

Ing. Otakar B e r t l í k, VÚHU

Ing. Pavel R u c k ý, VÚHU

Geotechnické vyhodnocení větrné jámy Kolimbus

Úvod

Pro průzkum mechanických vlastností zemin na území budoucích velkolomů SHR je nutné využít každé příležitosti umožňující prověření celého skryvkového profilu. Takovou jedinečnou příležitostí bylo hloubení větrné jámy III. na dole Kolimbus.

K řešení stability svahů a k řešení otázek souvisejících s dobývateľností se používá laboratorně zjištěných hodnot důležitých mechanických vlastností zemin (hornin). Avšak samotná znalost těchto vlastností nestačí. Geotechnický průzkum se neobejde bez dalšího zkoumání hornin, většinou předcházejícího geomechanickým zkouškám.

Je proto několik důvodů - mj. se ukazuje, že některé jednoduché fyzikální vlastnosti jsou spolu s popisnými vlastnostmi ukazateli mechanických vlastností hornin a jejich změn.

Protože stanovení fyzikálních vlastností je úspornější (časově, finančně), než zkušební určení mechanických parametrů, bylo by možné díky znalosti těchto vlastností omezit a zpřesnit nákladný průzkum mechanických charakteristik nadložních zemin v SHR. To nás vede ke snaze nalézt korelaci mezi hodnotami vhodných popisných a fyzikálních vlastností a velikostí mechanických parametrů.

Při stanovení geomechanických veličin obdržíme značný rozptyl jejich hodnot. Proto je třeba takto získané výsledky zpracovat použitím metod matematické statistiky. Korelace mezi popisnými, fyzikálními a mechanickými vlastnostmi pomůže pak i k ozřejmění problémů o tom, zda rozptyl hodnot mechanických vlastností pramení:

- z toho, že se mění povaha horniny
- tím, že pro danou horninu jsou mechanické vlastnosti proměnné
- nebo je rozptyl ovlivněn (nebo i vznikl) při stanovení vlastností (měření).

Korelace mezi uvedenými vlastnostmi hornin dovoluje zpřesnit jejich klasifikaci z hlediska geotechniky.

Vlastním úkolem vyhodnocení profilu bylo tedy zjištění a vyhodnocení zákonitostí při změnách mechanicko-fyzikálních a petrografických vlastností hornin v profilu ražené větrné jámy III. dolu Kolombus. K tomuto nám dopomáhaly metody statistiky, které vycházejí z počtu pravděpodobností a jimiž se provádí odhad vlastností modelu resp. volba alternativních modelů na základě zjišťovaných dat - tzn. usuzování z důsledků na příčiny.

Protože odběr vzorků je v horizontálním a vertikálním směru pouze bodový o relativně nevelké frekvenci odběrů, je proto nutné odhadovat průběh mechanicko-fyzikálních vlastností zemin s předpokládaným lineárním průběhem změn.

Takto prováděná mechanická interpolace nevystihuje průběh změn geomechanických vlastností zemin (hornin) studovaných profilů, a může vést při interpretaci k neobjektivnímu určení geomechanických poměrů (ohrožení stability versus nadměrné kubatury skrývky).

Geologické a hydrogeologické poměry

Větrná jáma III dolu Kolombus leží v centrální části chomutovsko-mostecko-teplické části hnědouhelné pánve.

Na geologické stavbě zájmového profilu jámy se podílejí tyto horizonty:

souvrství hnědouhelných slojí N_1^2
(písčito-jílovito-karbonátový horizont)
nadložní souvrství N_1^3
a kvartémí pokryv.

Písčito - jílovito - karbonátový (PJK) - horizont - N_1^2

Je dle používaného lithostatigrafického schéma v SHR zařazován do N_1^2 s uhelnou slojí. Změna v charakteru sedimentace na rozhraní s uhelnou slojí je zřetelná, diskordantní, přechodové pásmo indikující zvrát v

sedimentaci je mocné do cca 1 m. Jáma Kolumbus leží na okraji přínosové oblasti, kde již doznívala písčito-jílovitá sedimentace, tedy ve facii jílovito - karbonátové, v níž jsou zastoupeny převážně jíly s prachovitou příměsí a karbonáty.

Nadložní jíly N_1^3 -

lithologická facie prakticky s jedním typem horniny - monotónními jíly (jílovci), s minerály řady illit - montmorillonit - kaolinit, s převážně lavicovitou, deskovitou až střípkovitou odlučností, nezřetelnou sedimentací v hluboké jezerní pánvi. Rozhraní mezi PJK horizontem je neostré, vlivem pozvolnější změny sedimentačních faktorů. Hranice probíhá nad hlavou nejvyšší karbonátové polohy.

Kvartérní pokryv -

je zastoupen zahliněnými, štěrkopískovými uloženinami o 1 - 2 m mocnosti. Vlastní geologický profil je pak charakterizován takto:

Kvartér - 0,3 m humusovitá hlína, 0,7 m šedo - hnědá, písčito - ka-
menitá hlína

Nadložní jíly - pod kvartérem jsou ukončeny 3,0 m mocnou vrstvou šedého až rezavě hnědého, oxidy Fe zabarveného, slabě písčitého jílu a pokračují do hloubky 35,30 m a odtud jsou popisovány jako jílovce. Sedimentační zvrát je charakterizován zvýšenými obsahy sideritu ve vzorcích a výskytem makroskopicky popsaných vrstviček sideritických jílovců.

