

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
Hornicko-geologická fakulta
Institut geodézie a důlního měřictví

Prof. Ing. Jan Schenk, CSc.

Metodika výpočtu vlivů poddolování na
počítači
Program SUBSCH

Ostrava 2004

ISBN 80-248-0707-6

Obsah

1	Úvod.....	5
2	Princip výpočtu.....	5
2.1	Výpočet účinkového součinitele trojúhelníkovou metodou podle Hradila	5
2.2	Použití šikmého kužele vlivů při šikmém uložení slojí	6
2.3	Volba rozdělovací funkce vlivů	7
2.4	Časový součinitel	8
2.5	Naklonění	9
2.6	Poloměr zakřivení.....	9
2.7	Posun	9
2.8	Vodorovné přetvoření.....	11
3	Výpočetní program vlivů poddolování SUBSCH	12
3.1	Soubor dat o pohoří.....	13
3.1.1	Vytvoření nového souboru	14
3.1.2	Oprava dříve vytvořeného souboru	15
3.2	Soubor porubů	15
3.2.1	Vytvoření nového souboru dat porubů.....	16
3.2.2	Rozšíření souboru poruby o další plochy	17
3.2.3	Prohlížení souboru poruby a jeho editace	17
3.3	Soubor povrchových bodů.....	17
3.3.1	Vytvoření dat povrchových bodů	17
3.4	Výpočet pohybů	18
3.4.1	Výpočet statických pohybů po plochách.....	19
3.4.2	Výpočet statických sumárních pohybů	20
3.4.3	Výpočet dynamických pohybů.....	20
3.5	Výpočet deformací	21
3.5.1	Výpočet dynamických pohybů a deformací.....	21
3.5.2	Doba trvání výpočtu	22
3.6	Informace	22
3.7	Ukončení programu.....	23
	Seznam příloh	24
	Literatura	24

1 Úvod

Výpočet vlivů poddolování, tj. poklesů, posunů, naklonění, vodorovného přetvoření, zakřivení nebo poloměru křivosti v poklesové kotlině, na počítací v České republice se vyvíjel na základě metod, které byly vytvořeny pro mechanický způsob výpočtu pomocí průsvitek. První metodou bylo nahrazení kruhové plně účinné plochy plochou čtverce podle Spettmanna (1962)¹. Přejít na kruhovou plochu navrhl Hradil (1971), což umožnilo zpřesnit výpočty za použití funkce vlivu podle Knotheho. Pro šikmé uložení slojí navrhl Matouš (1963) rozdělení plně účinné plochy užitím ekvivalentní účinné plochy tak, že osa šikmého kužele je osou souměrností vrcholových úhlů kužele účinnosti². Pro strmé uložení slojí se používala metoda podle Niederhofera.

S rozvojem poznání o tvaru poklesové kotliny, na základě měření in situ, se začaly používat další metody pro prognózu vývoje tvaru a deformace poklesové kotliny. S rozvojem výpočetní techniky je to např. metoda konečných prvků, která předpokládá pružné chování masívu a dobrou znalost geomechanické stavby horského masívu. I v této metodě se stanoví potřebné parametry pružnosti na základě měření in situ. Pro svoji složitost přípravy vstupních dat se používá především při prognóze napěťových stavů v horském masívu pro indikaci možných nebezpečí náhlého porušení napěťového stavu formou horského ořesu. Proto i v současné době se pro prognózu vlivů poddolování většinou používá teorie plně účinné plochy.

2 Princip výpočtu

Obecně se pokles vypočítá podle známého vzorce

$$s = M \cdot a \cdot e \cdot z \quad (1)$$

kde s je pokles bodu, M dobývaná mocnost sloje, a součinitel dobývací metody, e součinitel účinnosti a z časový součinitel.

Velikost poklesu za jinak stejných geometrických a geomechanických podmínek dobývání je závislá na poloze daného místa na povrchu vůči dobývané ploše, tedy na velikosti *součinitele účinnosti*.

2.1 Výpočet účinkového součinitele trojúhelníkovou metodou podle Hradila

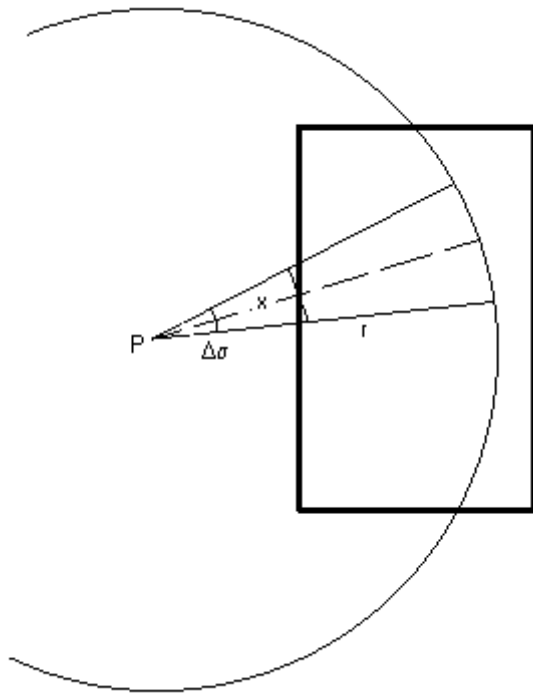
Mějme vyrubanou vodorovnou plochu o vrcholech A, B, C a D a povrchový bod P. Je-li poloměr plně účinné plochy r , dá se dokázat, že pokles vyvolaný trojúhelníkem P, i, i+1 je

$$s_{\Delta} = M \cdot a \cdot z \cdot \left(1 - e^{-\pi \left(\frac{x}{r}\right)^2} \right) \cdot \Delta\sigma \quad (2)$$

kde výraz v závorce je tzv. Knotheho rozdělovací funkce vlivu, ve které je x střední příčka trojúhelníku, tedy vzdálenost bodu P od hrany výrubu v daném směru (obr. 1). Jestliže je pořadí bodů plochy načítáno v pravotočivém směru, jsou hodnoty $\Delta\sigma$ pro bod P uvnitř plochy

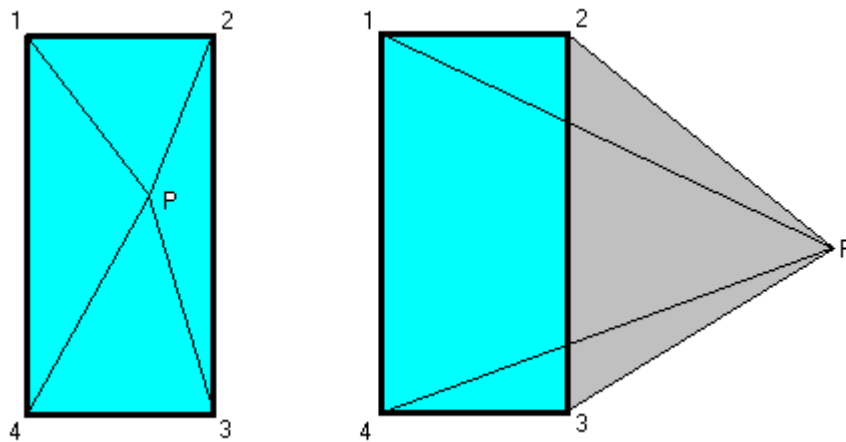
¹ Popsáno v učebnici Neseta (1984), s. 126-130.

