm na skleněnou matnici lupou a jednorázově. Přístroj byl v této vzdálenosti trvale fixován a během práce byla ostrost kontrolována lupou. Toto řešení neodporuje konečnému návrhu, který rovněž vychází z požadavku přístroje upevněného a trvale zaostřeného na stěně vozu. Snímkový rámec přístroje má rozměry  $56 \times 56$  mm; tzn., je-li nutné dvěma snímky obsáhnout celý soulep, je zapotřebí dosáhnout zhruba 24násobného zmenšení na matnici přístroje. Velikost jedné mapy 1 : 500 000 je pak 17–18,5 mm. Shodou okolností bylo zjištěno zkouškami, že velikost obrazu mapy 17 mm je pro použité materiály hranicí zmenšení. Větší zmenšení se projeví u objektivu Tessar 2,8/80 mm již tím, že nelze číst nejmenší písmo mapy.

### Objektiv

V tabulce I je možno vyčíst hodnoty velikosti zobrazené plochy při různých vzdálenostech objektivu od originálu při velikosti obrazové plochy  $56 \times 56$  mm.

Velikosti stran obrazového pole pro objektivy Tessar 2,8/80 mm, Flektogon 2,8/65 mm a Flektogon 4/50 mm.

Nemá-li velikost obrazu jedné mapy klesnout pod 18 mm, je třeba, aby vzdálenosti objektivů od soulepu map byly pro:

Tessar 2,8/80 mm	190 cm,
Flektogon 2,8/65 mm	155 cm,
Flektogon 4/50 mm	120 cm.

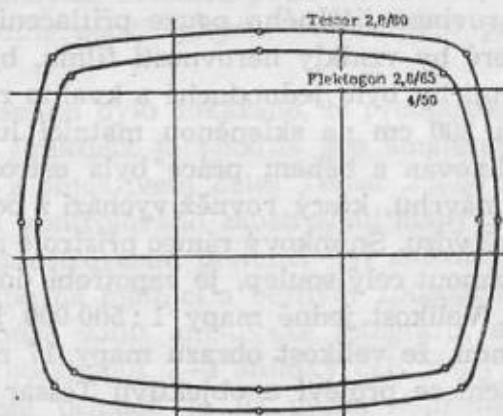


Nastavením optiky přístroje na uvedené vzdálenosti je zaručeno, že celý soulep 270 × 110 cm lze plně obsáhnout dvěma snímky, což také bylo zkouškami plně potvrzeno.

TESSAR 2,8/80 mm							
Vzdálenost v cm	100	110	120	130	150	170	200
Strana čtverce obrazového pole v cm	70	77	84	91	105	119	140
FLEKTOGON 2,8/65 mm							
Strana čtverce obrazového pole v cm	86	95	103	112	129	146	173
FLEKTOGON 4/50 mm							
Strana čtverce obrazového pole v cm	112	123	134	146	168	191	224

Tab. I

Použití širokoúhlých objektivů typu Flektogon není výhodné ze dvou důvodů. Prvním je okolnost, že dosažení optimální velikosti jedné mapy (18 mm) vyžaduje, aby aparát byl umístěn mimo stěnu na stativu. Použití stativu však jednak nezajišťuje trvale naprosto přesné zaostření, za druhé při snímání by stativ překážel provozu v dosti již stísněném prostoru vozu. Další závažnější vadou je, že širokoúhlé objektivy mají větší sférickou vadu než objektivy s normálním zobrazovacím úhlem. Na obr. 2 jsou vyznačeny hranice ostrosti na jedné polovině soulepu tak, jak byly stanoveny při zpětném 50násobném zvětšení projekcí na projekční plátno.



