

## UNTERSUCHUNG DER HÖHE DER TAGEBAU STROSSEN MIT SCHAUFELRADBAGGER-BANDWAGEN-KOMPLEXEN UND IHR FÖRDERVOLUMEN IN ABHÄNGIGKEIT VON DER TAGEBAUTEUFE

Stanislav ŽIVKOVIĆ<sup>1)</sup>, Dragan KOMLJENOVIC<sup>2)</sup>, Jerko NUIĆ<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Fakultät für Bergbaukunde, Geologie und Erdölkunde Universität Zagreb, Pierottijeva 6, HR-10000 Zagreb, Kroatien,

<sup>2)</sup>Drummonville, Quebec, Canada

**Schlüsselwörter:** Tagebau, Strossenhöhe, Förderleistung

Es wurde eine funktionale Abhängigkeit der Strossenhöhe und des Fördervolumens eines Schaufelradbagger-Bandwagen-Komplexes von der Tagebauteufe untersucht. Die Zusammenhänge zwischen Abbaufortschritt, Fördervolumen, Strossenhöhe und Tagebauteufe wurden ebenfalls festgestellt.

**Ključne riječi:** Površinski kop, Visina etaže, Kapacitet

Istraživana je ovisnost promjene visine etaže i kapaciteta kompleksa strojeva u funkciji dubine površinskog kopa. Ova ovisnost razmatrana je za BTs (rotorni bager – samohodni transporter) komplekse. Date su funkcionalne ovisnosti brzine napredovanja etaža, kapaciteta, visine etaže i dimenzija površinskog kopa.

### Einführung

Bei der Planung von Tagebauen strebt man nach einer Vergrößerung der Gesamtstrossenhöhe, damit die Anzahl der Strossen im Tagebau geringer werden soll. Die Strossenhöhen stehen im funktionalen Zusammenhang mit der Abbaugeschwindigkeit und der Förderleistung des Tagebaus. Dieses wird z. B. beim Einsatz von Kompakt-Schaufelradbaggern in einem Tagebau durch eine Unterteilung in Zwischenstrossen, von denen mittels Bandwagen auf die Strossenförderer aufgegeben werden kann, erreicht. Die Festlegung der Höhe der Strossen, auf denen die Schaufelradbagger-Komplexe mit Bandwagen arbeiten (die Strossen bestehen aus einer oder mehreren Zwischenstrossen), ist wichtig für die Definition von Parametern des Gewinnungssystems in einem Tagebau. Im Aufsatz werden die gegenseitige Beeinflussung dieser Parameter analysiert und ihre funktionalen Abhängigkeiten für Schaufelradbagger-Bandwagen-Komplexe dargestellt.

### Festlegung der Strossenhöhe

Die Bedingung für den Abbaufortschritt einzelner Strossen in einem Tagebau wird wie folgt (Popović, 1984, Durst und Vogt, 1986) definiert (Bild 1):

$$v_{s(1)} \geq v_{s(2)} \geq \dots \geq v_{s(k)} \geq v_{s(n)} \quad (1)$$

$v_{s(n)}$  (m/Jahr) – Verhiebsgeschwindigkeit der Strossen 1 bis n.

n – Gesamtzahl der Strossen im Tagebau.

Die Verhiebsgeschwindigkeit auf der k-Strosse kann durch folgenden Ausdruck bestimmt werden:

$$v_{s(k)} = \frac{Q_{ef(sk)}}{H_{s(k)} \cdot L_{sm(k)}}, \text{ m/h} \quad (2)$$

$Q_{ef(sk)}$  (m<sup>3</sup>/h) – Effektives Fordervolumen des Schaufelradbagger – Komplexes auf der k-Strosse

$H_{s(k)}$  (m) – Höhe der k-Strosse

$L_{sm(k)}$  (m) – Länge der k-Strosse

Die Strossenlänge verkleinert sich mit der Tagebauteufe (Bild 2). Bei der Analyse des Bildes 2 kann man folgende Abhängigkeiten ableiten:

– Die Länge der tiefsten Arbeitsebene auf der k-Strosse ( $L_{s(k)}$ ) beträgt (Živković, 1992):

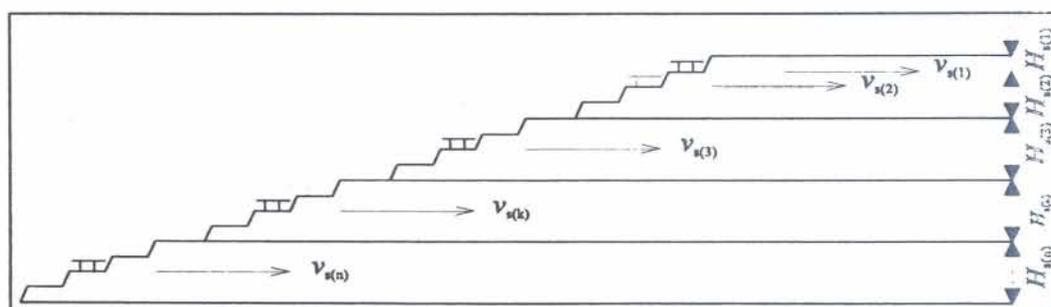


Bild 1. Verhiebsgeschwindigkeit  
Slika 1. Brzina napredovanja fronte

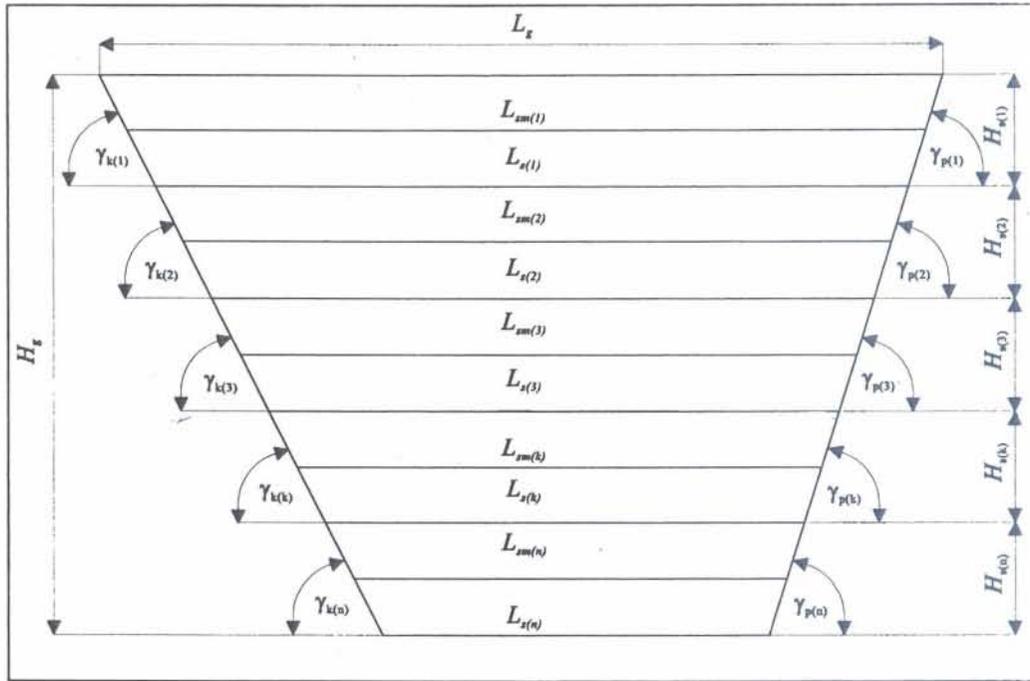


Bild 2.: Änderung der Strossenlänge in Abhängigkeit von der Tagebauteufe  
 Slika 2.: Promjena dužine etaže u ovisnosti od dubine površinskog kopa

