

Ing. Antonín H i l s e , VÚHU:

Studie k problematice vlivů hlubinného dobývání na povrch a povrchové objekty

Ú v o d

Nutnost, řešit z nového pohledu problematiku vlivů hlubinného dobývání na povrchové objekty, vystupuje v posledních letech v obou největších hnědouhelných revírech - Mosteckém i Sokolovském - stále více do popředí.

Rozsáhlá stavebně investiční činnost v těchto průmyslových oblastech hledá dnes již těžko plochy, pod nimiž nebyla provozována důlní činnost, takže je stále častěji nutno budovat nové objekty na území, v dřívější době poddolovaném.

Ochrana objektů, budovaných na poddolovaném území, je předepsána Směrnicemi státní komise pro techniku a spočívá v různých stavebních i jiných úpravách, jejichž provedení podstatně zvyšuje investiční náklady. Tyto úpravy jsou předepsány pro jednotlivé druhy změn na povrchu, vyvolané důlní činností a jsou tím nákladnější, čím je budovaná konstrukce citlivější a předpokládané poklesy povrchu nepravidelnější.

Některé z velkých průmyslových podniků byly již v minulosti budovány na poddolovaném území, kde se musí podle dosavadních výpočetních teorií vlivů hlubinného dobývání na povrch předpokládat možnost dodatečného vzniku povrchových propadlin. Zde je nutné především uvést Chemické závody československo-sovětského přátelství, n.p. v Záluží u Mostu, jejichž areál byl vybudován na ploše několika km² nad stařinami hlubinných dolů. Současná výroba i budování nových provozů tohoto chemického kombinátu s citlivými technologickými zařízeními je podle stávajících teorií stále ohrožena možným dozníváním důlní činnosti. Podobných případů možno ovšem vyjmenovat celou řadu a neustále přibývají další.

Základní typy poklesů povrchu, vyvolané hlubinným dobýváním

Z hlediska půdorysného tvaru poklesu povrchu možno uvést tři základní typy:

- a) pokles plošný - poklesová kotlina,
- b) pokles bodový - kruhovitá propadlina - tzv. pinka,
- c) propadlina příkopovitá.

Poklesová kotlina vzniká nad rubáním plošného charakteru - tj. při dobývacích metodách sténování, pilířování a při vícelávkovém komorování, eventuálně při systematickém pruhovém komorování v jediné lávce s malými rozměry ponechaných mezpilířů komor. V posledním případě hraje roli i mocnost nadloží. Jak známo z praxe, projevuje se jednolávkové rubání při malé mocnosti nadloží jako propadliny nad jednotlivými poruby, při velkém nadloží plošným poklesem povrchu.

Tak zvané bodové poklesy vznikají nad komorovými poruby, rubanými v jediné lávce a jsou tím větších rozměrů, čím jsou komory vyšší a mocnost nadloží menší. Rovněž vznikají nad zavalenými kříži chodeb při velmi malé mocnosti nadloží. Bodové propadliny jsou zvláště charakteristické pro dobývání komorováním na plnou mocnost.

Příkopovité propadliny jsou řídkým zjevem a mohou vzniknout jen při závalu delšího úseku důlní chodby s malým nadložím (chodbicování při tzv. selském dobývání, chodby v pilířích při výchozech sloje apod.).

Z hlediska ekonomické závažnosti jsou dnes daleko nejdůležitější poklesy bodové. Nově budované objekty, které bylo nutno umístit na poddolovaném území, jsou často budovány nad starými důlními poli, rubanými většinou na plnou mocnost, komorováním v jediné lávce. V takto podrubaných terénech trvá nebezpečí vzniku povrchových (bodových) propadlin prakticky stále, zatímco při plošných poklesech vícelávkového komorování, sténování či pilířování je terén po uplynutí asi 8 let znovu bezpečný a pro výstavbu použitelný bez zajišťovacích opatření.

Dosavadní způsoby stanovení poklesů povrchu

K problematice výpočtu vlivů závalu důlních prostorů na povrch není k dispozici žádná soustavná literatura. Proto mohou báňští znalci používat jen kusé materiály z nejrůznějších pramenů, často i velmi zastaralých.

Podle vžitě praxe se pro výpočet plošných poklesů používá aplikace teorie Balsovy, která je dostatečně spolehlivá a byla ověřena dlouhodobými nivelačními měřeními poklesů čerstvě podrubaného terénu. Jak již bylo uvedeno, je terén plošných poklesů po doznění závalu nadložních hornin pro výstavbu bezpečný. Naopak v době, kdy je ještě terén v pohybu, není výstavba nových objektů na poddolovaném území reálná. Proto se nebudeme v našem příspěvku plošnými poklesy dále zabývat.

Vzhledem k výše uvedenému nebezpečí dodatečných závalů i po mnoha letech od doby rubání je tím důležitější problematika výpočtu povrchových propadlin bodového charakteru.

Dobývací způsob, pro který je vznik bodových propadlin charakteristický, je zvláště v Severočeském hnědouhelném revíru plošně velmi rozšířen. Dobývání na plnou mocnost sloje (v jediné lávce) bylo prakticky jedinou metodou rubání slojí o mocnosti 6 - 12 m a převládající metodou v obou hnědouhelných revírech do dvacátých let našeho století i v mocnostech vyšších. Při výpočtu rozměrů povrchových propadlin bodového charakteru se dodnes vychází z teorie Ing. A. Padoura, uveřejněné ve sborníku *Führer durch das nordwestböhmische Braunkohlenrevier* z roku 1908. Praktická pozorování ukázala, že výsledky, které tato teorie dává, jsou sice zcela bezpečné, ale současně silně předimenzované. V mnoha případech se ani po uplynutí řady let neprojeví na povrchu žádné poklesy, i když tam mělo podle výpočtu k tvorbě propadlin dojít, a to ani na velkých plochách, rubaných stovkami komor na plnou mocnost, s mohutnými mezpilíři.

Praktickým důsledkem tohoto předimenzování výpočtů podle uvedené teorie je zvýšení nákladů na výstavbu nových objektů všude tam, kde je skutečný vznik propadlin nereálný, ale kde bylo a je nutno podle výpočetní metodiky předepsat, vyprojektovat a provést zajištění objektů proti účinkům propadlin teoreticky vypočtených rozměrů, k nimž nikdy nedošlo a nedojde. Rovněž náklady na vrtný průzkum dutin, vynaložené v případech, kdy mocnost nadloží přesahuje skutečnou mezní mocnost vzniku bodových propadlin, jsou zbytečné a představují národohospodářské ztráty.

Je tedy zřejmé, že uvedená teorie potřebuje nutně revizi, která by se opírala o provozní výsledky, tj. skutečně zjištěné průběhy výlomových prostorů a rozměrů povrchových propadlin, při současné znalosti tvaru a původních rozměrů zavalených porubů.

Tato revize a vypracování nové výpočetní metodiky bodových poklesů není ovšem řešitelná jednotlivcem, ale výzkumnou institucí, a to jako výzkumný úkol, jehož řešení, opírající se o řadu provozních měření a pozorování, rozborů technických vlastností uhlí i nadložních hornin a aplikující nejnovější poznatky v oblasti napjatosti v okolí důlních děl, by bylo řádně oponováno a posléze zakotveno ve směrnících Státní komise pro techniku pro stavby na poddolovaném území.

Vzhledem k výše uvedenému nebezpečí dodatečných závalů i po mnoha letech od doby rubání je tím důležitější problematika výpočtu povrchových propadlin bodového charakteru.

Dobývací způsob, pro který je vznik bodových propadlin charakteristický, je zvláště v Severočeském hnědouhelném revíru plošně velmi rozšířen. Dobývání na plnou mocnost sloje (v jediné lávce) bylo prakticky jedinou metodou rubání slojí o mocnosti 6 - 12 m a převládající metodou v obou hnědouhelných revírech do dvacátých let našeho století i v mocnostech vyšších. Při výpočtu rozměrů povrchových propadlin bodového charakteru se dodnes vychází z teorie Ing. A. Paďoura, uveřejněné ve sborníku Führer durch das nordwestböhmische Braunkohlenrevier z roku 1908. Praktická pozorování ukázala, že výsledky, které tato teorie dává, jsou sice zcela bezpečné, ale současně silně předimenzované. V mnoha případech se ani po uplynutí řady let neprojeví na povrchu žádné poklesy, i když tam mělo podle výpočtu k tvorbě propadlin dojít, a to ani na velkých plochách, rubaných stovkami komor na plnou mocnost, s mohutnými mezpilíři.

Praktickým důsledkem tohoto předimenzování výpočtů podle uvedené teorie je zvýšení nákladů na výstavbu nových objektů všude tam, kde je skutečný vznik propadlin nereálný, ale kde bylo a je nutno podle výpočetní metodiky předepsat, vyprojektovat a provést zajištění objektů proti účinkům propadlin teoreticky vypočtených rozměrů, k nimž nikdy nedošlo a nedojde. Rovněž náklady na vrtný průzkum dutin, vynaložené v případech, kdy mocnost nadloží přesahuje skutečnou mezní mocnost vzniku bodových propadlin, jsou zbytečné a představují národohospodářské ztráty.

Je tedy zřejmé, že uvedená teorie potřebuje nutně revizi, která by se opírala o provozní výsledky, tj. skutečně zjištěné průběhy výlomových prostorů a rozměrů povrchových propadlin, při současné znalosti tvaru a původních rozměrů zavalených porubů.

Tato revize a vypracování nové výpočetní metodiky bodových poklesů není ovšem řešitelná jednotlivcem, ale výzkumnou institucí, a to jako výzkumný úkol, jehož řešení, opírající se o řadu provozních měření a pozorování, rozborů technických vlastností uhlí i nadložních hornin a aplikující nejnovější poznatky v oblasti napjatosti v okolí důlních děl, by bylo řádně oponováno a posléze zakotveno ve směrnících Státní komise pro techniku pro stavby na poddolovaném území.

Předmětem této studie bude tedy především rozbor teorie výlomového paraboloidu Ing. A. Pačoura ve světle novějších poznatků a nástin postupu řešení nové, reálné metodiky.

Teorie výlomového paraboloidu

Řešení rozměrů profilových propadlin spočívá především v určení mezní výšky, do které může v nadloží postoupit výlom nad zvaleným porubním prostorem. Je-li tato výška menší než mocnost nadloží, nemůže na povrchu vzniknout propadlina. Je-li výška větší, dojde po přiblížení vrcholu výlomového prostoru k povrchu - obvykle v málo soudržných kvartérních vrstvách - k prolomení nadloží a ke vzniku propadliny.

Oba případy jsou schematicky znázorněny na obr. 1 a, b.

Základní parametry výpočtu jsou při známém půdorysném tvaru a výšce porubního prostoru určeny tvarem výlomového prostoru, o němž zatím máme jen matné představy.

