

Ing. Vladimír R o m p o r t l, VÚHU

Výsledky technologického měření při zakládání úpadního bloku
technologií po vrstvách zakladačem ZP 6 600

1.0 Úvod

Časté skluzy výsypkových svahů a jejich nepříznivý dopad na stabilitu výsypek, technologické postupy a bezpečnost zakladačů vedly k hledání nových způsobů stavby výsypek. Jedním z těchto způsobů je zakládání výsypkových etáží po vrstvách. Při tomto technologickém způsobu zakládání se plně uplatňuje poznatek o kritických výškách sypání pro jednotlivé druhy zemin, a tím je dosaženo stability svahu při značně vysokém zesílení.

S přechodem na kontinuální technologii se nejrozšířenějším zakladačem v SHR stal ZP 6 600, který je zařazován do technologických celků řady TC 2. Tento zakladač však z hlediska své konstrukce (při kráčení je zakládací výložník postaven kolmo na směr postupu) není zcela vhodný pro technologii zakládání po vrstvách. Skutečné možnosti zakladače ZP 6 600 při zakládání po vrstvách lze ověřit jen provozním měřením.

Technologické měření k ověření technologie zakládání po vrstvách v úpadním bloku bylo realizováno na zakladači ZP 6 600/6, závodové číslo Z 80, na výsypce lomu Merkur k.p. DNT. Technologické měření bylo vyžádáno pracovníky k.p. DNT, a tak potřebné podmínky pro zajištění měření včetně potřebného technického zabezpečení byly k termínu měření připraveny. Měření se uskutečnilo 13. 3. 1985 a následné sledování nasypaného bloku zeminy probíhalo až do 22. 3. 1985. Vlastní vyhodnocení technologického měření se zaměřilo zejména na ověření možnosti zakládání úpadního bloku technologii po vrstvách zakladačem ZP 6600 a na zhodnocení rozsahu manipulací při této technologii.

2.0 Technologie zakládání úpadního bloku po vrstvách zakladačem ZP 6 600/6

Technologie zakládání úpadního bloku po vrstvách zakladačem ZP 6 600/6 byla pro obecné podmínky nasazení na III. výsypkové etáži lomu Merkur zpracována jako realizační výstup R 10-125-301-10-011. Pro konkrétní báňsko - technologickou situaci v době měření byly upraveny následující parametry:

- šířka bloku byla zmenšena na $\bar{S}_B = 60 \text{ m}$,
- výška bloku byla stanovena $H_B = 20 \text{ m}$,
- výšky a sklony vrstev byly odečteny z regresní křivky pro podmínky III. výsypkové etáže Merkur (obr. 1).

2.1 Vstupní technické a báňsko-technologické parametry

Vstupní technické a báňsko - technologické parametry pro řešení technologie zakládání úpadního bloku po vrstvách zakladačem ZP 6 600/6 jsou uvedeny v tabulce 1.

Poznámka: 1) Technické a porubové výkonnosti TC 2, do kterého je ZP 6 600/6 včleněn, byly stanoveny na základě dlouhodobého sledování provozu tohoto TC 2 a jsou převzaty z dílčí výzkumné zprávy /1/.

2) Rozdělení svahu do vrstev a stanovení potřebných parametrů vychází z regresní křivky na obr. 1.