Písčito - jílovito - karbonátový horizont - je zastoupen jílovito - karbonátovou facii, když příměsí pískových zrn tvoří ojedinělé polohy s nevýznamnými obsahy. Průvodním znakem je nepřítomnost montmorillonitu. Zvýšenému obsahu sideritu odpovídá i počet a mocnost dokumentovaných poloh sideritických jílo až sideritů. Charakteristickým znakem je:

- větší kolísání v granulometrii dle podílu jíl : prach : písek
- nižší hodnoty Attergergových mezí

- přechod mezi podloží (uhelnou slojí) ostrý, přechod do nadloží plynulý, v granulometrickém složení nepostřehnutelný.

Projevy větší tektoniky nebyly v profilu jámy zaznamenány. Dokumentované pukliny, příp. ohlázové plochy, sledují převážně hlavní směry tektonických linií zjištěných při dobývacích pracích na šole Kolunbus a to SE - JV a SV - JZ.

Hydrogeologické poměry jsou dány geologickou stavbou. Souvrství v nadloží sloje (N_1^2 , N_1^3) jsou tvořena různými typy převážně nepropustných jíílů o mocnosti cca 134 m. Lze je pokládat za nepropustné, při mocnostech vyskytujících se v převážné části zájmového území za dokonale izolující oběhy podzemních vod v kvartérních štěrcích, nadložních píscích a v uhelné slojí. Podmíněně propustné pásmo jíílů lze očekávat pouze do výšky několika desítek metrů nad stropem hlubinně těžené sloje, případně v nejbližším okolí tektonických poruch nebo pásem s výrazně postiženou strukturou periglaciálním klimatem (do max. hloubek 30 - 50 m). V profilu byly zaznamenány dva přítoky vod. V hloubce 7,50 m po puklinách s vysráženými oxidy Fe, bez udání množství, v hloubce 32,80 m přítok o vydatnosti cca 100 l za hod. s pravděpodobnou vazbou na síť vertikální puklinatosti.

Geomechanické rozborý

Geomechanické rozborý se prováděly dle platných norem ČSN a jsou uvedeny v tab. č. 1. Ihned po odstřelu byly vzorky zorientovány a zabaleny do dvojitého igelit. obalu. V laboratoři byla ještě v den odběru zjišťována objemová hmotnost ρ_n a vlhkost w a vzorek byl po opracování vložen do konsolid. lavic. Smykové pevnost c' a úhel vnitřního tření φ se na rozdíl od předchozích prací zjišťovaly v efektivních parametrech, tzn. že smykové napětí působí pouze mezi zrný zeminy a smykové napětí přenášené výplní pórů (vzduch, voda) se eliminuje, tj. pórový tlak je rovný nule. Dále se na vzorcích zjišťovala reziduální pevnost. Rychlost posunu čelistí smykové krabice byla $0,02 \text{ mm.min}^{-1}$.

Petrografické rozbory

Petrografická charakteristika celého profilu je jedním ze základních hledisek, podle kterých musí být provedena geomechanická měření - odběrem vzorků počínaje a vyhodnocením konče.

Jako základní komponenty, vyskytující se v celém profilu jámy Kolumbus byly hodnoceny minerály - montmorillonit, kaolinit, illit, křemen, siderit a organické látky. Výsledky laboratorních stanovení jsou uvedeny v přehledné tabulce č. 1.

Dlouhodobým systematickým výzkumem se došlo k poznání, že vnější projevy jílových zemin nespočívají jen na fyzikálních vlastnostech, jako je vlhkost, granulometrie apod., ale v hlavní míře jsou závislé na jejich látkovém složení, vzájemném uspořádání jednotlivých elementů a na vnějších podmínkách.

Příčinou chování soudržných zemin je jemná frakce (o velikosti částic $45\mu m$), v níž jsou tedy obsaženy převážně jílové minerály, odlišné od sebe krystalovou strukturou, morfologií, chemismem a částečně složkami amorfni povahy - organické i anorganické.

Jednotlivé složky pevné fáze jsou promíchány, avšak i zde se musí uplatnit vliv sedimentačního režimu a různý charakter sedimentujících částic.

Velmi důležitým faktorem v souvislosti s geomechanickými vlastnostmi zemin je i obsah vody a její mineralizace.

Přehled laboratorních metod

Kvantitativní a polokvantitativní stanovení obsahu sideritu, SiO_2 , montmorillonitu, illitu, kaolinitu a organické hmoty byly prováděny následujícími metodami:

- a) chemickou analýzou - SiO_2 , $FeCO_3$ a organická hmota
- b) polokvantitativní analýzou na rtg. difrakčním goniometru pro stanovení jílových minerálů
- c) diferenčně-gravitační termickou metodou ověření množství organických látek.

Matematicko-statistická analýza vztahů mezi geomechanickými a petrografickými veličinami

Při průzkumu resp. studiu petrografických, geomechanických, aj. vlastností nadložních hornin uhelné sloje se ukazuje jako jeden z výchozích bodů k perspektivnímu řešení problematiky a dobytelnosti mj. i nutnost provádění matematicko-statistických rozborů výsledků polních a laboratorních zkoušek.

Výsledky matematicko-statistické analýzy by pak mohly sloužit:

- k vytipování významných statistických závislostí mezi měřenými veličinami, tj. korelace mezi vlastnostmi hornin či zemin, vedoucí k prognóze zákonitostí změn mechanicko-fyzikálních či popisných vlastností hornin pro určitou oblast, prostorově omezenou se zřetelem ke geologické stavbě území (lithologii, petrografii, mineralogii, tektonice, geochemii apod.);
- k zjištění aproximace podmínek pozorování, tj. zjištění přesnosti či objektivity podmínek a výsledků pozorování a jejich další interpretace;
- v případě zjištění dosti těsných vztahů (závislostí), nahrazení časově (i finančně) náročných zkoušek mechanických vlastností hornin (zemin) daleko jednoduššími laboratorními rozborů fyzikálních, příp. chemických vlastností. Tím také otevřít cestu pro využití geofyzikálních karotážních metod jako spojitého měření fyzikálních vlastností hornin v zájmovém profilu, atd.;
- k nalezení dalších možných cest pro zpřesnění podmínek pozorování;
- k hledání pravých příčin změn pozorovaných znaků (vlastností).