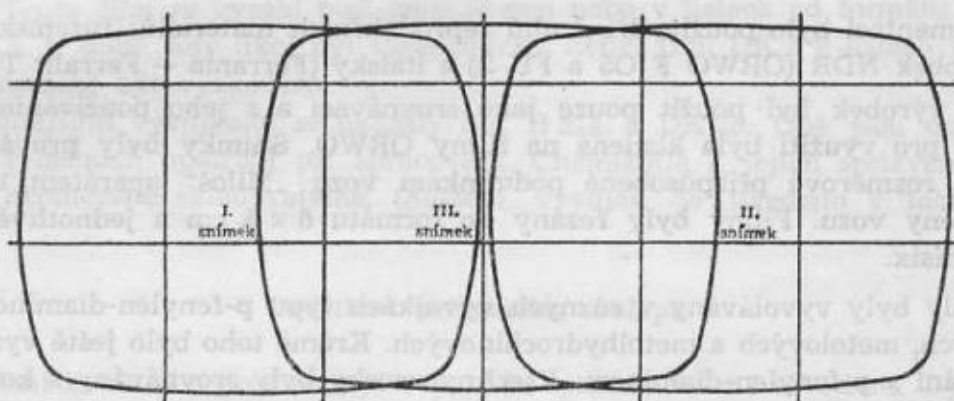
Obr. 2. Oblasti čitelnosti poloviny soulepu dokumentované objektivy Tessar a Flektogon

Pro objektiv Tessar dosahuje hranice ostrosti 3 cm od okraje. K dosažení vyhovující dokumentace celého soulepu je zapotřebí 3 snímků (viz obr. 3).

Lze předpokládat, že při použití objektivu s ještě lepšími reprodukčními vlastnostmi (např. typ Zeiss-Dokumar) by bylo možno od třetího snímku upustit a stačila by plně reprodukce pouze 2 snímky. Bohužel nebyl podobný objektiv k dispozici, takže nebylo možné si tento předpoklad ověřit.

#### Návrh jednoúčelového reprodukčního fotografického přístroje pro dokumentaci

Ze zkoušek vyplynulo, že použití libovolné amatérské komory není vhodné a že se k dokumentaci bude hodit jedině jednoúčelový přístroj formátu 6 × 6 nebo 7 × 7 cm.



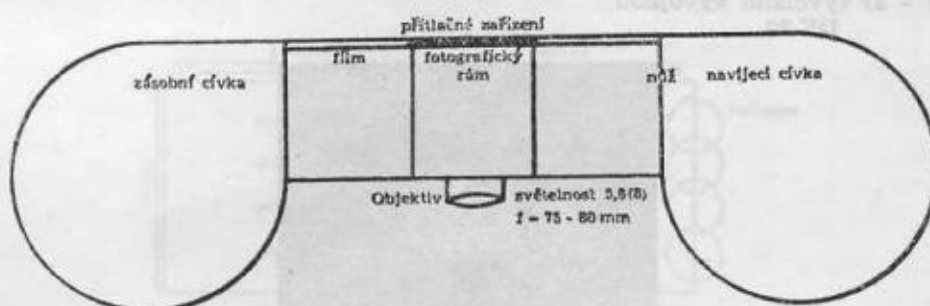
Obr. 3. Schematické znázornění dokumentace celého soulepu 270 × 110 cm třemi snímky objektivem Tessar 2,8/80

### Umístění přístroje

Nejvhodnější umístění přístroje je na stěně vozu „Miloš“ proti soulepu map. Nasazení přístroje na stěnu je sáňkové, aby bylo možno jej lehce zasunout vždy přesně na stejné místo. Podle kvality objektivu by byla snímací místa buď dvě nebo tři a přístroj by se po jednotlivých snímcích přemísťoval.

Navrhované umístění přístroje je dobře patrné z obrázků 6 a 7. Pokud jde o používaný materiál, je možné uvažovat desky nebo film. Desky by celou koncepcí přístroje zjednodušily, neboť jsou naprosto rovné a není třeba jejich rovinnost nějakým zařízením zajišťovat. Protože však není jisté, zda by bylo možné zajistit fotografické desky požadovaných vlastností (viz dále), jaké měly použití filmy, je spíše třeba předpokládat použití svitkových filmů. Jak již bylo vpředu uvedeno, je tu třeba zajistit rovinnost filmu v přístroji buď vhodnějším systémem přítlačné destičky nebo pneumaticky tlakově nebo vakuově. Navrhovaný způsob zajištění rovinnosti filmů není novinkou a je již řadu let používán u leteckých komor.

Jinak ostatní zařízení přístroje by bylo značně jednoduché. Přístroj by nepotřeboval uzávěrku a snímky by se pořizovaly snímáním kloboučku z objektivu. Jako doplněk by měl být přístroj vybaven zařízením znemožňujícím dvojitou expozici, řezacím zařízením a vhodnými kazetami na větší množství filmu (20–30 metrů). Převíjení ruční. Schéma navrhovaného přístroje je na obr. 4.