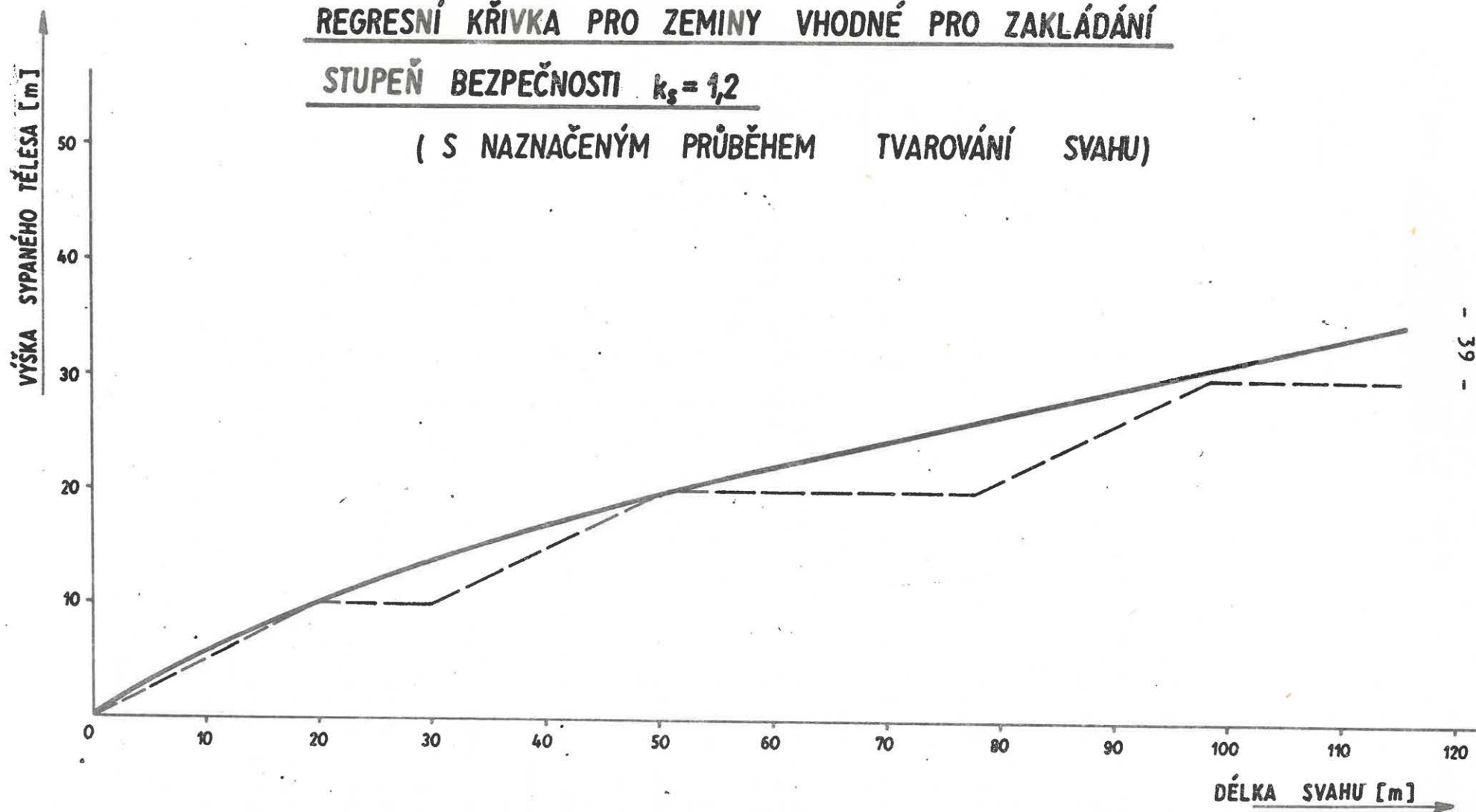
2.2 Výpočet technologie zakládání úpadního bloku po vrstvách

Technologie zakládání úpadního bloku po vrstvách včetně teoretického zhodnocení technologie z hlediska rozsahu manipulací byla vypočtena graficko-početní metodou. Výsledné teoretické parametry jsou uvedeny v tabulce 2. Na obr. 2 je schematicky znázorněna vypočtená technologie zakládání úpadního bloku po vrstvách.

REGRESNÍ KŘIVKA PRO ZEMINY VHODNÉ PRO ZAKLÁDÁNÍ

STUPEŇ BEZPEČNOSTI $k_s = 1,2$

(S NAZNAČENÝM PRŮBĚHEM TVAROVÁNÍ SVAHU)



