

Ing. Ladislav H y n a i s, VÚHU

Rozpojitelnost nadložních sedimentů

Na vlastní průběh rozpojování je možné pohlížet jako na fyzikální proces, ovlivňující nejen různé typy hornin, ale i rozdílné konstrukční řešení dobývacích strojů a zejména jejich rozpojovacího orgánu. Složitost tohoto procesu vyplývá i z toho, že rozpojovaná hornina představuje heterogenní systém, jehož fyzikální vlastnosti lze vyjádřit funkcí, která je dána řadou proměnných veličin. Tuto složitou funkci nelze vyjádřit matematicky exaktně a v explicitní formě, přičemž jednotlivé proměnné veličiny mohou být jen zásadním obrazem faktorů nastiňujících integrální chování hornin při procesu rozpojování v rámci interaktivního působení systému hornina - dobývací nástroj.

Obtížnost vyjádření jednotného kritéria rozpojitelnosti je podmíněna jednak nestejnou účinností jednotlivých technologických procesů rozpojování, jednak nestejným stupněm dispergace hornin, který s ohledem na stavbu hornin může znamenat zapojení horninových vazebních sil různého řádu do procesu rozpojování. Určité východisko lze spatřovat v porovnání celého kontextu zkoušek a měření a to jak laboratorních, tak i in situ a zejména pak v jejich interpretaci aplikací matematické statistiky.

Jak již bylo uvedeno, je rozpojitelnost při určitém zjednodušení funkcí dvojice hornina - nástroj, které jsou ve vzájemné interakci, přičemž nehomogenita a anizotropie značně ovlivňují celou řadu vlastností hornin jak v malých vzorcích, tak i ve velkých horninových masivech. U nadložních terciérních sedimentů nad uhelnou slojí, které jsou předmětem rozpojování velkostroji, se výrazně projevuje proměnlivá soudržnost,

abrazivnost, tvrdost a pevnost jednotlivých vrstev. Soubor těchto vlastností je ovlivňován i vlastnostmi dalšími, můžeme však konstatovat, že právě tyto vyjmenované nám zásadně charakterizují míru rozpojitelności horniny a tím i princip mechanismu rozpojování za předpokladu, že jej vztáhneme na rozpojovací nástroj, čímž je míněn princip rozpojování, geometrický tvar nástroje, způsob práce rýpadla apod.

Určení míry rozpojitelności je nezbytné pro konstrukci nových strojů, stanovení podmínek práce provozovaných zařízení a pro technicko-ekonomické rozhodování při jejich provozu.

Snaha o spolehlivou specifikaci rozpojitelności hornin vedla k vypracování několika metodik měření a vyhodnocování měrných rypných a rozpojovacích odporů, které by měly být výchozím podkladem pro hodnocení rozpojitelności ať již pro potřebu konstrukce dobývacích strojů nebo pro řídicí sféru lomových provozů v oblasti technologicko-ekonomické.

Podle místa měření obvodové síly na kolese je možno členit metody měření a stanovení rypných sil na přímé a nepřímé. **Tzv.** nepřímé metody stanovování měrných rypných sil a odporů vycházejí z nepřímého, tzn. výpočtového určení obvodové síly na kolese, kde měřenou veličinou je buď elektrický příkon nebo práce, zatím co u tzv. přímých metod se měří přímo silové účinky, působící na rozpojovací orgán. Všechny používané metody již byly dříve publikovány v odborné literatuře nebo výzkumných zprávách, takže v tomto článku nebudou již dále rozebírány. Pokusme se však o obecnější zhodnocení výsledků naměřených na jednotlivých lokalitách s výskytem těžko-rozpojitelných poloh. Tyto výsledky jsou analyzovány v několika okruzích, avšak s jediným cílem, tj. zjištění a zajištění nejvyšší možné výkonnosti dobývacích mechanismů v daných báňsko-geologických podmínkách.

Jak již bylo uvedeno v úvodním článku k dané problematice, je zřejmé, že ve výsledcích měření rypných a rozpojovacích

sil se promítnou také vlivy konstrukčního a technického provedení strojů, dále pak i vlivy dané provozním stavem stroje, především řezných orgánů a zejména vlivy technologické, způsobu práce kola apod. Všechny tyto vlivy spolu s proměnnými parametry nadložních sedimentů (pevnost, trhlínatost, kusovitost apod.) vedou pak k poměrně širokému rozpětí výsledků. Pro klasifikaci jílových sedimentů monotonního typu jsou však tyto výsledky zcela postačující.

Pro složitější poměry jsou výsledky měrných rypných a rozpojovacích sil doplňovány tzv. součinitelem nerovnoměrnosti, který je vyjadřován jako podíl mezi maximální a střední hodnotou měrných rypných sil. Tento součinitel vyjadřuje změny pevnosti a rozpojitelnosti typového sedimentu v intervalu měřené štěpiny. V podmínkách výskytu velmi pevných poloh však hodnocení rozpojitelnosti touto cestou nepostihne okamžité stavy silového namáhání, které jsou z hlediska pevnosti některých strojních elementů rozhodující. Jde především o ty vzorky, které jsou vystaveny působení rozpojovacích sil bez výrazného tlumícího účinku, především rozpojovací elementy, korečky, těleso kola s hřídelí a převodové ústrojí. Pro tyto případy jsou nezbytná měření na tzv. měrných korečkách za použití siloměrů instalovaných v místech reakcí koreček a klasifikaci dobývacích podmínek je nutné provádět na bázi porovnání vyvolaného a skutečného namáhání.

Z měření, provedených tímto způsobem na strojích řady KU 800 a K 10 000 vyplývá, že existence pelosideritických proplátek o mocnosti 0,2 - 0,3 m v dobývané lávce vyvolá na břitech koreček rypnou sílu, jejíž velikost přesahuje jmenovité hodnoty obvodových sil. Z detailního rozboru těchto výsledků lze vytypovat několik charakteristických provozních stavů režimu práce rýpadel

a - střední měrné rozpojovací odpory horniny jsou hluboko pod hranicí teoretické rozpojovací schopnosti stroje, stejně jako střední hodnota příkonu pohonu kola.

- b - střední měrné rozpojovací odpory se blíží nebo přesahují hranici teoretické rozpojovací schopnosti rýpadla, avšak střední hodnota charakteristického zatížení pohonu kola je v důsledku snížení výkonnosti pod jmenovitou hodnotou.
- c - střední měrné rozpojovací odpory jsou pod hranicí teoretické rozpojovací schopnosti, avšak jejich okamžité hodnoty se pohybují ve velmi širokém pásmu s relativně vysokými špičkami. Podobný průběh má i elektrické zatížení pohonu kola. V tomto případě nelze, z důvodů rázů v pohonných soustavách, kývání horní stavby stroje, event. nadměrné kusovitosti těživa, dosáhnout plného využití instalovaných výkonů na pohonu kola, ani teoretické výkonnosti.
- d - střední měrné rozpojovací odpory horniny, stejně jako zatížení pohonu kola, jsou nad jmenovitými hodnotami.