Obr. 4. Schéma dokumentačního přístroje pro vůz „Miloš“

### Světlocitlivý materiál

Kromě optiky je nejdůležitějším pro dosažení kvalitní dokumentace vhodný fotografický materiál. Tak jako se nehodí k práci amatérské fotografické přístroje, tak se nehodí běžné amatérské filmové materiály. Na ty jsou totiž kladeny zcela jiné požadavky, než jaké vyžaduje dokumentace map. Jak již bylo dříve uvedeno, předchozí řešitelé neuspěli právě pro použití těchto méně vhodných materiálů.

Jedinou zbývající cestou řešení bylo použití reprodukcí fotografických filmů, které jsou jemnozrné, a jejich vyvolání lze provést v jemnozrných vývojkách. Výsledky zkoušek ukázaly, že tento směr řešení je správný.

K dokumentaci bylo použito tří druhů reprodukčních materiálů: tuzemský (Foma orto repro II), výrobek NDR (ORWO F O5 a FU 2) a italský (Ferrania — Ferralit TN-orto).

Italský výrobek byl použit pouze jako srovnávací a s jeho používáním se nepočítá. Největší váha pro využití byla kladena na filmy ORWO. Snímky byly prováděny na pracovišti přesně rozměrově přizpůsobené podmínkám vozu „Miloš“ aparátem umístěným ve vzdálenosti stěny vozu. Filmy byly řezány do formátu 6 × 6 cm a jednotlivě vkládány do přístroje Praktisix.

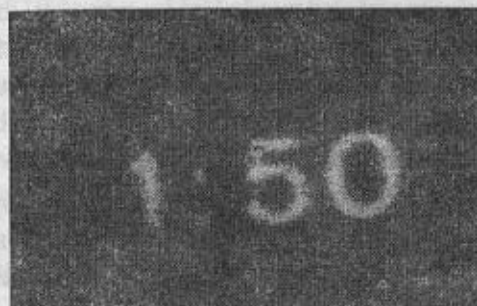
Materiály byly vyvolávány v různých vývojkách typu p-fenylen-diaminových, o-fenylen-diaminových, metolových a metolhydrochinových. Kromě toho bylo ještě vyzkoušeno fyzikální vyvolávání s p-fenylen-diaminem. Všechny vzorky byly srovnávány s kontrolní tvrdou vývojkou. Přehled o složení vývojek najde čtenář na konci článku.

Ze zkoušek vyplynulo, že pravé jemnozrné vývojky nejsou vhodné, poněvadž neposkytují dostatečný kontrast výsledného negativu. Čitelnost reprodukcí byla velmi dobrá. Mnohem lepších výsledků, pokud jde o zvýšení hustoty negativu, bylo docíleno vývojkami metolovými. Čitelnost negativů byla ještě zcela uspokojivá. Metolhydrochinonové vývojky již nedávaly negativy s dostatečně jemným zrnem, takže čitelnost již nebyla vyhovující. Negativ vyvolaný v normální pérové (metolhydrochinonové) vývojce byl vůbec nepoužitelný pro tvorbu nadměrně velkého zrna.

Na obr. 5 jsou ukázky mikrosnímku (110násobné zvětšení proti negativu) výseku z mapy téhož místa vyvolaných na materiálu ORWO FO 5 a Ferralit vývojkou DK 20 a diapozitivní pérovou vývojkou.



a) ORWO FO 5  
Ukázka mikrosnímku z výseku  
mapy - a) vyvoláno vývojkou  
DK 20



c) Ferralit vyvoláno vývojkou  
DK 20



b) ORWO FO 5  
b) vyvoláno diapozitivní  
vývojkou pérovou

Obr. 5a, 5b, 5c.

Pokud jde o materiál Foma, bylo zjištěno, že jeho kvalita není pro dokumentaci vhodná. Přesto však v nouzi by jej bylo možné použít v kombinaci s nejvhodnější vývojkou DK 20.

