

Ing. Jan Žďárský, CSc. - VÚHU

VYHODNOCENÍ EXPRESNÍCH METOD HODNOCENÍ ROZPOJITELNOSTI NADLOŽÍ VČSA

Cílem řešení bylo objektivizovat možnosti uplatnění expresní metody hodnocení horninových typů nadloží uhelné sloje VČSA. Řešením mělo být docíleno expresního zatřídění nadložních zemin z hlediska rozpojitelności bez a nebo s minimalizací náročných laboratorních zkoušek dosud prováděných dle jednotné klasifikace sedimentů (JKS) /1/. Ve spojení s úložními poměry bude možné této jednoduché klasifikace použít pro hodnocení rozpojitelności včetně pevných poloh jako vstupu pro posouzení dobývateľnosti nadloží určitým typem kolesového nebo korečkového rýpadla.

Značným záporem stávajících používaných klasifikací JKS a jednotné klasifikace pevných poloh (JKP) je skutečnost, že ve třídách D a E končí vypovídací schopnost některých parametrů (% obsah jílových minerálů a odpor v penetraci). Naopak u zemin třídy D a E mají rozhodující význam fyzikálně mechanické parametry, zejména pevnost v prostém tlaku.

Tato skutečnost má i svoje opodstatněné teoretické argumenty. Jak je konstatováno /3/, "klasickou lineární pružností se dá prokázat, že mezní objemová práce rozpojování při jednoosé deformaci tlakem je

$$W = \frac{\sigma \cdot \epsilon}{2}$$

kde:

σ - pevnost v prostém tlaku (MPa)

ϵ - poměrná osová deformace.

Z rovnice je zřejmé, že měrná objemová práce rozpojování při lineární deformaci je úměrná pevnosti v prostém tlaku" /3/.

Vzhledem k těmto teoretickým závěrům, jakož i vzhledem ke skutečnosti, že pro expresní způsob zatřídění nadložních zemin nebyl k dispozici univerzální přístroj, který by umožnil zatřídění všech typů nadložních zemin, hledalo se nové řešení. To bylo nalezeno v přístroji nazvaném elektromagnetický špičákový tvrdoměr.

Zkušební metoda je založena na zarážení ocelového hrotu "špice" předepsaných rozměrů a tvaru (ČSN 73 1373) do zkoušeného materiálu úderem kladívka o definované energii úderu. Měří se počet úderů potřebných k zarážení hrotu do stanovené hloubky (10 mm, 5 mm).

V /3/ byl zároveň doporučen další možný způsob zatřídování sedimentů podle konzistenčních mezí a čísla konzistence.

V I. pololetí 1991 bylo provedeno v nadloží uhelné sloje VČSA 73 přímých odběrů vzorků nadložních zemin. U nich pak byly vyhodnoceny kritériální vlastnosti pro stanovení JKS podle /1/.

Vzorky byly odebírány v takovém objemu a množství, aby na nich mohlo být zároveň provedeno jejich testování pomocí elektromagnetického špičákového tvrdoměru. Soubor vzorků odebíraných z VČSA byl pro komplexnost a případné srovnání doplněn odběry z dalších lokalit a to z Lomu Vršany (14), Kopisty (10) a VMG (7).

Z odebraných vzorků byly provedeny potřebné petrografické rozbory v laboratorních petrografie a určeny vybrané fyzikálně-mechanické parametry v laboratorní mechanice zemin. Ty se staly základem pro zatřídění jednotlivých vzorků

do tříd dle JKS.

Na základě provedení všech petrografických rozborů, měření fyzikálně-mechanických vlastností, jakož i měření elektromagnetickým špičkovým tvrdoměrem byly každému z odebraných vzorků přiřazeny naměřené a vypočtené hodnoty. Zároveň byl vypočten index JKS a provedeno zařazení odebraných nadložních vzorků dle JKS.

Ve vztahu k jednotné klasifikaci sedimentů pak byly pomocí regresní analýzy posouzeny korelace pevnosti v prostém tlaku a počtu vpichů elektromagnetickým špičkovým tvrdoměrem. Byly také posouzeny korelační vztahy vtláčné pevnosti k JKS, jakož i čísla konzistence.