Provozní stavy ad a i d jsou jednoznačné.

V případech pod bodem a jde o stav, kdy výkonové využití rýpadla je závislé pouze na dopravních možnostech rýpadla nebo na technologických vazbách. V případě d dochází k všestrannému přetěžování rýpadla a tento provoz by měl být vyloučen. V praxi se podobný případ vyskytuje tehdy, když odklizovaná lávka je tvořena pevnými sedimenty, jako např. jílovci s pelokarbonáty nebo pískovci. Tento stav bývá navíc indikován častými destrukcemi rypných orgánů.

Těžební případy typu b se vyskytují pouze v monotónních geologických podmínkách s vyšším rozpojovacím odporem, ale bez výrazných zpevněných poloh. Nejsložitější kategorii tvoří dobývací podmínky uvedené pod bodem c, kde výskyt tvrdých poloh vytváří, mnohdy zcela nepravidelně, střídání charakteru zatížení dobývacích strojů a vede k nárůstům dynamických účinků procesu rozpojení. Zde nelze ani při podstatném snížení těžební výkonnosti vyloučit, že při nárazu kola do pelokarbonáto-

vých čoček nevzniknou síly, které vyvolají nadměrnou poruchovost pohonů, dopravního zařízení a především rypných orgánů. Takto charakterizované skrývkové řezy lze považovat za nerozpojitelné bez trhacích prací.

Z měření provedených na kolesových rýpadlech KU 800 a K 10 000 vyplývá, že existence pelosideritických proplástek o pravé mocnosti 0,2 - 0,3 m vyvolává při rozpojování na břitech korečků rypnou sílu, jejíž velikost přesahuje jmenovité hodnoty. Pokud je proplástek uložen v jílovcích o pevnosti v prostém tlaku vyšším než 2,5 MPa, je dosahováno této jmenovité hodnoty již při mocnosti 0,2 m. V případech, kdy převažující část odklízované lávky tvoří např. lehčí písčité jíly, je možno připustit rozpojování bez trhacích prací do mocností pevných poloh 0,3 m. Průběhy silového působení na korečcích v různých typech odklízovaných sedimentů jsou patrné ze záznamů v přílohách č. 1 - 6.

Vytypování provozních stavů vedlo dále ke snaze o určení jednoznačné závislosti technické výkonnosti rýpadel na daných podmínkách nasazení. K tomu bylo využito výpočetní techniky s využitím možností, které poskytuje regresní analýza zpracováním většího množství dat. Otázka výpočtu regresních závislostí výkonnosti rýpadel na některém dalším parametru, v našem případě na středním měrném rypném odporu, úzce souvisí s vlastním zvoleným regresním kritériem. V tomto případě se vycházelo z oprávněnosti výpočtu regresních koeficientů metodou nejmenších čtverců. Praktické výsledky aplikací na zvolených strojích souhlasí s touto přijatou hypotézou. Nicméně bude vhodné na tomto místě si uvědomit, že optimalizace regresních vztahů je záležitostí jednak výběru analytického tvaru křivky, jednak výpočtu vlastních regresních koeficientů. Výpočet regresních koeficientů znamená proložit soustavu bodů (x_i, y_i) , kde $i = 1, 2, 3 \dots n$ funkční hodnotou $f(a, a_1, a_2 \dots a_n)$, kde x je nezávisle proměnná a_1 až a_n parametry funkce f .

Kritériem u metody nejmenších čtverců je, aby výraz

$$S = \sum_{i=1}^n (y_i - f(x_i, a_1, a_2, \dots, a_n))^2$$

měl minimální hodnotu. To nastane, když

$$\frac{\partial S}{\partial a_1} = \frac{\partial S}{\partial a_2} = \dots = \frac{\partial S}{\partial a_n} = 0.$$

Jako vstupní údaje pro uvedenou optimalizaci byly využity soubory výsledků měření měrných rýpných odporů a výkonností u jednotlivých rýpadel KU 800. Přehled takto získaných křivek je obsažen v příloze č. 7.

Je třeba si uvědomit, že se jedná o tzv. technickou výkonnost, tzn. takovou, kterou může rýpadlo dosáhnout při daných podmínkách v jedné štěpině. Skutečná výkonnost bude vždy nižší, neboť je do ní nutno zahrnout řadu dalších faktorů, jako například faktor manipulačních ztrát, součinitele poruchovosti a prostojovosti apod. Podle výsledků výzkumů řešených odborem báňské technologie VÚHU a VÚPEK Praha, pobočkou v Mostě, lze klasifikovat porubovou výkonnost 60 - 70 % technické výkonnosti.

Z rozboru výkonových křivek jednoznačně vyplývá vhodnost nasazení rekonstruovaných rýpadel KU 800R (rekonstrukce špičky kolesového výložníku pomocí čtyřmotorového parciálního pohonu KSK-VZMA) do geologicky obtížnějších dobývacích podmínek. Potvrzení tohoto názoru je patrné z uvedených výkonových křivek rýpadel KU 800/6R z třetího řezu lomu Merkur a KU 800/7R na Velkolomu československé armády, které jsou si velice podobné. Avšak i tyto křivky leží hluboko pod hranicí výkonové křivky (na obr. označené VZMA KU 800/R /v.z./) udávané v materiálech realizátora rekonstrukcí.

Správnost hodnot výkonových křivek byla ověřena jeden a půl ročním sledováním na rýpadle KU 806 a prognózou výkon-

nosti na rýpadle KU 800/3R při dobývání tvrdých poloh, která byla provedena podle výkonové křivky pro rýpadlo KU 800/7R.

Odpověď na otázku markantního rozdílu mezi výkonnostními křivkami rýpadel s původním dvoumotorovým pohonem a s pohonem rekonstruovaným je nutno zřejmě spatřovat ve vlastních dynamických poměrech velkostrojů. I když tento názor není dosud průkazně ověřen statisticky významným souborem měření, ukazují výsledky měření zrychlení špičky kolesového výložníku na rýpadle KU 800/7R, že vlastní frekvence kolesového výložníku rekonstruovaných rýpadel s drtičem umístěným u kola je cca 0,5 Hz, zatímco u rýpadel původního provedení se pohybuje tato hodnota v rozmezí 0,7 - 0,9 Hz. Vzhledem k tomu, že frekvence budící síly je v případech obou typů kola přibližně 1 Hz je patrné, že u rýpadel původního provedení může vzniknout mnohem snáze rezonanční kmitání než u rýpadel rekonstruovaných.

Toto nebezpečné rezonanční kmitání může vzniknout v důsledku možného současného střetnutí s první nebo druhou harmonickou řezné síly na kolese, jejíž i -tá frekvence je určena rovnicí $f_i = \frac{n \cdot z \cdot i}{60}$

kde n ... otáčky kola /min/

z ... počet korečků

i ... 1, 2, 3 ... n (pořadové číslo harmonické frekvence).

