



ECOLOGICAL ADVANTAGES OF THE APPLICATION OF HORIZONTAL CURVES BELT CONVEYORS IN COAL CONVEYANCE

EKOLOGICKÉ VÝHODY APLIKÁCIE HORIZONTÁLNYCH ZÁVITOKOVÝCH DOPRAVNÍKOV PRI DOPRAVA UHLIA

Miloš Grujić¹, Miroslav Ivković², Zoran Despodov³

¹ University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology, Đušina 7, 11000 Belgrade, Serbia,
Tel./Fax: +381 11 3241 121, e-mail: mgrujic@rgf.bg.ac.yu

² Open-pit Mines, 12000 Kostolac, Serbia ⁴SAG, Industries LTD, Manufacturers of Steel-
Rubber Ropes, Szopienicka Str 58A, 40-432 Katowice, Poland, tel. (48) 32 255 73 70, (48)
32 255 73 72, e-mail: rope@sag-ket.pl,

³ Faculty of Mining and Geology, Štip, Macedonia

Abstrakt: Článok spracováva aplikáciu pásových dopravníkov s horizontálnou závitovkou za účelom obmedzenia veľkého množstva dopravných jednotiek a prekladacích miest pri doprave vyťaženej rudy z povrchových baní k spotrebiteľom alebo na skládky. Redukcia počtu prekladacích miest minimalizuje ohrozenie životného prostredia v dôsledku zvýšenej prašnosti a zvyšuje spoľahlivosť systému.

Kľúčové slová: dopravný pás, horizontálna závitovka, uhlie

Abstract: This Paper elaborates the application of belt conveyors placed with horizontal curves, in order to avoid a great number of conveyance units and reloading points in conveyance of mined out ore from the open-pit mine to customers or a dump. Reducing the number of reloading points minimizes the endangerment extent of the environment from the increased dustiness and raises the system reliability.

Key words: belt conveyors, horizontal curves, coal

Úvod

Pri povrchovom získavaní nerastných surovín, obzvlášť pri hlbinných baniach sa vyskytuje viac a viac zmiešaných dopravných systémov.

Vzdialenosti jednotlivých zákazníkov, skládok od povrchových baní sú od niekoľko stoviek až po tisícky metrov.

Introduction

In surface exploitation of mineral raw materials, especially in mining the deep deposits, there are more and more mixed conveyance systems.

The distance of such consumers and dumps from the exploited open-pit mine amounts from a few hundred to thousands of meters.

Dopravné trasy prechádzajú cez prírodné prostredia, niekedy konkrétne chránené, križujú a dotýkajú sa sídel a pod. Je značný dopad dopravného systému uhlia na životné prostredie.

Cieľom článku je analyzovať vplyv dopravného systému viacnásobnými dopravníkmi, špeciálne negatívny dopad prekladacích miest. Taktiež sú v článku zdôraznené výhody dopravného systému pomocou jednotného dopravníka, ktorý predstavuje dopravný systém bez prekladacích miest.

1 Environmentálne vplyv dopravného systému s viacnásobnými dopravníkmi

Doprava uhlia a hlušiny k vzdialenejším spotrebiteľom alebo na skládky má za následok nasledujúce škodlivé efekty: degradáciu pôdy, hluk a vibrácie, zvýšenie prašnosti, únik palív a mazív, únik prepravovaného materiálu, znečistenie výfukovými plynmi. Dopad každého dopravného systému je rôzny, a preto je potrebné oddelené hodnotenie.

Pásový dopravný systém neprodukuje škodlivé výfukové plyny, prenikanie mazadiel je zanedbateľné, ako aj hluk a stupeň vibrácie. V prípade nesprávne inštalovanej dopravnej trasy pásového dopravníka vážny problém predstavuje únik materiálu.

Zamedzenie kontaktu materiálu s atmosférou je dosiahnuté použitím potrubného a sendvičového dopravníka. Napriek tomu najlepšie výsledky na obmedzenie znečistenia sú dosiahnuté elimináciou alebo redukciami zdroja prašnosti.