Fototechnický film FO 5 je určen pro snímání pérových předloh v poměru reprodukce nelíšících se příliš od hodnoty 1:1, má vysokou strmost a s ohledem na reprodukci malého detailu i značný světelný difúzní kruh. Proto z materiálů ORWO je vhodnější dokumentační film DK 3, který má nižší strmost a vykazuje menší rozmazání způsobené světelným difúz-

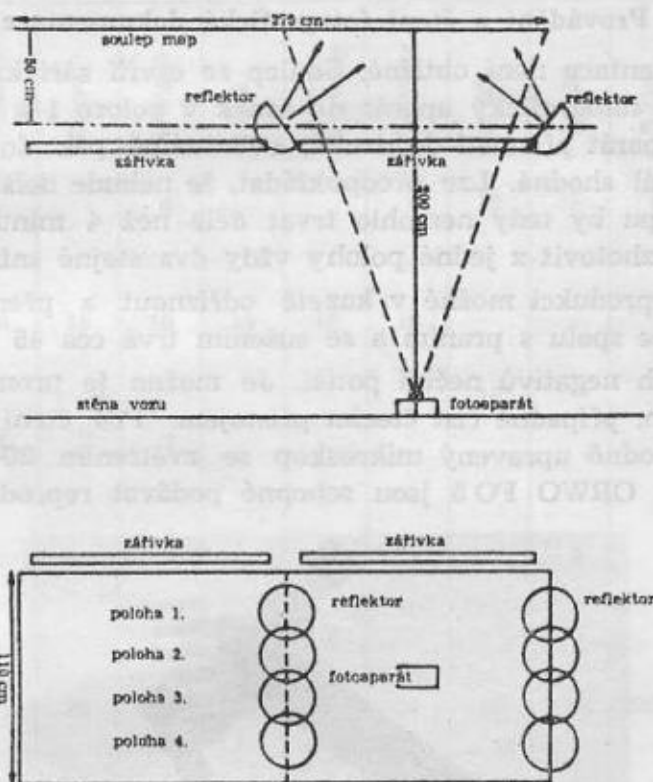


ním kruhem. Tento film se vyrábí buď jako 35 mm nebo v listech od formátu 6,5 × 9 cm až do formátu A 3. V době, kdy úkol byl zpracováván, nebyl film DK 3 v listech u nás k dispozici, a proto nemohl být vyzkoušen.

Nejvhodnějšími vývojkami se ukázaly být B 214 a DK 20. Obě jsou dostatečně stálé a nevyžadují zvláštních opatření při zpracování. Chemikálie k jejich sestavení jsou snadno dosažitelné a neomezeně skladovatelné. (Složení vývojek je uvedeno v tabulce na konci článku).

### Osvětlení snímaného soulepu

K dosažení kvalitní reprodukce je zapotřebí správně volené osvětlení. Z předchozí statě vyplývá, že se nejvíce osvědčil málo citlivý reprodukční materiál, a proto bylo na tuto okolnost nutno vzít zřetel. Přitom však byla brána v úvahu rovněž podmínka, že reprodukce soulepu map nesmí podstatně narušit normální provoz vozu, tzn., že bylo voleno takové osvětlení a jeho umístění, které je možno trvale používat k osvětlení vnitřku vozu. Toto řešení se nakonec ukázalo i reprodukčně nejvhodnější, neboť např. použití elektronického blesku nebo žárovek Nitrafot nebylo vhodné z hlediska kvality a rovnoměrnosti osvětlení negativu. Přitom pro dosažení rovnoměrnosti snímku byl blesk i žárovky Nitrafot při jedné expozici stavěny až na 8 různých míst (viz obr. 6).



Obr. 6. Znázornění osvětlení soulepu map různými světelnými zdroji při reprodukci, kdy ještě nevznikají na chráněných mapách reflexy

Nejvhodnějším osvětlením byly vhodně umístěné zářivky (viz obr. 7).

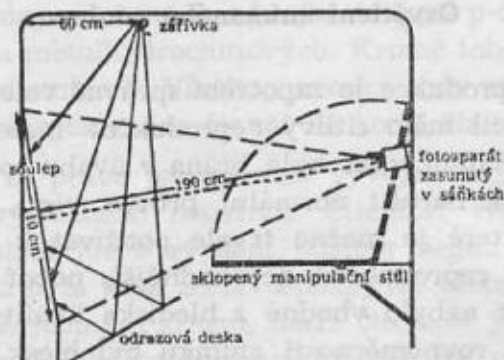
Expozice se oproti výkonnějším žárovkám Nitrafot sice značně prodloužila (24krát), ale přesto její délka není na závadu. Optimální expozice pro jednu zářivku 40 W 120 cm dlouhou ze vzdálenosti 56 – 150 cm je u materiálu ORWO FO 5 a cloně 1 : 8 30 sekund. Rovnoměrnost osvětlení by bylo účelné zvýšit vhodně umístěnou odrazovou desku (viz obr. 7).