² Popsáno v učebnici Neseta (1984), s. 121,126



kladné, pro bod mimo plochu výrubu kladné a záporné (obr. 1). Celkový součet dílčích poklesů dává pokles z celé vyrubané plochy. Pro přesnost výpočtu je rozhodující velikost $\Delta\sigma$ a je zřejmé, že čím menší bude středový úhel dílčího trojúhelníka tím přesnější bude výpočet. Tato velikost je důležitá především při výpočtech posunů, naklonění, poloměru zakřivení a dalších deformací.

Obr. č. 1: Princip trojúhelníkové metody podle Hradila



Obr. č. 2: Princip výpočtu poklesů podle polohy povrchového bodu vůči odrubané ploše.

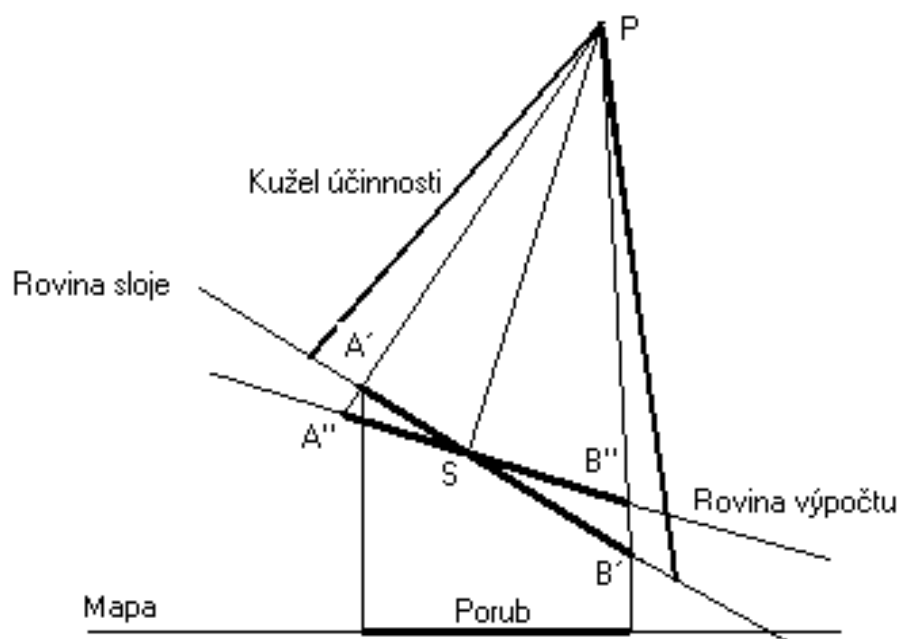
2.2 Použití šikmého kužele vlivů při šikmém uložení slojí

Použití metody výpočtu pro vodorovné uložení sloje, i pro šikmé uložení sloje, umožňuje postup zavedený Bräunerem³. Princip metody spočívá v úvaze, že v prostoru omezeném rotační kuželovou plochou účinností, jejíž vrchol leží v povrchovém bodě P, mají sloje stejné mocnosti a dobývané stejným způsobem shodný vliv na bod, ať jsou jakkoliv hluboko uloženy nebo ukloněny. Transformací roviny sloje do roviny kolmé na osu kužele vlivu podle Matouše (1963) se převedou šikmé plochy na vodorovné (obr. 3). Geometricky jednoduchý princip se počítačově zvládne postupnými kroky:

1. Vytvoří se místní souřadnicový systém, který má počátek v prvním vrcholu plochy a směr osy X je totožný se směrem spádu plochy a vrcholy plochy se do něho převedou.

³ Popsáno v učebnici Neseta (1984) str. 119-120

2. Tento souřadný systém se pak při výpočtu poklesů a posunů posune tak, že počátek leží v povrchovém bodě.
3. Body A, B se z průmětu plochy v mapě převedou do šikmé roviny plochy sloje (body A', B').
4. Určí se průsečík S osy kužele s plochou sloje.
5. Transformují se souřadnice z šikmé plochy sloje středovým promítáním do roviny kolmé na osu kužele (body A'', B'').
6. Poslední krok spočívá v posunutí počátku souřadnicového systému do počítaného povrchového bodu.



Obr. č. 3: Princip transformace šikmé plochy na plochu kolmou k ose kužele.

Z toho vyplývá, že musíme znát směr σ , úklon γ spádnic dané plochy a odklon α kužele účinnosti od svislice. Po této transformaci se šikmá plocha počítá jako vodorovná.

2.3 Volba rozdělovací funkce vlivů

Volba rozdělovací funkce vlivů je závislá na geomechanických vlastnostech podrubávaného nadloží. Při dobývání z větších hloubek se ukazuje, že inflexní bod křivky svahu poklesové kotliny se posouvá nad vyrubanou plochu a roste maximální naklonění v jeho okolí, jemuž odpovídá vnitřní mezní úhel vlivů mezi $65 - 85^\circ$. Naopak vně vyrubané plochy dochází k poměrně rychlému zmenšování poklesů, ale s tím, že tyto jsou registrovány ve větší vzdálenosti od hran výrubů než dosud. Tento vnější mezní úhel lze charakterizovat hodnotami mezi $35 - 55^\circ$. Tuto skutečnost nelze vyjádřit jedinou funkcí vlivu, nýbrž výpočtem podle několika různých funkcí vlivů.

Pfläging a Neuhaus⁴ řešili tuto skutečnost posunutím hrany porubu dovnitř vyrubané plochy a výpočtem poklesu (obr. 4) podle následujícího schématu:

1. Vypočte se účinek e_1 pro celou vyrubanou plochu s malým vnějším mezním úhlem.

⁴ Viz učebnice KRATZSCH H. Bergschadenkunde

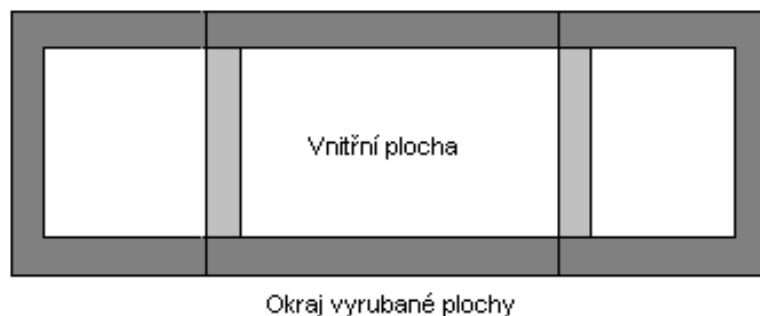
2. Vypočte se účinek e_2 pro vnitřní plochu, zmenšenou o posunutí vnitřní hrany výrubu se stejným mezným úhlem, který se odečte od dříve vypočteného účinku. Tím dostaneme vliv okrajové části porubu.

3. Následně se vypočte vliv vnitřní vyrubané plochy e_3 s velkým mezným úhlem.

Pokles se pak vypočítá podle vzorce

$$s = M \cdot a \cdot (e_1 - e_2 + e_3) \cdot z \quad (3)$$

Jednotlivé účinky se počítají podle některé jednoduché funkce vlivu, např. Knotheho funkce (2). Vrcholy vnitřní plochy porubu se vypočítají automaticky po zadání příslušné hodnoty posunutí d vnitřní hrany porubu.



Obr.č. 4: Postup při posouvání vnitřní hrany u dílčích odrubaných ploch porubu.

