

Ing. Zdeněk K ř i v a n , VÚHU

Informace o laboratorním výzkumu lepivosti nadložních zemin v SHR

1.0. Úvod

Problém nalepování skrývkových zemin v koncernu SHD na jednotlivé části TC (korečky, přesypy, usměrňovací štíty, ale i pásové dopravníky) činí v dobývacím procesu značné provozní potíže. Složitost tohoto procesu vyplývá i z toho, že těžená hornina představuje heterogenní systém, jehož fyzikální vlastnosti lze vyjádřit funkcí, která je dána řadou proměnných veličin petrografického i geomechanického charakteru. Tuto funkci nelze vyjádřit matematicky exaktně a v explicitní formě. Proměnné veličiny v prostoru i čase mohou být jen zásadním obrazem faktorů, odrážejících chování hornin při procesu rozpojování, dopravě a zakládání v rámci interaktivního působení systému hornina - jednotlivé části TC (dále jen části TC).

Při řešení problému se vycházelo z dostupného zkušebního laboratorního zařízení, vypracované a ověřené metodiky měření lepivosti s použitím různých krycích vrstev PD a DPD. Z laboratorně získaných poznatků měření lepivosti byl proveden návrh zařídění skrývkových zemin do tří základních tříd lepivosti (nízká, střední a vysoká).

Dále byl prokázán vliv různého složení (kategorie) krycích vrstev PD a DPD na lepivost těžených zemin.

2.0. Popis zařízení, jeho funkce a metodika zkoušek

Zjišťování hodnot lepivosti či náchylnosti k nalepování skrývkových zemin bylo prováděno na zařízení vyvinutém ve VÚHU.

Vlastní metodika /1/ měření lepivosti je založena na zjišťování velikosti odstředivé síly, která je potřebná k odtržení vzorku zeminy od podložky. Při volbě způsobu namáhání zkoušeného materiálu bylo přihlédnuto k možné analogii v báňském provozu. Pro měření lepivosti byl tedy navržen a sestaven odstředivý lepivometr, tzn. odtrhoměr /2/. Lepivost byla zkoumána především na kontaktu s materiály, tvořícími koreček kolesového rýpadla - ocel, materiál 11 523.1 a pásem dopravníků s rozdílnými kategoriemi krycích vrstev PD a DPD (ozn. výrobcem M, A, AA, AA/WB, PA, PO, PE, AO, S, L, 208 a 208/PVC).

Přístroj se skládá z poháněcí jednotky (ruční elektrické vrtačky), testovacího talíře o průměru 500 mm (s možností změny materiálu na jeho povrchu), skeletu a ochranného krytu. Nedílnou součástí je rozebíratelná tvarovací forma o vnitřním průměru 50 mm pro vytvoření zkušebních tělísek o hmotnosti 60 g, která se symetricky zafixují na zkušební podložce.

Experimentálně bylo ověřeno, že zkušební vzorky zemin se chovají jako tuhé těleso. Nebyl prokázán vliv tzv. klopného momentu v závislosti na výšce vzorku a následné změně polohy těžiště.

Velmi důležité je pro tuto metodu sledování otáček talíře pro určení okamžitých otáček a jim odpovídající odstředivé síly, při kterých dojde k odpoutání zkušebního tělíska zeminy od podložky, tzn. k překonání kohezních sil. Přesné odečítání otáček je zajištěno optoelektrickou sondou a otáčkoměrem typu PU 420.

Součástí zkoušky je okamžité určování vlhkosti zkoušené zeminy jak přirozené, tak uměle měněné.

Experimentálně se stanoví velikost odstředivé síly pro odlepení zemního vzorku v závislosti na její vlhkosti. Výsledkem experimentů jsou grafy závislosti mezi vlhkostí vzorku a silou potřebnou k překonání koheze:

a) závislost přilnutí na měnících se hodnotách vlhkosti zeminy -

- obr. 1 a 2

b) závislost max. hodnot přílnutí $L_{\max}$ (kPa) při kritické vlhkosti v % sušiny na indexu plasticity I_p - obr. 3.

Experimentálně bylo ověřeno, že zkušební vzorky zemin se chovají jako tuhé těleso. Nebyl prokázán vliv tzv. klopného momentu v závislosti na výšce vzorku a následné změně polohy těžiště.