Kromě toho se mohou vyskytnout velmi nebezpečná dynamická namáhání ve všech částech kolesových rýpadel, když pohyb kola je zastaven naražením korečku na překážku představovanou např. pevnými polohami valounového typu, či mocnými pelosideritickými nebo pelokarbonátovými proplásky.

Výsledky posledního měření na KU 800/7R ukazují, že nelze tyto vlivy podceňovat. Z analýz provedených na speciálním vyhodnocovacím zařízení na bázi počítače PDP v Ústavu aplikované mechaniky Vítkovice v Brně vyplývá, že špička jak horizontální, tak vertikální složky zrychlení kolesového výložníku

(měřeno cca 3 m od osy kola směrem ke středu stroje) mnohdy dosahuje hodnoty 0,5 g (viz příloha č. 8 a 9). Síly vyvolané tímto zrychlením jednak značně namáhají ocelovou konstrukci i kulovou dráhu, dále zapříčiňují značnou nerovnoměrnost hloubek i šířek třísky v jedné rýpané štěpině, což má za následek velkou nerovnoměrnost výkonnosti. Extrémní kolísání parametrů třísky v průběhu štěpiny dosahuje až trojnásobku změny třísky a až pětinasobku dobývaného množství. A to ještě ve změnách těchto parametrů není obsažena změna výšky třísky, která není současnou měřicí technikou VÚHU postižitelná.

Za zmínku stojí též základní nastavení parametrů třísky řidičem velkostroje. Jestliže řidič nastaví hloubku třísky 0,77 m a její šířku 0,02 m (jak již bylo naměřeno) je samozřejmé, že nutně dochází k nadměrné a neekonomické práci rýpadla s vysokou energetickou náročností a nízkou výkonností. Zdaleka totiž není dodržen optimální rozměr rýpané štěpiny, který určuje poměr hloubky a šířky ($s : b$) třísky přibližně 1,5. I když je zřejmé, že tento z hlediska silových poměrů optimální poměr nemusí být nejvhodnější i z hledisek technologických, např. z důvodů manipulačních ztrát při najíždění na štěpinu apod., přece jen by měl být alespoň přibližně dodržován. Poměr $s : b$, který je ve zmíněném příkladu $0,77 : 0,02 = 28,5$ rozhodně není pro práci rýpadel vhodný ze žádných hledisek. Zde by měla sehrát nezastupitelnou úlohu technicko-ekonomická osvěta s přísnou kontrolou dodržování technologické kázně.

Ještě před několika lety při výzkumu kolesových rýpadel bylo přikládáno málo významu studiu komplikovaných vztahů mezi kmitáním kola a rypným odporem, jakož i tlumení těchto kmitů zeminou.

Provedené výzkumné práce však ukazují, že znalost těchto poměrů může přispět k vypracování opatření pro tlumení kmitů kola a pro stabilizaci provozních procesů a tím i ke zvýšení výkonnosti rýpadel. V úzké vazbě s tímto výzkumem je i otázka prognózování výkonnosti v daných báňsko-geologických pod-

mínkách, k čemuž mají přispět i popisované optimalizované výkonnostní křivky.

V každém případě však bude nutné, aby tyto výkonnostní křivky byly v průběhu dalšího řešení doplňovány o pásma klasifikačního stupně zatřídění jednotlivých typů nadložních sedimentů dle jednotného způsobu klasifikace prováděné objektivní indexovou metodou pomocí "průměrného nadložního sedimentu SHR", dle metodiky zpracované RNDr. Sloupskou. Pak bude možno nejen předem plánovat výkonnost dobývacích strojů, ale i následně hodnotit dosahované výsledky.

S h r n u t í

Rozpojitelnost nadložních sedimentů

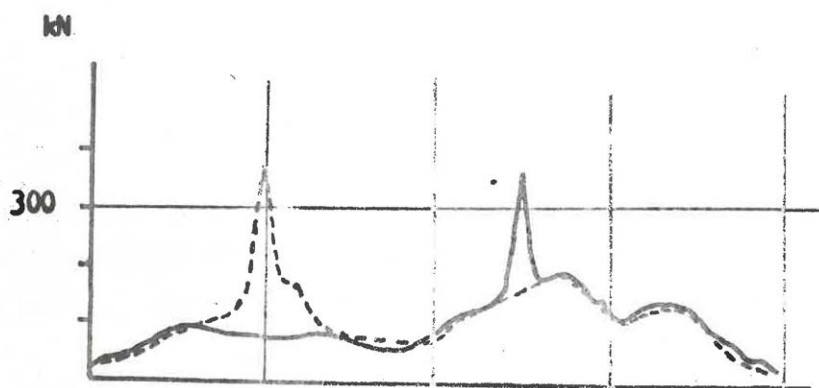
V předloženém článku je nastíněna nejzákladnější fyzikální podstata procesu rozpojování včetně zmínky o jeho měření a hodnocení. Z výsledků provozních měření jsou vytypovány charakteristické vlivy při rozpojování různých druhů nadložních sedimentů, včetně stanovení hranic dobyvatelnosti rýpadel KU 800 bez použití trhacích prací. Dále je uvedena možnost normotvorného určování výkonnosti rýpadel pro potřeby jak dlouhodobého, tak i operativního plánování, včetně metod tvorby tzv. výkonnostních křivek. V poslední části jsou popsány některé vlivy dynamického namáhání rýpadel.

Seznam použité literatury

- | | |
|-----------------------|--|
| 1. Bahr, Grosspietsch | Problem der Beanspruchung
von Schaufelradantrieben bei
Baggern in schwersten Böden |
| 2. Jurman a kol. | Zjišťování mechanicko-technic-
kých vlastností hornin z hle-
diska těžby skrývky.
listopad 1980 |

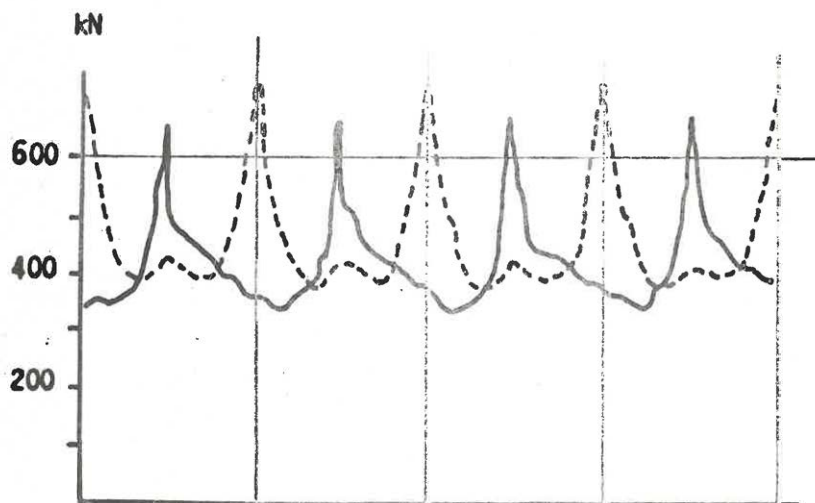
Měření měrným korečkem na rýpadle K 10 000 - důl VMG