Pro celou vyrubanou plochu je princip relativně jednoduchý, problémy nastávají v případě řešení dynamických vlivů na povrch při postupu porubní fronty. Jak vyplývá z obr. 4 je třeba zabezpečit návaznost vlivů vnitřní plochy, který se zpožďuje za porubní frontou o hodnotu jejího posunutí. Proto musíme jednotlivé dílčí plochy na okrajích zmenšit, ale na hranici mezi dříve a následně vyrubanou plochou musíme vnitřní plochu zvětšit, abychom zajistili návaznost vnitřních ploch na sebe. To je zajištěno stanovením atributu u prvního bodu dané strany, kdy posunutí hrany dovnitř má hodnotu -1 , posunutí vně plochy $+1$ a neposunutí hrany 0 .

Protože i u jednoho porubu mohou se měnit geomechanické podmínky v nadloží (vliv dřívějšího dobývání v nadloží) je třeba pro různé typy nadloží volit různou rozdělovací funkci vlivů. Rozdělovací funkce vlivů je charakteristická – vnějším mezným úhlem, vnitřním mezným (zálomovým) úhlem a velikostí posunutí vnitřní hrany porubu. Při dynamickém řešení souvisí s typem nadloží i různý časový průběh poklesu nadloží.

2.4 Časový součinitel

Velikost časového součinitele je závislá na geomechanických vlastnostech nadloží a je daná časovou funkcí. Existuje řada časových funkcí např. Knotheho, Čechurova, Perzova, Schenkova aj. (Schenk, 1997). Např. autor navrhl časovou funkci ve tvaru

$$z = 1 - \text{Exp}\left(-5 \frac{\Delta t - \text{Re}}{T_0}\right) \quad (4)$$

kde Δt je časový rozdíl mezi okamžikem výpočtu a počátkem dobývání plochy, Re je časový rozdíl mezi zahájením dobývání a prvním projevem na povrchu a T_0 je doba trvání pohybu povrchu. Protože časový součinitel úzce souvisí s geomechanickými vlastnostmi nadloží, připojují se obvykle parametry časové funkce k parametrům pro funkci vlivu.

2.5 Naklonění

Pro naklonění platí vztah

$$i_{1,2} = \frac{s_2 - s_1}{l_{1,2}} \quad (5)$$

kde s je pokles bodů a l je vodorovná vzdálenost těchto bodů. Aby se určil směr a velikost maximálního naklonění v daném bodě, nahradí se okolí bodu rovinou, která je dána třemi body, které tvoří vrcholy rovnostranného trojúhelníka v jehož těžišti je daný bod. Z poklesů těchto tří bodů, jako Z-ové souřadnice se určí naklonění a jeho směr řešením obecné rovnice roviny⁵.

$$b = \frac{(s_1 - s_3) \cdot (X_2 - X_1) - (s_1 - s_2) \cdot (X_3 - X_1)}{(Y_2 - Y_1) \cdot (X_3 - X_1) - (Y_3 - Y_1) \cdot (X_2 - X_1)} \quad (6)$$

$$a = -\frac{b \cdot (Y_3 - Y_1) + s_1 - s_3}{X_3 - X_1} \quad \text{nebo} \quad a = -\frac{b \cdot (Y_2 - Y_1) + s_1 - s_2}{X_2 - X_1} \quad (7)$$

použije se vzorec, ve kterém je absolutní hodnota jmenovatele větší.

$$\sigma_i = \arctg \frac{b}{a} \quad i = a \cdot \cos \sigma_i + b \cdot \sin \sigma_i$$

2.6 Poloměr zakřivení

Pro poloměr zakřivení platí vztah

$$R = \frac{1}{2} \cdot \frac{l_{1,2} + l_{2,3}}{i_{2,3} - i_{1,2}} \quad (8)$$

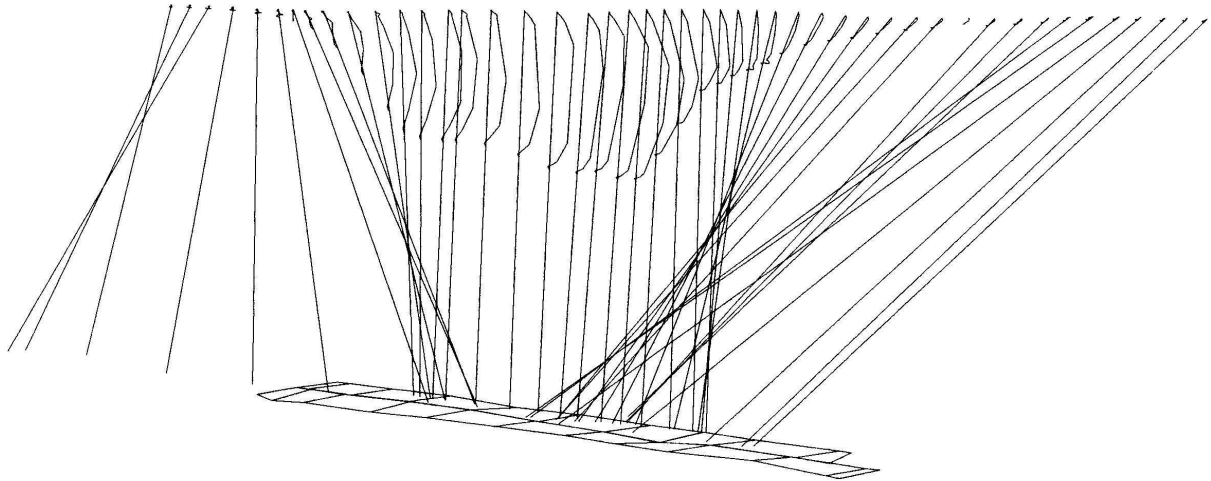
Poloměr zakřivení se určuje ve dvou na sebe kolmých směrech, z nichž jeden je totožný se směrem naklonění. Podobně jako při výpočtu naklonění, vypočítají se poklesy bodů vzdálených např. 10 m od daného bodu v daných směrech.

2.7 Posun

Posun je vodorovná složka prostorového pohybu bodu, který směřuje k těžišti vyrubané plochy, což potvrdila řada měření in situ (obr. 5).

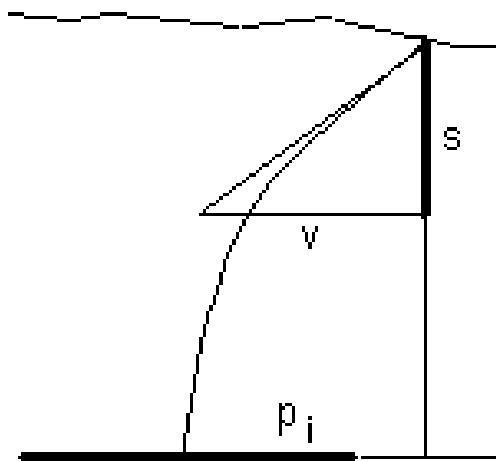
Proto byl vytvořen nový model pro předběžný výpočet vodorovných posunů a přetvoření, který je založen na konstrukci vektoru pohybu.

⁵ Viz (Schenk 1999) podkapitola 6.3 Naklonění roviny dané třemi body



Vektory pohybu k 2.12.1999

Obr. č. 5: Skutečný pohyb povrchu z měření in situ



Posun v je vodorovná složka vektoru pohybu, když její svislou složku tvoří pokles. Měřením in situ se zjišťuje, že tento pohyb nesměruje k těžišti přímo, ale po zakřivené dráze, takže vektor pohybu povrchového bodu je tečnou k této křivce (obr. 6). Tečny v povrchových bodech směřují do tzv. metacentra, které je asi v polovině hloubky uložení sloje. Poloha těžiště se určuje pomocí momentů, dílčích výsečí současně s výpočtem poklesů.