3.0. Fyzikálně-chemický stav zeminy, ovlivňující lepidivost

Vlivem vnějších, ale i vnitřních sil, kdy je náhlou změnou napěťového stavu narušena původní soudržnost zeminy, zvyšuje se pórovitost a tedy i sorpční schopnost jílových minerálů /3/. Na sorpční schopnost jílových minerálů má vliv doba působení vody na kontaktu se zeminou. Tak např. bylo zjištěno zvýšení stupně nasycení o 50 % za dobu 20 minut, a za dobu 60 minut již o 80 %.

Nejčastější těžební potíže z hlediska zvýšení lepidivosti vykazují svrchní lávky dobývacích řezů. Zeminy na těchto lávkách jsou zpravidla porušeny zvětrávacími pochody. Vykazují nízkou soudržnost a vysokou vlhkost, odpovídající kritické vlhkosti, při níž je dosaženo dokonalého přílnutí zeminy k podložce (části TC).

V provozních podmínkách dochází ke zvýšení vlhkosti jílovité zeminy prostřednictvím atmosférických srážek, zbytkovými přítoky vody z relativně propustných kvartérních vrstev, nebo ze silně porušeného svrchního nadložního komplexu otevřenými puklinami /4/. V rozpojené zemině je vzniklá drobná frakce schopna změnit svou vlhkost nepoměrně rychleji než frakce hrubá. Tím dochází ke změně její konzistence a ke zvýšení náchylnosti k nalepování.

Hlavním prostředím chemických reakcí jsou nejmenší póry do 30 μm . Ty jsou dominantní a určují vnitřní specifický povrch. Rozpustnost CO_2 v čisté, málo dissociované vodě je poměrně vysoká a může proto pronikání vody do vakuolů urychlit. Lze tedy

konstatovat, že nezaplněné póry interakci vody s jílem urychlují /5/.

Na změny vlhkosti jílu má vliv několik faktorů:

- vnitřní pórovitost
- vnější množství a druh sorbované vody (tlak, teplota, obsah elektrolytu - chová se jako polární rozpouštědlo).

Vlivem adsorpčních a elektrostatických sil dochází k adsorpci a okolo částic se vytvoří vodní obal, který je tvořen orientovanými molekulami vody.

Tyto pochody se odehrávají na rozhraní disperzního prostředí (voda) a disperzního podílu (částice) v disperzních systémech (výměnná kapacita, tixotropie aj.).

Jílové minerály lze podle jejich sorpčních schopností (vázat vodu) rozdělit do tří základních skupin /5/, /6/.

První skupina silně sorpční obsahuje jílové minerály typu Na - montmorillonitu, vernikulitu a některé smíšené illitomontmorillonitické struktury.

Druhou skupinu středně sorpční tvoří minerály s menší schopností vázat do svých struktur vodu. Lze sem zahrnout illit, halloysit a montmorillonit typu Ca, Mg, Fe, Al.

Třetí skupinu tvoří minerály vůbec nebo málo sorpční. Patří sem např. kaolinit a nejílové nerosty křemen, slídy, pyrit aj.

Jestliže bychom uvažovali čerstvě odkrytý, celistvý zemní blok, obsahující bobtnající minerály první skupiny, tj. silně sorpční, bude voda nejsvrchnějšími partiemi přijata a nabobtnání jílových minerálů způsobí ucpání volných průduchů - pórů. Nastane tak značné zpomalení procesu rozbíjení a celková rychlost bude hned zpočátku nízká.

V opačném případě, kdy je blok zvětralý, rozrušený těžební činností i povětrnostními vlivy, bude rychlost rozbíjení mnohonásobně větší vlivem velkého specifikovaného povrchu.

4.0. Zeminy náchylné k nalepování

Při výběru lepivých či náchylných zemin k nalepování se vycházelo z předpokladu, že zkoumané zeminy by měly být odebrány ze všech těžebních lokalit SHR, kde se potíže s nalepováním vyskytují.

Vytypování a odběry vzorků zemin byly prováděny v úzké spolupráci se závodovými geology z následujících těžebních lokalit /7/, /8/, /9/, /10/, /2/, /4/:

- 1. skr. řez Velkolomu Jan Šverma
- 1. skr. řez Velkolomu Maxim Gorkij
- 1. skr. řez Velkolomu Merkur
- 1. skr. řez Severního lomu Merkur
- 1. skr. řez Lomu Chabařovice
- 1. a 2. skr. řez Lomu Vršany
- 1. a 2. skr. řez Lomu Libouš
- 2. skr. řez Severního lomu Merkur

Zeminy náchylné k nalepování se v převážné míře vyznačují nízkou objemovou hmotností, vysokou pórovitostí a nízkou soudržností. Tyto zeminy jsou většinou uloženy v dosahu regulační zóny.