Zhodnocení odebraných vzorků nadložních zemin

Pro soubory petrografických druhů nadložních vzorků z VČSA pak byly zpracovány průměrné hodnoty jílových minerálů, volného SiO_2 a obsahu karbonátů jako kvantifikace petrografických rozborů petrografických druhů zemin pro jejich zařazení dle JKS. Konkrétní hodnoty jsou zřejmé z tabulky.

Tabulka A

Petrografický název	jílové minerály celkem (%)	volný SiO_2 (%)	celkový obsah karbonátů (%)
prachovec jílovitý	65,1	28,9	5,5
prachovec karbonáticko-jílovitý	44,5	24,1	29,4
prachovec jílovito-karbonátický x/	-	-	-
prachovce	61,7	27,9	9,4
jílovec prachovitý	70,4	22,4	5,8
jílovec karbonáticko-prachovitý	65,2	22,0	12,4
jílovec prachovito-karbonátický	54,4	17,8	24,8
jílovce	62,0	19,5	16,2
karbonáty	28,1	10,7	59,7
ferolity	25,0	19,8	62,5

x/ hodnoty nejsou uváděny pro nízkou četnost vzorků tohoto petrografického druhu

Podobně jako při hodnocení petrografických rozborů byly pro větší soubory petrografických druhů nadložních zemin z VČSA vypočítány průměrné hodnoty fyzikálně-mechanických vlastností a vypočten index JKS. Výsledky jsou uvedeny v tabulce.

Tabulka B

Petrografický název	Odpor v penetraci (Ncm^{-1})	Obj.hmot- nost (g.cm^{-3})	Vlhkost (%)	Pevnost v tlaku (MPa)	Index JKS
prachovec jílovitý	237,7	2,04	36,4	1,8	101,5
prachovec karboná- ticko-jílovitý	281,9	2,38	29,8	1,8	110,3
prachovec jílovi- to-karbonátický	-	-	-	-	-
prachovce	239,1	2,10	35,1	1,8	104,7
jílovec-prachovitý	290,3	2,06	33,3	1,8	102,8
jílovec karboná- ticko-prachovitý	-	2,16	32,8	3,1	105,0
jílovec prachovi- to-karbonátický	-	2,31	29,0	4,2	112,5
jílovce	290,3	2,18	31,8	3,1	106,4
karbonáty	-	2,61	13,8	9,0	124,8
ferolity	-	2,77	13,1	7,5	127,2

Zvláštní pozornost si zaslouží skutečnost, že ani u karbonátů ani ferolity není dosahováno průměrného indexu vyššího než 130, i když ve vztahu ke kontinuální technologii se zcela evidentně jedná o velmi pevné polohy. Podobně karbonáticko-jílovité prachovce a prachovito-karbonátové jílovce nedosahují průměrné hodnoty 115 dle JKS, která je hranicí zpevněných poloh třídy D.

Návrh úpravy zařídování nadloží dle JKS pro VČSA

K problematice stanovení JKS u zpevněných a pevných poloh bylo již několikrát konstatováno, že obsah jílovitých minerálů, který je součástí hodnocení nadloží dle rozpojitelnosti také u zpevněných a pevných poloh u zemin třídy D a E dle JKS, snižuje objektivitu hodnocení. Tento názor podporují také uvedené výsledky. Na základě skutečností, že jílovitých minerálů je u zpevněných a pevných poloh málo nebo velmi málo, pohybuje se u těchto druhů nadložních zemin dílčí index JKS převážně v rozmezí 95 - 100. Tento extrémně nízký dílčí index pro zeminy D a E výrazně ovlivňuje celkový index u zemin D a E směrem k nižším hodnotám nejčastěji o hodnotu 3 až 6. To ostatně vyplývá také z tabulky B, kdy průměrné hodnoty celkového indexu JKS jsou u karbonátů 124,8

a u ferolitů 127,2. Přitom jak makroskopicky, tak na základě prokázaných fyzikálně-mechanických vlastností jde ve vztahu ke kontinuální technologii evidentně o velmi pevné polohy. Tomu nasvědčuje i pozorovaný způsob rozpojování těchto poloh na VČSA pomocí kontinuální technologie. Podobně karbonáticko-jílovitý prachovec má průměrnou hodnotu indexu JKS 110,3 a prachovito-karbonátický jílovec pak 112,5. Přitom jak makroskopicky, tak na základě petrografických rozborů i na základě fyzikálně-mechanických vlastností, stejně tak jako z pozorování procesu rozpojování, evidentně vyplývá, že se jedná o zpevněné polohy.