Teorie Ing. A. Pačoura předpokládá výlomový prostor ve tvaru rotačního paraboloidu, se základnou o $\varnothing$ rovnajícímu se šířce porubu b . Při dostatečné mocnosti nadloží vyplní se postupně výlomový prostor nadložím.

$$V = \frac{\pi}{2} \frac{b^2}{4} x_1 \quad /1/$$

kde $x_1 = h$ = výška prostoru výlomu - ve tvaru rotačního paraboloidu. Objem prostoru původního porubu je přitom

$$K = \frac{\pi b^2}{4} \cdot m, \quad /2/$$

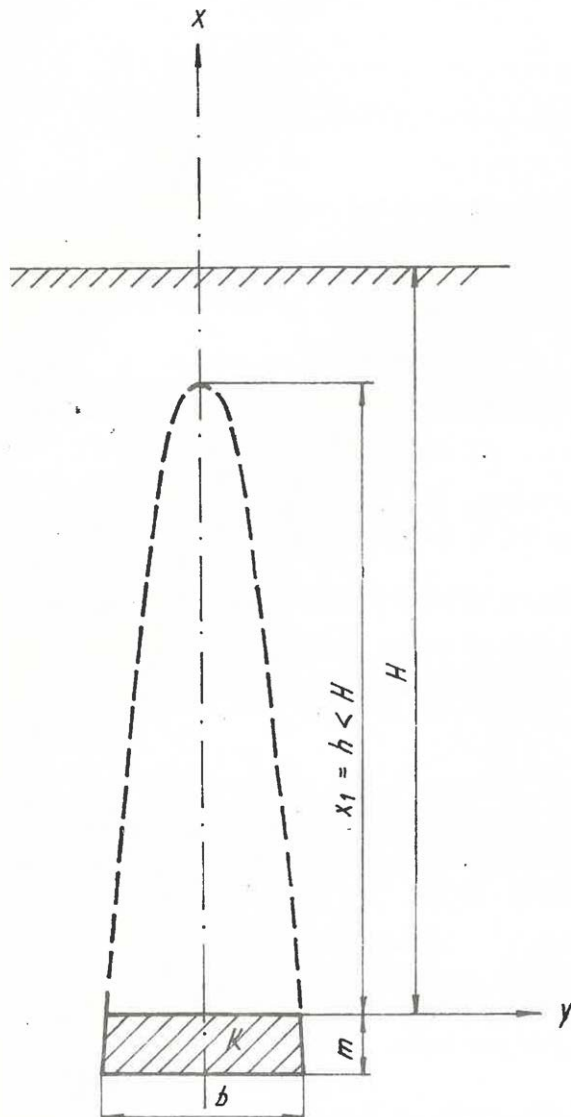
kde m = výška komory před závalem.

Má-li zával určitý - známý - přírůstek objemu (nakypření) o p %, potom

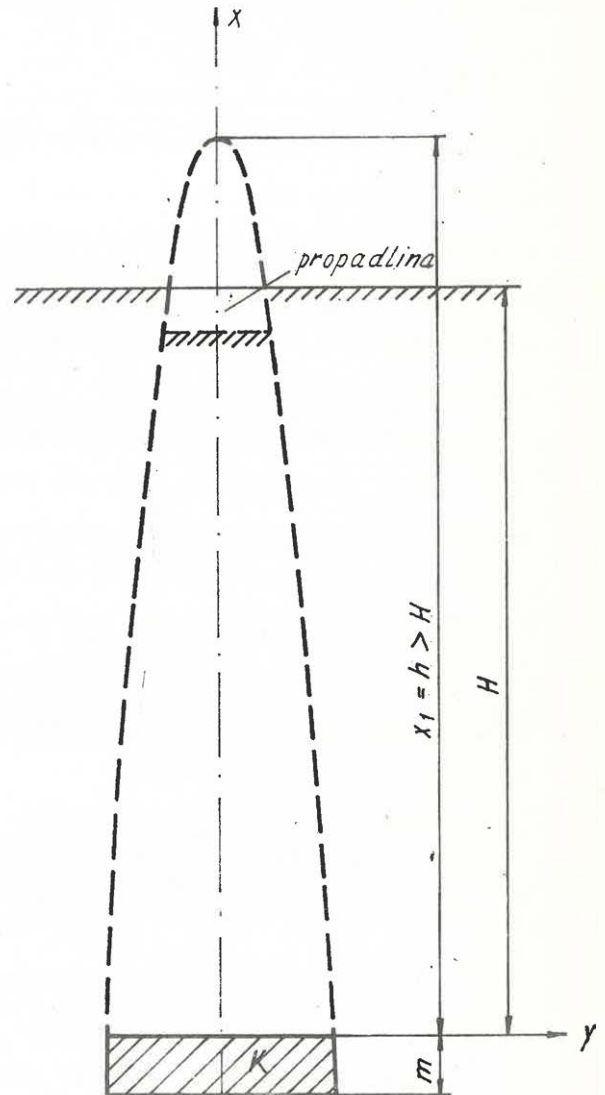
$$\frac{\pi b^2 m}{4} + \frac{\pi}{2} \frac{b^2}{4} x_1 = \frac{100+p}{100} \cdot \frac{\pi}{2} \cdot \frac{b^2}{4} x_1 \quad /3/$$

$$\frac{\pi b^2}{4} (m + \frac{x_1}{2}) = \frac{\pi b^2}{4} \cdot \frac{100+p}{200} \cdot x_1$$

$$m + \frac{x_1}{2} = \frac{100+p}{100} \cdot x_1$$



Obr. 1a



Obr. 1b

$$m = \frac{(100 + p) x_1}{200} - \frac{100 x_1}{200} = \frac{100 x_1 + p x_1 - 100 x_1}{200}$$

$$x_1 = \frac{200 m}{p}$$

Teoretická výška paraboloidu výlomu, vypočtená takto na základě rovnosti objemů a nakypření výlomových hornin, je tedy rovna dvěstěnásobné porubní výšce m , dělené zvýšením objemu v % - p .

Ponechme zatím stranou otázku tvaru výlomového prostoru nad důlními díly a zabývejme se pouze otázkou nakypření. Autor teorie uvádí jako výchozí hodnoty měrnou váhu jílu z hloubky 300 - 380 m v rozmezí 2,15 až 2,25 Mpm^{-2} a zvýšení objemu - nakypření volně sypaného jílovitého závalového materiálu o $p = 75 - 85 \%$, tj. koeficient nakypření 1,75 - 1,85. Tyto hodnoty jsou již na první pohled vysoké a objemová váha nakypřených jílu z nich rezultuje v hodnotě cca 1,23 Mpm^{-2} .

Dále autor uvádí, že nakypření je závislé na výšce pádu horniny, která je v první fázi závalu - po prolomení ochranného stropu - rovna výšce vyrubaného prostoru, přičemž se vyplňujícím se prostorem, při vylamování vyšších vrstev nadloží, se tato výška snižuje.

Závislost stlačení na výšce sloupce závalu odvozuje autor takto:

V každé 1 m silné vrstvě (uvažuje prismatický sloupec nadloží o průřezu 1 m^2) předpokládá konstantní snížení objemu c , tedy lineární závislost nakypření na výšce výlomu.

Potom bude pro 1. vrstvu (0 - 1 m) zmenšení objemu $v_1 = \frac{c}{100} \%$,

pro 2. vrstvu (1 - 2 m) $v_2 = \frac{2c}{100} \%$,

pro poslední vrstvu ($n - 1$ až n) $v_{n-1} = \frac{(n-1) \cdot c}{100}$

Konečné celkové nakypření prismatického sloupce bude tedy

$$\sum_{1, n-1} v = \frac{n-1}{2} \cdot n \cdot \frac{c}{100} \quad /5/$$

Konstantu c , tj. relativní stlačení objemu na 1 m výšky, určil autor pokusně v hodnotě cca 0,42 %. O způsobu určení této konstanty se autor blíže nezmiňuje, ale uvádí, že je jen přibližná.

Po dosažení konstanty c do výrazu /5/ obdržíme pro výšku výlomu $n = H$:

$$v_H = \frac{H-1}{2} \cdot H \cdot \frac{0,42}{100} = H(H-1) \cdot 0,0021 (\%) \quad /6/$$

Jelikož výška pádu poslední vrstvy výlomového tělesa je $H = h + m$, bude mít výraz /6/ tvar:

$$V_H = (h + m) \cdot (h + m - 1) \cdot 0,0021,$$

$$\text{a tedy procento stlačení objemu } p = \frac{(h + m) \cdot (h + m - 1) \cdot 0,0021}{m} \quad /7/$$

Po dosazení za p do výrazu /4/ tedy obdržíme:

$$x_1 - h = \frac{200 m^2}{0,0021 (h + m) \cdot (h + m - 1)} \quad /8/$$

a po úpravě dostaneme závislost 3. stupně:

$$200 m^2 = 0,0021 (h^3 + 2 m \cdot h^2 - h^2 + m^2 h - mh)$$

$$h^3 + h^2 (2m - 1) + h (m^2 - m) - 95 200 m^2 = 0 \quad /9/$$

Pro praktické použití nahradil autor tento výraz přibližnou závislostí

$$h = x_1 = 46 \sqrt[3]{m^2}, \quad /10/$$

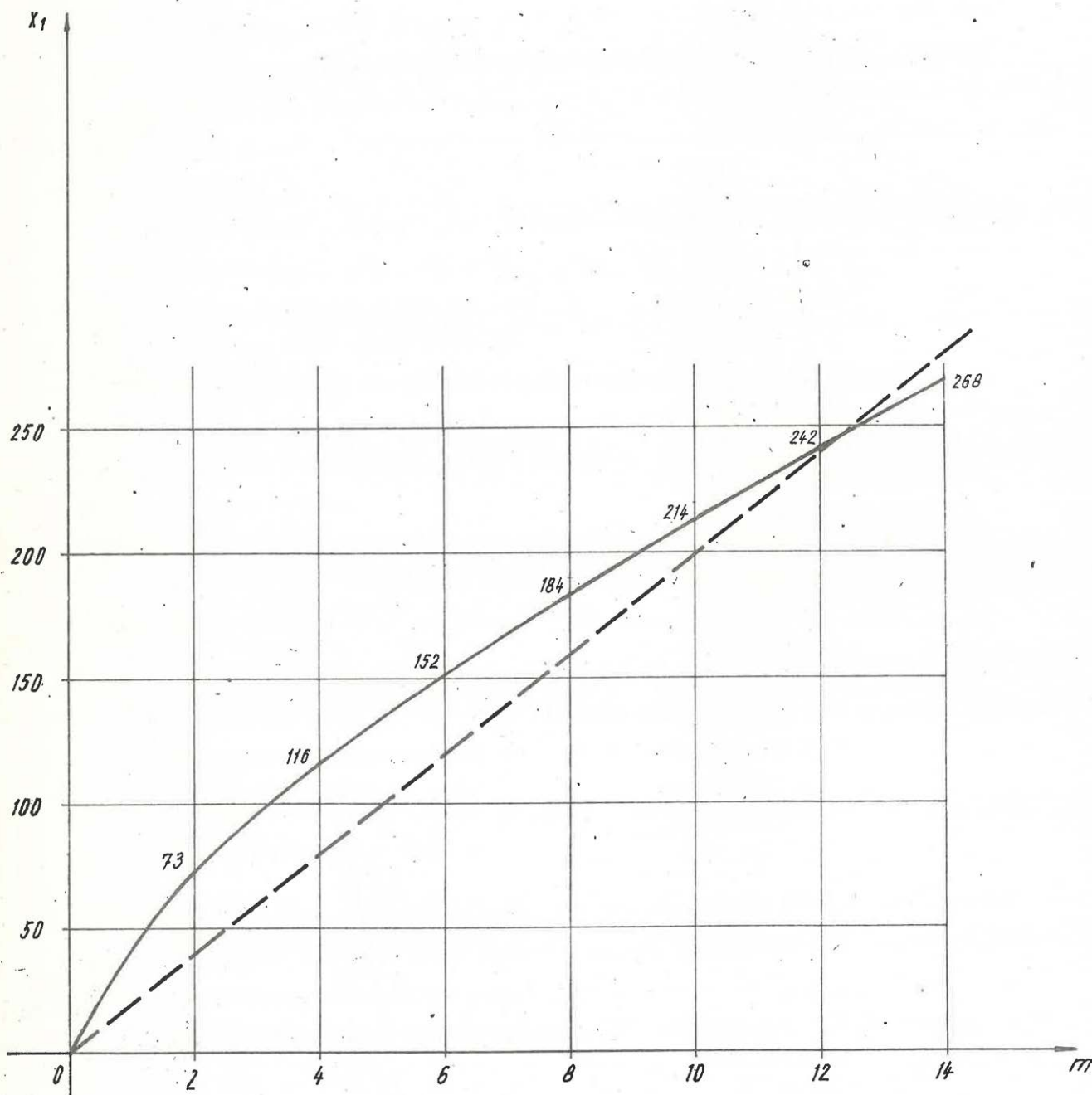
kde - jak již bylo uvedeno - je x_1 výška teoretického paraboloidu výlomu nad stropem dílního díla, m = výška rubaného prostoru.

Dosadíme-li za m do výrazu /10/, dostaneme tyto hodnoty mezní výšky výlomového paraboloidu:

Porubní výška $m = 2$ m	mezní výška nadloží $x_1 = 46 \sqrt[3]{2^2} = 73$ m	=	36,5	rubaných	mocností
" " " " " "	$x_1 = 46 \sqrt[3]{4^2} = 116$ m	=	29,0	rubaných	mocností
" " " " " "	$x_1 = 46 \sqrt[3]{6^2} = 152$ m	=	25,4	rubaných	mocností
" " " " " "	$x_1 = 46 \sqrt[3]{8^2} = 184$ m	=	23,0	rubaných	mocností
" " " " " "	$x_1 = 46 \sqrt[3]{10^2} = 214$ m	=	21,4	rubaných	mocností
" " " " " "	$x_1 = 46 \sqrt[3]{12^2} = 242$ m	=	20,2	rubaných	mocností

porubní výška $m = 14$ m mezní výška nadloží $x_1 = 46 \sqrt[3]{14^2} = 268 \text{ m} =$
 $= 19,1$ rubaných mocností

Závislost $x_1 = f(m)$ je graficky znázorněna na obr. č. 2.



obr. 2

Autor teorie, Ing. A. Pačour, uvádí ve svém článku "Flur und Gebäudeschäden" z roku 1908 několik provozních případů rubání s nadloží 80 m až 400 m a porubními výškami 3,2 a 4,0 m při pilířování, 9 až 10,5 m při komorování. Mezní výšky výlomů podle výrazu /10/ vycházejí vesměs vyšší než skutečná mocnost nadloží. Přesto však autor sám konstatuje, že se na povrchu projevily i u komorování pouze poklesy plošného charakteru, nikoliv poklesy bodové nad jednotlivými poruby.

Je tedy zřejmé, že pomocí uvedené teorie výlomového paraboloidu nelze nejen určit s dostatečnou přesností velikost povrchové bodové propadliny, ale ani zjistit, kdy při daných parametrech rubané mocnosti a mocnosti nadloží jednotlivých důlních děl jednolávkového rubání vzniknou propadliny bodové anebo plošné poklesy.

V posledních letech byla pracovníky VÚHU Most ve snaze po zjednodušení uvedená teorie poněkud přepracována. Jednak proto, aby byl usnadněn výpočet rozměrů předpokládaných povrchových propadlin, jednak již se zřetелеm na nereálně vysoké hodnoty mezní výšky nadloží, jak vycházejí z uvedeného původního výrazu /10/ při malých rubaných výškách.

Výpočet byl proveden na základě úvahy, že závalový materiál ve výlomu se může maximálně stlačit stejnou měrou, jako se stlačí nadloží zával v případě plošného rubání, tj. pod poklesevou kotlinou. Z nivelací poklesových kotlin bylo stanoveno maximální trvalé nakypření po uklidnění terénu cca 10 % rubané výšky (nutno přepočítat koeficientem výrubnosti, aby byl zahrnut vliv ponechaných nerubaných pilířů). Tomuto nakypření tedy odpovídá koeficient trvalého nakypření $k_n = 1,1$.

Postup výpočtu je patrný z náčrtku v obr. č. 3 na následující stránce.

Vrchol paraboloidu by teoreticky dosáhl výšky x_1 tehdy, když by trvale nakypřený zával právě zaplnil prostor rotačního paraboloidu a prostor původního porubu:

$$V \cdot k_n = V + K, \quad /11/$$

kde V = objem rotačního paraboloidu výlomu,

K = objem prostoru původního porubu před závalem

po úpravě:

$$V \cdot k_n - V = K$$

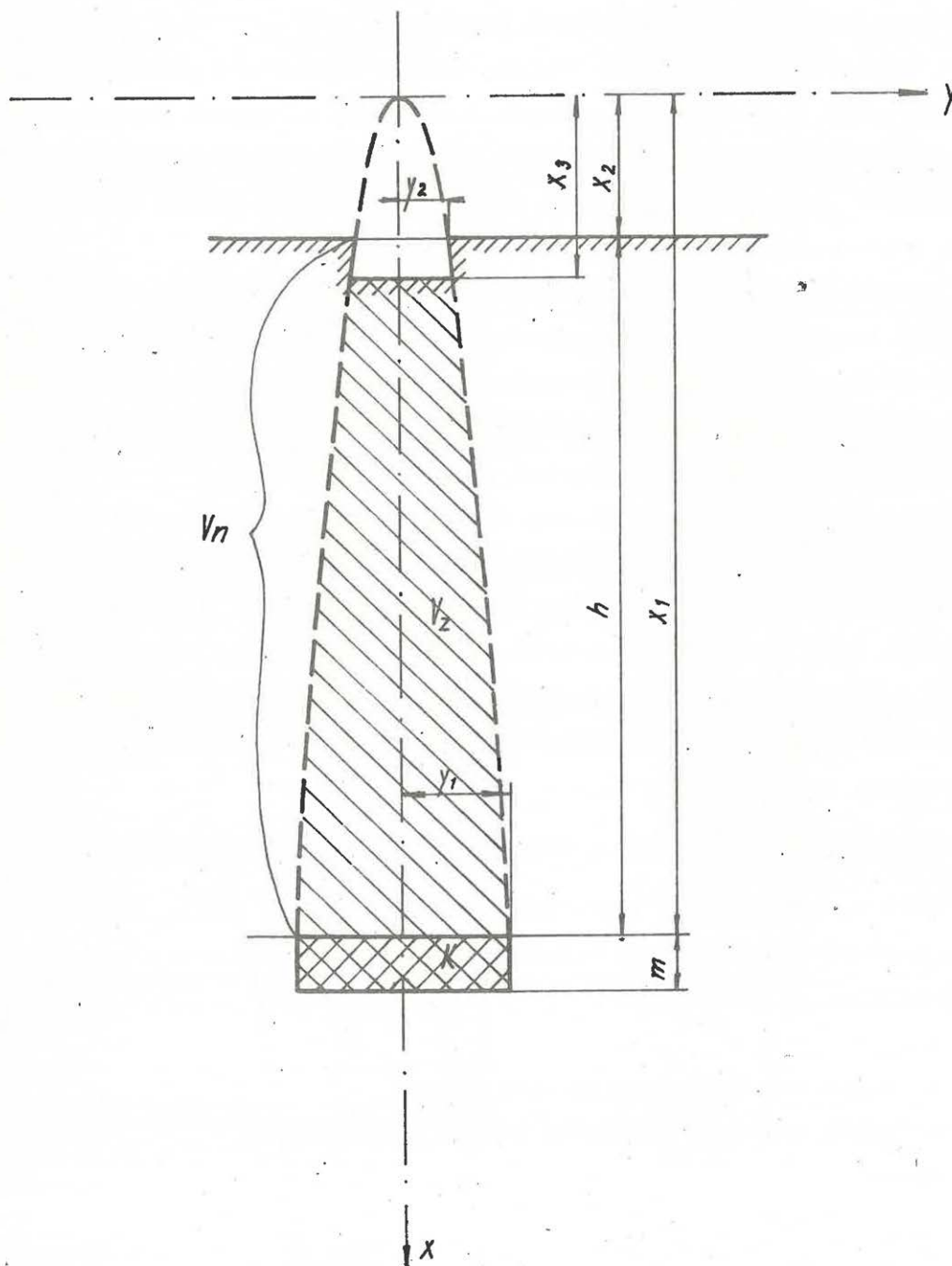
$$V = \frac{K}{k_n - 1} = \frac{K}{0,1}$$

/12/

Za proměnné V a K dosadíme:

$$V = \pi \int_0^{x_1} y_1^2 \cdot dx \quad /13/$$

$$K = \pi y_1^2 \cdot m, \quad /14/$$



Obr. 3

kde m = rubaná výška,

y_1 = poloměr redukované kružnice půdorysné plochy porubu.

$$\text{Potom } V = \pi \int_0^{x_1} k \cdot x \cdot dx = \frac{\pi k}{2} \cdot x_1^2 \quad /15/$$

$$K = \pi \cdot k \cdot x_1 \cdot m \quad /16/$$

a po dosazení do výrazu /12/:

$$\frac{\pi k}{2} \cdot x_1^2 = \frac{\pi \cdot k \cdot x_1 \cdot m}{0,1}$$

$$m = \frac{x_1}{20}; \quad x_1 = 20 \text{ m} \quad /17/$$

Výsledná závislost mezní výšky výlomu na rubané výšce je tedy lineární a je pro porovnání s exponenciální funkcí Pačourovou /10/ zakreslena na obr. č. 2. Jak patrně, dává tato závislost hodnoty nižší než závislost exponenciální, a to až do 12 m porubní výšky.