Obr. č. 6: princip výpočtu posunu z poklesu

Potom lze velikost posunu vyjádřit vztahem

$$v' = k \cdot \frac{p_i}{H} \cdot s \quad (9)$$

kde p_i je vzdálenost těžiště dílčí plochy od osy kužele účinnosti v rovině kolmé na osu kužele, H vzdálenost povrchového bodu od této plochy, s pokles v ose kužele a k koeficient zmenšení hloubky metacentra pohybu.

Při šikmém uložení slojí musí se posun převést z výpočetní roviny do roviny vodorovné.

2.8 Vodorovné přetvoření

Vodorovné přetvoření se počítá z přetvoření rovnostranného trojúhelníka, v jehož těžišti leží povrchový bod. Metoda řešení spočívá ve výpočtu hlavních přetvoření z přetvoření stran trojúhelníka⁶, které se vypočtou z rozdílů posunů jednotlivých vrcholů trojúhelníka.

Přetvoření strany trojúhelníku se vypočte

$$\varepsilon_{i,i+1} = \frac{\sqrt{(v_{i+1} \cdot \cos \sigma_{i+1} - v_i \cdot \cos \sigma_i + s_{i,i+1})^2 + (v_{i+1} \cdot \sin \sigma_{i+1} - v_i \cdot \sin \sigma_i)^2} - s_{i,i+1}}{s_{i,i+1}} \quad (10)$$

Hlavní normálové a tečné přetvoření a jejich směr se vypočte takto

$$\operatorname{tg} 2\varphi = \frac{\varepsilon_{12} - \varepsilon_{31} \cdot \operatorname{tg} 60}{2\varepsilon_{23} - \varepsilon_{31} - \varepsilon_{12}} \quad (11)$$

$$\varepsilon_{N,T} = \frac{\varepsilon_{12} + \varepsilon_{23} + \varepsilon_{31}}{3} \pm \frac{\varepsilon_{12} - \varepsilon_{31}}{\sqrt{3} \cdot \sin 2\varphi} \quad (12)$$

$$\sigma_N = \sigma_{23} + \varphi \quad \sigma_T = \sigma_N + 90 \quad (13)$$

⁶ Viz (Schenk 1999) podkapitola 8.4 Určení hlavních přetvoření z přetvoření stran trojúhelníka

3 Výpočetní program vlivů poddolování SUBSCH

Program vytvořil autor na Institutu geodézie a důlního měřictví pod OS WINDOWS 98 v jazyku VisuelBasic 6. Umožňuje výpočet poklesů, posunů, naklonění, poloměrů zakřivení a vodorovných přetvoření pro zadané časové okamžiky.

Pro výpočet účinkového součinitele je použita jednoduchá Knotheho funkce (2), s možností užít postupu podle Pfläginga a Neuhausa (3). Pro dynamické vlivy je použita časová funkce podle autora (4).

Úvodní formulář obsahuje základní údaje, jako je „Název, platnost použití a číslo verze“ (obr. 7). Kliknutím levým tlačítkem myši na formulář se posuneme do základního formuláře (obr. 8).



Obr. č. 7: Počáteční stránka programu

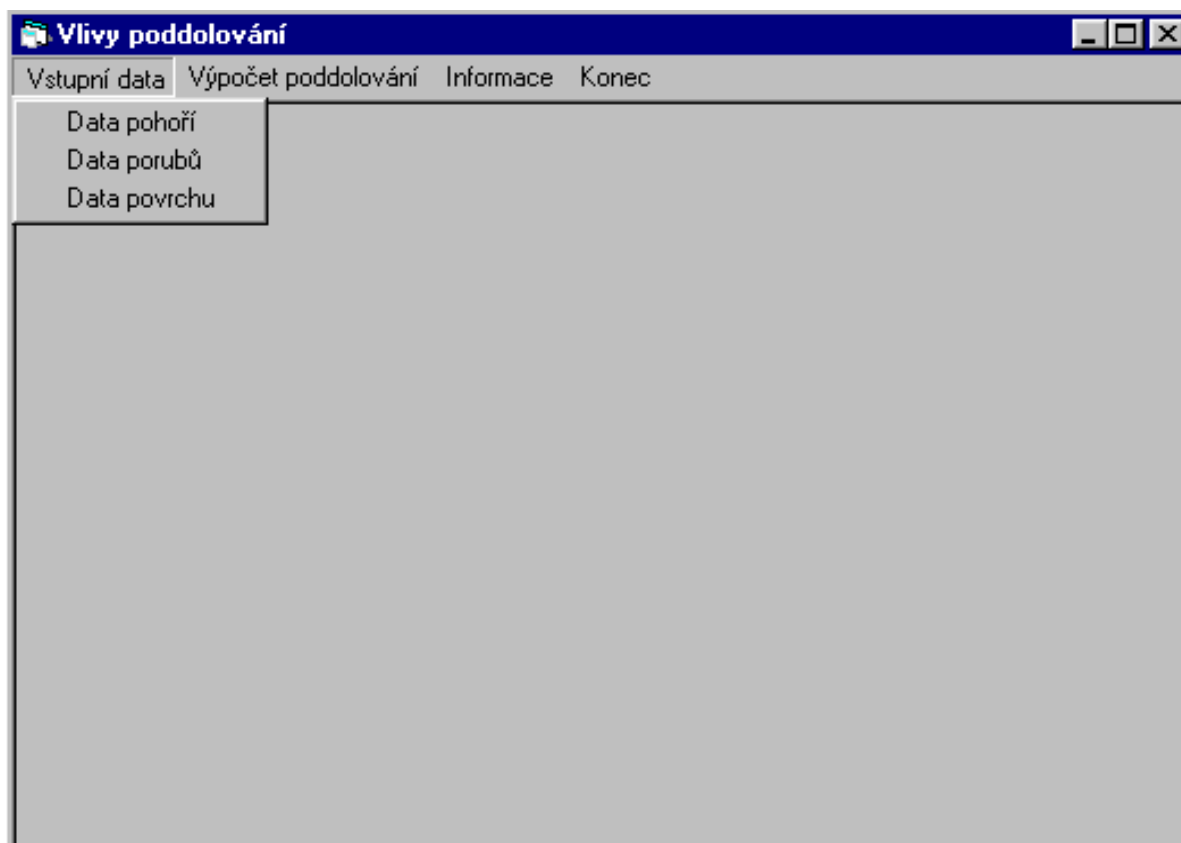
Základní formulář obsahuje následující nabídku (obr. 8).

*Vstupní soubory - Data pohoří
 Data porubů
 Data povrchu*

Výpočet poddolování

Informace

Ukončení programu.



Obr. č. 8: Základní formulář pro přípravu vstupních dat, výpočet a prohlížení textových souborů

Základní formulář umožňuje vytvořit tři vstupní textové soubory dat s příponou *.txt.

První soubor tvoří data o pohoří (příl. 1), který se vytvoří na formuláři „Data pohoří“ (obr. 9).

Druhý soubor o rubaných plochách (příl.2), který lze vytvořit na formuláři „Data porubů“ (obr. 10).

Třetím souborem je soubor souřadnic bodů povrchu (příl. 3), který lze vytvořit na formuláři „Data povrchu“ (obr.11).

Nabídka „Výpočet poddolování“ umožňuje zvolit různé varianty výpočtu a výstup pak tvoří textové soubory s příponou *.uzv, ve kterých jsou data uspořádána jednak do tabulky, jednak jako vstupy pro další zpracování v grafickém software Surfer, MacroGeo nebo v Excellu.