Na základě provedeného zhodnocení doporučuji upravit zařizování nadloží dle JKS pro VČSA takto:

Třída		A	B	C	D	E
Index	Dosud	do 95	95-100	100-115	115-130	nad 130
JKS	Návrh	do 95	95-100	100-110	110-125	nad 125

Zhodnocení korelačního vztahu pevnosti v prostém tlaku - JKS

S cílem objektivizovat možnosti uplatnění elektromagnetického špičkového tvrdoměru pro zařizování nadložních zemin dle rozpojitelnosti, bylo nutné objektivizovat vztahy vycházející z teoretických předpokladů (tedy vztahu pevnosti v prostém tlaku k práci nutné pro rozpojení) k dosavadnímu způsobu hodnocení nadloží dle JKS. Na základě výsledků měření pevnosti v prostém tlaku u jednotlivých vzorků a jejich zařizování do JKS byla provedena regresní analýza, jejíž pomocí byl tento vztah zjišťován. Toto šetření, jakož i šetření další, byla provedena těmito druhy regresních funkcí:

- lineární regrese
- exponenciální regrese
- gaussova regrese
- hyperbolická regrese.

Z provedených výpočtů je zřejmé, že průběh vztahu pevnost v prostém tlaku versus JKS nejlépe vystihuje exponenciální regrese. Je v ní dosahováno těsného korelačního vztahu s koeficientem korelace 0,76.

Těsný korelační vztah je prokázán také pro celý soubor odebraných vzorků (tedy i z jiných lokalit) mezi pevností v prostém tlaku a JKS při stejné regresní (exponenciální) závislosti při koeficientu korelace 0,79.

Aplikace elektromagnetického špičkového tvrdoměru pro zařizování nadložních sedimentů VČSA

Jestliže vyjdeme ze skutečnosti, že byly prokázány potřebné korelační vztahy mezi pevností v prostém tlaku a dosavadním způsobem zařizování dle JKS, je pro aplikaci elektromagnetického špičkového tvrdoměru nutné prokázat potřebný korelační vztah mezi počtem vpichů (úderů) potřebných k zaražení hrotu do stanovené hloubky a pevností v prostém tlaku pro vzorky zemin odebraných z VČSA.

Pro funkční korelační závislost mezi počtem úderů zahlubujících hrot do hloubky 10 mm při energii úderu 5 J a pevností v prostém tlaku je nejbližší lineární regresní závislost, která prokazuje těsný až téměř velmi těsný korelační vztah s koeficientem korelace 0,86.

Tato skutečnost ve vazbě na zhodnocení vztahu pevnosti v prostém tlaku k JKS prokazuje možnost aplikace elektromagnetického špičkového tvrdoměru pro

zatřídování nadloží na VČSA.

Pro kontrolu a přímé posouzení korelačního vztahu počtu vpichů do hloubky 10 mm při energii úderu 5 J a JKS byl také posouzen tento přímý korelační vztah.

Lineární a exponenciální regrese prokazují těsnost korelačních vztahů mezi počtem vpichů elektromagnetickým špičákovým tvrdoměrem a JKS pro nadloží VČSA a to korelačním koeficientem 0,73.

Při testování vzorků z nadloží VČSA byl také zjištěn očekávaně vysoký korelační koeficient vztahu mezi počtem vpichů při energii úderu 5 J a 2,5 J. Při použití exponenciální závislosti je prokazován koeficient korelace 0,91, což je již v oblasti velmi těsného vztahu. To je také předpokladem těsného vztahu mezi počtem vpichů při energii úderu 2,5 J a zatříděním dle JKS.