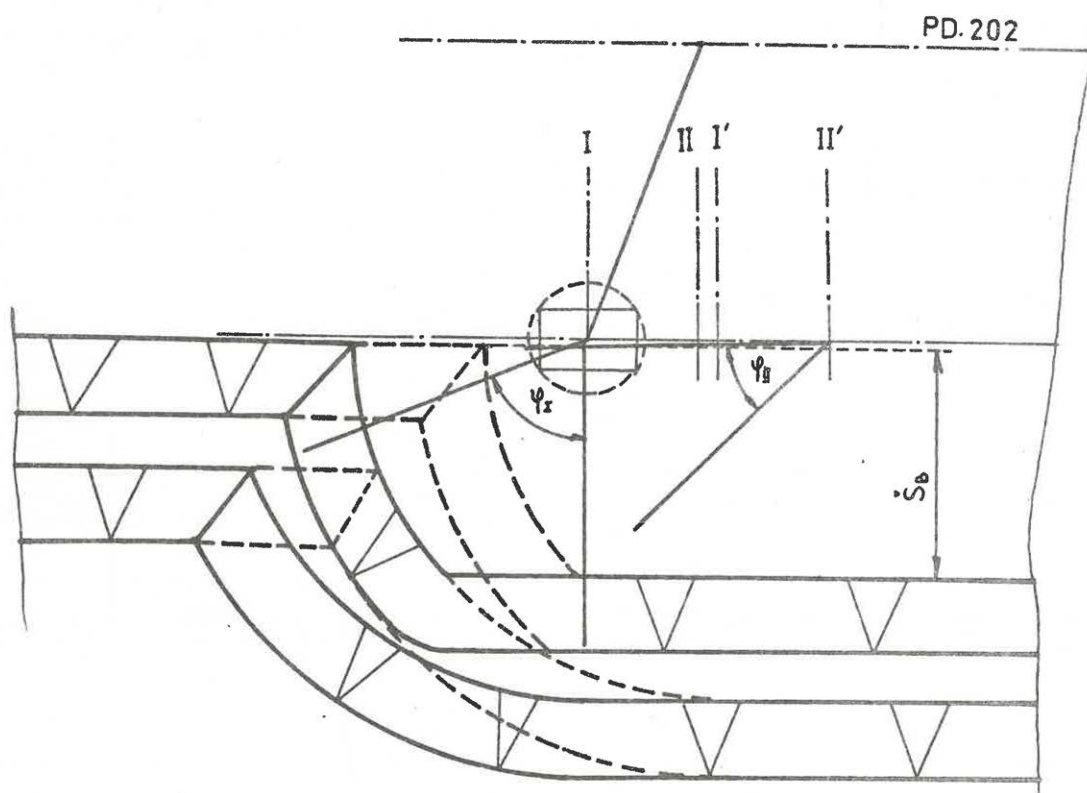
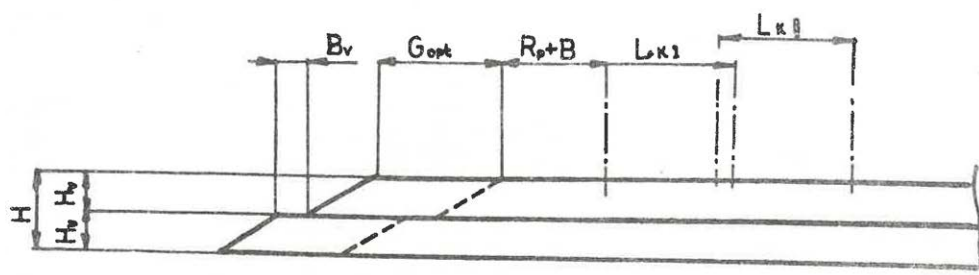
Tabulka 1

Zakládání úpadního bloku po vrstvách -
- vstupní hodnoty pro zakladač ZP 6 600/6

Parametr	Označení	Jednotky	Hodnota
Délka zaklád. výložníku	L_Z	m	80,5
Excentricita čepu závěsu zakládacího výložníku	e_Z	m	10,0
Výška zavěšení zakl.výložníku	h	m	9,4
Poloměr podvozku zakladače	R_P	m	15,0
Délka kroku	L_K	m	0,8
Rychlost kráčení	v_K	$m \cdot h^{-1}$	75,0
Rychlost zakládacího pásu	v_Z	$m \cdot s^{-1}$	6,5
Elevační úhel zakl.výložníku	β	°	0
Otočnost horní stavby	φ_{max}	°	± 115
Délka spojovacího mostu	L_M	m	75
Úhel natočení spoj.mostu k DPD	ω	°	20
Výkonnost TC technická 1)	Q_{tech}	$m^3 \cdot sz \cdot h^{-1}$	3 117
Výkonnost TC porubová 1)	Q_P	$m^3 \cdot sz \cdot h^{-1}$	2 375
Výška bloku	H_B	m	20,0
Výška vrstev 2)	H_V	m	2x 10,0
Vodorovný průmět svahu bloku 2)	P_B	m	53,0
Vodorovný průmět svahu vrstev 2)	P_V	m	20,0
Bezpečnostní vzdálenost stroje od svahu	B	m	10,0
Bezpečnostní vzdálenost mezi vrstvami 2)	B_V	m	13,0
Zvolená délka kráčení mezi hřebeny	k	m	5,0
Zvolená šířka bloku	δ_B	m	60,0