Tabelle 1.: Änderung der Strossenhöhe im Tagebau als Funktion  
 seiner Teufe ( Anzahl der Stossen ) und des Endböschungswinkels

Tablica 1.: Promjena visine etaže u površinskom koku u funkciji njegove dubine i kuta završne kosine

Höhe der ersten Strosse Visina prve etaže $H_{s(i)}$ , m	Winkel der Endböschung Kut završne kosine	Nummer und Höhe (m) der Stossen Redni broj i visina (m) etaže		
		2	3	4
15	$\gamma_{kr} = \gamma_p = 22$	16,0	17,0	18,5
	$\gamma_{kr} = \gamma_p = 25$	15,5	16,5	17,5
23	$\gamma_{kr} = \gamma_p = 22$	25,5	28,0	32,0
	$\gamma_{kr} = \gamma_p = 25$	24,5	27,0	30,0
28	$\gamma_{kr} = \gamma_p = 22$	31,5	36,0	43,5
	$\gamma_{kr} = \gamma_p = 25$	30,5	34,5	39,5

Tabelle 2.: Änderung des erzielbaren durchschnittlichen Fördervolumens der Strossen-Schaufelradbagger-Komplexe als Funktion der Höhe und der Nummer der Strosse

Tablica 2.: Promjena kapaciteta BTs kompleksa na etaži u funkciji visine i rednog broja etaže

Strosse Etaža		Höhe der Strosse $H_s(m)$ Visina etaže $H_{s(m)}$					
		$H_s = 15$ m		$H_s = 23$ m		$H_s = 28$ m	
		$\gamma_{kr} = \gamma_p = 22^{\circ}$	$\gamma_{kr} = \gamma_p = 25^{\circ}$	$\gamma_{kr} = \gamma_p = 22^{\circ}$	$\gamma_{kr} = \gamma_p = 25^{\circ}$	$\gamma_{kr} = \gamma_p = 22^{\circ}$	$\gamma_{kr} = \gamma_p = 25^{\circ}$
1.	Effektives Fördervolumen des Komplexes auf der Strosse k $Q_{off(ek)}$ ( $m^3/h$ )  Kapacitet kompleksa na etaži $Q_{off(ek)}$ ( $m^3/h$ )	2000	2000	2000	2000	2000	2000
2.		1875	1891	1806	1933	1764	1796
3.		1775	1804	1652	1700	1574	1632
4.		1675	1718	1497	1565	1385	1496
5.		1574	1631	1342	1430	1196	1305
6.		1473	1544	1188	1298	1006	1142
7.		1373	1458	1033	1164	817	979
8.		1273	1371	878	1030	628	815
9.		1173	1284	723	896	439	652
10.		1072	1197	568	763	250	489