Rozpojovaný materiál : šedý jíł s pelosideritickým
proplástkem o mocnosti 30 - 20 cm
výška lávky $h = 7,5$ m



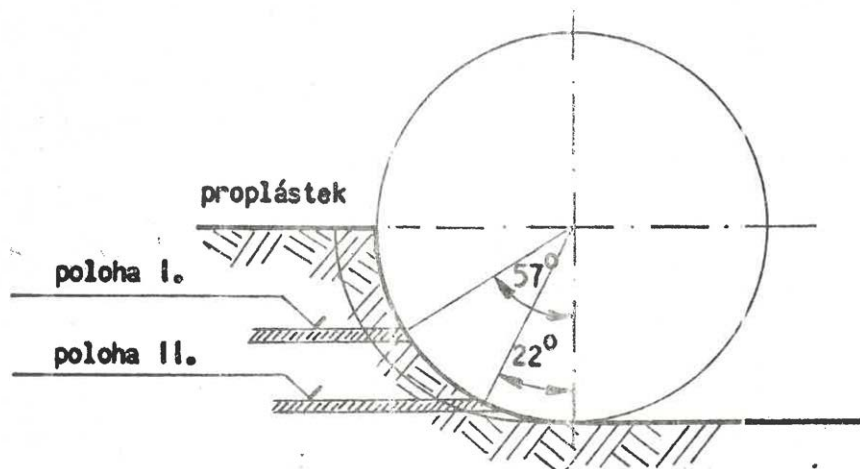
Průběh rozpojovací síly na jednom
korečku, při práci v lávce

— proplástek v poloze I.
--- proplástek v poloze II.

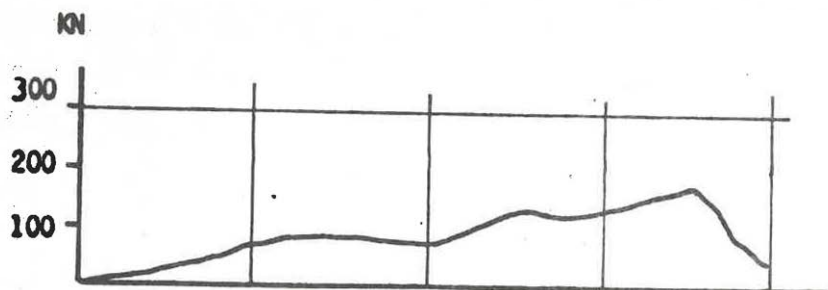


Průběh obvodové síly na kolese
při výšce lávky $h = 7,5$ m

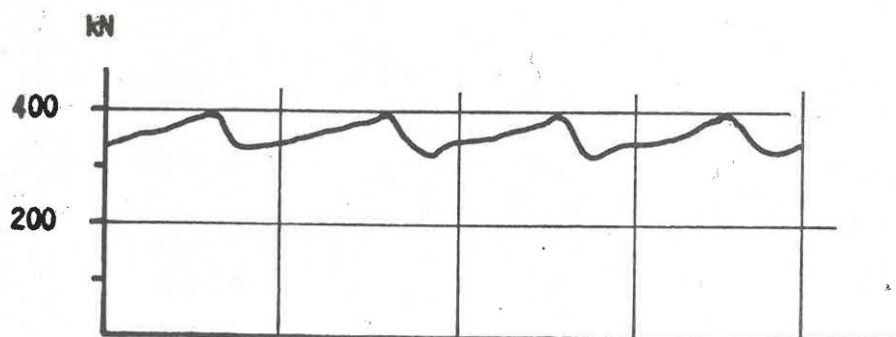
— s proplástkem v poloze I.
--- s proplástkem v poloze II.