Zkoumané vzorky zemin byly velmi různorodého charakteru. Byly zde zastoupeny jak spraše, sprašové hlíny, šedohnědé uhelné i jemně slídnaté jíly, směsi oxihumolitů, zvětralé jíly, přemístěné hlíny, písčité jíly a jílovce nadložního souvrství.

5.0. Vliv krycích vrstev dopravních pásů na lepivost zemin

Jak již bylo uvedeno v úvodu tohoto příspěvku k dané problematice, je zřejmé, že na lepivost skrývkových zemin k PD a DPD má vliv chemické složení (různé kategorie) krycích vrstev.

Proto společně s pracovníky Gumáren 1. máje v Púchově byly laboratorně připraveny a za optimálních podmínek vulkanizo-

vány na lisu 400 x 400 mm a síle 5 - 7 mm zkušební vzorky krycích vrstev různých kategorií pod firemním označením A, AA, AA/WB, 208, 208/PVC, PE, A0, S, M. Tato řada měrných elementů (ME) byla v průběhu zkoušek rozšířena o krycí vrstvu z DPD firmy Continental a dopravního pásu NDR, typu 2000 s kostrou 4 + 2, krycí vrstvou 10 + 3 kategorie L.

Jako kovový ME byl připraven vzorek ze dna korečku RY KU 800, jakosti materiálu 11 523.1, tl. 12 mm.

Z naměřených hodnot přilnutí na odtrhoměru při použití výše uvedených ME byly sestrojeny grafické závislosti hodnot přilnutí na měnících se hodnotách vlhkosti zeminy - graf č. 1 a 2 v závislosti max. hodnot přilnutí $L_{\max}$ (kPa) při kritické vlhkosti $\omega_{\text{krit.}}$ (v % sušiny) na indexu plasticity I_p (%) - graf č. 3.

6.0. Vliv petrografických a geomechanických vlastností skrývkových zemin na náchylnost k nalepování

Kromě laboratorního zjišťování hodnot lepivosti či náchylnosti k nalepování skrývkových zemin na jednotlivé ME byl sledován vliv různého chemického i petrografického složení zkoumaných vzorků zemin. Nad rámec základních chemických rozborů /11/, jako je stanovení volného SiO_2 , karbonátů - CaCO_3 , MgCO_3 a sideritu, byly analýzy rozšířeny o stanovení celkového obsahu oxidu hliníku, železa, alkálií - Na, K, vápníku a hořčíku. Z těchto dalších analýz bylo možné vypočítat podíl jílových minerálů montmorillonitu, illitu, kaolinitu metodou normativních přepočtů /12/.

Další zhodnocení získaných výsledků z chemických rozborů spočívalo v matematicko statistickém zpracování s dosaženými hodnotami max. přilnutí.

Uvažovaný předpoklad, že na lepivost mají dominantní vliv jednotlivé jílové minerály různého typu (sodný, vápenatý mont-

morillonit), nebyl jednoznačně prokázán /5/. Jestliže se ovšem uvažoval celkový obsah jílových minerálů (bez rozlišení) byla zjištěna těsná korelace s naměřenými hodnotami lepivosti, vykazovala lineární regresní analýza průměrnou hodnotu variačního koeficientu $r = 0,899$.

Z geomechanických parametrů byly podrobeny statistickému hodnocení: zrnitost, vlhkost, objemová a měrná hmotnost, Atterbergovy meze podle příslušných ČSN, popř. ON, jak je uvedeno v práci /13/. Vysoký variační koeficient $r = 0,958$ vykazovala přímková fce indexu plasticity I_p na max. hodnotě přilnutí L_{max} .

Z veškerých provedených experimentů vyplývá dominantní vliv fyzikálně-mechanického stavu těžené zeminy s vnějšími faktory (zejména měnící se vlhkost), zvyšujícími náchylnost skrývkových zemin k lepivosti. Jak je patrné z grafů č. 1 a 2, lze průběh závislosti přilnutí na vlhkosti charakterizovat kritickou hodnotou vlhkosti, při níž se dosáhne max. hodnoty přilnutí L_{max} . Při dalším zvyšování vlhkosti nad kritickou mez se prudce snižuje.

