



Optimalizácia rozmiestnenia rúd na rudiskách VSŽ, a.s., Košice

Martin Straka¹ a Ján Spišák¹

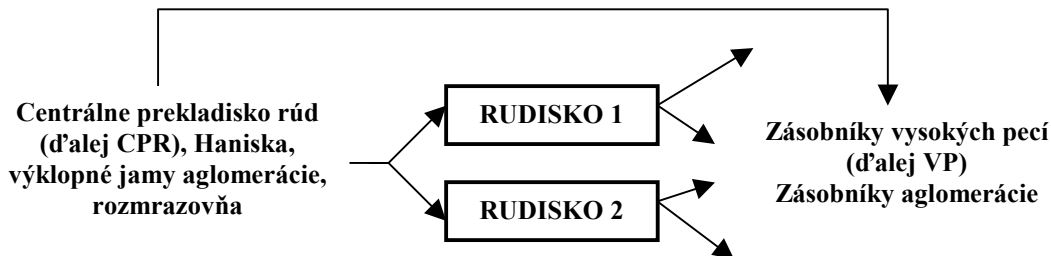
The Ores layout optimisation on ores store of VSŽ inc. Košice

In our work we solved an arrangement of materials on ores of VSŽ inc. Košice. Ores are 850 metres long, on those ores are moving feeders, but those feeders make ineffective work. We made such an arrangement of material, to work feeders the smallest ineffective, that we economise costs of moving feeders.

Key words: ore, feeder, transfer, arrangement.

Úvod

Rudiská VSŽ a.s. slúžia na skladovanie surovín pre výrobné procesy aglomerácie a výroby surového železa na vysokých peciach.



Obr 1. Postavenie rudísk vo výrobnom procese spol. Oceľ, s.r.o., VSŽ, a.s.

Rudiská sú zásobované z troch miest. Suroviny sú dopravované k výklopníkom železničnou dopravou vo vagónoch rôznych typov. V zimnom období, ak sú suroviny zamrznuté, musia sa pred vyklopením z vagónov rozmraziť. Z výklopníkov sa pásovou dopravou prepravujú na rudiská a zakladajú sa do hromád prostredníctvom zakladačov.

Suroviny sa môžu dopravovať pásovou dopravou aj priamo do zásobníkov vysokých pecí (ďalej VP), čo je z hľadiska minimalizácie celkových nákladov najvýhodnejšie (obr.1.).

Na druhej strane, zásoby na rudiskách nemôžu poklesnúť pod určité minimálne zásoby, pretože slúžia ako poistné zásoby medzi náhodnosťou dopravy a zásobovaním rudísk a pomerne rovnomernou spotrebou zo strany aglomerácie a vysokých pecí.

Definícia problému

Zo skúseností operátorov sa ustálilo také rozloženie, pri ktorom materiály, určené pre zásobníky vysokých pecí, sú prevažne na rudisku č.1 (ďalej R1) a materiály, určené pre mlynicu a dávkovacie zásobníky aglomerácie, sú prevažne na rudisku č.2 (ďalej R2). Toto rozmiestnenie je relatívne vhodné, pretože pomer množstva presunu materiálov do zásobníkov vysokých pecí a do aglomerácie je približne rovnaký. Na R1 sú dva nakladacie veľkostroje, teda pravdepodobnosť výpadku zásobovania z prvého rudiska je pomerne malá. Na R2 je jeden nakladací veľkostroj, teda treba počítať aj s možnosťou výpadku zásobovania z tohoto rudiska. V prípade, že by došlo k výpadku nakladacieho veľkostroja na R2, tak dôjde k prerušeniu práce na aglomerácii, čo však zapríčini menšie straty, ako by to bolo v prípade prerušenia chodu vysokých pecí.

Cieľom riešenia je nájsť také rozmiestnenie hromád surovín na rudiskách, pri ktorom:

- bude maximálne objemové a časové splnenie požiadaviek na suroviny zo strany zásobníkov VP a aglomerácie,

¹ Ing. Martin Straka a Ing. Ján Spišák, Katedra logistiky a výrobných systémov, Fakulty BERG Technickej univerzity, 040 01 Košice, ul. Boženy Němcovej 3
(Recenzovali: Prof.Ing. Dušan Malindžák, CSc.a Doc.Ing. Lubica Floreková, CSc.)

- vzniknú minimálne prepravné náklady,
- nakladače vykonajú pri zásobovaní zásobníkov vysokých pecí a aglomerácie minimálnu dráhu,
- časové využitie veľkstrojov bude maximálne.

Koncepcia riešenia

Problém rozmiestnenia surovín na rudisku je potrebné riešiť komplexne, so zohľadnením zásobovania zásobníkov vysokých pecí a aglomerácie a systému dopravy medzi rudiskami a zásobníkmi. V tomto článku sa však zaoberáme iba samotným riešením optimálneho rozmiestnenia surovín na rudiskách.