Z obecné rovnice paraboly možno již snadno vyčíslit průměr y_2 a hloubku $(x_3 - x_2)$ primární propadliny:

$$\text{Z obecné rovnice paraboly } y_1^2 = k x_1 \quad /18/$$

$$\text{dostaneme parametr } k = \frac{y_1^2}{x_1};$$

$$\text{po dosazení do rovnice } y_2^2 = k x_2,$$

$$\text{kde } x_2 = x_1 - h,$$

$$\text{dostaneme: } y_2^2 = \frac{y_1^2}{x_1} \cdot (x_1 - h)$$

$$y_2 = y_1 \sqrt{\frac{x_1 - h}{x_1}} \quad /19/$$

Hloubka propadliny $x_3 - x_2$ se určí pomocí rovnosti objemů (viz obr. č. 3).

$$V_n \cdot k_n = V_z + K,$$

/20/

$$\text{kde } V_n = \pi \int_{x_2}^{x_1} kx dx = \frac{\pi k}{2} (x_1^2 - x_2^2)$$

$$V_z = \pi \int_{x_3}^{x_1} kx \, dx = \frac{\pi k}{2} (x_1^2 - x_3^2) \quad /21/$$

$$K = \pi y_1^2 \quad m$$

po dosazení do /20/:

$$\frac{\pi k}{2} (x_1^2 - x_2^2) = 1,1 =$$

$$= \frac{\pi k}{2} (x_1^2 - x_3^2) + \pi y_1^2 \quad m \quad /22/$$

Z této rovnice vypočteme x_3 a posléze i hloubku propadliny $x_3 - x_2$.

I když - jak vyplývá z grafů funkcí /10/ a /17/ na obr. č. 2 - dává přepracovaný způsob výpočtu /17/, lišící se vlastně jen koeficientem nakypření, vesměs nižší hodnoty mezní výšky nadloží než starý způsob Ing. Pačoura, jsou přesto tyto hodnoty stále vyšší než skutečné. Zvláště při mocnostech nadloží větších než 150 m se již bodové propadliny v praxi netvoří, i když by při rubané mocnosti větší než 7,5 m mohly podle /17/ ještě vzniknout.

Příčiny těchto disproporcí nutno blíže osvětlit.

Provozní případy prostorového a časového průběhu výlomu

Naše dosavadní neznalost tvaru výlomového prostoru nedovoluje zatím určit ani přibližný charakter jeho geometrického průběhu.

Jedním z důležitých provozních poznatků je však okolnost, že se při jednolávkovém komorování, s relativně velkými mezipilíři (např. 10 m a více) mezi jednotlivými poruby, projevují do určité výšky nadloží na povrchu propadliny bodového charakteru (pinky), zatímco při jednolávkovém pruhovém komorování s malými mezipilíři (řádově 2 - 3 m) se při stejné porubní výšce i mocnosti nadloží vytvářejí na povrchu poklesy plošného charakteru - poklesová kotlina.

Bližší znalosti o tom, proč tato rozdílná situace vzniká, nebo dokonce kvantitativní určení, za jakých podmínek, t.j. při jaké mocnosti nadloží, síle mezipilířů a rubané výšce dochází k jednomu či druhému případu, pochopitelně dosud nemáme.

Ponecháme-li zatím stranou úvahy o vytváření rozvolněné oblasti v okolí důlních děl, úvahy o nepravé soudržnosti porušených hmot i o reologických

projevech hornin, možno z uvedeného jevu zhruba vyvodit, že pokud se výlomové prostory nad jednotlivými poruby vzájemně nepropojí, tedy pokud si mezipiliře těchto jednotlivých výlomů zachovají stabilitu, dochází k bodovým projevům poklesu, když se ale výlomové prostory propojí po ztrátě stability těchto piliřů, dochází k poklesům plošným.

Jeden z důvodů, proč se tak děje, tkví jistě i v rozdílném časovém postupu rubání jednotlivých komor obou porevnávaných jednolávkových dobývacích způsobů. Při komerování na plnou mocnost, které je charakteristické pro vznik bodových propadlin, a které pracovalo vždy s mohutnými mezipiliři komor, byla životnost jednotlivých porubů - zvláště v době ručního těžení - velká, často několik měsíců. Aby se komory tlakově neovlivnily, byly současně rubány poruby obvykle značně vzdálené, neboť při kolejové individuální dopravě nabylo třeba využívat žádný sběrný dopravní prostředek. Práce na sousedním porubu se tedy započaly obvykle až po řadě měsíců, někdy i let. Doba, po kterou se mohl v nadloží nerušeně vytvářet výlomový prostor, byla tedy velká, řádově 10 až 100-krát větší než při komerování pruhovým, kde je životnost jedné komory jen několik málo dní a bezprostředně po závalu se začíná s rubáním komory sousední.

Úvahu o propejení výlomových prostorů (rozvolněných oblastí porubů) podporuje následující provozní ukaz:

Při systematickém pruhovém rubání v jediné lávce v dosud nerubaném důlním poli se první komory prvního pruhu zavalují velmi obtížně - postup výlomu v nadložních jílech je velmi pomalý. Teprve po odrubání druhého, někdy i dalšího pruhu, tedy po odrubání tzv. plné účinné plochy, dojde patrně vlivem postupného růstu koncentrace napětí v piliřích mezi komorami k úplnému porušení jejich stability a k poklesu nadloží nad celou dosud odrubanou plochou. Přitom se dosud neporušené nadloží nad jednotlivými výlomy poruší systémem trhlin, které vycházejí z vnějšího obrysu plochy zavalených komer. Odklon bodu trhlin od horizontální roviny je menší než 90° a blíží se více méně tzv. zálomovému úhlu. Vzniká tedy v nadloží porušený prostor, zhruba ve tvaru ebráceného komolého jehlanu, jehož menší - spodní základna je totožná s celkovou, komerovými poruby vyrubanou plochou. Boční stěny odpovídají průběhu vnějších smykových ploch (trhlin) a větší základna je omezena průsečnicemi smykových ploch s povrchem.

Vlivem postupu dílčích výlomů jednotlivých porubů jsou ovšem výlo-

mové prostory stále více zaplňovány vylomenými kusy nadloží, které tvoří jejich přirozenou základku. Horizontální složky váhy této základky působí proti příslušným složkám napětí zbylých piliřů, takže k porušení soustavy piliřů dojde zřejmě až v určité výšce nad stropem rubané lávky.

Další poruby po popsaném prvním generálním prolomení nadloží nad plnou účinnou plochou se již zavalují snadněji a rychleji, zřejmě proto, že v jejich blízkém nadloží probíhají trhliny, doprovázející prvý generální pokles.

Z uvedeného vyplývá, že při systematickém pruhovém dobývání komorování v jediné lávce může vznik povrchových propadlin vyloučit.

V praxi se však při báňské posudkové činnosti zatím vždy považuje jednolávkové rubání za nebezpečné a pro vznik bodových propadlin příznivé, zvláště nad hraničními poruby, u nichž se uvažuje menší míra tlakového ovlivnění sousedními poruby než u porubů uvnitř celkově vyrubané plochy, které jsou obklopeny zavalenými poruby ze všech stran.

Zdá se však, že tento názor, zřejmě spíše přežitek z dob komorování na plnou mocnost, není pro dnešní pruhové komorování opodstatněn; rozhodně ne v případech, kdy byly odrubány velké souvislé plochy s malými mezipiliři komorových pruhů i jednotlivých sousedních porubů.

Zcela jiná situace, tj. zcela jiný postup poklesu nadloží nad vyrubanými prostorami, je při komorování na plnou mocnost. Ke ztrátě stability mezikomorových piliřů zřejmě nedochází, neboť povrch mezi jednotlivými bodovými propadlinami zůstává bez poklesu. Jak již bylo uvedeno, jsou příčiny:

- a) ve značné síle mezipiliřů komor,
- b) ve velkém časovém intervalu mezi závaly dvou sousedních komer.

Tzv. zavalení porubu je v jílovitém nadloží proces značně dlouhodobý. Jak bylo možno sledovat ještě i v poválečných letech při rubání na plnou mocnost (doly Centrum, Nejedlý, Mír aj.), probíhá výlom do nadloží (až na povrch) při bodovém závalu za normálních okolností několik dní, týdnů až měsíců - podle pevnosti a hlavně mocnosti jílového nadloží. Postup vylamování je přerušovaný.

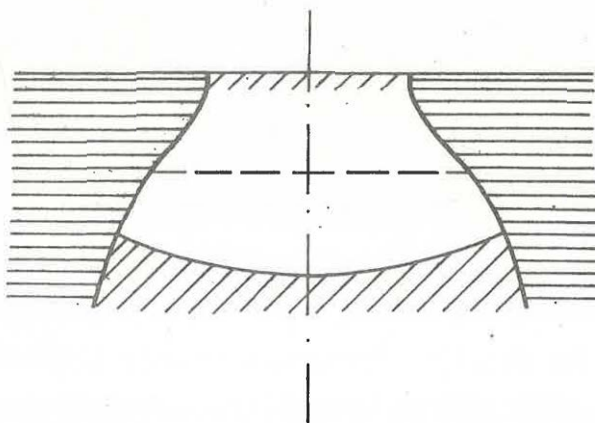
V první fázi se prolomí ochranný uhelný strop a nejbližší nadloží. Porubní prostor i prostor vzniklého výlomu se zaplní uhelnou substancí a nadložím až do určité výšky, kdy nastane dočasné obnovení rovnováhy zalo-

žením výlomového prostoru závalem. Po určitém slehnutí závalu, tj. zvětšení volného prostoru ve vrchlíku výlomového prostoru, dojde k obnovenému vylamování nadloží, až je znovu dosažen rovnovážný stav. Takto po etapách postupuje výlom až do nadloží, eventuálně při velké mocnosti nadloží se ustálí v určité hloubce pod povrchem a ani po velmi dlouhé době se na povrchu žádný pokles neprojeví.

V tomto přerušovaném procesu vylamování mohou nastat případy, kdy se postup výlomu na dlouhou dobu zastaví. Ztráta rovnovážného stavu, která může být způsobena nejrůznějšími vlivy, pak vyvolá další fázi vylamování, která se může projevit na povrchu vznikem bodové propadliny i moche desetiletí po skončení hornické činnosti v předmětné ploše důlního pole. Tyto dodatečné poklesy povrchu představují právě největší nebezpečí pro stávající i projektované objekty, ležící nad plochami, rubanými v minulosti na plnou mocnost.