Dále byl ještě brán zřetel na případnou reprodukci impregnovaných map nebo map chráněných polyetylentereftalátovou (PET) a polyetylenovou (PE) fólií, jejichž snímání je podstatně svízelnější vlivem reflexů vznikajících na lesklých plochách. Zářivka umístěná na

stropu vozu musí být z tohoto důvodu umístěna mimo jeho střed, tj. aby byla vzdálena od horního kraje mapy asi 55 cm.

Prakticky bez reflexů zůstává reprodukce map impregnovaných lihovým roztokem polyvinylacetátu. Nejhorší výsledky byly získávány s mapami, přes něž je položena fólie PET. Byla zkoušena i matovaná fólie PET, ale zde vlivem rozptylu světla je značně zhoršená kvalita umístěné pod ní reprodukované mapy.

Je samozřejmé, že soulep map by musel být osvětlen dvěma zářivkami, vždy proti střední ose každé poloviny.



Obr. 7. Schematické znázornění dokumentace ve voze „Miloš“ při osvětlení zářivkami a fotografickým přístrojem umístěným na stěně v sáňkách

### Provádění a čtení fotografické dokumentace

Provedení dokumentace není obtížné. Soulep se osvítil zářivkami, sklopí se stůl proti soulepu map, nasadí se fotografický aparát do sáňek v poloze 1 a exponuje se první polovina soulepu. Poté se aparát přemístí do druhé, eventuálně pak do třetí polohy. Expozice je vždy pro týž materiál shodná. Lze předpokládat, že nebude delší než 30 s. Zhotovení dokumentace celého soulepu by tedy nemohlo trvat déle než 4 minuty. Pro zajištění dokumentu by bylo vhodné zhotovit z jedné polohy vždy dva stejné snímky.

Materiál je po reprodukci možné v kazetě odříznout a přenést do temné komory k vyvolání. Tato operace spolu s praním a se sušením trvá cca 45 minut.

Čtení ze získaných negativů nečiní potíží. Je možno je promítat každým formátově vhodným diaprojektorem, případně číst čtecím přístrojem. Pro čtení zvláštních podrobností by se jevil výhodný vhodně upravený mikroskop se zvětšením 30–50násobným. Negativy zhotovené na materiálu ORWO FO 5 jsou schopné podávat reprodukce vyhovující původnímu zadání.



Obr. 8. Prototyp čtecího zařízení n. p. Meopta

N. p. Meopta Přerov se zabývá vývojem malého čtecího zařízení, jehož funkční model je na obr. 8. Je složen z tubusu s vhodným okulárem, který umožňuje zvětšení 12,5 a 25násobné. Formát čteného objektu je libovolný. Průsvit je upraven pro denní i umělé světlo.

## Závěr

Pokusil jsem se v tomto článku objasnit problém dokumentace zákresu taktické situace na soulepu map umístěných ve voze MILOŠ v polních podmínkách. Z uvedeného vyplývá, že problém dokumentace není jednoduchý a k jeho zdárnému vyřešení je zapotřebí vzít v úvahu mnoho činitelů, kteří mohou velmi výrazně ovlivnit výsledek práce.

Smyslem je seznámit čtenáře s celou problematikou a s jejím dosavadním rozpracováním. Úplné dořešení tohoto problému závisí hlavně na zkonstruování vhodného jednocelového fotografického přístroje. Jak bylo zkouškami zjištěno, fotografický materiál i ostatní vnitřní úprava vozu jsou schopny podat kvalitní čitelnou reprodukci celého mapového soulepu.

Zlepšení a zjednodušení celé práce jako např. snímání na film širě 35 mm nebo na barevný materiál, je u nás především závislé na podstatném zlepšení kvality fotografických materiálů, jejichž výrobcem je ORWO, případně Fotochema n. p. Bez podstatně zlepšeného materiálu nelze v současné době pomýšlet na jinou cestu, než která byla v tomto článku naznačena.