Měření měrným korečkem na rýpadle K 10 000 - důl VMG

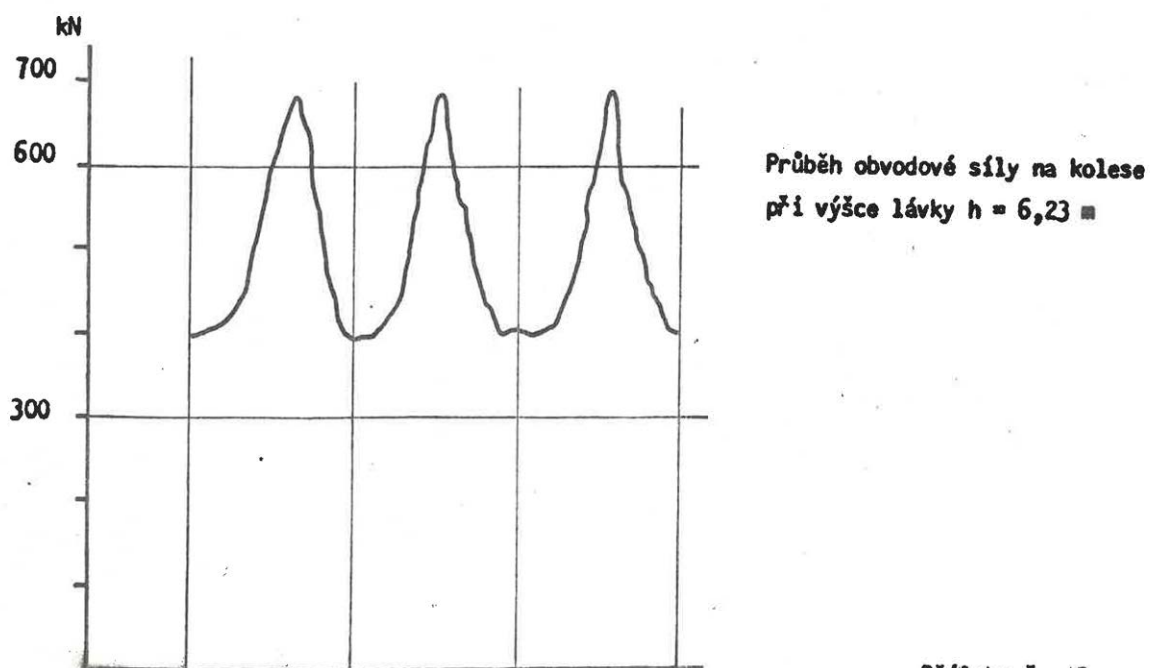
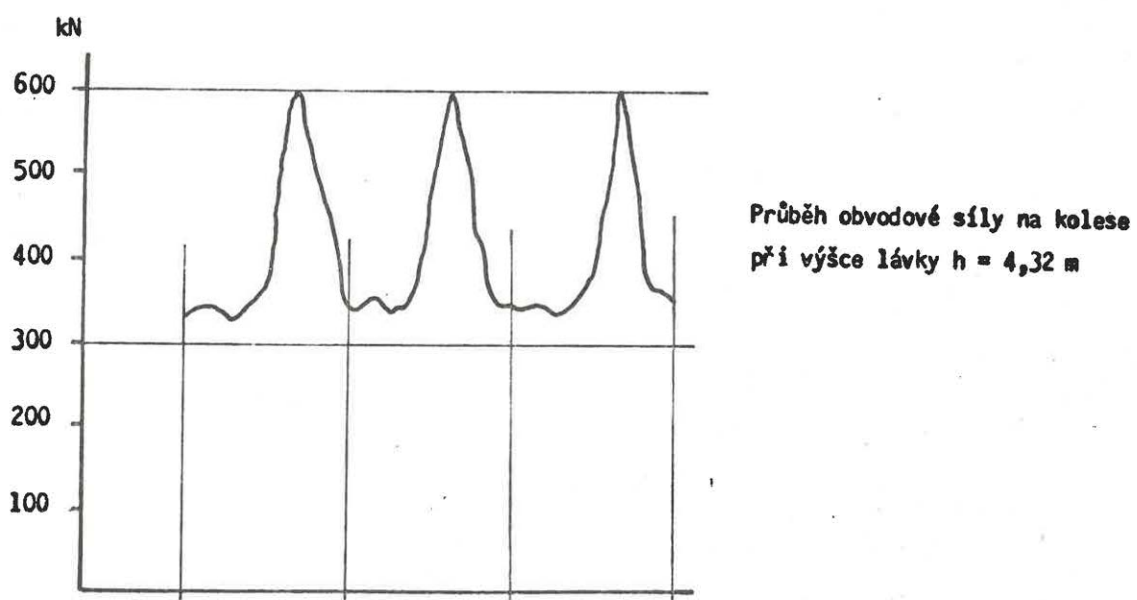
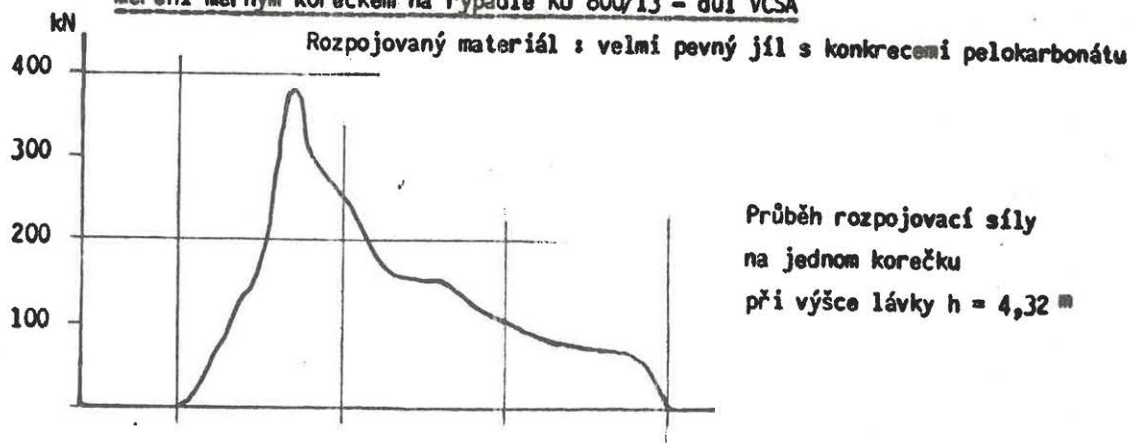


Průběh rozpojovací síly na
jednom korečku při práci
v písčitém jílu bez pro-
pláستku
výška lávky $h = 7,5 \text{ m}$