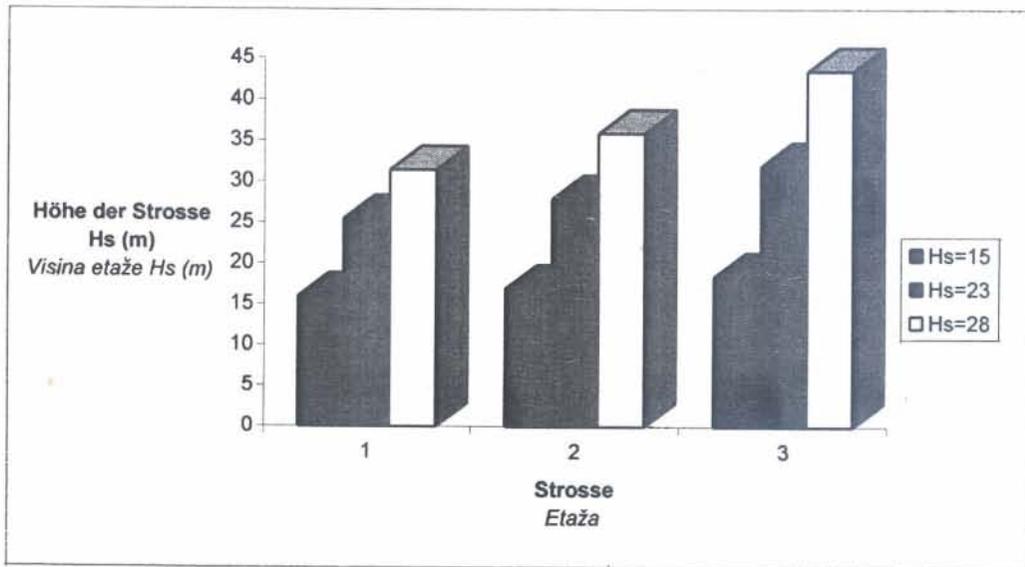


Bild 3.: Änderung der Strossenhöhe im Tagebau in Abhängigkeit von der Tagebauteufe und der Höhe der ersten Strosse

Slika 3.: Promjena visine etaže u površinskom kopu u ovisnosti od dobine površinskog kopa i visine prve etaže

$$L_{s(k)} = L_g - \sum_{i=1}^k H_{s(i)} \cdot (\cot \gamma_{kr(i)} + \cot \gamma_{p(i)}), \quad (3)$$

darin ist:

- $L_g$  (m) – Länge der obersten Strosse (Bild 2)
- $\gamma_{kr(i)}$  (°) – Winkel der Hangend-Endböschung auf der i-Strosse
- $\gamma_{p(i)}$  (°) – Winkel der Liegend-Endböschung auf der i-Strosse.
- Die mittlere Länge der k-Strosse ( $L_{sm(k)}$ ) ist:

$$L_{sm(k)} = L_{s(k-1)} - 0,5 \cdot H_{s(k)} \cdot (\cot \gamma_{kr(k)} + \cot \gamma_{p(k)}), \quad (4)$$

oder

$$L_{sm(k)} = L_g \sum_{i=1}^{k-1} H_{s(i)} \cdot (\cot \gamma_{kr(i)} + \cot \gamma_{p(i)}) - 0,5 \cdot H_{s(k)} \cdot (\cot \gamma_{kr(k)} + \cot \gamma_{p(k)}) \quad (5)$$

Durch Einfügung des Ausdruckes (5) in die Formel (2) erhält man:

$$v_{s(k)} = \frac{Q_{ef(sk)}}{H_{s(k)} \cdot \left[ L_g - \sum_{i=1}^{k-1} H_{s(i)} \cdot (\cot \gamma_{kr(i)} + \cot \gamma_{p(i)}) - 0,5 \cdot H_{s(k)} \cdot (\cot \gamma_{kr(k)} + \cot \gamma_{p(k)}) \right]} \quad (6)$$

In der entwickelten Form geht der Ausdruck (6) über in:

$$A \cdot H_{s(k)}^2 - B \cdot H_{s(k)} + Q_{ef(sk)} = 0$$

$$A = 0,5 \cdot v_{s(k)} \cdot (\cot \gamma_{kr(k)} + \cot \gamma_{p(k)}) \quad (7)$$

worin

$$B = v_{s(k)} \cdot \left[ L_g - \sum_{i=1}^{k-1} H_{s(i)} \cdot (\cot \gamma_{kr(i)} + \cot \gamma_{p(i)}) \right] \quad \text{ist.}$$

Die Lösungen mit realen Werten für praktische Zwecke erhält man durch die Lösung der Quadratische Gleichung (7):

$$H_{s(k)} = \frac{B - \sqrt{B^2 - 4 \cdot A \cdot Q_{ef(sk)}}}{2 \cdot A} \quad (8)$$

Für ein Berechnungsbeispiel wird angenommen, daß die obere Breite des Tagebaus  $L_g = 1500$  m beträgt und das stündliche Fördervolumen auf allen Strossen...  $Q_{ef(sk)} = 1200$  m<sup>3</sup>/h sein soll. Der Winkel der Endböschung über alle Strossen hat eine Größe von  $\gamma_{kr} = \gamma_r = 22$  bzw.  $25^\circ$  (Popović et al. 1990., Komljenović 1991).