Najkritickejšími miestami v prípade znečistenia atmosféry z kontinuálnych alebo zmiešaných dopravných systémov sú prekladacie miesta. Množstvo vytvoreného prachu je závislé na viacerých faktoroch, z ktorých najdôležitejšie sú: rýchlosť pásu, zrnitosť materiálu, klimatické podmienky, vlhkosť materiálu a pod. Na zabránenie znečistenia vzduchu sa používajú kolektory, a v dôsledku toho sa do

Haulage routes pass through the natural environment, sometimes specifically protected, cross or contact settlements etc. The environmental impact of ore conveyance system is considerable.

The objective of this Paper is to analyze the influence of multi-conveyors haulage systems, especially the negative impact of reloading points. Also the Paper is to point out to the advantages of the single-conveyor haulage system, that is, the conveyance system without reloading points.

1 Environmental Impact of Multi-Conveyor Haulage System

Coal and tailings conveyance to distant consumers and dumps causes mostly the following damaging effects: soil degradation, noise and vibrations, increase of dustiness, discharge of fuel and lubricants, load spillage, exhaust gases pollution etc. Especially the impact of each haulage system is different and has to be separately evaluated.

Belt conveyance systems do not create harmful exhaust gases, the leakage of lubricants is negligible, as well as the noise and vibrations degree. The spillage of the material along the route may represent a serious problem if the belt conveyor's track is improperly mounted. Almost full prevention of contact of the material with the atmosphere is attained in the use of tubular and sandwich conveyors. However, the best results are obtained by elimination, or reduction of the dustiness source.

The most critical points, in regard to the atmosphere pollution on continuous and mixed conveyance systems are reloading points. The dust quantity which is thereat created depends on several factors whereof the most important are: speed of the belt, granulation of the material, reload height, climate conditions, humidity of the material etc.

ovzdušia dostáva dovolená koncentrácia prachu. Dobré výsledky sa dosahujú aj použitím rôznych chemikálií, ktoré sú v rôznej forme rozpustnosti aplikované ako zmäčadlá na miestach prekladania.

Použitie veľkého množstva pásových dopravníkov v dopravnom systéme je výsledkom väčšej dĺžky, sklonu a frekventovanosti dopravníka, ako aj nepriaznivých terénnych podmienok. Dĺžka a sklon zapríčiňujú značnú podstatu napínacej sily pása a zvýšenie strojnej kapacity a zvyšovanie inštalovanej strojnej kapacity, ktorá je vždy meraná v MW.

Prítomnosť niekoľkých dopravníkov v systéme má negatívny vplyv na priepustnosť systému. Výpočtová priepustnosť dopravného systému závisí na minimálnej kapacite dopravníka v systéme Q_{\min} a výpočtového (efektívneho) odpracovaného času každého dopravníka k_{br} :

$$P_s^r = Q_{\min} \prod_{i=1}^n k_{br,i} \quad (1)$$

Ak k_{br} je vždy nižšie ako 1, je zrejmé, že zvýšenie dopravných jednotiek v systéme radikálne redukuje priepustnosť a spoľahlivosť systému.

Keď sa na kratšej priamej trase dopravného systému vyskytujú prírodné alebo umelé prekážky, je nevyhnutné inštalovanie niekoľkých dopravníkov a navyše v tomto systéme škodlivé environmentálne dopady majú nasledovné slabé stránky:

- potreby niektorých elektrární a výstavba infraštruktúry pre ich prevádzku (dodanie energie, výstavbe ubytovacích zariadení a pod.),
- zvýšená pracovná sila pre obsluhu a údržbu elektrární, čo sú zvýšené náklady pre automatizáciu systému,
- vplyv na kvalitu prepravovaného materiálu, najmä na drvenie uhlia na prekladacích miestach a pod.

The prevention of dust spreading may be realised by isolating the reloading points and by aspirating and discharging the dust. For air purification (treatment) which is discharged into the atmosphere from the reloading points we use dust collectors.

A large number of belt conveyors in a conveyance system arises as a result of great lengths, inclines, and most frequently, as a result of an unfavourable terrain configuration. Lengths and inclines cause considerable amount of tensioning force of the belt and the increase of the engine capacity and by increasing the installed engine capacity, which are already measured in MW.

The presence of several conveyors in the system has a negative influence on the throughput of the system. Computing throughput of the conveyance system depends on the minimum capacity of the conveyor in the system Q_{\min} and the computing (effective) of time usage of each conveyor k_{br} :

$$P_s^r = Q_{\min} \prod_{i=1}^n k_{br,i} \quad (1)$$

As k_{br} is always lower than 1, it is obvious that the increase of transportation units in the system radically reduces the throughput and the reliability of the system.