Pro výpočty poddolování si vytvoříme složku – C:\ Poddolování\ - do které ukládáme všechny vstupní soubory a která obsahuje i vlastní program SUBSCH.EXE. Výstupní soubory ukládáme vždy do nové složky, kterou vytvoříme na začátku výpočtu.

3.1 Soubor dat o pohoří

Příklad takového souboru je uveden v příloze č. 1. Soubor se vytvoří na formuláři, který je uveden na obr. 9.

Obr. č. 9: Formulář pro přípravu souboru dat pohoří.

Formulář obsahuje údaje, které jsou patrné z obr. č.9

3.1.1 Vytvoření nového souboru

1. V menu **Soubor** zvolíme **Nový**. Otevře se dialogové okno, ve kterém napíšeme název souboru bez přípony. Celá adresa a název souboru pohoří se objeví v okénku **Název souboru**. Dokud není otevřen soubor není ostatní část formuláře přístupná. V dolní části formuláře jsou přístupná příkazová tlačítka **Informace**, **Editovat** a **Konec**.
2. Zvolíme **Editovat** objeví se dialogové okno s dotazem, kolik různých parametrů pohoří chceme do souboru uložit. Zvolíme mezi 1 až 5. Zvolený počet potvrdíme a tím se nám zpřístupní potřebná část formuláře pro vytvoření souboru.
3. Napíšeme název důlního podniku a ovlivněného povrchu, parametry pohoří, časové funkce a koeficient přepočtu posunutí z poklesu.
4. Po vizuální kontrole stiskneme příkazové tlačítko **Uložit** a parametry uložíme do otevřeného souboru. V případě, že parametr nevyhovuje požadavkům vrátí se formulář do stavu editace a případnou chybu, která byla popsána, opravíme.
5. Po uložení dat do souboru ukončíme práci stiskem tlačítka **Konec** a přejdeme do základního formuláře.

3.1.2 Oprava dříve vytvořeného souboru

1. V menu **Soubor** zvolíme **Otevřít**. Otevře se dialogové okno se seznamem souborů na adrese C:\Poddolování\ s příponou *.txt, vybereme příslušný soubor a potvrdíme, tím se nám na formuláři objeví data tohoto souboru.

2. Stiskem tlačítka **Editovat** můžeme tato data podle potřeby měnit. Další postup je stejný jako při vytvoření nového souboru.

O vyplňování formuláře se můžeme dozvědět stiskem tlačítka **Informace**, kdy se objeví stručné vysvětlení pro vyplňování formuláře.

Poznámka: Jestliže parametr pohoří - posun hrany je nulový, potom musí být oba mezní úhly stejné.

Mezní úhly jsou průměrné mezní úhly vypočtené jako aritmetický průměr z mezního úhlu v karbonu a v pokryvu, anebo určené analýzou z měření in situ.

3.2 Soubor porubů

Tvar souboru porubů je zřejmý z přílohy č. 2. Vytváří se pomocí formuláře, který se otevře v hlavním menu (obr. 10).

Data porubů

Soubor Konec
Název souboru C:\Poddolování\PorVodor1a.txt

Název plochy	Začátek dobývání [datum]	Konec dobývání [datum]	Mocnost dobývání [m]	Koeficient dobývání	Směr spádnice [°]	Úklon spádnice [°]	Odklon kužele [°]	Typ pohoří	Počet vrcholů plochy
Plocha1	01.07.00	01.01.01	1	1	0	0	0	0	4

Vrcholy plochy č. : 2 Počet pohoří 1

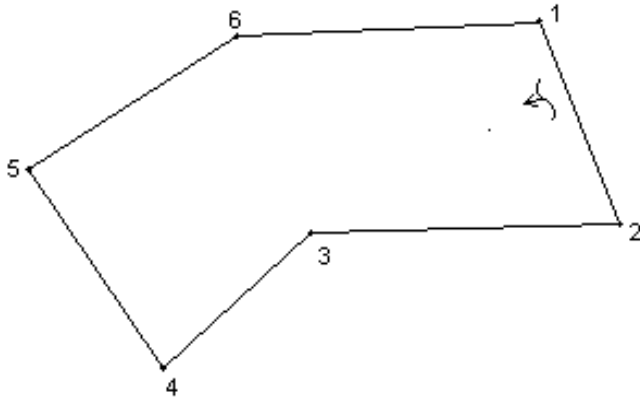
n	Y [m]	X [m]	Z [m]	Typ posunu hrany
1	200	300	-500	0
2	200	500		0
3	800	500		0
4	800	300		0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0
11				0
12				0

Informace Prohlížet Uložit plochu Editovat plochu **Konec**

Obr. č. 10: Formulář Data porubů (příklad ploše uloženého porubu o čtyřech vrcholech)

Formulář umožňuje postupně vytvořit údaje o jednotlivých odrubaných plochách, jak jsou uvedeny na formuláři.

Seznam souřadnic tvoří vodorovné souřadnice vrcholů plochy, doplněné o atributy typu vnitřní hrany podle kapitoly 4 a Z-ovou souřadnici prvního bodu.



Pro dynamické výpočty je třeba zadávat souřadnice lomových bodů plochy pravotočivě tak, aby první dva body ležely u výchozí prorážky a aby byl stejný počet bodů jak na úvodní, tak i na výdušné straně porubu, tedy sudý počet bodů (obr. 11).

Obr. č. 11: Způsob číslování vrcholů odrubané plochy.

Maximální počet ploch může být 100.

Postup při vytváření údajů o plochách je podobný jako v prvním případě, tj. zvolíme v hlavním menu **Data porubů**. Objeví se formulář **Data porubů** další postup závisí na tom, zda chceme vytvořit nový soubor nebo prohlížet a editovat již soubor vytvořený.

3.2.1 Vytvoření nového souboru dat porubů

1. V menu **Soubor** zvolíme **Nový**. Otevře se dialogové okno, ve kterém napíšeme název souboru bez přípony. Celá adresa a název souboru poruby se objeví v okénku název souboru. Dokud není otevřen soubor není ostatní část formuláře přístupná.

2. Objeví se dotaz na počet vrcholů plochy. Po zadání a odsouhlasení vyplníme formulář. Počet vrcholů plochy je sudý mezi hodnotami 4 až 12, tj. minimální počet je 4 a maximální 12 vrcholů. Zadávané hodnoty musí ležet v těchto mezích:

Dobývaná mocnost:	0 – 30 m.
Koeficient dobývání :	0.1 – 1.5 (větší než 1 – vliv aktivace stařin)
Směr spádnice:	0 – 360°
Úklon spádnice:	0 – 30°
Odklon kužele:	0 - 20°
Typ pohoří:	0 – 4

3. Po vizuální kontrole stiskneme tlačítko **Uložit plochu**.

4. Jestliže byla některá výše uvedena hodnota zadaná chybně, objeví se zpráva o chybě a zpřístupní se tlačítko **Opravit plochu** a můžeme po jeho stisknutí opravit příslušnou položku.

5. Byly-li hodnoty v daných mezích, objeví se formulář pro kresbu tvaru vložené plochy se třemi tlačítky: **Zobrazit plochu**, **Opravit vrcholy** a **Konec**.