### Literatura:

- [1] Kubeček: Závěrečná dílčí zpráva VIII-D-3-1-A, B, C
- [2] Eder: Die verarbeitung der photographischen Platten III/2. Teil
- [3] Beneš: Fotografické tabulky
- [4] Jaštold Goyorko: Jemnozrné vyvolávání
- [5] Jelínek: Závěrečná zpráva 11 R-1958

	Sease III	Eder	Morgan	ND 3	Lumier Seywetz	Seywetz	W 665	DK 20	B 214	D 25	D 76	V 15	pérová diapozitivní
metol			6			5	12	5	4	7,5	2	2	5
hydrochinon											5	4	6
p-fenylen diamin	10	10	10	10	10	10							
o-fenylen diamin							12						
glyein	6	3	2										
uhličitan sodný bezv.													30
borax		50				3,5		3			2	2	
fosforečnan sodný terc.					2								
siřičitan sodný kryst.	180	30	180	180	120	120	180	200	200	200	200	200	60
rhodanid draselný								1					
siřičitan sodný kyselý										15			
kyselina boritá									8				
bromid draselný								0,5					0,6
pyrosiřičitan draselný							10						0,7
voda destil. do ... litrů	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
doba vyvolání	5	5	5	5	3	3	5	3	5	5	4	4	2



## Stručný obsah výzkumných zpráv

Výzkumné zprávy jsou k dispozici v evidenci výzkumných zpráv ve VZÚ nebo na pracovištích jednotlivých řešitelů

### Výzkumná zpráva: „Fotooptická detekce umělých družic Země“

(Řešitel: pplk. ing. Bohumil Hanák)

Zpráva shrnující teoretické rozborů z let 1965–66 se zabývá principiální možností a efektivností detekce UDZ pomocí fotografické aparatury na jednom stanovišti. Teoretické rozborů odpovídají podmínkám zobrazení pomocí LFP Rb-75/30 s objektivem TELICON  $f = 750$  mm,  $1 : 6,3$ , formát snímku  $300 \times 300$  mm, zorný úhel  $2\alpha = 22^\circ$ . V této zprávě je detekce chápána v plném slova smyslu, tj. o eventuální UDZ není nic známo a UDZ má být detegujícím systémem odhalena a určeny předběžné hrubé hodnoty elementů její dráhy. Rozbor geometrických podmínek viditelnosti, pasivní jen Sluncem osvětlené UDZ na jednom pozorovacím stanovišti na zemském povrchu během soumraků ukázal, že nízko letící UDZ o výšce dráhy  $h = 200$  až  $500$  km zpravidla zanikne dříve v hustých vrstvách atmosféry, nežli je dosaženo prakticky přijatelného koeficientu pravděpodobnosti pozorování. Rozbor fotometrických hodnot světla odraženého UDZ o poloměru řádu  $1$  m a s povrchem, jehož odrazecí schopnost pro matné i lesklé povrchy je uměle snížena, vede k závěru, že LFP Rb-75/30 není schopna při azimutální montáži zaregistrovat většinu UDZ. Ve zprávě je navržen způsob montáže LFP, jíž by bylo možno vystupňovat detegující schopnost této třídy LFP a splnit náročný úkol detekce. Další rozborů ukazují, že funkce tohoto systému by nutně vyžadovala neúměrný počet simultánně pracujících fotografických komor s vysokou spotřebou negativního materiálu a vysoký počet příslušníků obsluhy. Dále při uvážení plné závislosti na meteorologických činitelích a malé pravděpodobnosti detekce z geometrických důvodů se jeví fotografický způsob detekce umělých kosmických těles jako neperspektivní. Fotografický způsob zachycení umělého kosmického tělesa na pozadí stálic při využití navrhané montáže by byl použitelný jen pro ta umělá kosmická tělesa, jejichž dráhy jsou již částečně známy a jejichž parametry je nutné upřesnit.