Die Berechnungsergebnisse sind in der Tabelle 1 wiedergegeben und im bild 3 graphisch dargestellt. Die Analyse der erhaltenen Ergebnisse zeigt, daß die erforderliche Strossenhöhe mit der Tagebauteufe wächst, d. h. die erforderliche Strossenhöhe ist umgekehrt proportional dem Winkel der Endböschung des Tagebaus.

Wenn die Strossenunterteilung des Tagebaus mit gleicher Höhe erfolgt, erhält man durch eine Transformation des Asdruckes (6) die Beziehung der Änderung (Reduzierung) des effektiven, geometrisch erzielbaren durchschnittlichen Fördervolumens  $Q_{ef(sk)}$  mit der Vergrößerung der Tagebauteufe jeder Strosse. Diese Abhängigkeit hat die Form:

$$Q_{ef(sk)} = v_{s(k)} \cdot H_{s(k)} \cdot \left[ L_g - \sum_{i=1}^{k-1} H_{s(i)} \cdot (\cot \gamma_{kr(i)} + \cot \gamma_{p(i)}) - 0,5 \cdot H_{s(k)} \cdot (\cot \gamma_{kr(k)} + \cot \gamma_{p(k)}) \right], \quad (9)$$

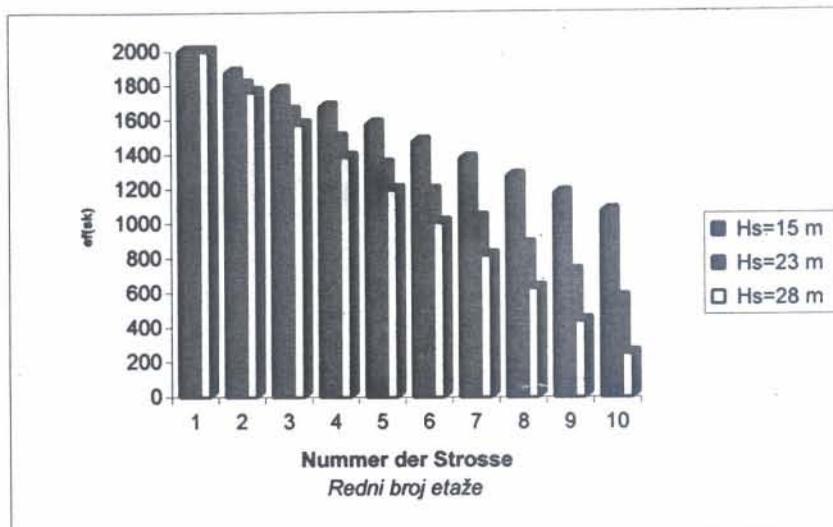
Da die Strossenhöhe gleich sein sollen, kann man den Ausdruck (9) auch schreiben:

$$Q_{ef(sk)} = v_{s(k)} \cdot H_s \cdot \left[ L_g - (k-0,5) \cdot H_s \cdot (\cot \gamma_{kr} + \cot \gamma_p) \right] \quad (10)$$

wobei

$$v_{s(k)} \leq v_{s(k-1)} \quad \text{ist.}$$

Die Änderung des geometrisch möglichen durchschnittlichen effektiven Fördervolumens in der Funktion der Teufenvergrößerung des Tagebaus und der Strossenhöhe ist in der Tabelle 2 dargestellt und im bild 4 graphisch illustriert.