If there are natural or artificial obstacles on the shortest straight-line route of the haulage system, it is necessary to install a number of conveyors, and this system, in addition to the harmful environmental impact, has the following weaknesses:

- the need for several power plants and building an infrastructure for their servicing (delivery of energy, building accommodation facilities etc);
- increased work force for handling and maintenance of power units, that is, increased costs for system automation,
- influence on the quality of the material which is to be transported – especially in regard to crushing the coal in reloading point etc.

Niektoré trendy, ktoré by viedli k vyriešeniu týchto problémov výstavbou dopravníkov, ktoré by prekonali každé horizontálne zakrivenie, dospeli k produkcii špeciálnych dopravníkov, ktoré by dopravovali materiál pozdĺž horizontálnych závitoviek vodiacich trás.

Po celom svete, najmä v posledných 30 rokoch, boli inštalované desiatky pásových dopravníkov s horizontálnymi závitovkami. Ich kapacita činí od niekoľko sto do niekoľko tisíc ton za hodinu. Nevyskytujú sa v nich špeciálne konštrukčné podsúbory ani časti, sú používané jednoduché pásy s vrstvou textilu alebo oceľovým lanom. Ďalej nie sú potrebné ani prídavné náklady pre zhotovenie nových častí a vybavení vo vzťahu k štandardným dopravníkom v priamom smere trasy.

Hlavná myšlienka pre inštaláciu dopravníkov v závitovke vyplynula z faktu, že napínanie pása v závitovke vytvára komponenty horizontálnych síl, ktoré postupujú smerom k vnútornej časti a stredu závitovky. Hodnoty týchto síl závisí na nasledovných faktoroch:

- počiatkové napnutie pása,
- napínacia sila pása v jednotlivých pracovných podmienkach,
- polomer horizontálnej závitovky,
- vzdialenosť medzi podpernými valčekmi.

Hodnota sily, ktorá pôsobí v niektorých bodoch závitovky, môže byť definovaná pomocou nasledovného vzťahu (podľa Tookera):

$$P_x = T \cdot \frac{R_c}{R_c^2 - \left(x - \frac{L_c}{2}\right)^2} \quad (2)$$

kde: R_c – horizontálny polomer závitovky,
 L_c – dĺžka závitovky,
 x – vzdialenosť miesta plnenia od začiatku závitovky,
 T – skutočné napínanie pása vo vzdialenosti x ,

Some trends which were to resolve these problems by building conveyors which would overcome even horizontal curves led to the production of series of special conveyors that could transport the material along the horizontal curves guide tracks.

All over the world, and especially in the last 30 years, there are tens of horizontal curves belt conveyors installed. Their capacity amounts from a few hundreds to thousands of tons per hour. There are no special constructive sub-assemblies and parts; simple belts with plies of fabric or steel ropes are used. There are no additional expenses for manufacturing new parts and facilities, in relation to ordinary conveyors in straight-line routes.

The main idea for installing conveyors in curve resulted from the fact that belt tensioning in the curve makes components of the horizontal forces which act towards the interior part and the center of the curve. The value of these forces depends on the following factors:

- initial belt tension,
- belt stretching forces in particular working conditions,
- horizontal curve radius,
- distance between support rollers.

With some approximations, the value of the force acting in some point in the curve may be defined through the following equation (according to Tooker):

$$P_x = T \cdot \frac{R_c}{R_c^2 - \left(x - \frac{L_c}{2}\right)^2} \quad (2)$$

where: R_c – horizontal curve radius,
 L_c – curve length,
 x – distance of the observed point from the beginning of the curve,
 T – actual tension of the belt at the distance x .

Za účelom aktivácie pohybu, v zmysle radiálnych síl smerom k strede závitovky, rovnováha by mala byť zavedená uvedením kompenzačných síl. Môže to byť uskutočnené uložením valcov pod špecifickým uhlom. A výsledkom môže byť kompenzácia a vytvorenie komponentov, ktoré smerujú od stredu závitovky.