Společným cílem při řešení všech geomechanických problémů (tedy i takových, kde numerická podstata není na první pohled patrná) je vytvoření spolehlivých závěrů o povaze sledovaných jevů na podkladě informací, které jsou v údajích obsaženy. K dosažení tohoto cíle lze ve velké míře použít metod matematické statistiky.

Matematický model jednoduší regrese (korelace) vycházeli z předpokladu, že získané dvojice výsledků měření $x_1, y_1 \dots x_N, y_N$ základního souboru mají dvojrozměrné normální rozdělení. V případě, že mezi dvojicemi výsledků existuje korelace, mluvíme o statistické závislosti. Jednotlivé korelace se kvalitativně liší tím, jak jsou od regresní křivky vzdáleny. Jinými slovy lze také říci, že elipsa, která zahrnuje se 100 (1 - α) %-tní pravděpodobností všechny body, je případ od případu různě široká. Nejužívanější mírou korelace mezi dvěma (i více) měřenými veličinami je tzv. koef. korelace ($r_{xy}, r_{z/xy}$) - v případě, že regresní čára je přímka (rovina, nadrovina). Hodnocení, zda existuje či neexistuje vztah mezi studovanými proměnnými veličinami, jsme dokumentovali tzv. t-testem (nulová hypotéza). Avšak zhodnocení hodnoty r_{xy} se musí provádět případ od případu, neboť toto záleží na vlastním řešení problému a jeho logické analýze. Podle zkušeností předchozích prací byly zvoleny tvary regresních funkcí takto:

$$y = A_0 + A_1 x$$

$$y = C_0 + C_1 x + C_2 x^2$$

$$y = B_0 + B_1 x^{-1}$$

$$y = A_1 + A_2 x$$

Cílem statistické metody je odhadnout koef. $A_0, A_1, B_0, B_1 \dots$ atd. tak, aby získaná lineární (kvadratická, exponenciální či hyperbolická) rovnice co nejlépe aproximovala skutečnou regresní funkci. Odhady získáme z podmínek:

$$Q = \sum_{i=1}^n \left[y_i - A_1 \varphi_1(x_i) - \dots - A_p \varphi_p(x_i) \right]^2 = \min.$$

Vlastní výpočet se provede řešením z rovnic:

$$\frac{\partial Q}{\partial A_k} = 0 \quad (k = 1, 2, \dots, p)$$

Vypočtené rovnice jsou soustavou rovnic o p neznámých $A_1 \dots A_p$.

Obdobně se provádí řešení při vícenásobné regresi. Regresní funkce (regresní rovina) s třemi neznámými parametry ve tvaru:

$$\eta = \alpha_0 + \alpha_1 (x_1 - \bar{x}_1) + \alpha_2 (x_2 - \bar{x}_2)$$

Maximálně věrohodné odhady koeficientů $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2$ obdržíme opět metodou nejmenších čtverců, kde:

$$Q = \sum_{i=1}^n \left[y_i - \alpha_0 - \alpha_1 (x_1 - \bar{x}_1) - \alpha_2 (x_2 - \bar{x}_2) \right]^2 = \min.$$

Výpočtem parciálních derivací podle $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2$ (a položení rovny 0) obdržíme soustavu normálních rovnic, jejichž řešením získáme nejlepší nestranné lineární odhady parametrů:

$$\alpha_0(A_0), \alpha_1(A_1), \alpha_2(A_2).$$

Těsnost lineárního vztahu mezi proměnnými vyjadřujeme výběrovým koeficientem mnohonásobné korelace:

$$r_{z/xy} = \sqrt{\frac{r_{xz}^2 - 2 r_{xy} r_{xz} r_{yz} + r_{yz}^2}{1 - r_{xy}^2}}$$

$$|r_{z/xy}| \in \langle 0, +1 \rangle$$

Někdy však dochází k tomu, že vysoká hodnota tohoto koeficientu signalizuje těsný vztah mezi x a y , přestože ve skutečnosti je vztah mezi nimi slabý. Proto zavádíme nový koeficient $r_{xy/z}$ (R.A. Fischer), kterým charakterizujeme těsnost vztahu x a y při pevném z , a který tedy vylučuje korelaci způsobenou vlivem z na x a y . Tato statistika se nazývá koeficient parciální korelace ($r_{xy/z}$).

Studentovým t-testem jsme mj. posuzovali test hypotézy, že korelační koef. základního souboru $\rho = 0$. Hodnotu t považujeme za významnou na hladině významnosti α , když $|t| > t_{n-1, \alpha}$, kde $t_{n-1, \alpha}$ je kritický bod Studentova rozdělení s $\gamma = n - 1$ stupni volnosti. Protože $|r_{xy/z}| > r$ kritické je ekvivalentní nerovnosti $|t| > t_{n-3, \alpha}$, porovnávali jsme vypočtené koeficienty korelace (r_{xy} i $r_{xy/z}$) s $r_{\text{krit.}}$

Pro výpočet elips omezujících plochu, na které pravděpodobnost, že bod (x, y) padne vně příslušné elipsy, je rovna α - čili, že hustota pravděpodobnosti nezávislých normálních veličin je konstantní na elipsách

$$\left(\frac{x - \mu_x}{\sigma_x} \right)^2 + \left(\frac{y - \mu_y}{\sigma_y} \right)^2 = \lambda^2$$

vycházeli jsme z předpokladů, že pravděpodobnost

$$P \{ \chi^2 > \lambda_{\alpha}^2 \} = (0,05 \text{ resp. } 0,01)$$

$$P(\psi) = 1 - e^{-\frac{\psi^2}{2}}$$

Řešením jsme obdrželi délky poloos elipsy a úhel sklonu hlavní poloosy vůči kladné x - ose souřadného systému. Protože měřítka závisle a nezávisle proměnné nebyla ve většině případů identická, museli jsme provést afinní transformaci, po které jsme obdrželi dva sdružené průměry. Při aplikaci regresních závislostí se musí vycházet ze skutečnosti, že mimo ovzorkovaný hloubkový interval $h \in (20,6; 131)$ m, lze extrapolaci provádět s rizikem možné chyby (platí především pro hyperbol. funkci).