- 41 -

TECHNOLOGIE ZAKLÁDÁNÍ ÚPADNÍHO BLOKU PO VRSTVÁCH ZAKLADAČEM ZP 6 600/6



Tabulka 2

Teoretické technologické parametry
zakládání pro ZP 6600/6 (Z 80)

Parametr		označení	jednotka	hodnota
Sklon svahu	bloku	$1 : x_B$		1 : 2,65
	vrstvy	$1 : x_V$		1 : 2,00
Svahový úhel	bloku	α_B	°	20,7
	vrstvy	α_V	°	26,6
Délka vrhové paraboly	v I.vrstvě	L_{PI}	m	12,9
	ve II.vrstvě	L_{PII}	m	9,0
Poloměr odhozu	pro I.vrstvu	R_{ZI}	m	93,4
	pro II.vrstvu	R_{ZII}	m	89,5
Rozsah otáčení	pro I.vrstvu	φ_I	°	69
	pro II.vrstvu	φ_{II}	°	42
Optimální délka kráčení mezi hřebeny		k_{opt}	m	4,8
Optimální hloubka bloku		G_{opt}	m	33,6
Počet hřebenů v jedné vrstvě		n_h		7
Kubatura	I. vrstvy	V_I	m^3	23 640
	II.vrstvy	V_{II}	m^3	20 685
	bloku	V	m^3	44 325
Čas sypání bloku	čistý	T_S	min	854
	celkový	T_C	min	1 120
Délka kráčení	naprázdno	L_N	m	121
	celkem	L_C	m	149,8
Jednotkový rozsah kráčení naprázdno		k_j	$m \cdot m^{-3}$	$2,73 \cdot 10^{-3}$
Jednotkový čas kráčení naprázdno		t_{KN}	$min \cdot m^{-3}$	$2,19 \cdot 10^{-3}$
Jednotkový čas sypání	technický	t_{ST}	$min \cdot m^{-3}$	$19,27 \cdot 10^{-3}$
	porubový	t_{SP}	$min \cdot m^{-3}$	$25,27 \cdot 10^{-3}$

3.0 Vyhodnocení báňsko - technologického měření na zakladači ZP 6 600/6 (Z 80)

3.1 Báňsko - technologická situace

Zakladač ZP 6 600/6 (Z 80) v době měření (13. 3. 1985) postupoval v úpadním bloku podél pásového dopravníku (PD) č. 202 směrem k poháněcí stanici na konci výsypkové etáže, od které byl vzdálen cca 80 m. Před zahájením měření byl plynule sypan úpadní blok o šířce cca 70 m technologií na plnou mocnost. Podložka, na kterou byla výsypka zakládána, je odvodňována drenáží a místy jsou na ní vytvořeny hromady z demoličního materiálu (obr. 3).

V tělese výsypky, nasypané na plnou mocnost, docházelo k pohybům, které jednak vedly k vytvoření trhlin na pracovní plošině za zakladačem (obr. 4) a jednak způsobovaly vytlačování podložky před těleso výsypky (obr. 3). Pracovní plošina zakladače byla suchá, odvodněná a zakladač se při kráčení nebořil a nedocházelo k prokluzu ližin.

3.2 Vyhodnocení parametrů sypaného bloku a výpočet založeného objemu

Po celou dobu technologického měření byly průběžně zaměřovány parametry sypaného bloku. Zaměřené a vyhodnocené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 3.

Na základě těchto změřených hodnot byla vypočtena kubatura založeného bloku. Pro výpočet bylo zvoleno několik vztahů. Nejprve byla kubatura bloku stanovena orientačně:

$$V_{B0} = G \cdot H_B \cdot \check{S}_B = 30 \cdot 20 \cdot 60 = 36\,000 \text{ m}^3,$$