Ekonomická ospravedliteľnosť (EO) predstavujúceho systému môže byť vypočítaná pomocou faktora ospravedliteľnosti:

$$C = \frac{T_s + T_r}{T_{s1} + T_{r1} + T_{zs}} \quad (2)$$

kde: T_s a T_r - ročné prevádzkové náklady dopravníka s horizontálnymi závitovkami,

T_{s1} a T_{r1} - ročné prevádzkové náklady viacnásobných dopravníkových systémov,

T_{zs} - náklady vyplývajúce z meraní environmentálnej ochrany v miestach prekladania.

Pri normálnych trhových podmienkach EO jednopásového systému v horizontálnej závitovke tvoria od 0,6-0,8, ktoré poukazujú na výhody tohto dopravného systému hlušiny (odpadovej rudy) a užitkovej rudy na vonkajšok povrchovej bane.

2 Možnosti použitia dopravníkov s horizontálnymi závitovkami v povrchových baniach v Srbsku

Povrchové uhoľné bane v Srbsku disponujú s mnohými dopravníkmi. V 7 povrchových uhoľných baniach je produkcia 35 mil. ton uhlia a 82 mil. ton hlušiny dopravovaná 108 pásovými dopravníkmi celkovej dĺžky 95km.

Priemer dopravníkov s priemernou dĺžkou pod 1000m poukazuje na možnosť racionalizácie počtu dopravníkov uvedením dlhých dopravníkov s horizontálnymi závitovkami.

In order to enable the movement, inspite of radial forces towards the centre of the curve, the balance should be established by introducing countervail forces. This may be carried out by placing rollers at specified angle. This leads to the compensation and creates components which are directed from the centre of the curve.

Economic justifiability (EJ) of introducing a system may be estimated by means of the justifiability factor:

$$C = \frac{T_s + T_r}{T_{s1} + T_{r1} + T_{zs}} \quad (2)$$

where: T_s i T_r - annual operating costs of the horizontal curves conveyor,

T_{s1} i T_{r1} - annual operating costs of the multi-conveyor system,

T_{zs} - costs resulted from the measures for environmental protection in reloading points.

In normal market conditions the economic justifiability of introducing a single-belt system in the horizontal curve amounts from 0.6 to 0.8, which shows the advantages of this haulage system of tailings (refuse ore) and useful ore outside the borders of the open-pit mine.

2 Application Possibilities of Horizontal Curves Conveyor in Open-Pit Mines in Serbia

Open-pit coal mines in Serbia have many belt conveyors. In 7 open-pit coal mines, the production of cca 35 millions of tons of coal and 82 millions of tons of tailings is transported by 108 belt conveyors of 95 km total length.

The average number of conveyors with average lengths under 1000m shows that there are possibilities for the rationalisation of the number of conveyors by introducing long horizontal curves conveyors.

Príklad uvedenej možnosti racionalizácie predstavuje dopravný systém, ktorý spája pásové dopravníky PK Drmno s tepelnou elektrárnou Kostolac A (TEKO A).

Povrchové bane Kostolac (Cirikovac, Klenovnik a Drmno) zásobujú dve elektrárne v Kostolacu s uhlím (TEKO A a TEKO B) s celkovým inštalovaným výkonom 310 a 600MW. Celkové ročné množstvo uhlia pre TEKO A je 2 676 000t a pre TEKO B je 4 960 000t. Celá produkcia je plánovaná takým spôsobom, že baňa Cirikovac a Klenovnik zásobujú TEKO A uhlím, kým zásobovanie TEKO B môže byť uskutočnené cez PK Drmno.

Povrchové bane Cirikovac a Klenovnik budú uzavreté, a preto pracujú s redukovaným výkonom; niektoré problémy boli spôsobené v dôsledku zásobovania TEKO A. Na základe toho je systém diaľkovej dopravy pre spojenie s TEKO A postavený na distribúcii zásob diaľkového dopravného systému PK Drmno TEKO B (*Obr.1*). Je plánované rozšírenie povrchovej bane Drmno, tak aby bolo prevzaté zásobovanie oboch elektrární s uhlím. Tento systém diaľkovej dopravy má 4 dopravníky dĺžky 3973m. Trasa prechádza cez 2 sídla (dediny Drmno a Stari Kostolac), ktoré boli jedným z dôvodov pre opísané konfigurácie systému diaľkovej dopravy. Nachádzajú sa v ňom 4 prekladacie miesta, dve sú situované v priamom okolí týchto sídel, ktoré reprezentujú kritické miesto znečistenia prostredia uhoľným prachom. Predbežná analýza ukazuje, že existujúci systém dopravy môže byť nahradený dopravníkom s horizontálnou závitovkou s nasledujúcimi charakteristikami:

- dĺžka dopravníka	3860m,
- počet závitoviek	3,
- polomer závitovky B	1200m,
- polomer závitovky C	950m,
- polomer závitovky D	2300m,
- kapacita dopravníka	1200t/h.