Z provedených korelací mezi jednotlivými vlastnostmi (znaky) zkoumaných vzorků zemin uvádíme některé:

1) Objemová hmotnost v závislosti na hloubce uložení - $\gamma_n = f(H)$ obr.1

Předpokladem ke změně objemové hmotnosti je buď změna měrné hmotnosti jednotlivých komponent, nebo poměru jejich zastoupení - tj. změna v mineralogickém složení, dále změna konsolidace resp. pórovitost-

ti, stupeň nasycení pórů plynnou a kapalnou fází. Důležitým momentem může být také na sedimenty poměrně široký interval mineralogické hustoty směsi karbonátů - hlavně při vyšších obsazích. Stanovené regresní funkce mají tyto tvary:

$$\gamma_n = 1,6888 + 0,0022 H$$

$$r_{xy} = 0,8595$$

$$b < 0,00165; 0,00276 > \quad - \text{konfidenční interval pro regresní koef. na hladině významnosti } \alpha = 0,05$$

$$\gamma_n = 1,7926 + 0,0056 H - 0,00002 H^2$$

$$\gamma_n = 2,1689 - 6,5359 H^{-1}$$

$$\gamma_n = 0,0011 H + 0,6378$$

$$r_{xy} = 0,8614$$

V grafu závislosti $\gamma_n = f(H)$ je možné odlišit nepatrný zlom v průběhu rozložení bodů na rozmezí hloubek 50 - 70 m, kdy hodnota směrnice proložené regresní přímkou pro interval 0 - 60 m je vyšší, tedy nárůst objemové váhy s hloubkou od rozmezí 50 - 70 m je méně progresivní. Interval, ve kterém se tento přechod uskutečňuje, odpovídá rozhraní $N_1^2 \times N_1^3$ (nadložní jíly x PJK horizont). Pro vyhodnocení našeho profilu jsme od rozdělení na N_1^2 a N_1^3 vzhledem k velmi malé velikosti této difference - způsobené tím, že PJK horizont v tomto profilu je ve facii jílovito-karbonátové, tedy svým granulometrickým složením blízké nadložním jílům - upustili.

Oproti práci ing. Zelenky, která uvažuje s výsledky celé oblasti budoucího velkolomu Kohinoor, vycházejí naše výsledky vyšší, což je v plném souladu s geologickými poznatky o zájmovém území. Menší zrnitost a menší porozita a tudíž i menší vlhkost spolu s vyššími obsahy

sideritu způsobují, že pro stejné hloubky jsou rozdílné (vyšší) průměrné hodnoty objemové hmotností.

2) Vrcholová soudržnost c_v v závislosti na hloubce H (obr. č. 2)

Smyková vrcholová soudržnost je vlastně regresním parametrem v Coulombově zákonu $\tau = c + \text{tg } \varphi$, což je analytické vyjádření přímkou. Soudržnost ovlivňuje mnoho faktorů, jako např. mineralogické a granulometrické složení, vlhkost, Atterbergovy meze, pórovitost, atd. Nejvyšší koeficient korelace, a tudíž největší těsnost vykazuje závislost soudržnosti $c_v = f(H)$.

Jednotlivé tvary funkcí jsou:

$$c_v = (15,5572 + 1,1999 H) \cdot 10^{-3}$$

$$r_{xy} = 0,693$$

při hladině významnosti $\alpha = 0,05$ je konfidenční interval pro regresní koeficient

$$b < 1,1994; 1,2006 >$$

$$c_v = (2,6663 + 1,6335 H - 0,002877 H^2) \cdot 10^{-3}$$

$$c_v = (165,8260 - 3406,5038 H^{-1}) \cdot 10^{-3}$$

$$c_v = e^{-3,5903 + 0,0149 H}$$

$$r_{xy} = 0,6295$$

Z korelačních koeficientů lineární a exponenciální funkce je patrné, že vztah není tak těsný, ale výpočtový parametr t je stále významný:

$$t = 4,6105 > t_{23, 0,05} = 2,0687$$

Dalším důkazem menší těsnosti jsou transformované elipsy:

$$a = 16,9 \text{ cm}$$

$$b = 13,2 \text{ cm}$$

$$\alpha' = 50,15^\circ$$

$$\varphi' = 89,99^\circ$$

95 %ní interval pro očekávanou hodnotu $\alpha + \beta x_0$ též není přílehlavý.

Důvodů pro zvýšený rozptyl hodnot je několik. V první řadě je to způsobeno odběrem vzorků, porušením vazeb a struktury odstřelem. Další narušení nastává při samotném opracování vzorků pro smykovou zkoušku. Též mineralogické složení hraje velkou úlohu. V našem případě je zvýšena a maximálně rozptýlena soudržnost v hloubkách nad 90 m, což způsobuje výskyt poloh sideritických jílovců.

3) Statistické vyhodnocení funkcí

$$w_L = f(n), \quad w_p = f(w_L), \quad w_L = f(H), \quad w_L = f(m_{cm}),$$

$$w_L = f(m_{ci}), \quad w_L = f(m_{ck}), \quad w_p = f(H) \quad \text{je na obr.}$$

číslo 3 a 4.