Návrh zatřídění skrývkových zemin do tříd lepivosti vychází ze souborného hodnocení hodnot přilnutí L_{max} podle indexu plasticity I_p (graf č. 4). Větší četnost naměřených hodnot L_{max} byla zvýrazněna obdélníkem.

Číselné vyjádření bylo výchozím podkladem pro dále uvedený návrh zatřídění skrývkových zemin do tříd lepivosti (tab. 1).

Tabulka 1

Index plasticity I_p (%)	Přilnutí L_{max} (kPa)	Náchylnost k nalepování
25 - 39	2,5 - 8,0	malá
37 - 56	9,5 - 14,5	střední
52 - 62	16,5 - 23,0	vysoká

Kritéria návrhu zatřídění zemin podle náchylnosti k nalepování podle experimentálního měření velmi dobře korespondují s obdobným návrhem uvedeným v práci /6/.

Protože zkoumané vzorky skrývkových zemin byly v převážné míře jílového typu, bylo možné u nich sledovat tzv. "aktivitu jílu" A_j podle Skemptonova /14/. Jedná se v podstatě o závislost obsahu částic menších než 0,002 mm v % hmotnosti (jílová část ze zrnitostního rozboru) a indexu plasticity I_p :

$$A_j = \frac{I_p}{s < 0,002}$$

Základní rozdělení jílu podle A_j je následující:

jíl neaktivní		$A_j < 0,75$
jíl normální		$A_j = 0,75 - 1,25$
jíl aktivní		$A_j > 1,25$

V grafu č. 5 jsou mimo jiné znázorněny základní jílové minerály s příslušnou jílovou aktivitou, a to:

kaolinit	$A_j = 0,40$	oblast neaktivní
illit	$A_j = 0,90$	oblast normální
Ca-montmorillonit	$A_j = 1,5$	} oblast aktivní
Na-montmorillonit	$A_j = 7,2$	

Zahrneme-li příslušné údaje I_p a % podíl jílu do Skemptonova diagramu, zjišťujeme, že převážná část zkoumaných zemin se nachází v oblasti normálních jílu, tj. $A_j = 0,75 - 1,25$ s rozmezím indexu plasticity $I_p = 10 - 34$ %.

Menší výskyt vzorků příslušel do oblasti aktivních jílu, tj. $A_j > 1,25$ se zvýšeným indexem plasticity $I_p = 34$ až 58 %.

Nepatrné množství sledovaných vzorků se nacházelo v oblasti "neaktivního jílu" s $A_j < 0,75$, tj. pod linií příslušející illitu $A_j = 0,90$. Ukazuje se nízký vliv podílu jílové frakce pod 0,002 mm v % hmotnosti na lepivost skrývkových zemin.

To potvrzuje i to, že ve svrchním nadložním komplexu se nevyskytují jílové minerály typu illit, kaolinit či smíšené struktury IK, které jsou typické pro pevné jílovce.

7.0. Řešení odstraňování nalepeného materiálu

Z prováděných laboratorních prací z testování krycích vrstev PD a DPD v různých kvalitách (kategoriích) je patrný malý rozdíl mezi jejich vlastnostmi ve vztahu k nalepování skrývkových zemin. Proto i do budoucna bude s největší pravděpodobností účelné odstraňovat nalepený materiál mechanickým zařízením. Jsou to různé typy stěračů a různé konstrukční úpravy TC (koleso, korečky).

Pro snížení negativního vlivu nalepování skrývkových zemin na TC, např. rýpadle, je mnohem příznivější bezkomorové koleso, než koleso komorové. Pevná dna koreček jsou např. nahrazena pryžovými pásky z použitých DP nebo jsou dna tvořena řetězy (PKAZ, DNT).

Složitějším zařízením je např. tzv. hydraulická škrabka, sloužící k odstraňování nalepeného materiálu výsypné části bezkomorového tělesa a skluzového štítu na kolesovém výložníku.

Mnohem širší uplatnění mají stěrače různého typu a provedení, montované na spodní větve DPD /15/. Jsou to stěrače:

- ve tvaru lišty
- hrabkové
- hrabkové v kombinaci s vibračními
- kolébkové
- rotační
- na hrubé odstranění nalepeného materiálu
- nízká účinnost a životnost stíracích břitů hlavně pro silně lepidivé jílovité materiály
- vhodné pro převažující písčité materiály. Nevýhodou jsou vysoké náklady na údržbu
- jsou tvořeny diskovými válečky. Jsou vhodné k odstranění lepivých materiálů a vyznačují se vysokou životností s minimálními nároky na údržbu

- kruhové - s excentricky umístěným kolem se stíracím břitem. Tento typ stěračů je vhodný pro mokré nelepivé materiály.