kde V_{B0} je orientační objem bloku $/\text{m}^3/$,

G hloubka bloku $/\text{m}/$,

H_B výška bloku $/\text{m}/$,

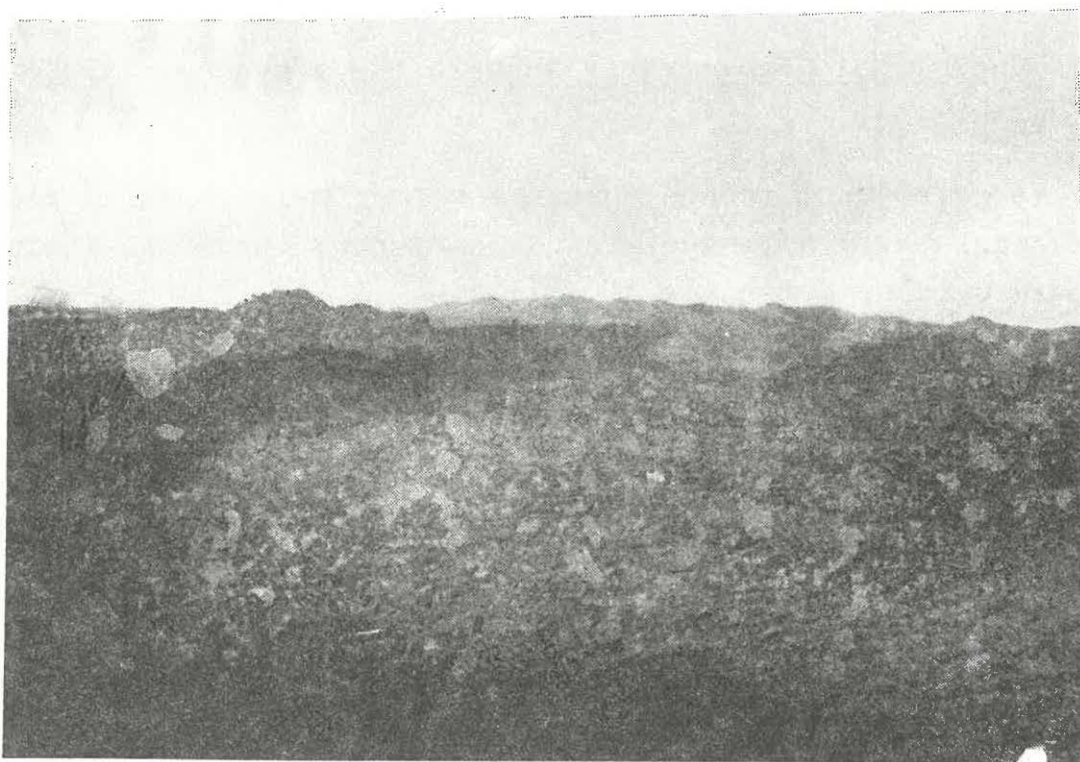
$\check{S}_B$ šířka bloku $/\text{m}/$.

Obr. 3



Vytlačování podložky před tělesem výsyvky

Obr. 4



Trhlina za zakladačem

Tabulka 3

Zaměřené a vypočtené parametry skutečného bloku

Parametr	Jednotky	Hodnota
Průměrná výška	m	bloku 20
		I. vrstvy 20
		II. vrstvy 10
Průměrný sklon		bloku 1 : 1,75
		I. vrstvy 1 : 1,20
		II. vrstvy 1 : 1,10
Průměrný svahový úhel	o	bloku 29,8
		I. vrstvy 39,8
		II. vrstvy 42,3
Rozsah otoče	o	v I. vrstvě 69
		ve II. vrstvě 40
Průměrná hloubka bloku	m	30 1)
Průměrná šířka bloku	m	60

Poznámka: 1) Snížení hloubky bloku je způsobeno provozní nutností zvýšit bezpečné předpolí před zakladačem na hodnotu $B = 15 \text{ m}$ z důvodu porušení výsypkové etáže trhlinou (kap. 3.1., obr. 4).

Přesněji lze objem založeného bloku vypočítat ze vztahu:

$$V_B = k_{opr} \cdot \left(\frac{2}{3} P_I \cdot R_{ZI} \cdot \arccos \frac{P_I}{R_{ZI}} + P_{II} \cdot R_{ZII} \cdot \arccos \frac{P_{II}}{R_{ZII}} \right),$$

kde V_B je vypočtený objem bloku $/\text{m}^3/$,

k_{opr} opravný součinitel, zohledňující nepravidelnosti bloku vzniklé při sypání hřebenů ($k_{opr} = 0,85 \div 0,95$),

$P_{I,II}$ plocha profilu I. (II.) vrstvy v ose postupu $/\text{m}^2/$,

$R_{ZI,II}$ je poloměr odhozu v I. (II.) vrstvě /m/,
 $\gamma_{I,II}$ rozsah otáčení základacího výložníku v I. (II.)
vrstvě.