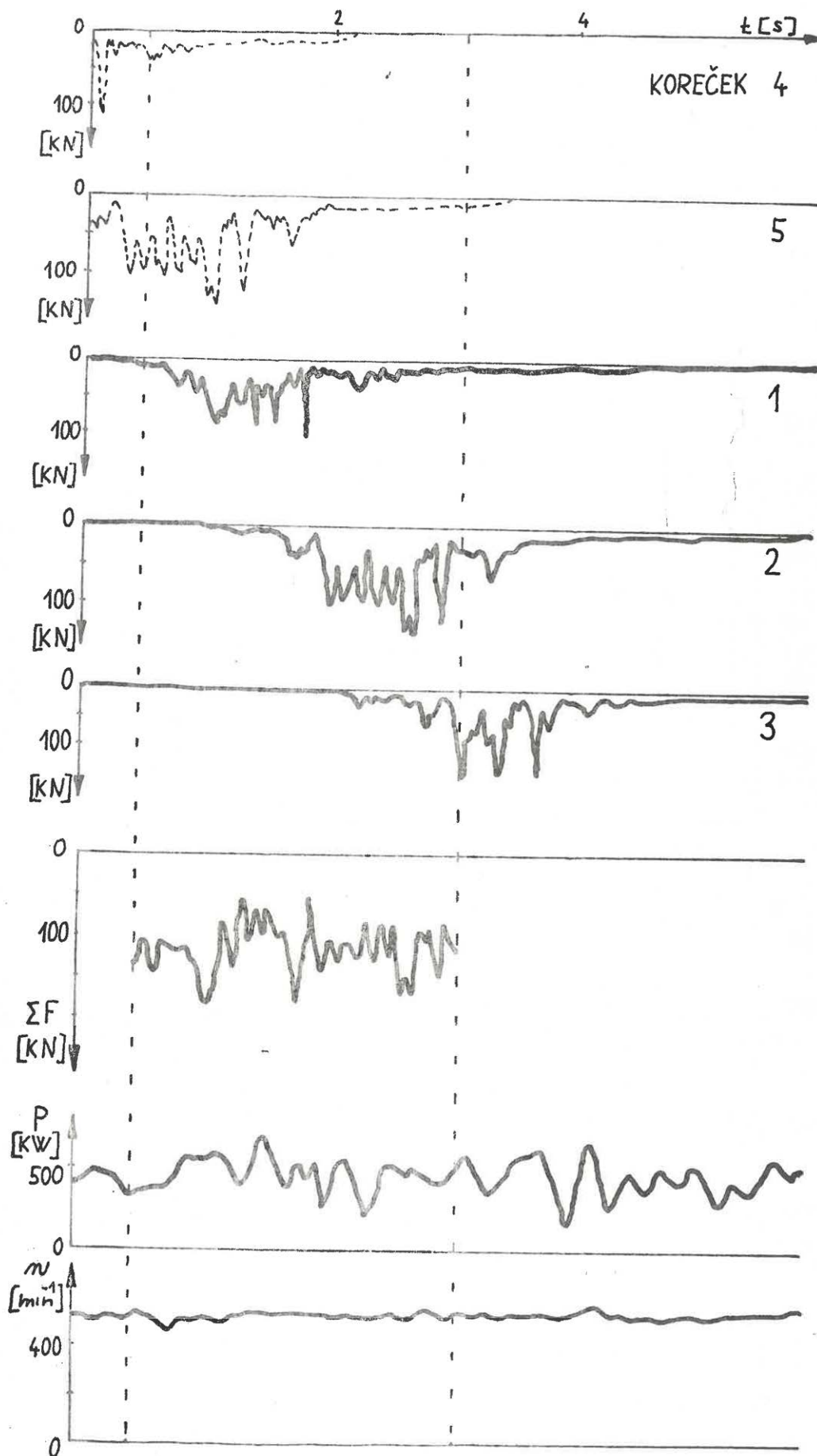


Průběh obvodové síly na kolesech
při práci v písčitém jílu
bez propláستku
výška lávky $h = 7,5 \text{ m}$

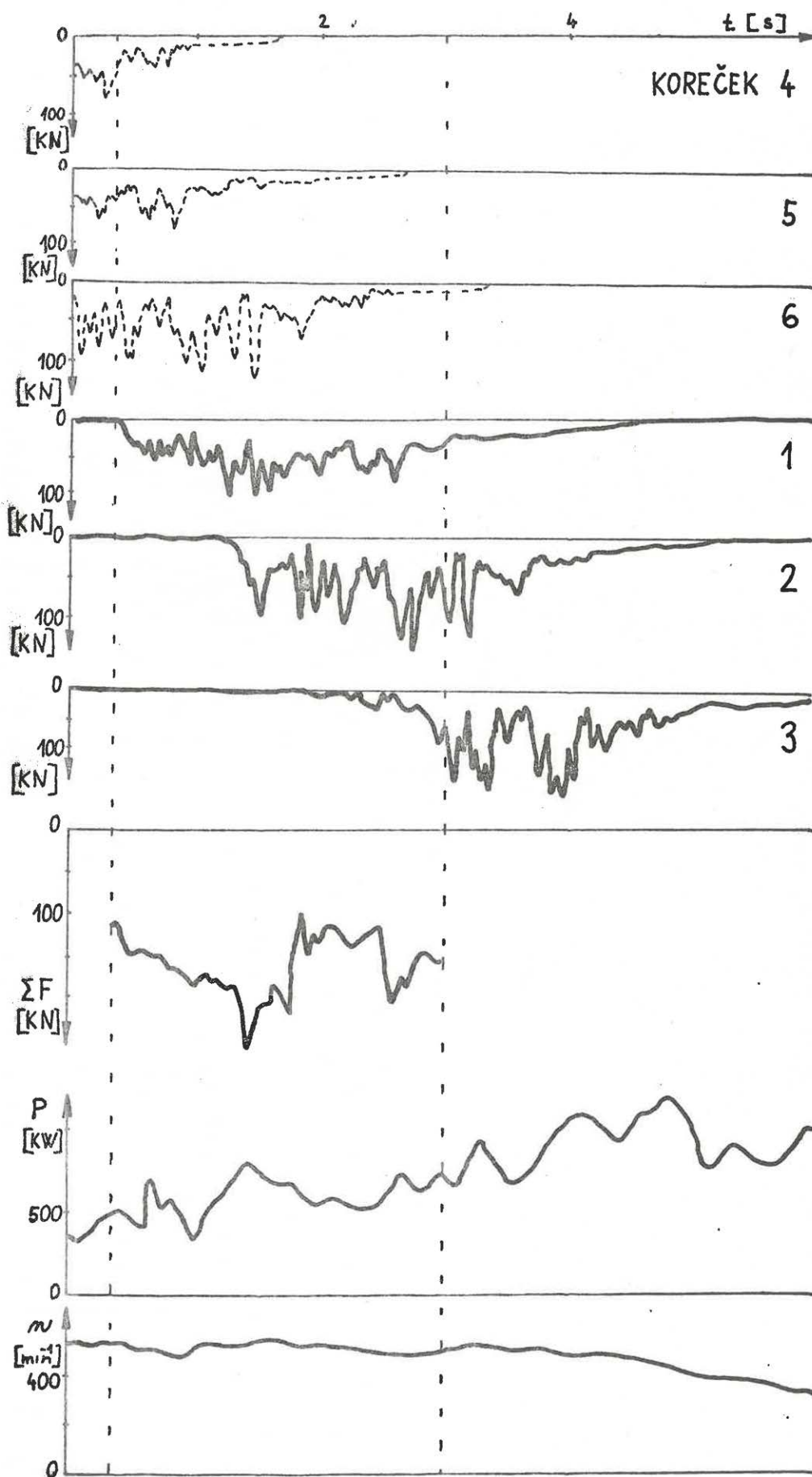
Měření měrným korečkem na rýpadle KU 800/13 - důl VČSA



PRŮBĚH ZATÍŽENÍ KOREČKŮ KU 800/7 PŘI VÝKONNOSTI 4 900 m³/h s. z.



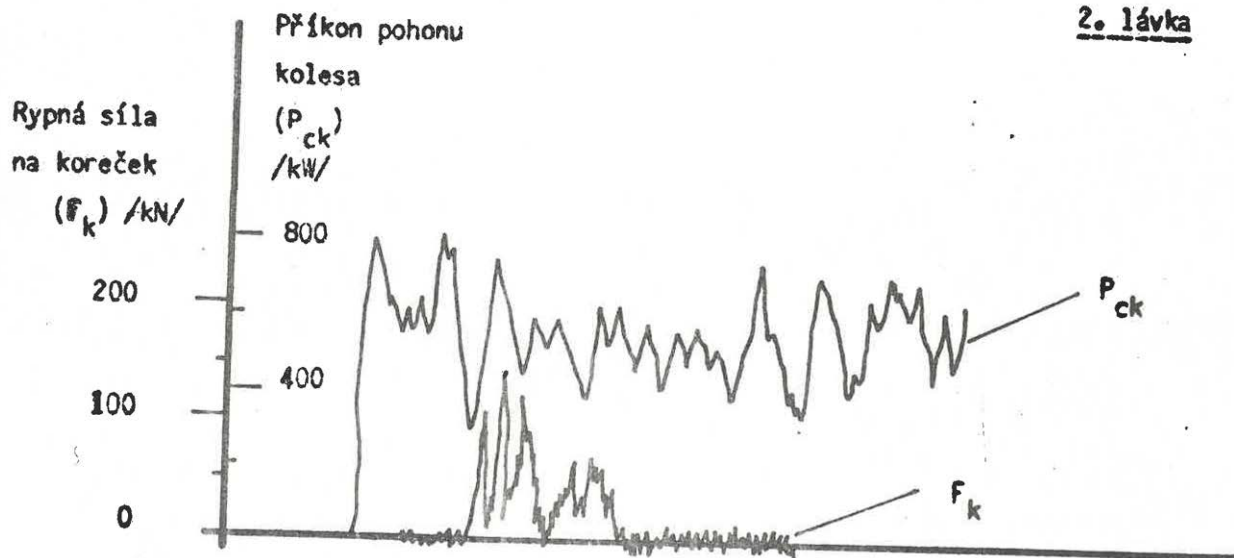
PRŮBĚH ZATÍŽENÍ KOREČKŮ KU 800/7 PŘI VÝKONNOSTI 6 700 m³/h s. z.