Jedna zo základných myšlienok riešenia je tá, že pohyb nakladačov je závislý od grafikonu zavážania zásobníkov, ktorý určuje pohyb nakladačov. Využili sme model pre vytváranie grafikonu zavážania zásobníkov ako simulačný model pre simuláciu pohybu nakladačov pri rôznych usporiadaniach rudiska. Výsledkom simulácie pohybu nakladačov bolo nájdenie „pseudooptimálneho variantu“ usporiadania rudiska.

Problém sme zjednodušili tým, že zavážanie surovín sa uskutočňuje vo veľkých dávkach, t.j. zakladacie veľkstroje (na každom rudisku je jeden) pracujú pri jednej hromade oveľa dlhšie a majú menej presunov ako nakladacie veľkstroje.

Zakladanie hromád len málo ovplyvňuje zásobovanie zásobníkov vysokých pecí a aglomerácie. Preto sa pohyb zakladacích veľkstrojov nebral do úvahy.

Riešenie problému sme rozdelili do nasledujúcich etáp (Malindžák, 1993, 1994, 1997)

1. Rozdelenie surovín na R1 a R2.
2. Simulácia zavážania vysokých pecí a aglomerácie (VP a A).
3. Simulácia rôznych variantov usporiadania hromád surovín na rudiskách R1 a R2 a nájdenie "pseudooptimálneho variantu".
4. Transformácia rudísk zo súčasného stavu do nového – realokácia.
5. Zhodnotenie dosiahnutých výsledkov.

Rozdelenie surovín na rudiská

Pri riešení tohoto problému sme prihliadali na to, že na R1 sú dva nakladače a na R2 je jeden nakladač. Z toho vyplýva, že je menšia pravdepodobnosť poruchy R1 ako R2, preto sme na R1 umiestnili suroviny, ktoré sú:

- 1) strategicky dôležité,
- 2) je ich relatívne málo.

Za strategicky dôležité suroviny považujeme materiály, ktoré sú nevyhnutné pre bezporuchový a plynulý chod vysokých pecí. Malé množstvá dávame na R1 preto, aby sme nemuseli urobiť záložné kopy, ktoré by zbytočne zvyšovali náklady na skladovanie.

Nestrategické suroviny, veľkého a stredného objemu, sme umiestnili na R2.

Uvedené rozmiestnenie materiálu na rudiskách znižuje pravdepodobnosť vzniku poruchy na vysokých peciach z dôvodu nedostatku niektorej z potrebných surovín (Malindžák, 1993, 1994, 1997).

Simulácia zavážania vysokých pecí a aglomerácie (ďalej VP a A)

Simulácia zavážania VP a A slúžila na výpočet dĺžok dráh nakladačov. Podľa presných podrobných záznamov o zavážaní VP a A za tri mesiace, sme určili dráhu nakladačov. Suma dráh, ktorú vykonali nakladače od kopy ku kope, tvorila celkovú neefektívnu prácu. Na samotnú simuláciu pohybu nakladačov bol použitý program, ktorí sme vytvorili v Turbo Pascale (Straka, 1996). Programovo sa presne realizovalo zopakovanie pohybov nakladačov, tak ako boli zapísané vo výkazoch spotreby surovín, v ďalšom kroku, presne podľa jednotlivých variantov usporiadania surovín, boli spočítané dráhy nakladačov. Ako najvhodnejší variant usporiadania kôp surovín, bolo vybrané také usporiadanie kôp, pri ktorom nakladače vykonali najmenšiu celkovú dráhu.

Varianty usporiadania hromád surovín na rudiskách R1 a R2

Pre celkovú optimalizáciu rudísk nestačí rozčleniť len kopy na rudiská podľa ich strategickej dôležitosti, ale kopy treba aj usporiadať podľa určitého kľúča.

Pri tvorbe variantov usporiadania sme vychádzali z údajov, ktoré sme získali zo záznamov o zavážaní suroviny za tri mesiace. Zo záznamov sme mohli určiť počet odberov z jednotlivých kôp, množstvo odobratej suroviny, pohyb počas pracovnej zmeny a dĺžky jednotlivých kôp. Z týchto údajov sme postupne, aj za pomoci čiastkových výsledkov, vytvorili 18 metód usporadúvania kôp, plus súčasné usporiadanie.

Metódy boli rozčlenené na skupiny: - jednostupňová optimalizácia (Malindžák, 1993, 1994, 1997)
- dvojestupňová optimalizácia (Straka 1996).

Varianty jednostupňovej optimalizácie

a) *Usporiadanie kôp podľa frekvencie* (podľa počtu odberov z jednotlivých kôp- Fr):

od do
MAX_{FR} -----> MIN_{FR}

Kopy na rudiskách by boli zoradené podľa počtu odberov z jednotlivých kôp zostupne tak, že prvými by boli suroviny z ktorých nakladač odoberá surovinu najčastejšie, až po suroviny s najmenším počtom odberov. Toto usporiadanie by bolo od začiatku rudiska po jeho koniec s tým, že čím väčšia by bola početnosť odoberania, tým by bola daná kopa bližšie k rudným mostom.

b) *Usporiadanie kôp podľa množstva odobratej suroviny* (Mn):

od do
MAX_{MN} -----> MIN_{MN}

Kopy na rudiskách by boli zoradené podľa odobratého množstva z jednotlivých kôp tak, že by boli zostupne zoradené od surovín, z ktorých nakladač odoberal najviac suroviny až po suroviny s najmenším odobratým množstvom suroviny.