6. Stiskneme tlačítko **Zobrazit plochu** a zobrazí se obrys plochy.

7. Jestliže tvar plochy odpovídá, stiskneme tlačítko **Konec** a uložíme plochu.
8. Když je tvar chybný, stiskneme tlačítko **Opravit vrcholy** a vrátíme se zpět do formuláře **Data porubů** a pokračujeme bodem 4.
9. Jestliže jsme vše opravili přejdeme do bodu 3. Jestliže i tvar plochy je v pořádku, stiskneme tlačítko **Konec** ve formuláři kresba. Ve formuláři **Data porubů** se zpřístupní tlačítka **Přidat plochu** a **Konec**.
10. Můžeme tedy přistoupit k vkládání údajů o další ploše podle bodu 1 – 9 nebo ukončit zadávání údajů o porubech, uzavřít soubor porubů a vrátit se do základního formuláře.

3.2.2 Rozšíření souboru poruby o další plochy

1. V menu **Soubor** zvolíme **Otevřít** a **Přidat plochu**. Otevře se dialogové okno, ve kterém vybereme příslušný soubor. Celá adresa a název souboru pohoří se objeví v okénku název souboru. Dokud není otevřen soubor není ostatní část formuláře přístupná.
2. Stiskneme tlačítko **Přidat plochu** a pokračujeme podle bodů 2 – 10 jako při vytváření nového souboru porubů.

3.2.3 Prohlížení souboru poruby a jeho editace

1. V menu **Soubor** zvolíme **Otevřít** a **Prohlížet**. Otevře se dialogové okno, ve kterém vybereme příslušný soubor. Celá adresa a název souboru poruby se objeví v okénku název souboru. Dokud není otevřen soubor není ostatní část formuláře přístupná.
2. Stiskneme tlačítko **Prohlížet**. Objeví se údaje o první ploše v souboru a zpřístupní tlačítka **Editovat plochu** a **Uložit plochu**.
3. Jestliže chceme plochu opravit stiskneme **Editovat plochu** a pokračujeme podle bodů 2 – 9 pro vytvoření nové plochy. Po uložení plochy se zpřístupní pouze tlačítko **Prohlížet** a jeho stisknutím se načte další plocha z otevřeného souboru. Tak pokračujeme až projdeme všechny plochy otevřeného souboru.

***Poznámka:** Je třeba projít všechny plochy, aby se vytvořil opravený soubor. Jinak dojde k chybě. Proto je někdy lepší prohlédnout si textový soubor pomocí menu **Informace** a případné chyby opravit a uložit.*

3.3 Soubor povrchových bodů

Tento soubor je velmi jednoduchý obsahuje na každém řádku:

*Číslo bodu a souřadnice (Y,X,Z) bodu v metrech (Příl. č. 3). Soubor se vytváří na formuláři **Data povrchu** (obr. 12), který je přístupný z hlavního menu volbou **Vstupní data – Data povrchu**.*

3.3.1 Vytvoření dat povrchových bodů

1. V menu **Soubor** zvolíme **Nový**. Otevře se dialogové okno, ve kterém napíšeme název souboru bez přípony. Celá adresa a název souboru data povrchu se objeví v okénku název souboru. Dokud není otevřen soubor není ostatní část formuláře přístupná.

Obr. č. 12: Formulář Data povrchu

2. Menu **Jak vytvořit?** nabízí vytvoření souboru **po bodech** nebo **dávkou**. Po bodech se vytváří síť nepravidelně rozmístěných bodů, kdežto dávkou se vytváří síť pravidelně uspořádaných bodů v pravoúhlé nebo trojúhelníkové síti.

3. Při volbě **po bodech** se zadávají: *Číslo bodu* a souřadnice *Y, X, Z* v metrech a bod se uloží stiskem tlačítka **Vložit bod**. Po vložení můžeme psát hodnoty pro další bod.

4. Při volbě **dávkou** můžeme volit mezi nabídkami **Trojúhelníková síť** nebo **Pravoúhlá síť**. Postup zadávání hodnot je pro obě síťe stejný. Vložíme souřadnice počátečního bodu sítě, bez jeho čísla, neboť body se budou číslovat od jedničky průběžně po jedné.

Vložíme délku sítě v přímém směru (osa X'), vzdálenost mezi body v tomto směru a směrnik přímého směru.

Pro směr kolmý vložíme šířku sítě (osa Y'). U pravoúhlé sítě zadáme i vzdálenost mezi body, u trojúhelníkové sítě, kterou tvoří rovnostranné trojúhelníky se vzdálenost nezadáva.

5. Po zadání údajů stiskneme tlačítko **Vložit** a zvolená síť bodů se vytvoří.

6. Stiskem tlačítka **Konec** se vrátíme do hlavního menu.

3.4 Výpočet pohybů

Vlastní výpočet se provede volbou nabídky **Výpočet poddolování** v základním formuláři. Volbou této nabídky se objeví dotaz na vytvoření podřízené složky ve složce „C:\Poddolování“, to nám umožňuje ukládat výsledky výpočtu do samostatné složky. Jejím vytvořením přejdeme do formuláře „Výpočet poddolování“ (obr. 13), ve kterém volíme způsob výpočtu a soubory pohoří, porubů a povrchu s jejichž daty výpočet provedeme.

Můžeme provést buď statický výpočet konečných pohybů, nebo dynamický výpočet pohybů. Dále pak dynamický průběh pohybů a deformací pro různá data v době vytváření poklesové kotliny.

Obr. č. 12: Formulář Výpočet poddolování

3.4.1 Výpočet statických pohybů po plochách

Je to základní metoda výpočtu a provádí se především pro kontrolu správnosti vstupních dat, kdy můžeme individuálně kontrolovat vypočtené poklesy a posuny jednotlivých povrchových bodů a tak odhalit např. hrubé chyby ve vstupních datech. Postup je následující:

1. Stiskem tlačítka **Data pohoří** vyhledáme potřebný soubor s příponou „.txt“ na adrese „C:\Poddolování“ a vložíme ho do formuláře.
2. Podobně vložíme po stisku tlačítek **Data porubů** a **Data povrchu** příslušné soubory.
3. Po vložení všech tří souborů se zpřístupní menu **Počítat**, ve kterém vybereme **Pohyb – Celkový - Po plochách**. Jeho stiskem se zahájí výpočet.

Výsledkem výpočtu jsou soubory ve složce „C:\Poddolování\Složka“

„Tabulky.uzv“, který obsahuje hodnoty konečných poklesů bodů a posuny ve směru os, celkový posun bodu a jeho směr po jednotlivých plochách (příl. č. 4)

„PlochyPorubů.uzv“, kterým lze v programu MacroGeo vykreslit všechny plochy podle souřadnic, jak byly použity pro výpočet.

„DílčíPlochy.blm“, kterým lze v programu Surfer vykreslit tvar všech ploch porubů.

3.4.2 Výpočet statických sumárních pohybů

Tímto typem výpočtu vypočteme sumární hodnoty konečných pohybů bodů za všechny plochy.

1. Postup je podobný jako v prvním případě, tj. platí body 1 a 2.
2. Po vložení tří souborů se v menu **Počítat** vybere nabídka **Pohyb – Celkový - Sumárně** a zahájí se výpočet.

Výsledkem jsou soubory ve složce: „C:\Poddolování\Složka\“

„Tabulky.uzv“, který obsahuje sumární hodnoty konečných poklesů bodů a posuny ve směru os, celkový posun bodu a jeho směr (příl. č. 4).

„PlochyPorubů.uzv“, kterým lze v programu MacroGeo vykreslit tvar všech ploch, jak byly použity pro výpočet.

„DílčíPlochy.blm“, kterým lze v programu Surfer vykreslit tvar všech ploch porubů.