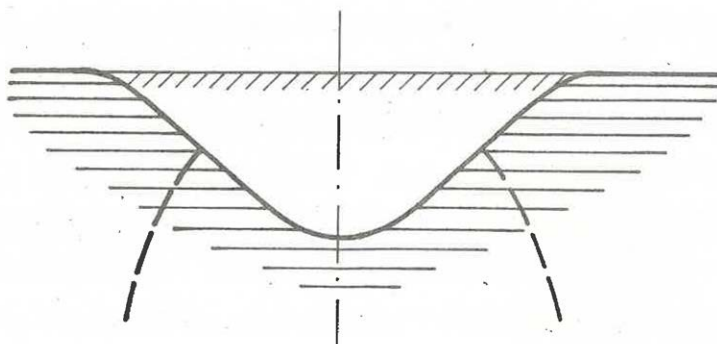
Destoupí-li výlomový prostor do bezprostřední blízkosti obvykle zcela nesoudržných kvartérních vrstev charakteru štěrkopísků nebo hlinitých jíílů, prolomí se povrch nejprve ve vrcholu klenby zhruba rotačního výlomového prostoru, potom se stěny této tzv. primární propadliny působením vnějších vlivů sesují, takže vznikne tzv. "pinka". Prvotní propadlina bývá nejlépe patrna v hlinitých materiálech a u mnohých porubů v sypkých kvartérních materiálech se vytváří nálevkovitý tvar propadliny bezprostředně po prolomení povrchu (obr. č. 4 a 5).

Primární propadlina



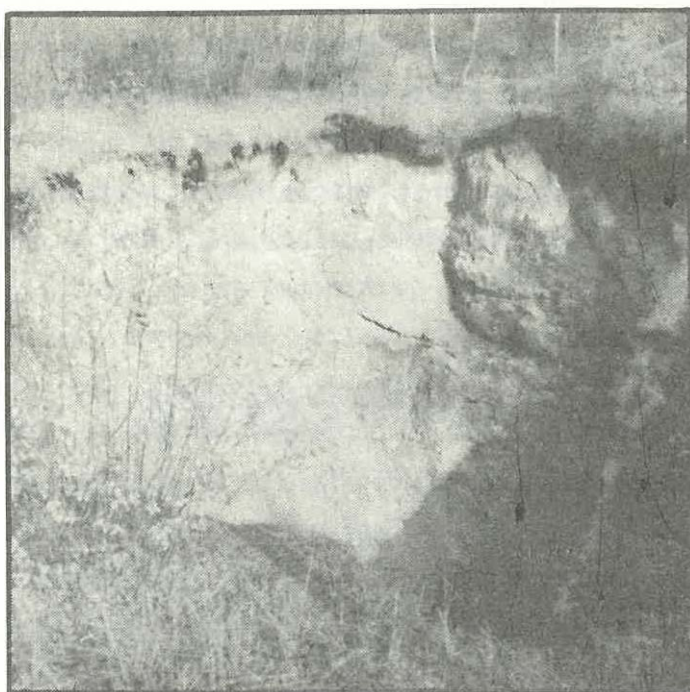
Obr. 4

Nálevkovitá pinka



Obr. 5

V případech, kdy došlo k dodatečnému zřevu velmi vysokých a plošně rozlehlých porubů na plnou mocnost v jílovitém nadloží malé mocnosti, vznikly rozsáhlé propadliny se stěnami téměř svislými (viz obr. 6).



Obr. č. 6

Z uvedeného charakteru průběhu povrchových (smykových) ploch výlomového prostoru, pozorovaného na povrchových bodových propadlinách, možno soudit na celkový průběh ve formě rotačního tělesa povahy paraboloidu.

nebo elipsoidu.

Jelikož zatím nevíme, jedná-li se o elipsoid či paraboloid nebo jiné rotační těleso, ani neznáme obecné závislosti parametrů těchto těles, obraťme se k teorii, abychom pomocí dosavadních poznatků napjatosti v okolí důlních děl zhruba určili, o jaké případy by se mohlo jednat a jaké dopady by měl výpočet výlomových prostorů na základě tvořících se křivek těchto rotačních těles.

Teoretické alternativy tvaru výlomového tělesa při bedovém závalu

Podle dnešních názorů vytváří se kolem důlního díla tzv. rozvolněná oblast. Rozsah této oblasti eliptického profilu je určen jednak odporem vlastního masivu proti působícím napětím, dále odporem výztuže a konečně časem, tj. reologickými vlastnostmi hornin v okolí důlního díla.

Již neporušený horninový masiv je postižen nespojitostmi, které jeho pevnost jako celku snižují. Jsou to v mikrostruktuře strukturní dislokace, v makrostruktuře trhliny všeho druhu, způsobené jak sedimentačními, tak i tektonickými pochody. Proto nelze slučovat hodnoty pevnostních parametrů, získané ze vzorků malých rozměrů (cm) s pevnostními parametry masivu.

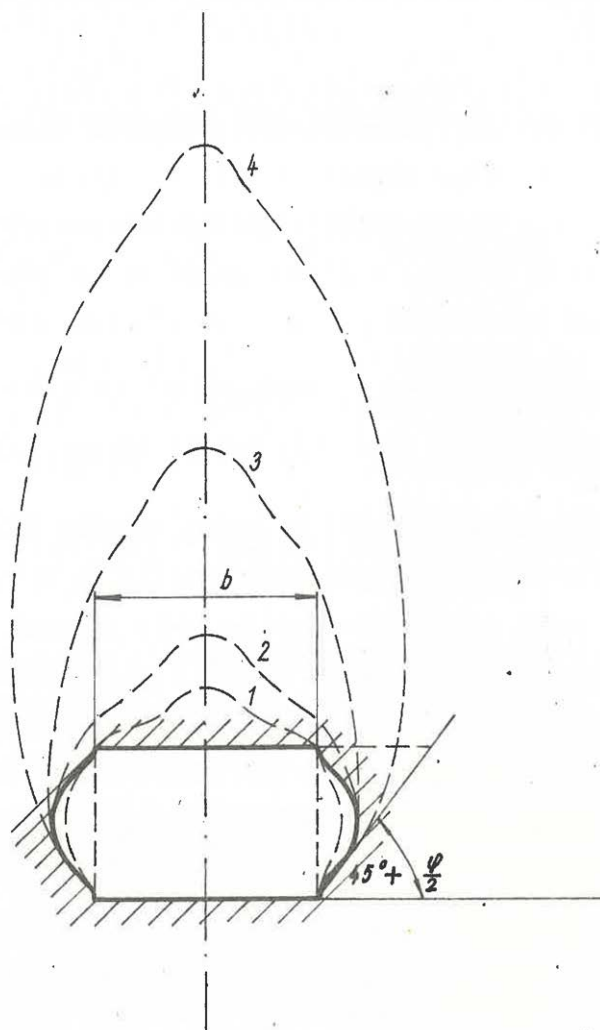
Vzhledem k dlouhodobému charakteru vytváření výlomového tělesa, zvláště při velkých mocnostech nadloží, hraje jistě závažnou roli ochabovost hornin, tj. ztráta nosnosti v čase.

Dnešní řešení rovnovážného stavu důlních děl jsou zaměřena k získání podkladů pro konstrukci a výběr vhodných výztužních prvků. I kdybychom již s určitou přibližností dokázali určit rozměry rozvolněné oblasti pro důlní dílo, zabudované určitým druhem výztuže - s určitým odporem a tedy i posunutím líce výrubu, neznáme odpor přirozené základky (závalu), zaplňující částečně až úplně prostor výlomového tělesa.

Proto se zdá cesta řešení velikosti výlomového prostoru na bázi mechanických vlastností hornin a jejich reologie včetně určení pevnostních parametrů masivu zatím zcela neschůdnou.

Bude tedy nutno vyjít zatím jen z pozorování průběhu výlomu nad důlními díly a z posuzování povrchových projevů, tj. poklesů terénu.

Pokud bychom vycházeli z průběhu výlomu nad důlním dílem, raženým v jílovitém nadloží, je tvar dlouhodobého výlomu zhruba znázorněn na obr.7.



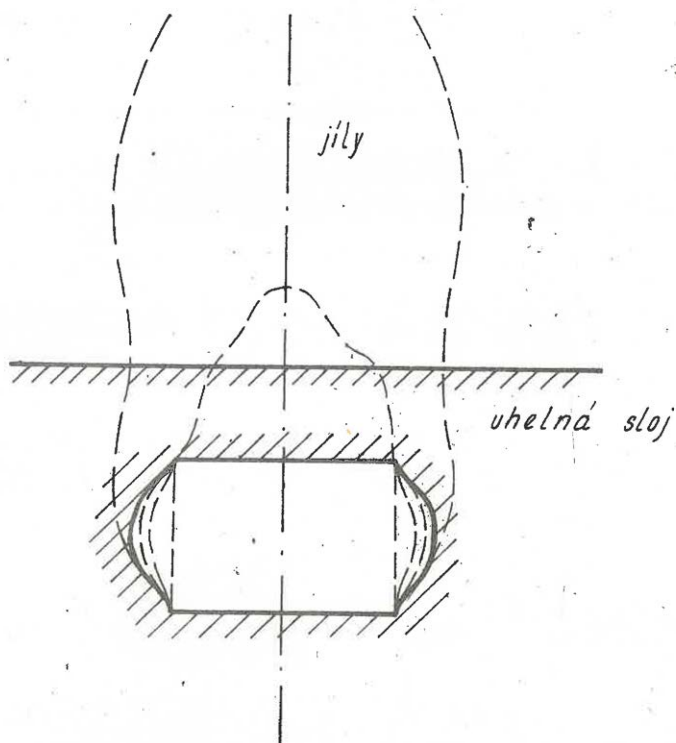
Obr. 7

I když se v první fázi vytvoří jen nízký výlom nad plochou stropu porubu, uvolňují se v dalších fázích nutně i podstropní převěsy, neboť se zde koncentruje tlak, jak je známo z izochar napětí, a výlom se rozšiřuje do stran. Při počvě je jeho tvar omezen úhly $45 - \frac{\varphi}{2}$, kde φ = úhel vnitřního tření.

I když se tedy prostor porubu zaplní nejprve z části vylomeným nadložím, je odpor této základky proti napětím působícím v okolí výrubu zpočátku zcela zanedbatelný a nezabrání vylamování boků důlního díla, tedy dalšímu rozšiřování porubního prostoru ani zvyšování výlomu.