The example of such rationalization possibility represents the haulage system for connecting belt conveyors PK Drmno with Thermo-Power Plant Kostolac A (TEKO A).

Open-pit mines of Kostolac (Cirikovac, Klenovnik and Drmno) supply two power plants in Kostolac with coal (TEKO A and TEKO B) of total installed load of 310 and 600 MW. The total annual quantity of coal for TEKO A is 2.676.000 t, and for TEKO B 4.960.000 t. The whole production is planned in such a manner that pits Cirikovac and Klenovnik supply TEKO A with coal, while the supply of TEKO B would be taken over by PK Drmno.

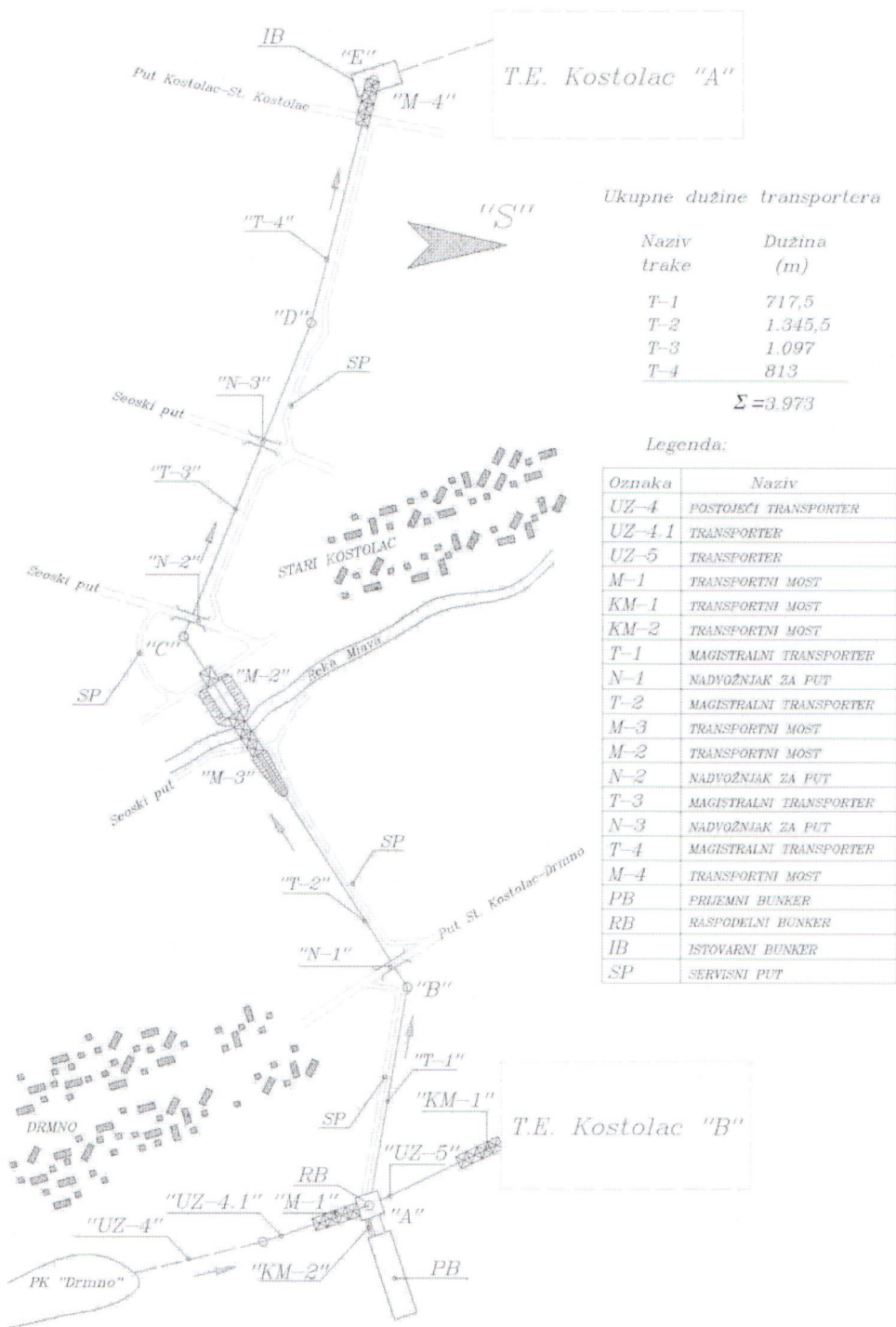
Since open-pit mines Cirikovac and Klenovnik are near to be closed down and since they work with reduced performance, some problems incurred in relation to the supply of TEKO A. Therefore a haulage system for connecting with TEKO A is built, from the distribution bin of the haulage system PK Drmno TEKO B (Fig. 1). It is planned to expand the open-pit mine Drmno so as it could take over the supply of both power plants with coal. This haulage system has 4 conveyors of 3.973 m long. The route passes through two settlements (villages Drmno and Stari Kostolac), which was one of the reasons for the described configuration of the haulage system. Out of 4 reloading points, two are situated in the immediate vicinity of these settlements, which, inspite of all taken measures for environmental protection, represents a critical point of the polluted environment with coal dust.