**Bild 4.: Verminderung des Fördervolumens des Schaufelradbagger-Komplexes mit der Änderung der Tagebauteufe bei einer gleichen Strossenhöhe**

**Slika 4.: Smanjenje kapaciteta BTs kompleksa u ovisnosti od dubine površinskog kopa, kod njegove podjele na etaže jednake visine**

#### Schlussfolgerung

Die Untersuchungen haben das Modell der wechselseitigen Abhängigkeiten von der Strossenhöhe, des Fördervolumens des Schaufelradbagger-Komplexes, der Tagebauabmessungen und der Abbaugeschwindigkeit ergeben. Die erhaltenen Abhängigkeiten kann man beim Projektieren von Tagebauen und bei der Wahl von Tagebaugroßgeräte-Komplexen nutzen. Auf Grund der erhaltenen Abhängigkeiten ist es möglich, eine Optimierung der Tagebaustrosseneinteilung nach der Höhe sowie der Tagebauleistung durchzuführen.

Die Optimierung kann man so durchführen, daß man für eine schon festgelegte Tagebaukontur (Grenzentiefe) mehrere Varianten von Tagebaueinteilungen nach der Strossenhöhe mittels der erwähnten Methode analysiert. Damit wird die Zahl von Schaufelradbagger-Bandwagen-Komplexen gleicher oder unterschiedlicher Größe festgelegt.

Wenn man deren Fördervolumen im einzelnen und dann insgesamt berechnet, kann man eine optimale Anzahl der Schaufelradbagger-Komplexe abhängig von der erforderlichen Tagebauleistung bestimmen. Dabei

wird für jeden Schaufelradbagger-Komplex (Tagebaugroßgeräte-Komplex) auch die zugehörige Strossenhöhe festgelegt.

Received: 1998-11-25

Accepted: 1999-09-14

#### LITERATUR

- Durst, W. & Vogt, W. (1986): Schaufelradbagger. Trans Tech Publications, Clausthal-Zellerfeld.
- Komljenović, D. (1991): Die Wahl von Grundparametern des Systems von hydraulischen Schaufelradbagger-Bandwagen-Komplexen unter schweren Bergbau-Geologischen Bedingungen (am Beispiel des Tagebaues »Dubrava«); Magistararbeit, Fakultät für Bergbau und Geologie, Universität Belgrad, Beograd.
- Popović, N. (1984): Wissenschaftliche Grundlagen der Tagebau-Projektierung; Zajednica – Oslobođenje, Sarajevo.
- Popović, N., Živković, S. und Komljenović, (1990): Der erste jugoslawische Kompakt-Schaukelradbagger KSD 750/16. I.4. Erstes Jugoslawisch-Tschechoslowakisches Symposium über Übertagegewinnung von Mineralstoffen, Tuzla.
- Živković, S. (1992): Untersuchung von Grundparametern von Kompakt-Schaukelradbaggerkomplexen und der Technologie ihrer Arbeit unter komplexen Bergbau-Geologischen Bedingungen; Dissertation, Fakultät für Bergbau und Geologie, Universität Tuzla, Tuzla.

### Istraživanje visine etaža sa BTs kompleksima i njihovog kapaciteta u ovisnosti od dubine površinskog kopa

S. Živković, D. Komljenović, J. Nuić

Istraživana je ovisnost promjene visine etaže i kapaciteta kompleksa strojeva u funkciji dubine površinskog kopa. Ova ovisnost razmatrana je za BTs (rotorni bagera – samohodni transporter) komplekse. Date su funkcionalne ovisnosti brzine napredovanja etaža, kapaciteta, visine etaže i dimenzija površinskog kopa. Visina etaže u funkcionalnoj je vezi s brzinom napredovanja fronta rudarskih radova, kapacitetom i dimenzijama strojeva, te dimenzijama i kapacitetom površinskog kopa.

Kod primjene kompaktnih rotornih bagera na površinskim kopovima ovo se postiže podjelom etaže na međuetaze. Određivanje visine etaža na kojima rade BTs kompleksi (tj. etaža koja se sastoji iz jedne ili više međuetaza) ima važnu ulogu u određivanju parametara sustava eksploatacije u površinskom kopu. U radu je analiziran međusobni utjecaj navedenih parametara i date njihove funkcionalne ovisnosti za BTs komplekse.