### „Technická zpráva o vybudování polopohyblivé stanice pro sledování UDZ ve VTOPÚ“

(Zpracoval: pplk. ing. Bohumil Hanák)

V roce 1966 bylo společným úsilím VTOPÚ a ÚTZ Dobruška zkonstruováno experimentální polopohyblivé pozorovací stanoviště k fotografickému sledování jasných UDZ typu ECHO a PAGEOS.

Ke konstrukci byly použity prvky:

1. LFP 75/30 s objektivem TELICON  $f = 750$  mm,  $1 : 6,3$ .
2. Podstavce radiolokátoru SON-9 jako nosiče dvojice fotokomor s dálkovým ovládním aparatury.
3. Skříňová V3S jako vůz pro instalaci časové a ovládací aparatury.
4. Časoměrné a ovládací zařízení, jehož jádrem je synchroadaptor OTS-11 (ELEKTROČAS) a zdroj vlastních synchronních sekundových tiků TKH-33 (ELEKTROČAS) se signálem OMA-50 s přesností řádu  $1$  milisek.
5. Čítač TESLA k určení časového posunu mezi sekundovým tikem OMA-50 a okamžikem otevření či zavření závěrky.
6. Chronograf FAVAG k orientačnímu zápisu průběhu funkce zařízení.

Původní mechanické ovládním žaluziové závěrky u komory LFP 75/30 bylo nahrazeno ovládním elektromagnetickým. Předpokládají se snímky získané pevně orientovanou komorou v systému horizontálních souřadnic.

Experimenty prokázaly, že tato soustava dovoluje při použití filmu FOMAPAN 30 zobrazení stálic o velikosti  $m = 7,0$  v rovníkové zóně oblohy a až  $m = 12,5$  v okolí zemského

pólu. Poziční přiřazení sférických souřadnic UDZ je řádu  $\pm 2''$ , nejistota časového přiřazení vyplývající z nekonstantnosti doby buzení elektromagnetů závěrek je řádu  $\pm (0,004 \text{ až } 0,01) \text{ s}$ . Výhodou je možnost pořizování expozic v okamžicích celých sekund světového času (takže není třeba výkonného chronografu) a bodového obrazu stálic, nevýhodou je nemožnost získání bodového obrazu jasné UDZ a nemožnost zvýšení přesnosti časového přiřazení UDZ k řádu  $\pm 0,001 \text{ s}$  v důsledku vratných pohybů závěrky. Počet zobrazených stálic v zóně oblohy o  $\delta > 60^\circ$  převyšuje počet hvězd katalogizovaných v Bossově katalogu.

### „Vybudování stabilního centra pro sledování UDZ“

(Řešitel: o. p. ing. František Hovorka)

V 1. čtvrtletí 1966 byla pracovníky ÚTZ a VTOPÚ Dobruška dokončena aparatura pro fotografické pozorování UDZ. Aparatura byla instalována na provizorním stanovišti v objektu VTOPÚ Dobruška.

Ve zprávě jsou uvedeny výsledky provozních zkoušek, popsány drobné úpravy ke zlepšení funkce a snížení poruchovosti, vypracován návod pro obsluhu a fotolaboratorní zpracování, sestaven algoritmus výpočtu efemerid UDZ a navržen provizorní způsob matematického zpracování výsledků pozorování.

Aparatura je vybavena dvěma komorami Rb-75/30 opatřenými žaluziovými závěrkami (konstrukce VÚGTK). Tyto závěrky nevyhovují požadavkům na přesnost časového přiřazení při fotografování UDZ ( $\pm 1 \text{ ms}$ ) a neumožňují bodové expozice družice. Byla proto navržena konstrukce rotační závěrky, která bude zajišťovat přesnost časového přiřazení  $\pm 0,5 \text{ ms}$  a bude volitelnou rychlostí umožňovat bodová přerušování různých družic a hvězd. Pro fotografování UDZ bylo používáno nového leteckého filmu Fomapan 30. Citlivá vrstva byla nalita na polyesterové podložce, zaručující linearitu srážky ( $\pm 3 \text{ až } \pm 4 \mu$ ). Pro dosažení kontrastního zobrazení a vyvolání obrazů i slabých hvězd je třeba snímky zpracovávat podle stanoveného návodu. Předpovědi (efemeridy) UDZ budou počítány na samočinném počítači Minsk 22 podle sestaveného algoritmu. Matematické zpracování, tj. výpočet topocentrických rovníkových souřadnic družice, je vzhledem k dlouhému výpočetnímu postupu a velkému množství hodnot nutno provádět na samočinném počítači středního typu. Komplexní program pro počítač Minsk 22 bude dokončen v roce 1968. Do té doby budou snímky zpracovávány pouze s částečnou pomocí počítače Cellatron a Minsk 22 podle postupu uvedeného ve zprávě.