Jak bylo prokázáno, vypovídací schopnost EMŠ (elektromagnetického špičákového tvrdoměru) je při energii úderu 5 J v celém rozsahu hodnocení zemin dle JKS ve třídách A, B, C, D, E. Při energii úderu 2,5 J lze spolehlivě hodnotit zeminy tříd A, B, C dle JKS. Pro menší šíři vypovídací schopnosti při energii úderu 2,5 J a také vzhledem ke skutečnosti, že v průběhu testování došlo k poruše provizorně instalovaného přepínače dávkování energie na 2,5 J, bude nadále pozornost věnována výsledkům při energii úderu 5 J.

Posouzení možnosti zatřídování nadloží zjišťováním vtlačné pevnosti

Ke komplexnímu posouzení zatřídování nadloží do tříd rozpojitelnosti bylo pro celý soubor odebraných vzorků provedeno měření a výpočet korelačních vztahů "vtlačná pevnost versus index JKS". Korelační koeficienty vztahu vtlačná pevnost versus index JKS se u známých typů regresních funkcí pohybují pod hranicí středně těsného a málo těsného vztahu, nejvýše u exponenciální regrese a to 0,48. Lze z toho vyvodit závěr, že stanovení vtlačné pevnosti jako jediného kritéria pro zatřídování nadloží z hlediska rozpojitelnosti je nejisté a není je možné doporučit.

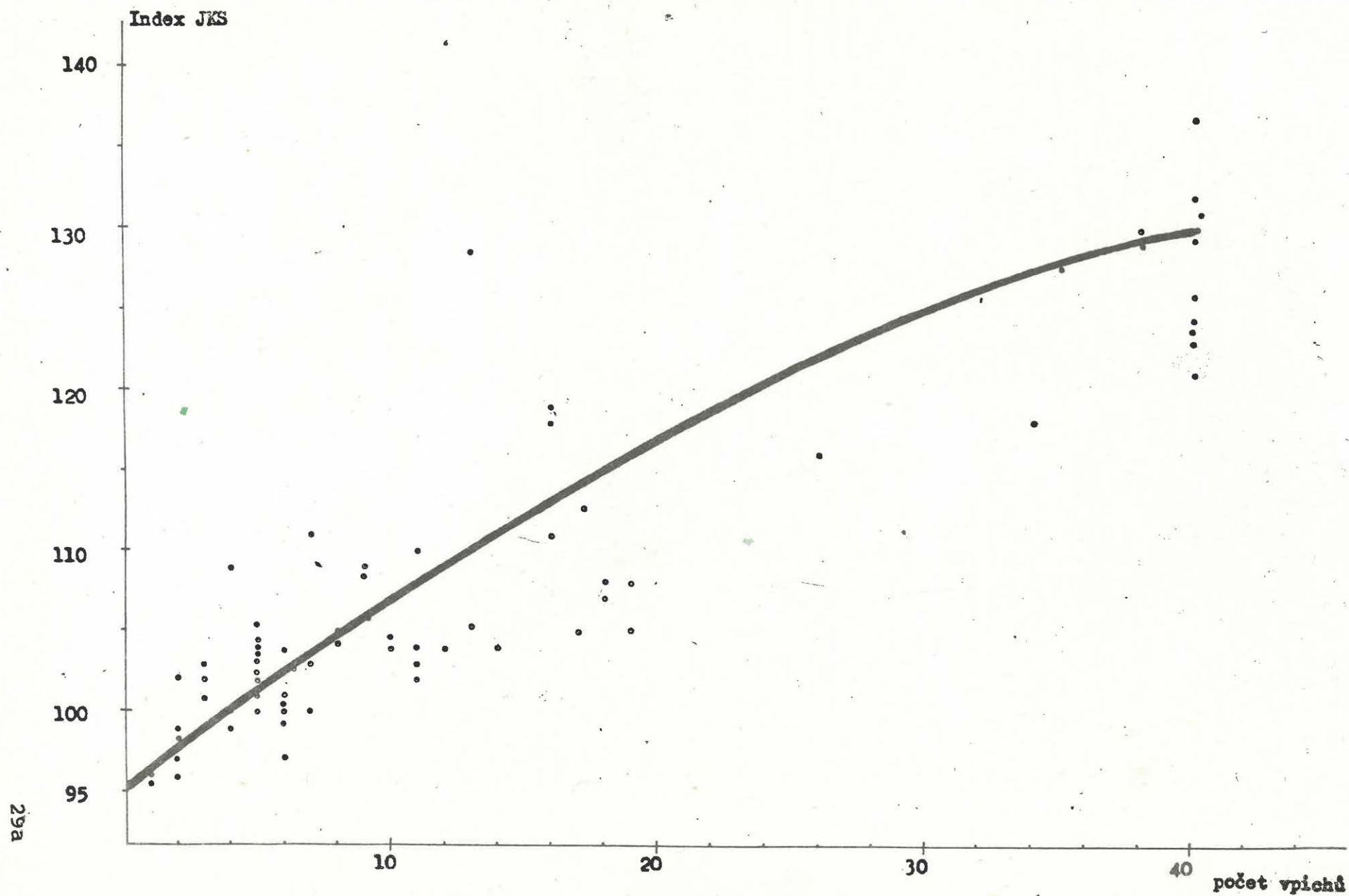
Možnosti zatřídění nadloží zjišťováním čísla konzistence