Z provozních zkušeností lze formulovat požadavky na stěrače obecně následovně:

- a) snadná údržba a kontrola
- b) vysoká životnost stíracích břitů
- c) vysoká účinnost pro lepivé jílovité materiály
- d) vysoká pracovní spolehlivost a bezpečnost.

Temto požadavkům nejlépe vyhovují stěrače vyráběné firmami HOSCH a VIBREX z NSR.

8.0. Závěr

Ze zkušeností, které byly získány během prováděných laboratorních zkoušek měření lepivosti skrývkových zemin na jednotlivých ME lze konstatovat, že je metodika adekvátní dosaženým výsledkům. Z dosažených výsledků se dospělo k jednoduchému zařazení zemin do skupin podle náchylnosti k nalepování.

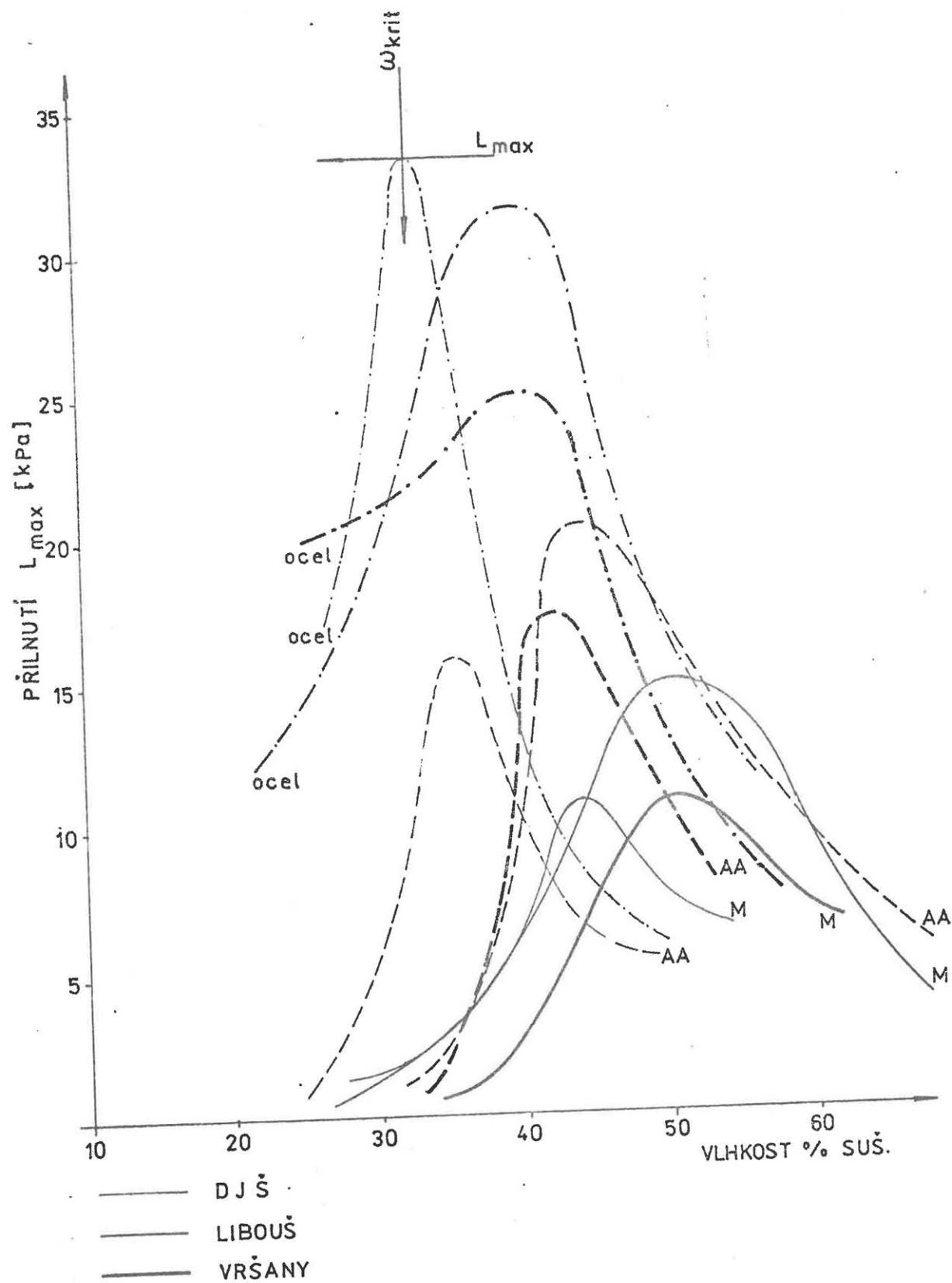
Dále též bylo provedeno odzkoušení různých druhů krycích vrstev rozdílných kategorií. Dosažené poznatky z testování by měly být využity pracovníky Gumáren l. máje v Púchově při dalším vývoji nových krycích vrstev PD a DPD pro potřeby SHD.