Postupy, výsledky a závěry uvedené ve zprávě mají pouze přechodnou platnost; jsou stále ještě předmětem dalšího řešení a vývoje.

### „Rušení provozu geodetických rádiových dálkoměrů pracujících v pásmu 10cm vln“

(Řešitel: pplk. ing. CSc. Vladimír Martinák)

Při provozu geodetických rádiových dálkoměrů pracujících v 10cm pásmu (GET-B1, MRA-1, MRA-2) dochází z různých příčin k rušení, které proces měření vzdáleností znesnadňuje nebo zcela znemožňuje. Ve zprávě je rozebrán vliv rušičů, které svými parametry a umístěním v bojové sestavě mohou nejvíce rušivě zasahovat do provozu rádiových dálkoměrů. Jsou to pulsní rušiče pracující v pásmu 10cm, 6cm, 3cm a krátkovlnné rádiové stanice v pásmu okolo 10 m ( $f \approx 33 \text{ MHz}$ ). Zpráva obsahuje řadu fotografických záznamů, které názorně představují, jak rušení různého druhu deformuje kruhovou stopu na obrazovce dálkoměru. Byly analyzovány parametry rušičů a jejich vliv na stupeň rušení. Pro praktické využití byl navržen postup a uvedeny dva praktické příklady při zjišťování stupně rušení. Zpracované grafy a tabulky umožňují předem vypočítat pravděpodobnost rušení, jestliže jsou alespoň přibližně známy parametry rušičů. Ve zprávě je dále ukázán postup pro zjištění, zda stanice rádiového dálkoměru nebude vyřazena z činnosti působením vysokofrekvenčního pole. K takovému poškození stanice v praxi docházelo tehdy, když stanice byla umístěna v blízkosti radiolokátoru.



Informativně jsou uvedeny další příčiny rušení provozu, a to vlivem vnějšího elektromagnetického pole, působením záření při jaderné explozi a působením odrazů signálů od půdy nebo okolních předmětů.

V závěru je zpracován názor na celkové možnosti boje proti rušení provozu rádiových dálkoměrů. Jsou uvedeny perspektivy nasazení těchto geodetických přístrojů v bojové sestavě, v níž se vyskytuje hustá síť radiotechnických prostředků.

## „Vojenské využití seismiky“

(Úvodní studie o zřízení vojenské seismické stanice)

(Řešitel: kpt. ing. Pavel Mašek)

Rychlý rozvoj techniky přináší nevídané možnosti v konstrukci ničivých zbraní a zároveň nutí k vyhledávání co nejúčinnějších způsobů ochrany proti nim. Jedním z hlavních úkolů se stává zjišťování místa, doby, ráže a druhu výbuchu jaderné zbraně (parametry výbuchu).

Problémy s tím spojené jsou řešeny v rámci státního výzkumného úkolu. Na řešení se podílí Vojenský topografický ústav v Dobrušce. V první etapě řešení bylo rozhodnuto vybudovat pokusnou seismickou observatoř v Orlických horách, vyzkoušet seismickou detekční aparaturu a vypracovat nejvhodnější metodiku určování parametrů.

V úvodní studii o zřízení této stanice jsou shrnuty především výsledky rekognoskace uvažované oblasti. Uvádí se fyzicko-geografická charakteristika studované oblasti a popis lokalit navržených k proměření krátkoperiodického neklidu; výsledky měření jsou rozhodující při posuzování místa pro zřízení seismické stanice. Dále je uvedeno základní přístrojové vybavení stanice (časová základna, snímače, registrační aparatura, kontrolní a regulační přístroje, energetické zdroje apod.) a možnosti doplňování moderní technikou. Uvádějí se krátké technické charakteristiky jednotlivých přístrojů, způsob zapojení a výčet opatření, které je nutno při jejich instalaci dodržovat. V závěru jsou naznačeny úkoly a poukázáno na pozdější využití vojenské seismické stanice.