Porovnáním rozdělení znaků u jednotlivých zkoumaných vztahů jsme dospěli k závěru, že rozmístění hodnot je závislé na přítomnosti či nepřítomnosti montmorillonitu ve zkoumaném vzorku.

U sledovaných znaků w_L , w_p na H je zřejmé, že na rozmezí hloubek 67 - 73 m dochází k náhlé změně hodnot znaku w_L (w_p). Z původní variability kolem 89,0 (36,9) % se mění hodnoty w_L (w_p) na "oscilaci" kolem hodnot 66,6 (26,4) %.

V hloubce 67,0 m končí v našem případě pravidelný výskyt montmorillonitu.

Stejný trend, jaký jsme zjistili při studiu otázky o možné existenci statistické závislosti mezi w_L (w_p) na H , zaznamenáváme i u ostatních dvojic uvedených znaků.

Můžeme se proto oprávněně domnívat - v souladu s teorií - že hodnoty mezi vláčností a plasticity jsou závislé na mineralogickém složení, především však na obsahu montmorillonitu. Významná těsnost vztahů mezi jednotlivými posuzovanými dvojicemi znaků, rozdělených dle přítomnosti montmorillonitu na dvě množiny (soubory) nebyla prokázána (výjma vztah mezi $w_L - w_p$, $w_L - w$), ale vzhledem k polokvantitativnímu charakteru analýz jílových minerálů a malých četností hodnocených souborů nelze se jednoznačně vyslovit k problému kvality, existence či neexistence závislosti mezi měřenými znaky.

Teprve zpracování větších a reprezentativnějších souborů a vyřešení otázky kvantitativního stanovení jílových minerálů mohou přinést reprodukovatelné výsledky.

Vícenásobné lineární regresní vztahy

Ve velké většině případů, kdy provádíme analýzu dat (měřených veličin), nemůžeme předpokládat, že pozorované hodnoty y závisí toliko na hodnotách jedné známé proměnné. Protože je mnohdy ne-li nemožné, tedy přinejmenším obtížné provádět měření pro řadu hodnot jednoho znaku a přitom zachovat ostatní faktory konstantní. Model vícenásobné regrese je takovým modelem, který prokládáme pozorovanými (měřenými) hodnotami, a v němž několik faktorů současně ovlivňuje hodnotu závislé veličiny.

Vícenásobná lineární regrese typu:

$$y_n = f(\alpha_0 + \alpha_1 x_1 + \dots + \alpha_k x_k)$$

Jedním ze zkoumaných vztahů byla funkce $y_n = f(y_s; w)$

$$y_n = 1,328 + 0,452 y_s - 0,0138 w$$

$$r_{z/xy} = 0,944$$

$$n = 26$$

$$v = 24$$

Znamená to tedy, že zvýšením měrné hmotnosti (mineralogické hustoty - "kostry" - horniny) o 1 g.cm^{-3} se při konstantním obsahu vody v průměru zvýší objemová hmotnost o $0,452 \text{ g.cm}^{-3}$, a při konst. γ_s se zvýšením obsahu vlhkosti sníží objemová hmotnost v průměru o $0,014 \text{ g.cm}^{-3}$ apod.

Mezi minerály tvořícími kostru jílu (jílovců) vykazují nejsilnější vztah ke změně objemové váhy siderit. Analýza vícenásobné lineární regrese mezi objemovou váhou, obsahem sideritu a vlhkostí dává tyto výsledky:

$$\gamma_n = 2,498 + 0,005 m_{cf} - 0,013 w$$

$$r_{xy} = -0,903; r_{xz} = -0,317; r_{yz} = 0,503$$

$$r_{z/xy} = 0,504; r_{x/zy} = 0,650; r_{y/xz} = 0,945$$

$$r_{xz/y} = -0,378; r_{xy/z} = -0,930; r_{yz/x} = 0,650$$

Zvýšení obsahu sideritu o 1 % znamená zvětšení objemové hmotnosti o $0,005 \text{ g.cm}^{-3}$, jestliže počáteční hodnota vlhkosti zůstává konstantní. Také se ukazuje, že při konstant. m_{cf} zvýšené zastoupení vlhkosti o 1 % udává průměrné snížení objemové hmotnosti o $0,012 \text{ g.cm}^{-3}$.

Dále z rozboru plyne, že 64,0 % - 85,7 % variability γ_n je způsobeno vlivem w a vliv veličiny m_{cf} (sideritu) na variabilitu γ_n kolísá v mezích 3,6 - 25,3 %. Vliv ostatních komponent, příp. jiných vlivů, se uplatňuje cca z 11,7 % na změnách γ_n a je ve srovnání s působením w a m_{cf} nevýznamný.

Závěr

Vyřešení základních geotechnických problémů stability vysokých skryvkových svahů a jejich dobytelnosti představují svým objemem a složitostí problémů velice nesnadný úkol. K základním materiálům při řešení by mělo patřit vyhodnocení geotechnických a petrografických poměrů zájmového prostoru. Za účelem ověření, resp. zjištění statistické

kých závislostí mezi měřenými veličinami objektu (vzorku a jejích analýzy se projevilo matematicko-statistické vyhodnocení výsledků geomechanických a petrografických rozborů vzorků z větrné jámy III dolu Kolumbus. Z výše uvedených výsledků vyplývá, že existuje skupina dvojic, trojic, atd. geomechanických a petrografických proměnných veličin, které mají mezi sebou významné statistické závislosti, jako např. objemová váha ve vztahu k hloubce resp. porozitě, přirozené vlhkosti, obsahu sideritu, nebo vlhkost v závislosti na hloubce, obsahu montmorillonitu, případně vrcholová soudržnost v efektivních parametrech v závislosti na vlhkosti a hloubce, atd.