Nebyl prokázán vliv jednotlivých jílových minerálů na nalepování skrývkových zemin k částem TC a ME.

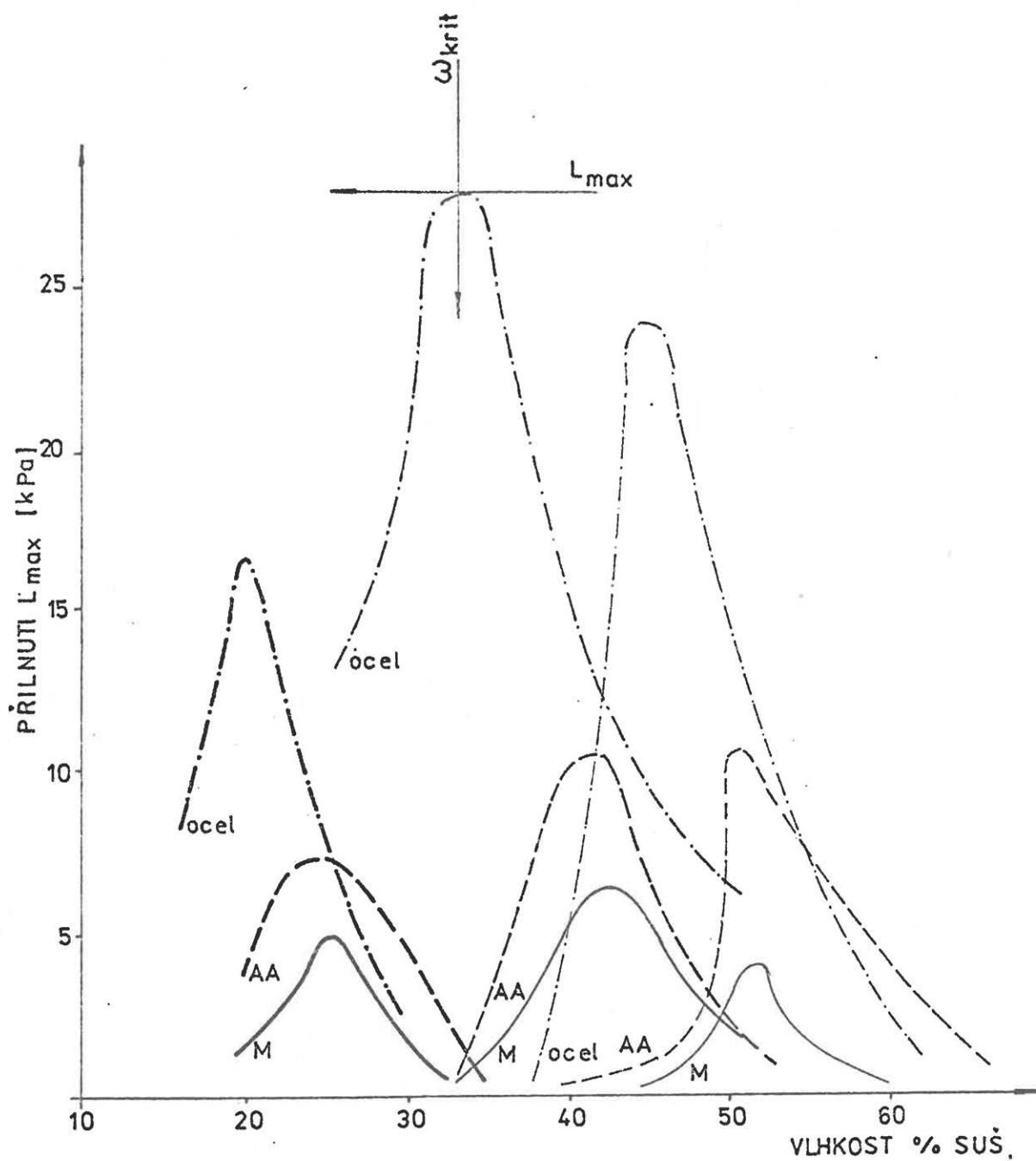
Z laboratorních měření a jejich matematicko-statistického zpracování byla jednoznačně prokázána závislost míry lepivosti na indexu plasticity I_p a na celkovém podílu jílových minerálů.