3.4.3 Výpočet dynamických pohybů

Tímto typem výpočtu můžeme sledovat vývoj poklesů a posunů v čase. Proto kromě tří souborů dat musíme pomocí menu Data výpočtu stanovit data ke kterým se bude výpočet provádět. Postup zdání je následující:

1. Zadáme soubory dat pohoří, porubů a povrchu.
2. V menu **Data výpočtu** zvolíme způsob stanovení dat volbou **Manuálně** nebo **Automaticky**.
3. Při volbě **Manuálně** píšeme data výpočtu do jednotlivých políček vždy po řádcích, tímto způsobem lze nastavit různý časový interval výpočtu.
4. Při volbě **Automaticky** nás program vyzve k zadání *počátečního data výpočtu, časového intervalu dat a počtu dat*. Interval může být *měsíc, čtvrtletí, pololetí a rok*. Maximální počet dat výpočtu je 20.
5. Chceme-li vytvořit soubory pro jejich aplikaci v programech Macrostation a Excel, zatrhneme kontrolní tlačítka **Výstupy pro MacroGeo** a **Výstupy pro Excel**.
6. Nyní již můžeme přistoupit k výpočtu, kdy v menu **Počítat** zvolíme **Pohyb – Dynamický**.

Výsledkem výpočtu jsou tyto soubory ve složce „C:\Poddolování\Složka\“:

„Tabulky.uzv“, který obsahuje hodnoty poklesů bodů a posuny ve směru os, celkový posun bodu a jeho směr k datum výpočtu (příl. č. 4).

„PlochyPorubů.uzv“, kterým lze v programu MacroGeo vykreslit tvar všech ploch, jak byly použity pro výpočet.

„DílčíPlochy.blm“, kterým lze v programu Surfer vykreslit tvar všech ploch porubů.

„MPokles.uzv“, který obsahuje číslo bodu, jeho souřadnice Y a X a pokles bodu v decimetrech k zadaným datům výpočtu. Soubor lze využít pro kresbu isočar stejných poklesů (katabaz) v programu Site Work, Atlas, Surfer apod.

„EPokles.uzv“, který obsahuje číslo bodu a poklesy k jednotlivým datum výpočtu. Soubor je vhodný pro zpracování při bodech povrchu umístěných na přímce pro zpracování v Excellu.

„MPosun.uzv“, který obsahuje číslo bodu, jeho souřadnice Y a X a velikost posunu v decimetrech k poslednímu datu výpočtu. Soubor lze využít pro kresbu isočar stejných posunů v programu Site Work, Surfer, Atlas apod.

„EPosun.uzv“, který obsahuje číslo bodu a posuny k jednotlivým datům výpočtu. Soubor je vhodný pro zpracování při bodech povrchu umístěných na přímce pro zpracování v Excellu.

„PoklesVek.uzv“, který obsahuje číslo bodu a souřadnice Y, X, Z polohy bodu k datům výpočtu tak, že pohyb je v měřítku 10:1 v měřítku mapy. Zpracováním v MacroGeo získáme přímo trajektorii prostorového pohybu jednotlivých bodů.

3.5 Výpočet deformací

Tento typ výpočtu umožňuje vypočítat kromě pohybu i deformace v poklesové kotlině jako jsou *naklonění, vodorovné přetvoření a poloměr zakřivení a křivost*.

Princip výpočtu naklonění a přetvoření spočívá ve výpočtu poklesů a posunů vrcholů rovnostranného trojúhelníku, v jehož těžišti leží příslušný bod. Vrcholy trojúhelníka jsou vzdáleny 10m od bodu a jeden z nich leží ve směru posunu daného bodu.

Poloměry zakřivení se počítají jednak ve směru max. naklonění a jednak ve směru kolmém, vždy z poklesů tří bodů, které jsou vzdálené 10m od sebe a prostřední bod je bodem výpočtu.

Všechny výpočty jsou provedené jako dynamické, tj. k zadaným datům výpočtu.

3.5.1 Výpočet dynamických pohybů a deformací

1. Postup přípravy výpočtu je shodný s přípravou pro dynamický výpočet pohybu, tj. platí body 1- 5 postupu.

2. Pouze v menu **Počítat** volíme **Pohyb a deformace dynamicky**. Výsledkem výpočtu jsou jednak soubory jak pro dynamický pohyb, tak soubory pro zpracování hodnot naklonění, přetvoření a poloměru zakřivení pomocí programů MacroGeo a Excell. Jsou rovněž uloženy ve složce „C:\Poddolování\Složka\“

„MNáklon.uzv“, který obsahuje číslo bodu, jeho souřadnice Y a X a velikost maximálního naklonění k poslednímu datu výpočtu umožňující kresbu isočar stejného naklonění, např. v Surferu.

„MDeforN.uzv“, který obsahuje číslo bodu, jeho souřadnice Y a X a velikost prvního hlavního přetvoření ve směru spádu svahu kotliny k poslednímu datu výpočtu umožňující kresbu isočar stejného naklonění, např. v Surferu.

„MDeforT.uzv“, který obsahuje číslo bodu, jeho souřadnice Y a X a velikost druhého hlavního přetvoření ve směru kolmém k poslednímu datu výpočtu umožňující kresbu isočar stejného naklonění, např. v Surferu.

„NáklonVek.uzv“, který obsahuje číslo bodu, jeho souřadnice Y a X a dynamické změny naklonění na bodě formou vektorů, umožňující jejich kresbu pomocí programu MacroGeo.

„DeforVek.uzv“, který obsahuje číslo bodu, jeho souřadnice Y a X a vektory prvního a druhého hlavního přetvoření k poslednímu datu výpočtu, umožňující jejich kresbu pomocí programu MacroGeo.

„ENáklon.uzv“, který obsahuje číslo bodu a maximální naklonění k jednotlivým datum výpočtu. Soubor je vhodný pro zpracování při bodech povrchu umístěných na přímce pro zpracování v Excelu.

„EDeforN.uzv“, který obsahuje číslo bodu a první hlavní přetvoření k jednotlivým datum výpočtu. Soubor je vhodný pro zpracování při bodech povrchu umístěných na přímce pro zpracování v Excelu.

„EDeforT.uzv“, který obsahuje číslo bodu a druhé hlavní přetvoření k jednotlivým datum výpočtu. Soubor je vhodný pro zpracování při bodech povrchu umístěných na přímce pro zpracování v Excelu.

„EPolomN.uzv“, který obsahuje číslo bodu a první hlavní poloměr zakřivení k jednotlivým datum výpočtu. Soubor je vhodný pro zpracování při bodech povrchu umístěných na přímce pro zpracování v Excelu.

„EPolomT.uzv“, který obsahuje číslo bodu a druhý hlavní poloměr zakřivení k jednotlivým datum výpočtu. Soubor je vhodný pro zpracování při bodech povrchu umístěných na přímce pro zpracování v Excelu.

3.5.2 Doba trvání výpočtu

Celková délka výpočtu deformací závisí na počtu bodů, ploch a počtu dat ke kterým se hodnoty počítají. Průběh výpočtu je kontrolován takto:

Po ukončení výpočtu pohybů se objeví zpráva o jejich ukončení. Po jejím potvrzení je buď výpočet ukončen (počítaly-li se pouze pohyby), nebo pokračují automaticky dále výpočty deformací. Ve spodní části obrazovky se postupně mění barva lišty ze zelené na červenou tak, jak postupuje výpočet. Doba výpočtu je uvedena číselně nad lištou a rovněž se uvádí kolik bodu z celkového počtu bodů bylo vypočteno a jak dlouho asi bude ještě výpočet trvat.