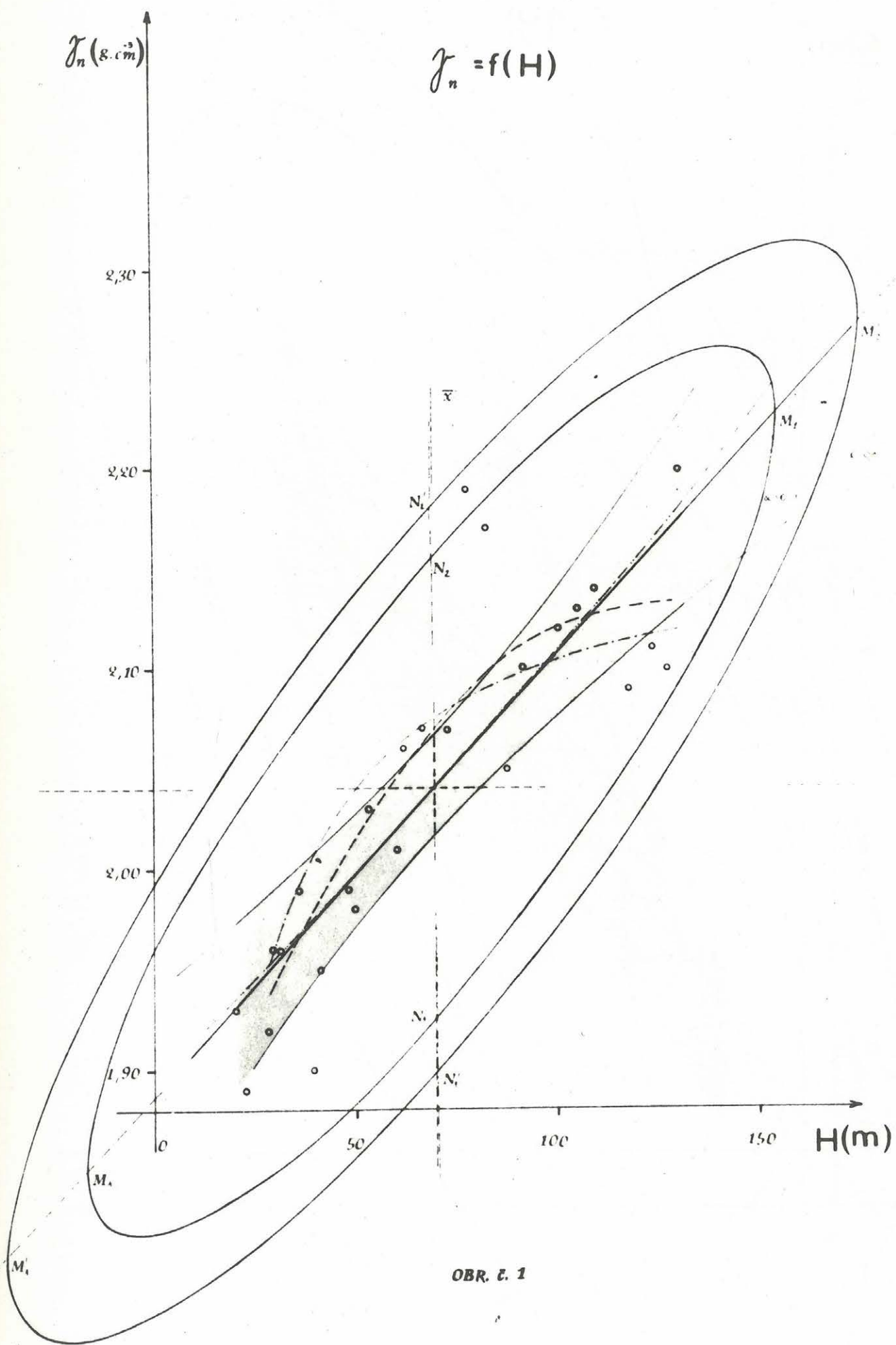
Tyto vztahy se srovnávaly s dřívějšími pracemi a byly z valné části potvrzeny, i když objemová a měrná hmotnost u jámy Kolumbus je v průměru o 20 - 40 kg.m⁻³ vyšší, naopak vlhkost a pórovitost o 2 - 5 % nižší. Rozdílné výsledky jsou způsobeny odlišným mineralogickým a granulometrickým složením, případně nestejnorodostí. Tuto teorii potvrzuje i srovnání křivek zrnitosti, kde se ukazuje, že zemina v oblasti jámy Kolumbus je jemnozrnější, s nižší oscilací střídání jemnozrnějších a hrubozrnějších složek, než u jam Kohinoor a Pluto, protože se nachází na periferii přínosové oblasti písčito-jílovito-karbonátového souvrství, charakterizovaného klidnou, jemnozrnnou sedimentací.

Komplex takto zpracovaných profilů jam a vrtů by měl po dalším zpracování podat spolehlivý obraz o geotechnických poměrech oblasti uvažovaného velkolomu Kohinoor.