Pokud je ve stropě porubu několikametrová uhelná vrstva nebo dokonce další sloj (vrchní sloj v mostecké oblasti), měla by se šířka výlomu oblasti uhelných vrstev poněkud zmenšit, jak je naznačeno na obr. 8,

a to vzhledem k vyšší pevnosti uhelných vrstev oproti jílovému nadloží.



Obr. 8

Z toho vyplývá, že maximální šířka výlomového rotačního tělesa je při dostatečné výšce nadloží patrně větší než maximální šířka porubu.

Při velké výšce výlomu, tedy ve fázi, kdy je prostor výlomu z největší části již dlouhodobě zaplněn závalovým materiálem, se zvyšuje odpor stlačeného materiálu ve spodní části výlomu a oblasť rozvolnění se nemůže šířit tak daleko jako ve vyšších částech výlomu, kde zával dosud není natolik stlačen.

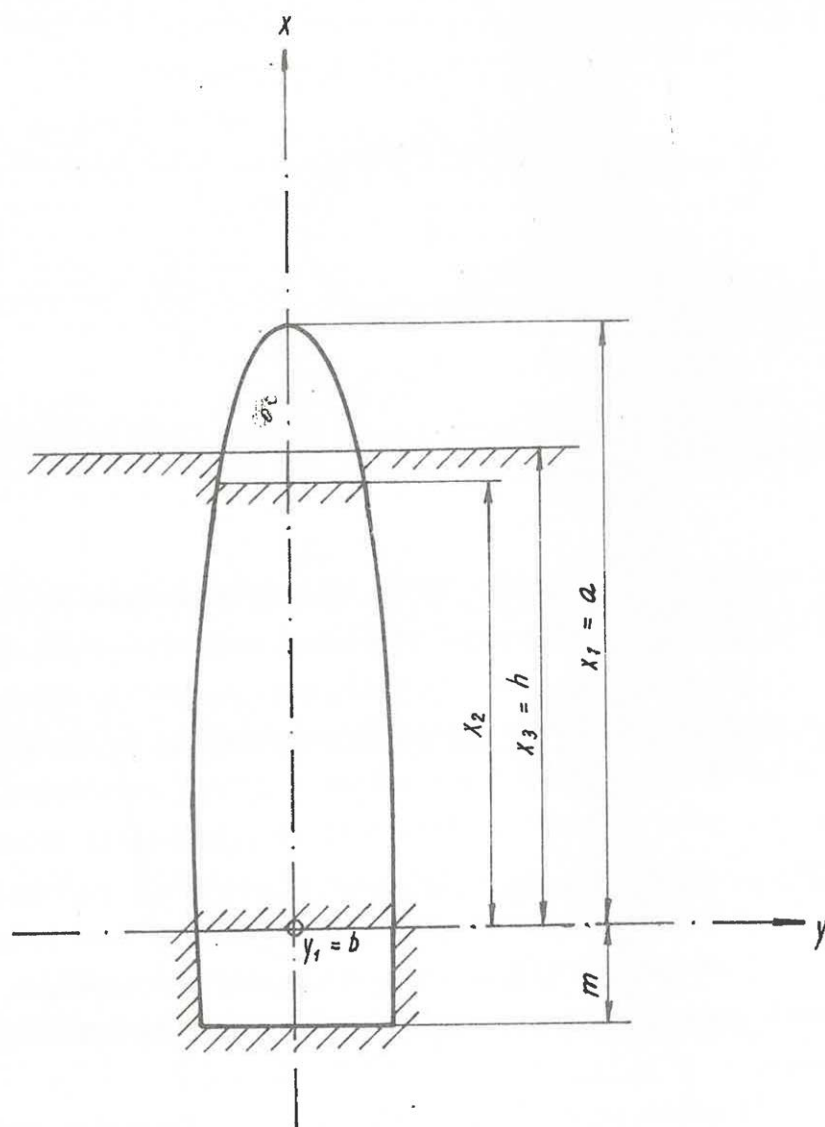
O tom, že se výlomový prostor rozšiřuje přes půdorysný prostor komory, svědčí i již uvedená okolnost rozrušení a ztráty stability slabších mezpilířů mezi jednotlivými výlomovými tělesy komor pruhového jednolávkového dobývání.

Vrchlík výlomového prostoru bývá vždy poněkud protáhlý, avšak při velké výšce výlomu nemá tato okolnost na jeho celkový objem podstatný vliv.

Shrneme-li uvedené, zdá se, že původní názor Ing. A. Pačoura, že výlo-

mový prostor má tvar rotačního paraboloidu se základnou rovnou redukované ploše stropu porubu, neobstojí. Uvažme proto, jak by se změnila hodnota mezí výšky nadloží, event. parametrů primární propadliny za předpokladu, že:

- a) výlomový prostor má tvar rotačního půlelipsoidu s kruhovou základnou, ležící ve stropě porubu a plocha této základny je rovna redukované ploše maximálního půdorysu průmětu porubu do roviny počvy (obr. 9)

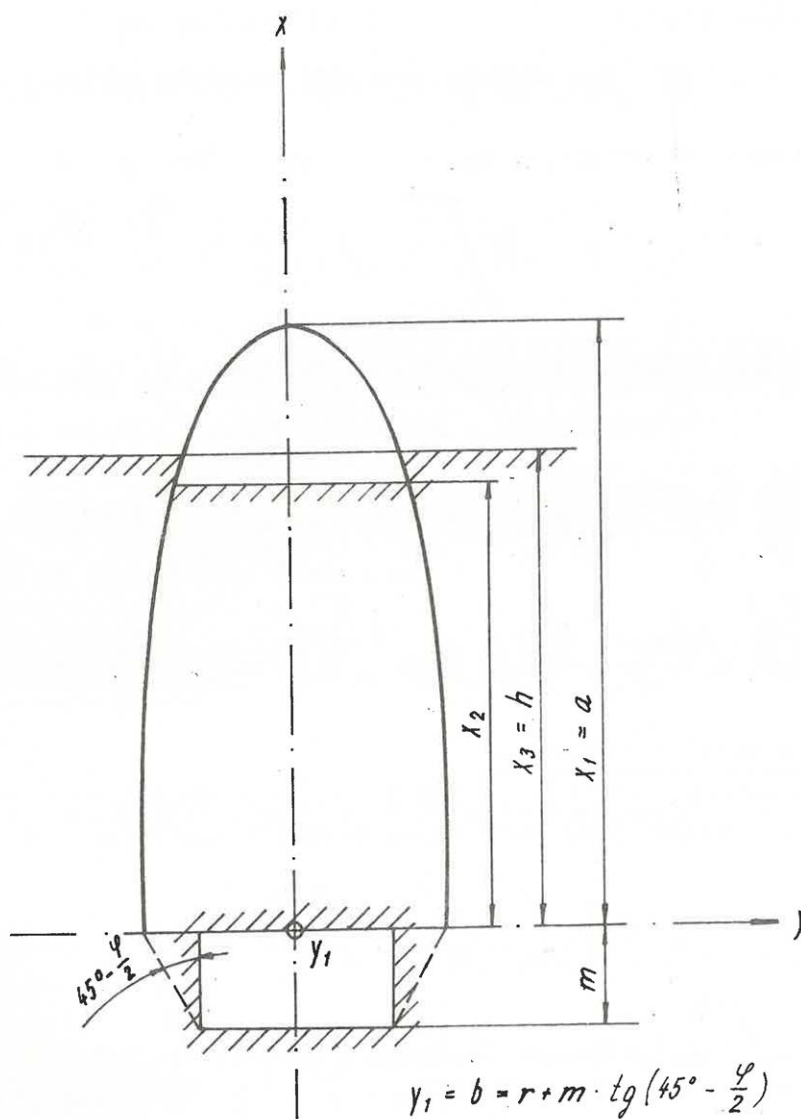


Obr. 9

- b) výlomový prostor má rovněž tvar půlelipsoidu, avšak vychází ze základny, jejíž poloměr je roven poloviční šířce poruby, zvětšené o hodnotu

$$a = m \cdot \operatorname{tg} \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right),$$

jak je patrné z obr. 10.



Obr. 10

Odvození výrazu pro mezní mocnost nadloží x_1 ad a)

Pro zjednodušení uvažujme nejprve konstantní koeficient nakypření $k_n = 1,1$.

Rovnici elipsy ve středovém tvaru

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$$

možno násobením výrazem $(a^2 \cdot b^2)$ převést na tvar

$$b^2 x^2 + a^2 y^2 = a^2 b^2 \quad /23/$$

Objem rotačního půlelipsoidu bude potom:

$$V = \pi \int_0^a y^2 dx, \quad /24/$$

kde $y^2 = \frac{a^2 b^2 - b^2 x^2}{a^2}$ a po úpravě: $y^2 = \frac{b^2}{a^2} (a^2 - x^2)$

Potom

$$\begin{aligned} V &= \pi \frac{b^2}{a^2} \int_0^a (a^2 - x^2) dx = \frac{\pi b^2}{a^2} \left[\int_0^a a^2 dx - \int_0^a x^2 dx \right] = \\ &= \frac{\pi b^2}{a^2} \left[a^2 x - \frac{x^3}{3} \right]_0^a = \frac{2\pi ab^2}{3} \quad /25/ \end{aligned}$$

Vrstva rotačního elipsoidu

Analogicky výrazu /24/ bude objem vrstvy v mezích $u_1 - u_2$:

$$\begin{aligned} V_v &= \pi \int_{u_1}^{u_2} y^2 dx \\ V_v &= \frac{\pi b^2}{a^2} \int_{u_1}^{u_2} (a^2 - x^2) dx = \frac{\pi b^2}{a^2} \left(a^2 u_1 - \frac{u_1^3}{3} \right) - \left(a^2 u_2 - \frac{u_2^3}{3} \right) \quad /26/ \end{aligned}$$

Podle výrazu /20/, kde V = objem rotačního půlelipsoidu výlomu /25/,
 b = poloměr redukované maximální plochy porubu, po dosazení do /20/:

$$\frac{2}{3} \pi ab^2 \cdot 1,1 = \frac{2}{3} \pi ab^2 + K, \quad /27/$$

kde $K = \frac{\pi}{3} m^2$,

tedy $\frac{2}{3} ab^2 \cdot 1,1 = \frac{2}{3} ab^2 + \frac{\pi}{3} m^2$,

a protože $a = x_1$, $b = y_1$,

bude $\frac{2}{3} x_1 y_1^2 \cdot 1,1 = \frac{2}{3} x_1 y_1^2 + \frac{\pi}{3} m^2$.