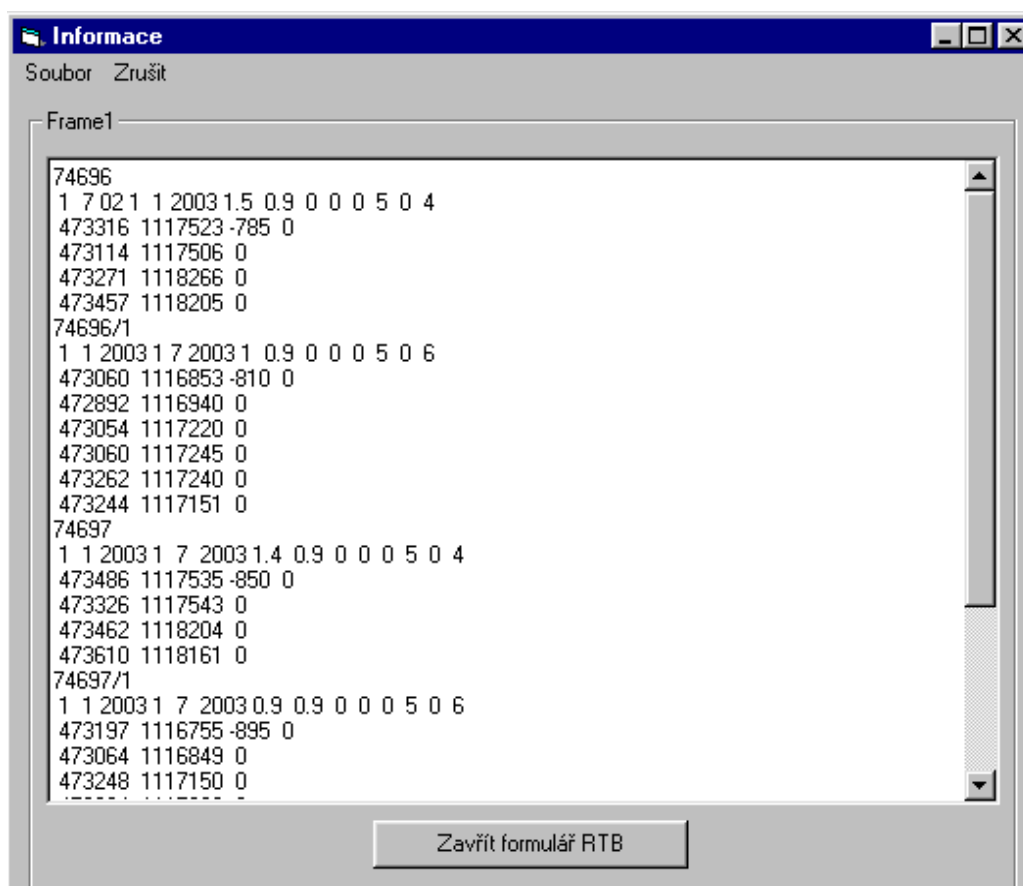
Stiskem tlačítka **Konec** přejdeme do základního formuláře.

3.6 Informace

Toto menu slouží k prohlížení vstupních a výstupních textových souborů, k jejich případné editaci, zrušení nebo jejich vytištění. Obsah formuláře je zřejmý z obrázku č. 13.

Postup práce v tomto formuláři je následující:

1. V hlavním formuláři zvolíme menu **Informace** a přejdeme do formuláře Informace.
2. V menu **Soubor** vybereme **Otevřít** a v prohlížečím okně se nám objeví seznam vstupních a výstupních textových souborů, které jsou uloženy na adrese „C:\Poddolování“ s příponami „*.txt | *.uzv“. Obvyklým způsobem můžeme zvolit i příslušnou složku ve které jsou uloženy výsledky výpočtu.
3. Po zvolení příslušného souboru se soubor objeví v čtecím okně, ve kterém si ho můžeme prohlížet.
4. Postup podle bodů 2 a 3 můžeme opakovat pro různé další soubory, případně v menu **Soubor** zvolit **Tisk obsahu** a soubor na tiskárně vytisknout, zvolit **Zrušit** a soubor vymazat a po případné změně souboru vybrat **Uložit jako text**.
5. Prohlížení ukončíme stiskem tlačítka **Zavřít formulář** a vrátíme se do hlavního formuláře.



Obr. č. 13: Formulář Informace

3.7 Ukončení programu

Program se ukončí v základním formuláři volbou **Konec** v nabídce formuláře, případně stiskem příslušné ikonky v pravém horním rohu formuláře.

Po ukončení programu jsou všechny vstupní a vypočtené soubory uloženy na adrese „C:\Poddolování\Složka“. Každý nový výpočet je třeba uložit do nové složky, kterou vytvoříme vždy na začátku výpočtu. Jestliže chceme ukládat do stejné složky, potom dojde k přepsání stávajících výstupních souborů.

Seznam příloh

1. Soubor pohoří
2. Soubor porubů
3. Soubor povrchu
4. Soubor Tabulky.uzv
5. Soubor MPokles.uzv
6. Soubor EPokles.uzv

Literatura

KRATZSCH, H. *Bergschadenkunde*. ISBN 3-001661-9, Deutscher Markscheider-Verein e. V. Bochum 1997

MATOUŠ, J. *Vlivy dolování při ukloněném uložení slojí*, Kandidátská disertační práce, VŠB Ostrava 1963

NESET, K. *Vlivy poddolování*. SNTL Praha 1984

SCHENK, J. *Metody zpřesňování prognózy vlivů dobývání slojí na povrch*, Habilitační práce, VŠB Ostrava, Ostrava 1990,

SCHENK, J. *Vybrané kapitoly z vlivu poddolování*, VŠB-TU Ostrava, Ostrava 1994

SCHENK, J. *Časový faktor důležitý prvek při zkoumání dynamiky vývoje poklesové kotliny*. VŠB-TU Ostrava, Ostrava 1997

SCHENK, J. *Měření pohybů a deformací v poklesové kotlině*, ISBN 80-7078-711-2, VŠB-TU Ostrava, Ostrava 1999

Publikace vznikla s přispěním výzkumného záměru CEZ J17/98: 27 000 007 „, Problematika nerostných surovin a hornické činnosti z pohledu 21. století“.

Příloha č. 1: Soubor pohoří

OKD - Důl Paskov

Sloj B12

1

63.4 63.4 0 12 0

0.5

Příloha č. 2: Soubor porubů

Plocha1

1 7 00 1 1 01 1 1 0 0 0 1 0 4

200 200 -500 -1

200 600 -1

400 600 -1

400 200 -1

Plocha2

1 1 01 1 7 01 1 1 0 0 0 1 0 4

400 200 -500 1

400 600 -1

600 600 -1

600 200 -1

Plocha3

1 1 02 1 7 02 1 1 0 0 0 1 0 4

600 200 -500 1

600 600 -1

800 600 -1

800 200 -1

Příloha č. 3: Soubor povrchu

0 , -200 400 200

1 , -150 400 200

2 , -100 400 200

3 , -50 400 200

4 , 0 400 200

5 , 50 400 200

6 , 100 400 200

7 , 150 400 200

8 , 200 400 200

9 , 250 400 200

10 , 300 400 200

11 , 350 400 200

12 , 400 400 200

13 , 450 400 200

14 , 500 400 200

15 , 550 400 200

16 , 600 400 200

17 , 650 400 200

18 , 700 400 200

19 , 750 400 200

20 , 800 400 200

21 , 850 400 200

22 , 900 400 200

23 , 950 400 200

24 , 1000 400 200

25 , 1050 400 200

26 , 1100 400 200

27 , 1150 400 200

28 , 1200 400 200