Po dosazení do této rovnice je objem bloku roven $V_B = 37\,116\text{ m}^3\text{ s.z.}$

Vypočtený objem nasypaného bloku byl zkontrolován na základě vyhodnocení těžby technologického celku. Za dobu sypání rýpadlo KU 800/6 (K 72) dle údajů pásové váhy odtěžilo cca $27\,600\text{ m}^3\text{ r.z.}$ Pro zeminy těžené 3. TC 2 na lomu Merkur byl v /1/ stanoven koeficient nakypření $k_n = 1,35$. Z toho tedy založená kubatura činí:

$$V'_B = V_R \cdot k_n = 27\,600 \cdot 1,35 = 37\,260\text{ m}^3\text{ s.z.}$$

Vzhledem k tomu, že obě metody zjišťování kubatury bloku mohou vykazovat drobné nepřesnosti, použijeme pro další výpočty průměrné hodnoty:

$$V_B = \frac{V_B + V'_B}{2} = \frac{37\,116 + 37\,260}{2} = 37\,188\text{ m}^3\text{ s.z.}$$

3.3 Vyhodnocení rozsahu kráčení

V průběhu měření byly u zakladače ZP 6 600/6 změřeny 4 časové snímky kráčení. Na základě těchto měření byly vypočteny:

- průměrná rychlost kráčení $1,01\text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ ($60,6\text{ m.h}^{-1}$),
- průměrná délka kroku $0,80\text{ m}$.

Ze změřených hodnot a z hodnot vypočtených byl stanoven skutečný rozsah kráčení zakladače v bloku a jednotkový čas kráčení. Všechny hodnoty jsou uvedeny v tabulce 4.

Z provedeného rozboru kráčení vyplývá, že skutečný jednotkový rozsah kráčení se neliší od teoreticky stanovené hodnoty. Jednotkový čas kráčení je vyšší o 24 %, protože dosahovaná rychlost kráčení $v_k = 60,6\text{ m} \cdot \text{h}^{-1}$ činí pouze cca 80 % výrobcem udávané rychlosti. Uvedené zvýšení jednotkového času kráčení je plně v relaci s nižší rychlostí kráčení. Skutečná délka kroku odpovídá hodnotě udávané výrobcem a činí 0,8 m.

Tabulka 4

Skutečný rozsah kráčení

	Délka kráčení /m/	Čas kráčení /h/	Poznámka
Kráčení v I. vrstvě	24	23,8	při sypání
Kráčení mezi vrstvami	0	0	naprázdno
Kráčení ve II. vrstvě	24	23,8	naprázdno
Kráčení do nového bloku	78	77,2	naprázdno
Celkem kráčení naprázdno	102	101,0	
Celkem kráčení	126	124,8	
Jednotkový rozsah kráčení naprázdno /m . m ⁻³ /			2,74 . 10 ⁻³
Jednotkový čas kráčení naprázdno /min.m ⁻³ /			2,72 . 10 ⁻³

3.4 Vyhodnocení technologie zakládání

V průběhu zakládání bloku byly měřeny jednotlivé časy technologických manipulací, prostojů a čistého času sypání. Tyto časy byly měřeny jednak ručně stopkami (dvě na sobě nezávislá měření) a jednak značkovačem (záznam doby jednotlivých provozních stavů zakladače na registrační pásku). Pro kráčení mezi jednotlivými hřebeny byly využívány vynucené prostoje. Vyhodnocení jednotkových časů sypání a technické a porubové výkonnosti TC, ve kterém byl zakladač ZP 6 600/6 zařazen, je uspořádáno do tabulky 5.

Tabulka 5

Vyhodnocení jednotkových časů sypání a výkonností TC

	Čas sypání ($\frac{\text{čistý}}{\text{celkový}}$) /min/				Celkem /min/	Objem /m ³ /
	1.hřeben	2.hřeben	3.hřeben	4.hřeben		
I. vrstva	203	87	59	55	404	20 246
	203	95,5	84,8	83,7	467	
II. vrstva	158	84	55	37	334	16 870
	178	103,9	68,3	48,8	399	
Blok celkem					738	37 116
					866	
Jednotkový čas sypání	technický /min . m ⁻³ /					19,88.10 ³
	porubový /min . m ⁻³ /					23,33.10 ³
Výkonnost TC	technická /m ³ s.z. . h ⁻¹ /					3 018
	porubová /m ³ s.z. . h ⁻¹ /					2 572

Porovnáme-li jednotkové časy, vypočtené z naměřených hodnot s teoreticky vypočtenými hodnotami jednotkových časů, vidíme, že technický jednotkový čas je o cca 0,002 min.m⁻³ lepší než teoretická hodnota. Tato skutečnost svědčí o tom, že celá osádka TC dodržovala technologickou kázeň a sypání úpadního bloku po vrstvách věnovala patřičnou pozornost.