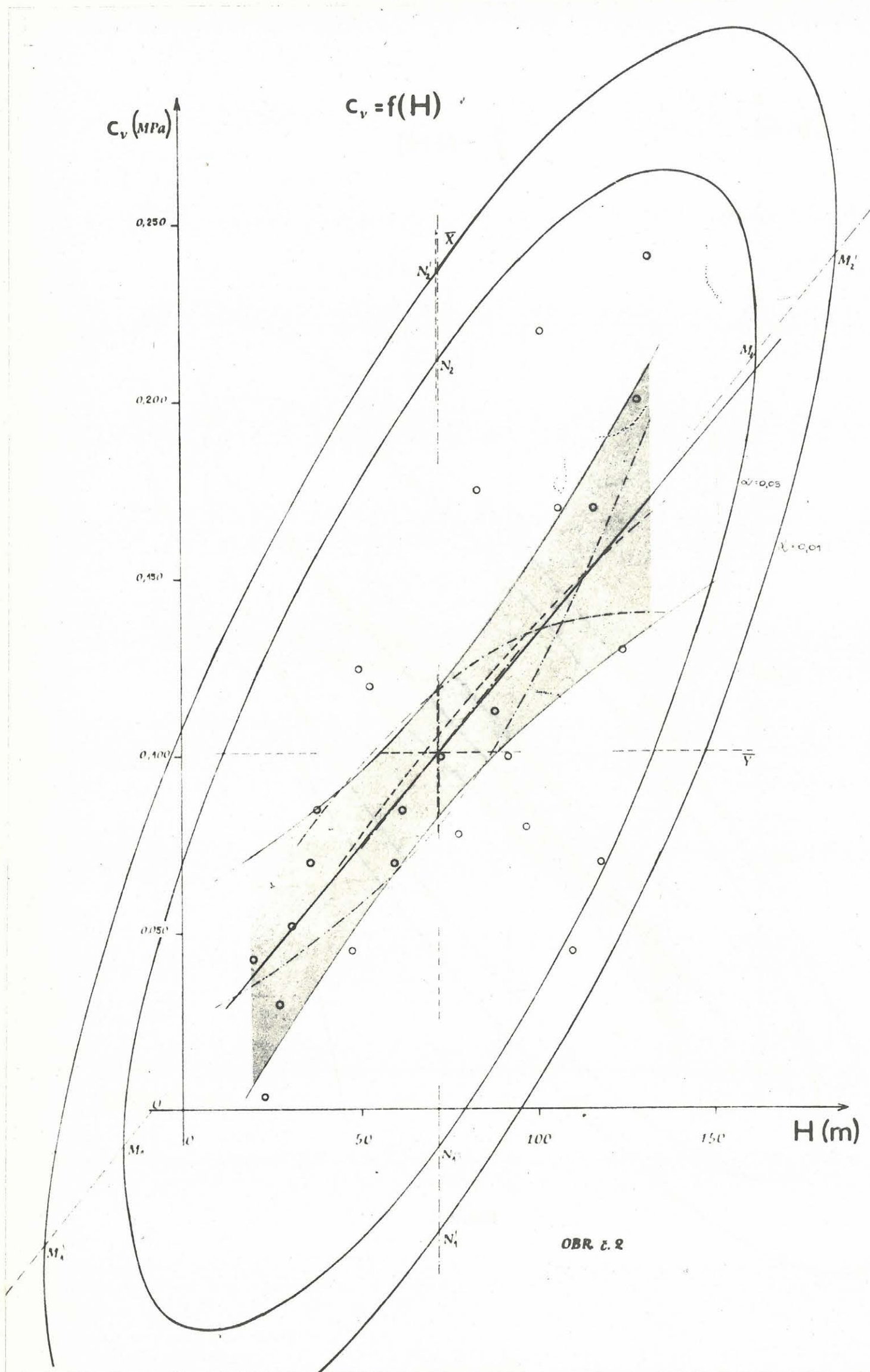
S h r n u t í

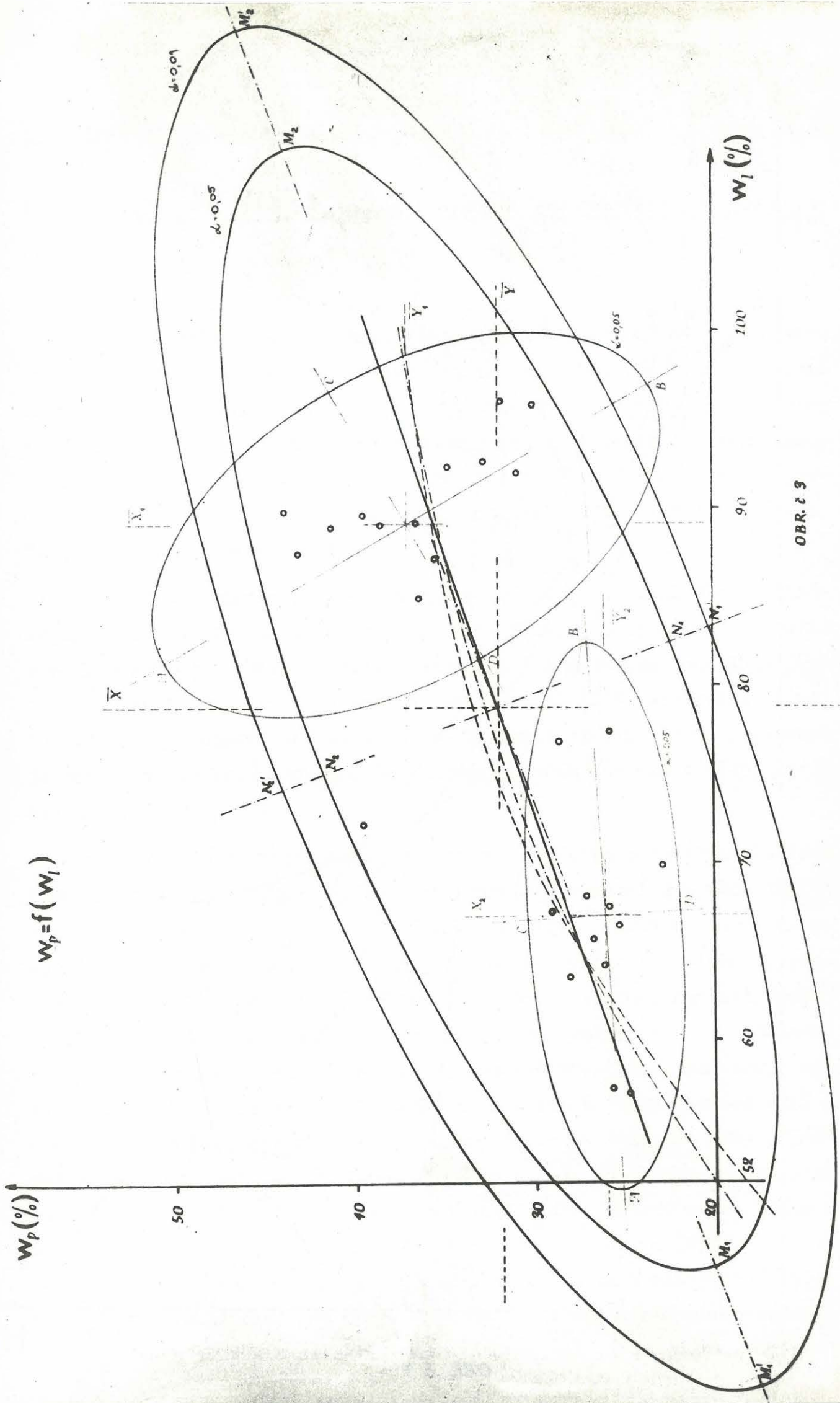
Geotechnické vyhodnocení větrné jámy Kolumbus