Odvození výrazu pro mezní mocnost nadloží x_1 ad b) (obr. 10)

Nejprve vyjádříme základní parametr výpočtu y_1 :

$$y_1 = r + m \cdot \operatorname{tg} \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right), \quad /30/$$

kd položíme $45^\circ - \frac{\varphi}{2} = \alpha$

$$y_1 = r + m \operatorname{tg} \alpha$$

Jelikož se boky porubu vylamují již za provezu pod úhlem $45^\circ + \frac{\varphi}{2}$, nutno příslušně zvětšit porubní prostor K z výrazu /27/:

$$K = \frac{1}{3} \pi m (r + m \operatorname{tg} \alpha)^2 \quad /31/$$

Dosažením do výrazu /20/ dostaneme:

$$\frac{2}{3} \pi x_1 \cdot (r + m \operatorname{tg} \alpha)^2 \cdot 1,1 = \frac{2}{3} \pi x_1 (r + m \operatorname{tg} \alpha)^2 + \frac{1}{3} \pi m (r + m \operatorname{tg} \alpha)^2$$

a po úpravě:

$$\frac{2}{3} \pi x_1 (r + m \operatorname{tg} \alpha)^2 \cdot 0,1 = \frac{1}{3} \pi m (r + m \operatorname{tg} \alpha)^2$$

$$0,2 x_1 = m$$

$$x_1 = 5 m \quad /32/$$

Předpokládáme-li, že se boky porubu za provezu vylomí, zůstane porubní prostor ve tvaru $\pi r^2 m = K$, takže

$$\frac{2}{3} \pi x_1 (r + m \operatorname{tg} \alpha)^2 \cdot 0,1 = \pi r^2 m$$

$$\frac{0,2}{3} x_1 (r + m \operatorname{tg} \alpha)^2 = r^2 m$$

$$x_1 = \frac{3 r^2 m}{0,2 (r + m \operatorname{tg} \alpha)^2} = 15 \frac{r^2 m}{(r + m \operatorname{tg} \alpha)^2} \quad /33/$$

Dosadíme-li za úhel vnitřního tření přibližnou hodnotu $\varphi = 30^\circ$ (uhlí), bude $y_1 = r + m \operatorname{tg} 30^\circ = r + 0,577 m$

$$\text{a výraz /33/ } x_1 = 15 \frac{r^2 m}{(r + 0,577 m)^2} \quad /34/$$

Porovnáme-li všechny uvedené výrazy pro mezní mocnost nadloží x_1 , tj. výrazy /10/, /17/, /29/, /32/ a /34/, vidíme, že mimo výraz /34/ je mezní hodnota mocnosti nadloží nezávislá na pŕidorysných rozměrech porubu, tj. $x_1 = f(m)$, zatím co ve výrazu /34/ je $x_1 = f(r, m)$, kde $r =$ = poloměr redukované kruhové plochy porubu.

Grafické porovnání všech závislostí je na obr. č. 11.

Křivka závislosti /34/ byla vypočtena pro $r = 3$ a $r = 5$. Jak patrně, jsou hodnoty x_2 podle /34/ tím menší, čím menší je plocha porubu.

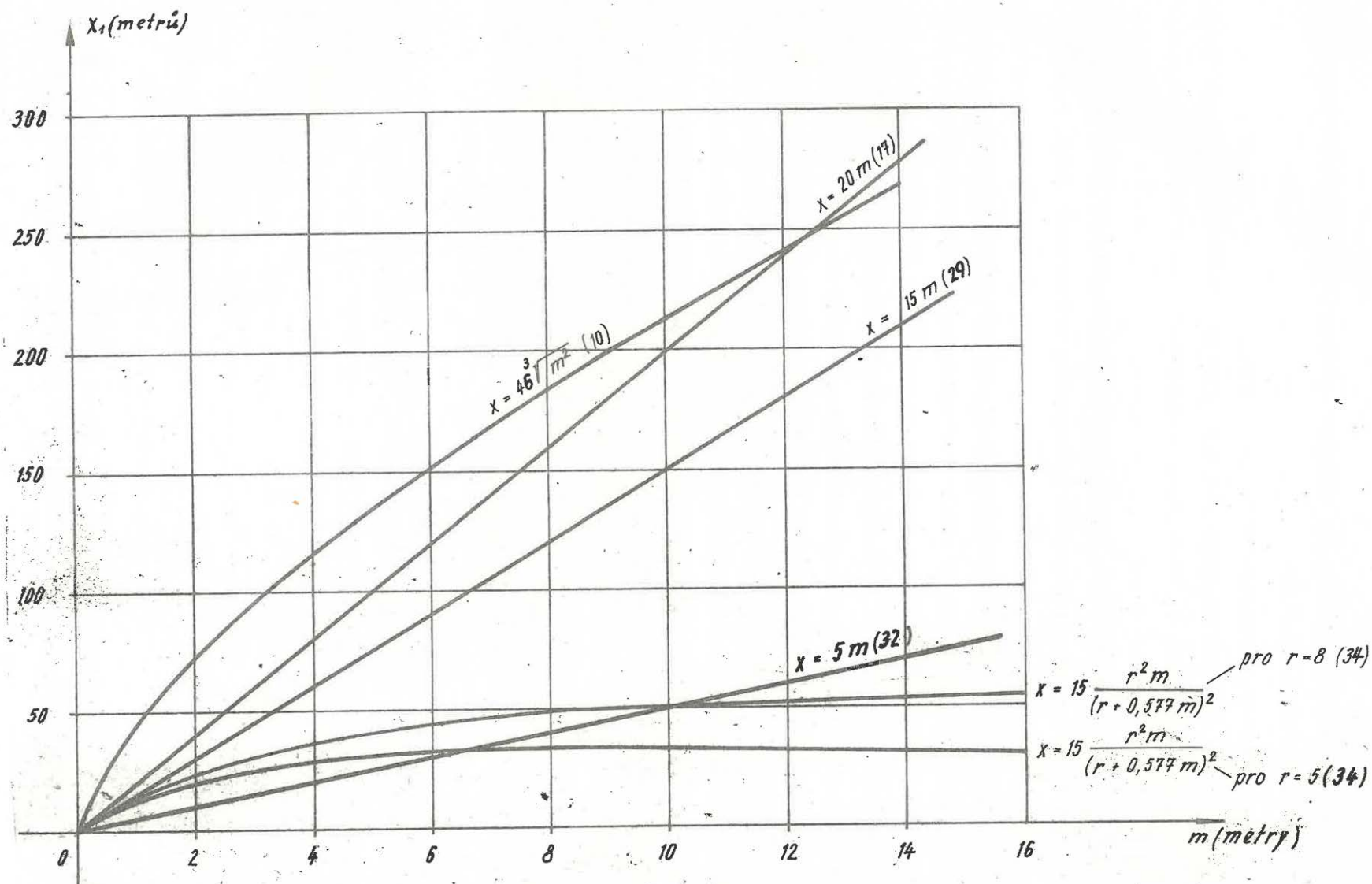
Porovnáme-li průběhy jednotlivých funkcí x_1 , vidíme, že hodnoty mezního nadloží, tj. takového, při němž ještě může dojít ke vzniku povrchové propadliny, jsou při použití výrazu /31/ velmi nízké a neodpovídající skutečnosti, která leží patrně někde mezi závislostmi /17/ a /32/.

Závislost mezní výšky nadloží na koeficientu nakypření

Parametrem, který silně ovlivní vypočtenou hodnotu mezní výšky, je nakypření závalového materiálu.

Vezmeme-li v úvahu, že stlačování výlomového materiálu je záležitost dlouhodobá, a že zcela určitě bude při počvě porubu stlačení největší, kdežto při vrcholu výlomového prostoru nejmenší, je jasné, že určení závislosti hodnot koeficientu nakypření na výšce výlomu v čase je mimo naše dnešní možnosti.

Celkové stlačení výlomového materiálu v určité hloubce bude zřejmě závislé na velikosti radiální složky napětí v horninovém masivu i na složkách vlastní váhy výlomového materiálu a na reologických vlastnostech nadložních hornin.



Obz. 11

Zde posuzovaná teorie Ing. A. Pačoura vychází - jak již bylo uvedeno - ze dvou základních předpokladů:

- a) z parabolického tvaru výlomového prostoru,
- b) ze stlačení sloupce výlomové horniny, rovného součtu aritmetické řady.

Při bližším rozboru ad b) dojdeme k zajímavým poznatkům. Autor teorie uvádí, že v rozmezí měrných vah $\gamma_1 = 1,3 - \gamma_n = 2,1 \text{ tm}^{-3}$ zjistil (stlačováním volně nakypřeného jílů o původní měrné váze $2,2 \text{ tm}^{-3}$), že stlačení materiálu roste s hloubkou jako součet aritmetické řady. Například první 1 m výšky závalového sloupce má původní výšku beze změny; přitížíme-li jej dalším sloupcem, vysokým 1 m, stlačí se první výškový metr o $s = 0,0042 \text{ m}$, tedy o 0,42 %, zatímco druhý metr zůstane beze změn, protože není ničím přitížen.

V třímetrovém sloupci je nejspodnější 1 metr zatížen tedy dvěma metry výšky sloupce a stlačí se podle autora o $2c = 0,0084 \text{ m}$, zatímco druhý výškový metr o c , takže celkové stlačení 3 metry vysokého sloupce je $2c + c = 3c = 0,0126 \text{ m}$. Postupujeme-li tedy shora dolů, roste deformace každého metru výšky závalu o $c = 0,0048 \text{ m}$, tedy řadou $0, c, 2c, 3c \dots H - 1 \cdot c$, takže průměrné snížení výšky celého sloupce je rovno součtu aritmetické řady.

$$V_c = H - \frac{H-1}{2} \cdot H \cdot c, \text{ tj. } 0,0021 H (H - 1).$$

Vyjádříme-li tuto závislost jako závislost koeficientu nakypření k_H , bude

$$k_H = k_1 \cdot \frac{H - V_H}{H} = k_1 \cdot \frac{H - 0,0021 H (H - 1)}{H} = k_1 / 1 - 0,0021(H-1) / 34/$$

Jelikož autor uvádí hodnotu nakypření volně sypaného materiálu 1,785 (odpovídá $\gamma_1 = 1,23$), budeme tuto hodnotu považovat za výchozí. V následující tabulce jsou vyčísleny hodnoty k_H , které jsou graficky znázorněny v obr. č. 12.

H(m)	V_H	$H - V_H$	k_H
1	0	1,0	1,785
5	10c	4,958	1,770
10	45c	9,811	1,745
20	190c	19,202	1,713
50	1225c	44,860	1,600

Pokračování tabulky:

H(m)	V_H	$H-V_H$	k_H
100	4950c	79,200	1,410
150	11175c	103,00	1,225
200	19900c	116,30	1,048

Z výrazu /34/ i grafu č. 12 je patrné, že závislost $k_H = f(H)$ je lineární, klesající, takže při cca $H = 210$ m dosahuje k_H hodnoty 1,0, což odpovídá původnímu objemu neporušené horniny. Z toho by vyplývalo, že jelikož se ve vrchní části sloupce závalu stlačí nakypřený materiál jen velmi málo, (viz k_H pro hloubky 0 - 20 m), musela by být nejspodnější vrstva závalu při počtvě porubu stlačena značně pod původní objem rostlého materiálu, tedy pod hodnotu $k_H = 1,0$.