Dne 14. 3. 1985 byl v ranní směně nasypán 2. blok technologií po vrstvách.

3.5. Stabilita bloku nasypaného po vrstvách

Stabilita úpadního bloku nasypaného po vrstvách byla průběžně sledována v období od nasypání dne 13. 3. 1985 do jeho přesypání následujícím záběrem 22. 3. 1985.

Jak je patrné z obr. 5, v průběhu sypání bloku se v něm

nevytvářely skluzu. Okamžitě po nasypání bloku se neprojeví žádné skluzové pohyby, a to ani při likvidaci hřebenů na pracovní plošině zakladače buldozerem Cat D 9 L. Dále byla hodnocena stabilita svahu do 24 hod. po nasypání. Opět lze konstatovat, že nedošlo k žádným skluzovým pohybům jak u bloku nasypaného 13. 3. tak i u druhého bloku, nasypaného technologií zakládání po vrstvách dne 14. 3. 1985. Dále bylo konstatováno, že na pracovní plošině zakladače se zastavil postup trhliny, která se přestala šířit podél čerstvě nasypaného bloku. Stejně tak se pod patou výsypky přestalo vytlačovat podloží. Stav před patou 1. bloku, sypaného technologií zakládání po vrstvách, více než 24. hod. po nasypání je dokumentován obr. 6. Z obr. je patrné místo, kde skončilo vytlačování podložky.

Desátý resp. devátý den po nasypání bloků po vrstvách byly bloky přesypány při zpětném postupu zakladače v dalším záběru blokem sypaným na plnou mocnost. Po celou dobu vykazovaly bloky sypané po vrstvách předpokládanou stabilitu. Nevytvářely se v nich skluzu, nevytlačovalo se podloží, nedocházelo k vytváření trhlin. Lze tedy konstatovat, že stabilita bloků sypaných po vrstvách byla lepší než stabilita bloků při zakládání na plnou mocnost.

3.6 Porovnání technologie zakládání po vrstvách s technologií zakládání na plnou mocnost

Pro porovnání technologie zakládání úpadního bloku po vrstvách s technologií zakládání na plnou mocnost jsou použity:

- pro technologii zakládání po vrstvách hodnoty změřené a dopočítané;
- pro technologii zakládání na plnou mocnost hodnoty z realizačního výstupu R 10 - 125 - 301/10 - 011, přepočtené na skutečnou rychlost kráčení a skutečné výkonnosti. Porovnání je uspořádáno do tabulky 6:

Obr. 5



Celkový pohled na sypání I. vrstvy

Obr. 6



Stav bloku nasypaného po vrstvách 24 hodin
po nasypání

Tabulka 6

Vzájemné porovnání technologií zakládání po vrstvách
a na plnou mocnost

P a r a m e t r	Technologie zakládání			Nárůst 2) manipulací %	
	Po vrstvách		Na plnou mocnost	Po vrstvách	
	I.	II.		I.	II.
Hloubka bloku /m/	30	30	59,02	-	-
Objem bloku /m ³ /	37 188	37 188	71 040	-	-
Kráčení při sypání /m/	24	48	54,5	-	-
Kráčení naprázdno /m/	102	78	114,0	-	-
Čas kráčení při sy- pání /min/	23,8	47,6	54,0	-	-
Čas kráčení na- prázdko /min/	101,0	77,2	112,9	-	-
Jednotkový rozsah kráčení při sypání /m.m ⁻³ /	0,65.10 ⁻³	1,29.10 ⁻³	0,77.10 ⁻³	-15,6	+67,5
Jednotkový rozsah kráčení naprázdno /m.m ⁻³ /	2,74.10 ⁻³	2,10.10 ⁻³	1,60.10 ⁻³	+71,3	+31,3
Jednotkový rozsah kráčení celkem /m.m ⁻³ /	3,39.10 ⁻³	3,39.10 ⁻³	2,37.10 ⁻³	+43,0	+43,0
Jednotkový čas krá- čení při sypání /min.m ⁻³ /	0,64.10 ⁻³	1,28.10 ⁻³	0,76.10 ⁻³	-15,8	+68,4
Jednotkový čas krá- čení naprázdno /min.m ⁻³ /	2,72.10 ⁻³	2,08.10 ⁻³	1,59.10 ⁻³	+71,1	+30,8
Jednotkový čas krá- čení celkem /min.m ⁻³ /	3,36.10 ⁻³	3,36.10 ⁻³	2,35.10 ⁻³	+43,0	+43,0

Poznámka:

- 1) Technologie zakládání po vrstvách II. je teoretickou variantou a vychází z předpokladu, že ZP 6 600 může kráčet bez ohledu na postavení zakládacího výložníku.
- 2) Nárůst manipulací porovnává manipulace technologie zakládání po vrstvách vůči zakládání na plnou mocnost (- : menší; + : větší).