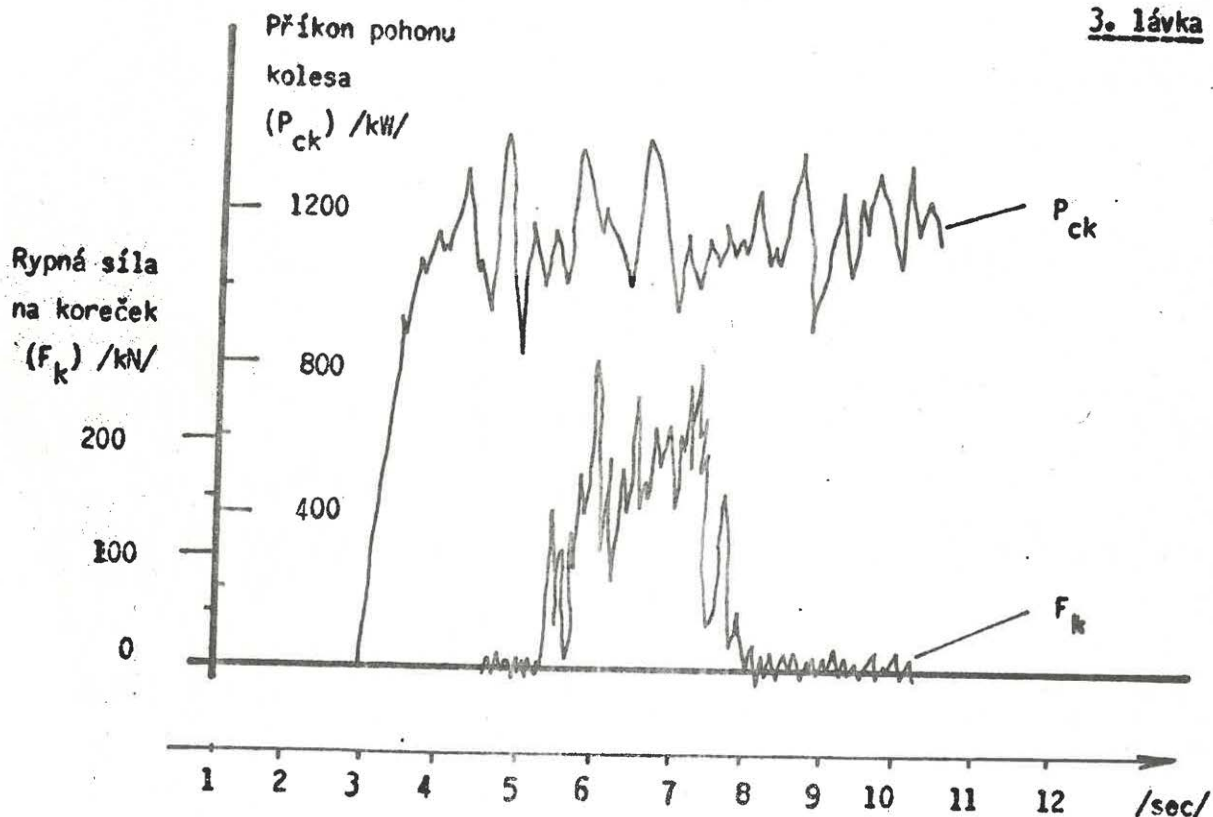
Zatížení pohonů kola a dynamické nárůsty síly působící na koreček