V jaké hloubce H by podle uvedených závislostí došlo ke stlačení nejspodnější 1 m silné vrstvy závalu na hodnotu $k_H = 1,0$, lze snadno odvodit:

Původní koeficient nakypření nejspodnějšího 1 m výšky závalu byl 1,785. Aby měl tento původně 1 m vysoký sloupec $k = 1,0$, musel by se stlačit na výšku $1,0 : 1,785 = 0,56$ m, tedy o 0,44 m. Při lineárním přírůstku stlačení $c = 0,42$ %, tj. při přitížení o H (m), se zmenší původní sloupec z výšky 1,0 m o 4,2 mm, tedy stlačí se na výšku 0,56 m při přitížení sloupce

$$\frac{1 - 0,56}{0,0042} = 105 \text{ m.}$$

V této hloubce by měl tedy již stlačený zával objem, odpovídající původnímu objemu neporušené zeminy; při dalším přitížení by byl již stlačován pod tuto mez, což je nemožné, takže uvedenou teorii nelze považovat za reálnou.

Dále je možno ověřit pomocí vyčíslených koeficientů nakypření i správnost výpočtu, odvozeného podle Pačourovovy rovnice /7/. Uvažujme např. výšku výlomu $h = 4$ m. Po dosazení bude mezní výška

$$H = 46 \cdot \sqrt[3]{\frac{2}{4}} = 115 \text{ m (viz autor).}$$

Dosadíme-li zpětně tuto hodnotu do základní rovnice, kde vyjádříme procento stlačení závalu p pomocí koeficientu nakypření, bude

$p_H = (k_H - 1) \cdot 100$ a po dosazení do výrazu /7/ dostaneme:

$$H = \frac{200 h}{p} = \frac{200 h}{(k_H - 1) \cdot 100} = \frac{2 h}{k_H - 1} \quad /37/$$

Hloubce $H = 115$ m odpovídá při výšce porubu $h = 4$ m celková výška nakypřené materiálu ve výlomu $H + h = 119$ m. Při této výšce závalu (bez ohledu na jeho parabolický průběh) bude z výrazu /37/:

$$k_{H+h} = \frac{2 h}{H} + 1, \text{ tedy zhruba}$$

$$k_{H+h} = \frac{2 \cdot 4}{119} + 1 = 1,0672$$

nikoliv jak můžeme odečíst z grafu na obr. č. 12

$$k_{119} = 1,30$$

Oba výsledky se diametrálně liší, takže je patrné, že ani matematické odvození není správné. K chybě došlo úvahou, že vliv výšky pádu nutno považovat za nepřímo úměrný procentu snížení objemu p , jak autor uvádí, což je domněnka zcela neopodstatněná.

Jestliže jsme tedy dokázali nevěrohodnost Padourový teorie výpočtu, mezní výšky výlomového tělesa, musíme ukázat alespoň cestu k jejímu nahrazení.

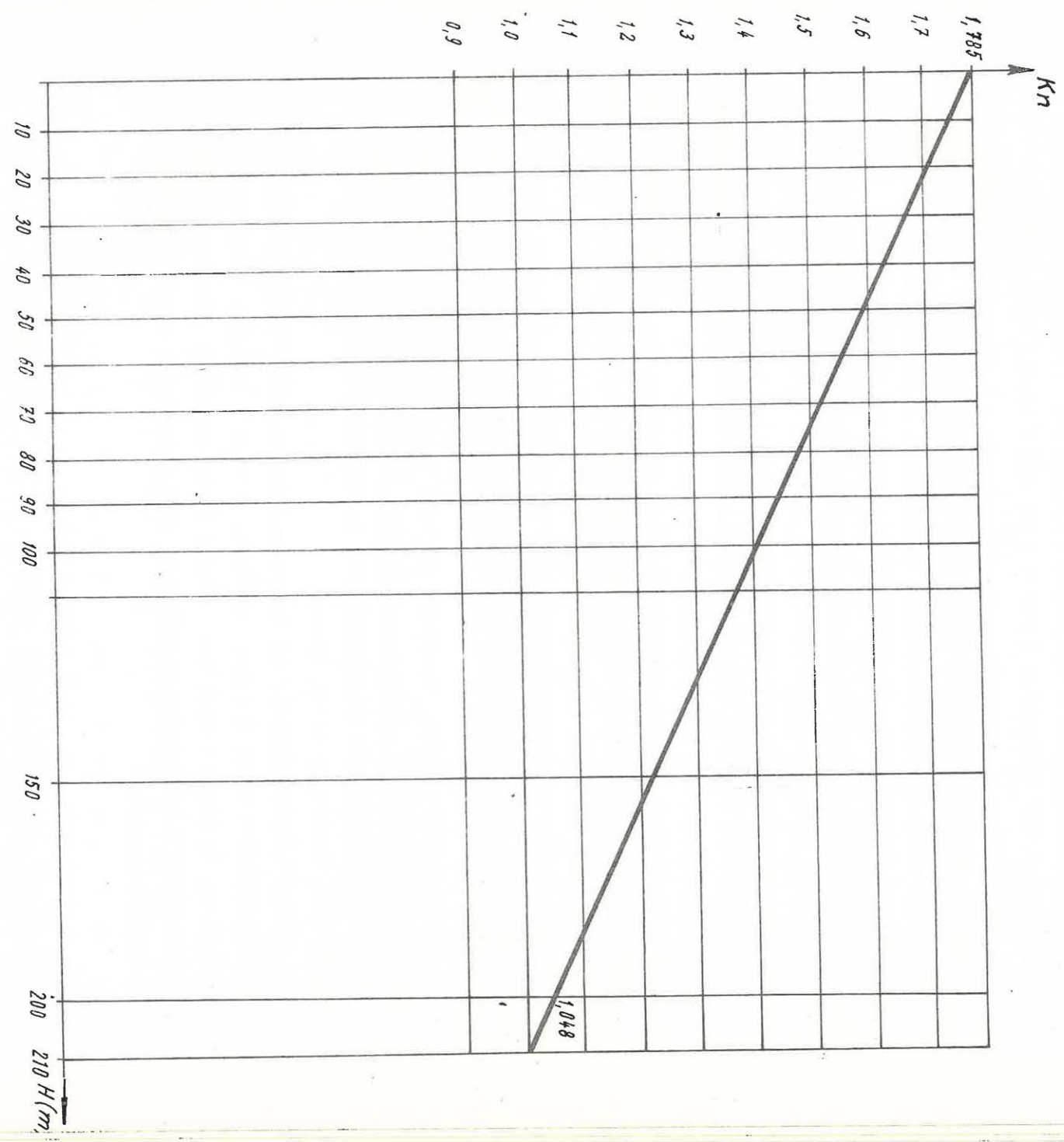
Zrekapitulujeme-li všechny vlivy, tj. jak časové, tak i místních změn fyzikálně-mechanických vlastností hornin, je zřejmé, že cesta matematického řešení rozvolněné oblasti není prozatím schůdná, zvláště s ohledem na naši neznalost velmi dlouhodobých změn vlastností nadložních hornin.

V zásadě bude tedy nutno vycházet z praxe, ze skutečného průběhu výlomového prostoru a ze skutečných koeficientů nakypření závalového materiálu. Základem zjištění skutečného průběhu výlomového tělesa by tedy měla být měření a pozorování v terénu, tj. na skryvkových řezech povrchových dolů.

Celý problém by měl být rozdělen na dvě stapy:

- určení geometrického tvaru výlomového tělesa,
- určení změn nakypření v závislosti na výšce výlomu.

Je samozřejmé, že zárukou správnosti konečného řešení výpočetního způsobu rozměrů povrchových propadlin bude jen dostatečná četnost měření, tj. měření většího počtu výlomových těles v různých podmínkách.



Obz 12

Postup sledování každého jednotlivého výlomového tělesa bude nutno rozdělit časově na etapy, odpovídající odkrytí oblasti výlomu na příslušném skryvkovém řezu.

Najvhodnějším místem podobného provozního výzkumu by bylo závalové pole jednolávkového rubání komorováním s proměnlivou mecností nadloží i porubní výškou, aby bylo možno zjistit míru vlivů těchto parametrů.

Předpokladem ke zjištění správných relací je i co nejpodrobnější důlní mapová dokumentace, příp. i porubní kniha dolového pole s přibližnými rozměry jednotlivých porubů (takové podmínky má např. severní pole bývalého dolu Eliška v Ervěnicích v oblasti velkolomu Čs. armády).

Nad vybranými poruby bude třeba na příslušných skryvkových řezech vymezit oblast předpokládaného výlomového tělesa a místo osy výlomu na svislici, procházející těžištěm rubané plochy.

Protože se s výškou výlomu nad porubním prostorem zvyšuje i kusovitost výlomového materiálu, který přechází v bloky, nelze ve vyšších nadložních vrstvách vizuálně odlišit neporušený pilíř od výlomového tělesa. Proto bude třeba určit hranici tělesa na základě změny měrné váhy materiálu z prostoru výlomu oproti materiálu neporušeného pilíře.

Geometrický tvar výlomového tělesa by snad bylo možno také určit pomocí modelování ekvivalentními materiály, jak napovídají modelové pokusy R. Kvapila.

Z uvedeného vyplývá, že výzkum průběhu skutečných výlomových těles a koeficientu nakypření výlomového materiálu v závislosti na hloubce pod povrchem bude záležitostí dlouhodobou, a že již samo vypracování metodiky řešení bude technicky velmi náročné.

Důvody tohoto výzkumu, tj. nahrazení dosavadních, praxí nevyhovujících výpočetních metod metodou, ověřenou provozním měřením, jsou však tak závažné, že je třeba k realizaci tohoto úkolu odpovědně přistoupit, nemá-li dále docházet k nákladnému zajišťování nově budovaných objektů proti účinkům důlní činnosti.

S h r n u t í

Článek uvádí různé alternativy tvaru výlomových těles nad perubovými prostory a postup výpočtu mezní výšky nadloží, tj. takové, při níž již nemůže dojít k bodovým poklesům povrchu. Z jednotlivých alternativ vyplývají diametrálně se lišící výsledky, vesměs značně menších hodnot než postupuje-li se podle dosud užívané teorie. Autor navrhuje revisi dosavadního způsobu výpočtu na základě výzkumného řešení podle skutečného průběhu výlomových těles. Jeho použitím by bylo možno snížit náklady na zabezpečení povrchových objektů.