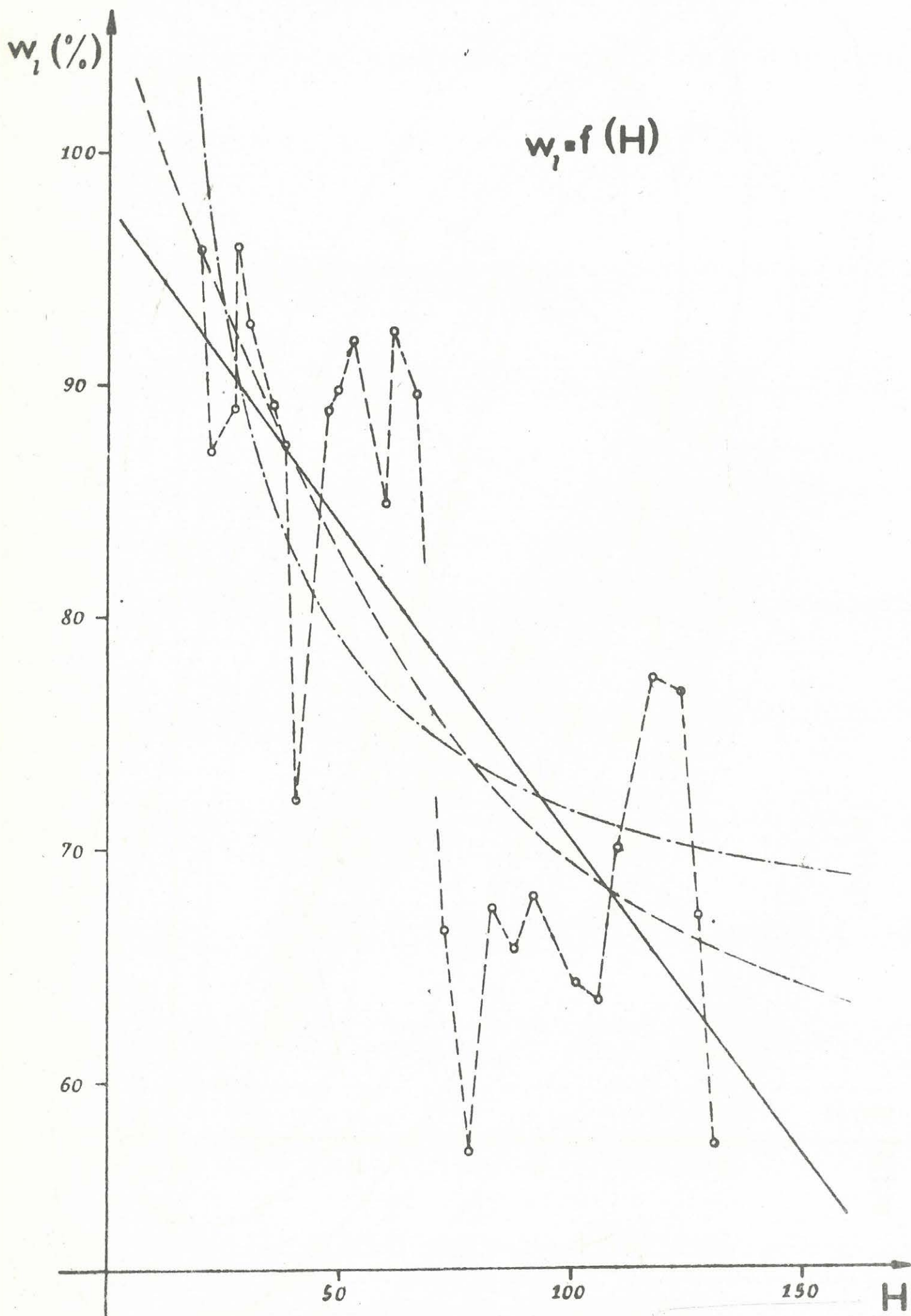
Článek naznačuje možnosti zpracování geotechnických a petrografických rozborů při průzkumu sloužícím k ohodnocení stability a řešení otázek dobytelnosti. Jsou uvedeny některé zjištěné statisticky významné jednoduché závislosti, spolu se stručným nástinem výpočtu statistických charakteristik a příklad rozboru vícenásobné lineární regrese.



OBR. č. 1







OBR. č. 4