DNT - závod Merkur - KU 800/6

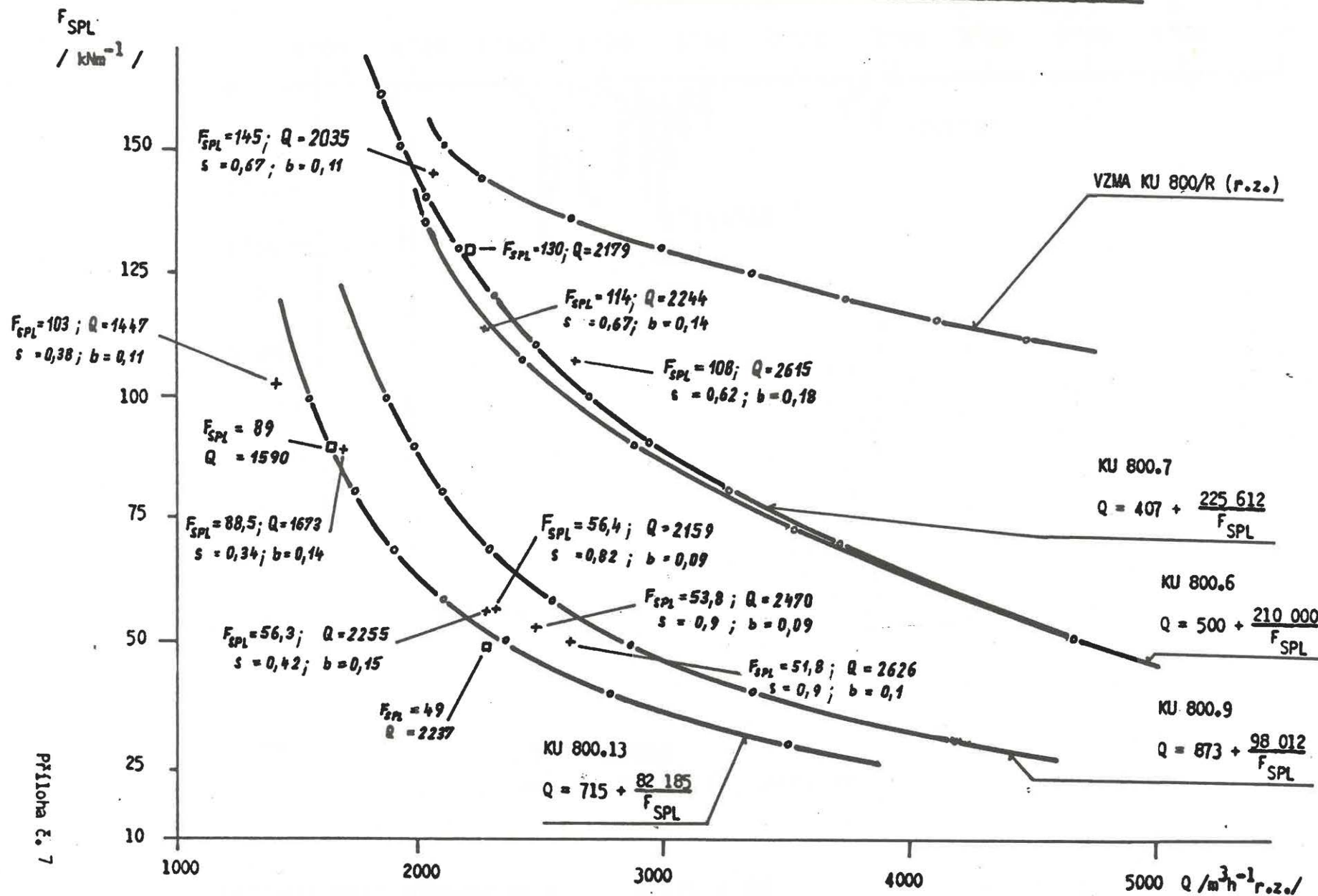
2. látka



3. látka



Závislost výkonnosti rýpadel KU 800 - VČSA v třísce na střední hodnotě rypného odporu



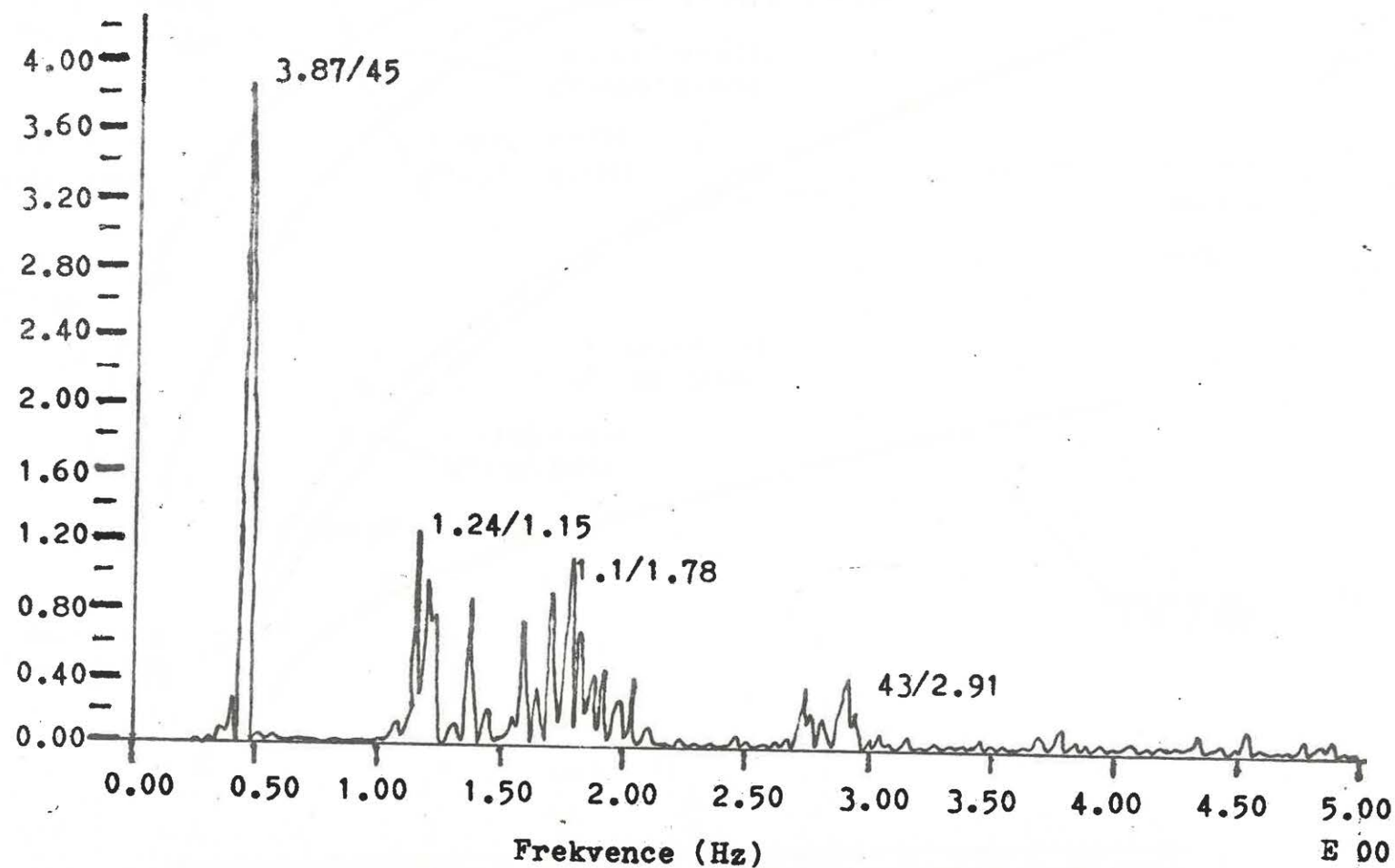
KU 800/7 VČSA 16. 4. 1985
Zrychlení kol. výložníku V

1. lávka štěpina 8L
Filtr 5 Hz

Výkonová spektrální hustota

J = 53869

E 00



KU 800/7 VČSA 16. 4. 1985
Zrychlení kol. výložníku V

1. lávka štěpina 8L
Filtr 5 Hz

Výsledné hodnoty

1 Vyhodnocovaný kanál : 3 Zrychlení kol. výložníku V

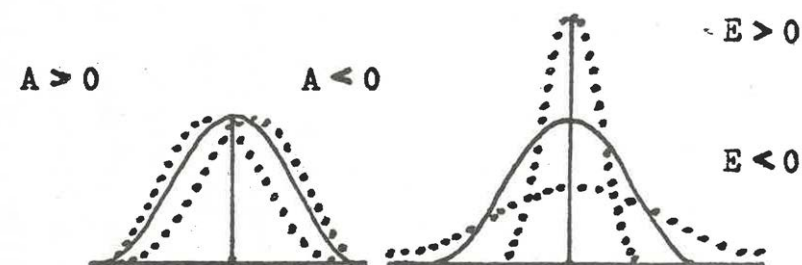
Střední hodnota : -.0863101 M S-2
Moment 2. řádu : .536873
Moment 3. řádu : -.152611
Moment 4. řádu : .880271

Centrovaný mom. 2. řádu : .529423
Centrovaný mom. 3. řádu : -.0148845
Centrovaný mom. 4. řádu : .851414

Standardní odchylka : .727615
Koeficient asymetrie (A) : -.0386394
špičatosti (E) : .0376258

Maximum : 2.87543
Minimum : -2.27007
Rozpětí : 5.1455

Normální rozdělení (G) A=E=0



Vzorek č. : 308
Vzorek č. : 247