Ověřena byla také možnost zatřídování nadloží dle čísla konzistence. Pro celý soubor vzorků bylo provedeno zjištění konzistenčních mezí a proveden výpočet čísla konzistence I_c . Pomocí používaných regresních funkcí pak byl proveden výpočet korelačního koeficientu ve vztahu k JKS (možné pouze u nadloží třídy A, B, C dle JKS). Jedná se o korelační vztahy pohybující se na hranici středně těsného a málo těsného vztahu, nejvýše u hyperbolické regrese a to 0,52. Z toho lze vyvodit závěr, že z hlediska rozpojitelnosti zatřídování nadloží dle čísla konzistence není vhodné.

Návrh expresní metody zatřídování nadložních zemin z hlediska rozpojitelnosti na VČSA

Na základě provedených prací je možné konstatovat, že perspektivní metodou jednoduchého (expresního) zatřídování nadloží dle rozpojitelnosti při možnosti měření jediným přístrojem, je metoda zatřídování zemin v nadloží pomocí elektromagnetického špičákového tvrdoměru. Při energii úderu 5 J a hloubce vpichu 10 mm, je možné pomocí této metody zatřídovat zeminy v celé škále tříd zemin hodnocených dle rozpojitelnosti, tedy A, B, C, D, E dle JKS. Prokázaná závislost indexu JKS na počtu vpichů 10 mm/5 J je znázorněna v grafu 1, zkonstruovaném na základě faktických výsledků měření. Pro praktickou aplikaci může plně vyhovět.

Grafická závislost indexu JKS na počtu vpichů el. špičákového tvrdoměru do hloubky 10 mm při energii úderu 5 J



Na základě tohoto grafického vyjádření závislosti indexu JKS na počtu vpichů pomocí EŠT je možné sestavit následující tabulku vztahu indexu JKS jednotlivých tříd rozpojitelnosti a počtu vpichů elektromagnetickým tvrdoměrem.

Třída	Index JKS	Počet vpichů EŠT do hloubky 10 mm/5 J
A	do 95	nelze provést
B	95 - 100	1 - 4
C	100 - 115	4 - 18
D	115 - 130	18 - 40
E	nad 130	nad 40

Jestliže pro nadloží VČSA vezmeme v úvahu návrh úpravy zatřídování nadloží dle JKS pak pro VČSA platí:

Třída	Index JKS	Počet vpichů EŠT do hloubky 10 mm/5 J
A	do 95	nelze
B	95 - 100	1 - 4
C	100 - 110	4 - 13
D	110 - 125	13 - 30
E	nad 125	nad 30

S h r n u t í

V článku byly posouzeny potenciální možnosti expresního zatřídování nadloží a to:

- pomocí elektromagnetického špičákového tvrdoměru
- na základě zjištění vtláčné pevnosti
- na základě zjištění čísla konzistence.

Z výsledků řešení vyplývá, že vhodnou metodou, která umožňuje zatřídování nadloží pomocí jednoho jednoduchého měření, je metoda zatřídování nadloží na základě měření elektromagnetickým špičákovým tvrdoměrem. Přesnost tohoto hodnocení vyhovuje běžným potřebám provozu. Metoda měření je jednoduchá. Měření lze provádět přímo na důlních závodech.