Skrývkové zeminy náchylné k nalepování, nacházející se na svrchních lávkách dobývaných řezů, jsou v převážné míře typu Ca-montmorillonitu a smíšené struktury illiticko-montmorillonitické, patřící podle Skemptona do oblasti normálních až aktivních jíků.

Graf č. 1

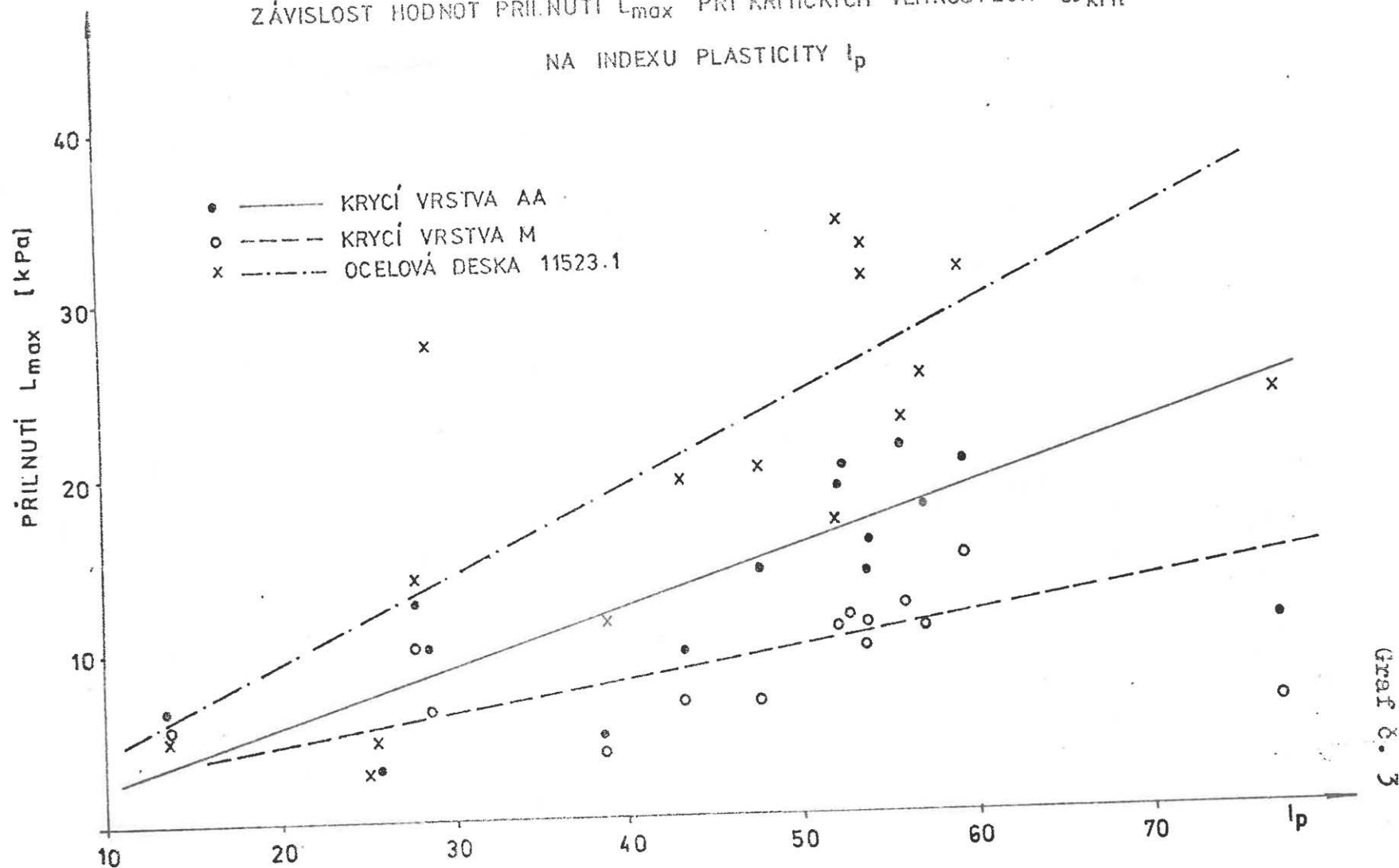


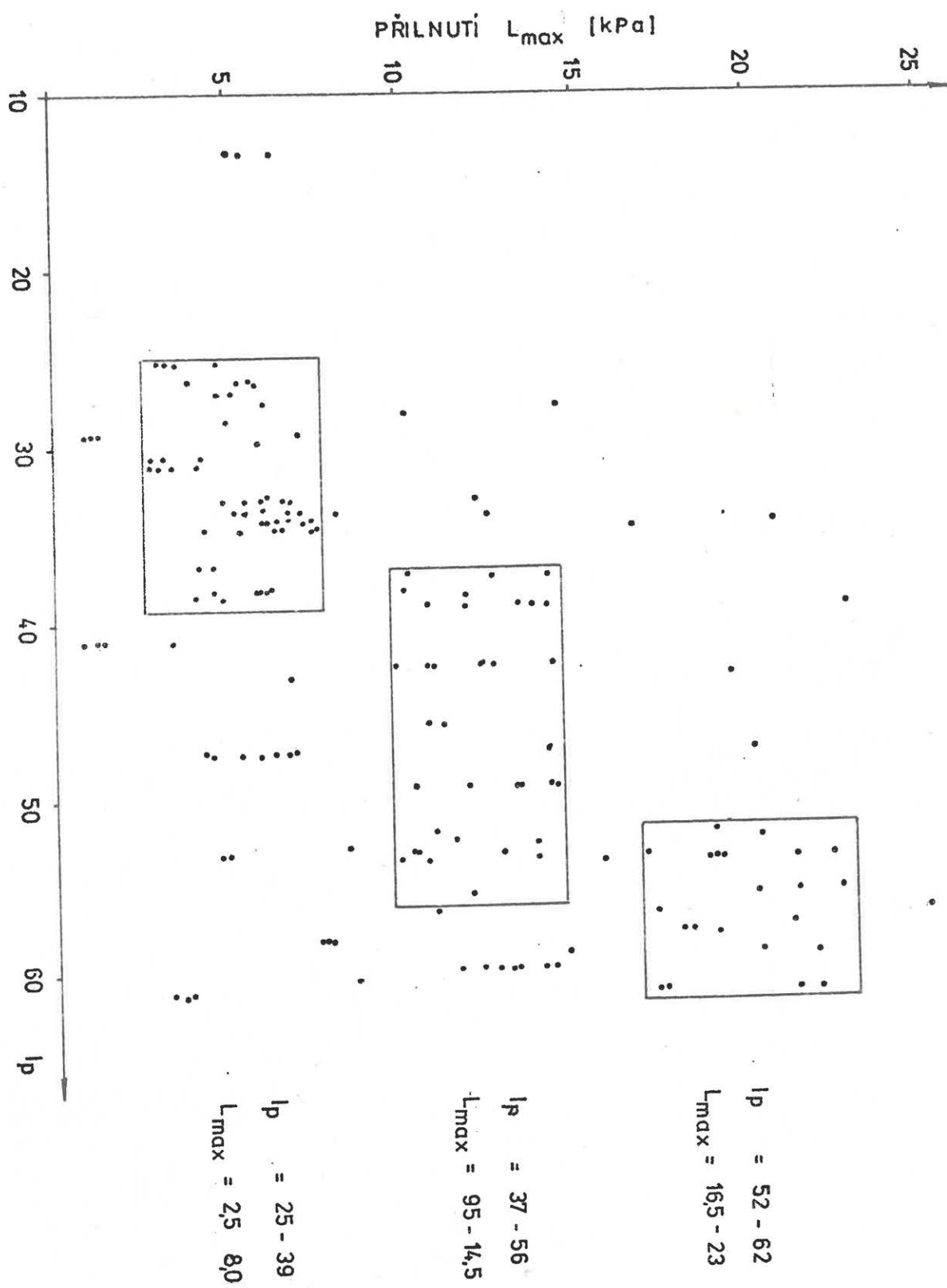
Graf č. 2



- SEVERNÍ LOM MERKUR
- VMG BÍLINA
- PKAZ CHABAŘOVICE

ZÁVISLOST HODNOT PŘILNUTÍ L_{max} PŘI KRITICKÝCH VLHKOSTECH ω_{krit}
NA INDEXU PLASTICITY I_p





Graf č. 5