Preliminary analysis showed that the existing haulage system could be replaced with a horizontal curves conveyor, having the following characteristics:

- conveyor length	3860m,
- No. of curves	3,
- curve radius B	1200m,
- curve radius C	950m,
- curve radius D	2300m,
- capacity of the conveyor	1200t/h.

Okrem toho prvý výsledok získaný analýzou technologických možností aplikáciou horizontálnych závitkových dopravníkov dokazuje, že je hospodárne nahradenie existujúceho systému jedným dopravníkom.

In addition to the first results obtained by the analysis of technical possibilities for applying horizontal curves conveyors, some analysis prove that there is the economy of replacing the existing system with one conveyor.



Obr. 1 Trasy systému diaľkovej dopravy PK Drmno – TEKO A
Fig. 1 The route of the haulage system PK Drmno – TEKO A

Záver

Potreba environmentálnej ochrany pri doprave uhlia k vzdialeným spotrebiteľom a skládkam, stimulovala odborníkov k intenzívnemu hľadaniu riešenia, ktoré by mohlo eliminovať škodlivé dopady prekladacích miest pozdĺž dopravnej cesty. Jednou z najakceptovateľnejších riešení je aplikácia horizontálnych závitkových dopravníkov. Hlavnou podmienkou pre ich úspešnú prevádzku je predchádzať v etape projektovania všetkým možným situáciám, ktoré by sa objavili pozdĺž dopravnej cesty, najmä zmenám v napínacej sile a a pri napnutí pásu.

Conclusion

A need for environmental protection in ore conveyance to distant consumers and dumps, induced the experts to search intensively for solution which would eliminate the harmful impact of reloading points along the route. As one of the most acceptable possibilities is the application of horizontal curves conveyors. The basic requirement for their successful operation is to anticipate, in the design stage, all possible situation which could appear along the route, especially changes in tensioning forces and belt tension.

Literatúra / References

- [1] M. Grujić, D. Kuzmanovic, R. Nedeljkovic: ENVIRONMENTAL PROTECTION THROUGH THE APPLICATION OF HORIZONTAL CURVES CONVEYORS IN CONVEYANCE TO DISTANT DUMPS. Conference on Computer Science, Ecology and Management, Arandjelovac, 1997
- [2] M. Grujić. ORE CONVEYANCE THROUGH THE ENVIRONMENT Faculty of Mining and Geology, Belgrade, 1998
- [3] M. Ivkovic, V. Bulatovic, P. Makar: HAULAGE SYSTEM FOR CONNECTING PK DRMNO AND TE KOSTOLAC A BY BELT CONVEYORS. V International Symposium on Mine Haulage and Hoisting, Vrdnik, 2002
- [4] G. E. Tooker: USING HORIZONTAL CURVES TO OPTIMIZE THE ALIGNMENT OF BELT CONVEYORS, Bulk solid handling No 4, Claustahl – Zellerfeld, 1984

Recenzia/Review: Ing. Janka Šaderová, PhD.