Z rozboru v tabulce 6 vyplývá, že podíl jednotlivých manipulací kráčení vzroste u technologie zakládání po vrstvách celkem o cca 43 % oproti zakládání na plnou mocnost, a to bez ohledu na to, zda směr kráčení zakladače je nebo není ovlivňován natočením zakládacího výložníku. Jedním řešením eliminace nárůstu manipulací je taková změna parametrů zakládaného bloku, aby jednotkový rozsah kráčení naprázdno resp. jednotkový čas kráčení naprázdno při zakládání po vrstvách dosáhl hodnoty stejné jako při zakládání na plnou mocnost.

Upravíme-li rovnici pro výpočet délky kráčení, lze z jednotkového rozsahu kráčení naprázdno stanovit hloubku bloku:

$$G = \frac{2 \cdot k_{opt}}{\sqrt{k_j \cdot \check{S}_B \cdot H_B^{-3}}} \quad /m/$$

resp. šířka bloku:

$$\check{S}_B = \frac{2 \cdot k_{opt} + 3 \cdot G}{k_j \cdot G \cdot H_B} \quad /m/$$

Po dosazení hodnot z tabulek 1 a 2 do rovnic vychází hloubka bloku $G = 8,9$ m, což neumožňuje realizovat sypání před patu svahu, a tak dodržet podmínky stability výsypkové etáže. Šířka bloku vychází rovna $\check{S}_B = 104$ m, což přesahuje dosahové možnosti zakladače.

Jiným řešením eliminace ztrát, vzniklých nárůstem manipulací při zakládání po vrstvách, je zvětšení dosahových parametrů zakladače příslušné výkonové řady tak, aby zvětšení jeho parametrů a tím i zvětšení parametrů bloku pokrývalo vzniklé ztráty.

4.0 Závěr

Z vyhodnocení měření, uskutečněného dne 13. 3. 1985 na III. výsypkové etáži lomu Merkur při zakládání úpadního bloku technologií po vrstvách, vyplývá, že:

a) zakládání úpadního bloku technologií po vrstvách zaklada-

čem ZP 6 600 lze v podmínkách III. výsypkové etáže lomu Merkur považovat za realizovatelné při dodržení technologické kázně a při určité ztrátě těžebního výkonu;

- b) snížení neproduktivních operací při sypání bloku oproti teoretickým předpokladům bylo způsobeno:
- vhodnou geometrií výchozího svahu (na zakládání po vrstvách se přecházelo ze strmějšího svahu sypaného na plnou mocnost),
 - příznivým vznikem a průběhem vyvolaných prostojů zakladače, které byly využívány pro kráčení naprázdno,
 - nižší četností a velikostí technologických prostojů 3. TC 2, o čemž svědčí vyšší koeficient porubové výkonnosti (průměrný dle /1/ je $k_0 = 0,762$, dosažený v průběhu měření je $k'_0 = 0,852$);
- c) předpokládaná krátkodobá stabilita svahu, založeného po vrstvách, byla u měřeného bloku v daných podmínkách prokázána, neboť blok stál neporušený cca 9 - 10 dnů; dlouhodobou stabilitu vzhledem k provozní situaci nebylo možno ověřit, neboť po cca 9 dnech byl měřený blok přesypán na plnou mocnost při dalším záběru zakladače;
- d) pro porovnání a přesné ověření velikosti a četnosti neproduktivních operací při sypání technologií po vrstvách je nutné touto technologií založit na úpadní etáži jeden celý záběr, nejméně však část záběru podél jedné sekce zakládacího dopravníku, a v průběhu zakládání zajistit kromě přesného technologického měření i důslednou kontrolu technologické kázně, průběžné geodetické a geomechanické zaměřování výsypkového tělesa a přesné časoměření;
- e) optimalizaci technologie zakládání po vrstvách zakladačem ZP 6 600 pro celou etáž je nutno zpracovat vždy s ohledem na konkrétní báňsko-technologické podmínky a při jejím zpracování přihlížet i k možnostem využití pomocné mechanizace (výkonných buldozerů apod.).