Toto usporiadanie by bolo od začiatku rudiska po jeho koniec s tým, že čím väčšie odobraté množstvo, tým by bol daný materiál bližšie k rudným mostom.

c) *Usporiadanie kôp podľa súčinu frekvencie a odobratého množstva* (Fr.Mn):

od do
MAX_{FR.MN} -----> MIN_{FR.MN}

Kopy na rudiskách by boli zoradené podľa súčinu frekvencie a odobratého množstva tak, že by boli zoradené od surovín, pre ktoré je súčin FR.MN najväčší, až po suroviny s najmenším súčinom FR.MN. Suroviny s väčším súčinom FR.MN by boli bližšie k rudným mostom.

d) *Usporiadanie kôp podľa frekvencie so začiatkom v strede rudiska* (Fr-stred):

do od do
MIN_{FR,e} <----- MAX_{FR} -----> MIN_{FR,p}

Kopy na rudiskách by boli zoradené podľa počtu odberov z jednotlivých kôp tak, že suroviny z ktorých nakladač odoberá surovinu najčastejšie by boli uložené v strede a s klesajúcou frekvenciou odoberania by sa kopy striedavo ukladali raz na jednu a raz na druhú stranu.

e) *Usporiadanie kôp podľa odobratého množstva so začiatkom v strede rudiska* (Mn-stred):

do od do
MIN_{MN,e} <----- MAX_{MN} -----> MIN_{MN,p}

Kopy na rudiskách by boli zoradené podľa odobratého množstva z jednotlivých kôp tak, že suroviny ktorých sa odoberalo najviac, by boli uložené v strede a s klesajúcim odobratým množstvom by sa striedavo ukladali raz na jednu a raz na druhú stranu.

f) *Usporiadanie kôp podľa súčinu frekvencie a odobratého množstva so začiatkom v strede rudiska* (Fr.Mn-stred):

do od do
MIN_{FR.MN,e} <----- MAX_{FR.MN} -----> MIN_{FR.MN,p}

Kopy na rudiskách by boli zoradené podľa súčinu frekvencie a odobratého množstva tak, že suroviny, u ktorých by bol tento súčin najväčší, by boli uložené v strede a s klesajúcou hodnotou tohto súčinu by sa striedavo ukladali raz na jednu a raz na druhú stranu.

Pri určení ďalších variantov sme si museli najprv určiť frekvenciu presunov nakladača (ďalej FPN) medzi jednotlivými kopami. Ak máme n kôp, označili sme ich X1, X2, X3, ..., Xn, potom počet presunov nakladača vždy medzi dvoma kopami je daný všetkými kombináciami párov kôp. Nesmieme zabudnúť na to, že presun z X1 na X2 nie je to isté ako z X2 na X1, to isté platí aj pre ostatné podobné presuny nakladača (Straka, 1996).

Počet presunov medzi:

| Z kopy | Na kopy | X1 | X2 | X3 | X4... | Xn |
|--------|---------|----|----|----|-------|----|
| X1 | | 0 | | | | |
| X2 | | | 0 | | | |
| X3 | | | | 0 | | |
| X4 | | | | | 0 | |
| Xn | | | | | | 0 |

Po určení všetkých FPN medzi jednotlivými kopami sme vytvorili ďalšie varianty usporiadania kôp:

g) *Usporiadanie kôp podľa súčtu FPN medzi jednotlivými kopami (SUM FPN):*

Postup:

1. Na prvé miesto v usporiadaní na rudisku sa umiestni kopa číslo X1.
2. Vytvorí sa súčet FPN vzhľadom ku tejto kope.

| | | | | |
|--------|---------|---|--------|---------|
| z kopy | na kopu | + | z kopy | na kopu |
| X1 | X2 | + | X2 | X1 |
| X1 | X3 | + | X3 | X1 |
| X1 | X4 | + | X4 | X1 |
| | | | ⋮ | |
| | | | ⋮ | |
| X1 | Xn | + | Xn | X1 |

3. Na druhé miesto sa zaradí kopa s najväčším počtom FPN vzhľadom k X1.
 4. Na tretiu pozíciu sa zaradí kopa s druhým najväčším počtom FPN vzhľadom k X1, atď. až po koniec.
- Po zoradení kôp sa vyráta dráha, akú by nakladač vykonal pri danom rozložení, so zapamätaním rozloženia kôp aj veľkosti dráhy.
5. Celý postup krokov 1.-4. sa zopakuje pre kopy X2.
 6. Porovná sa dráha, pre X1 s dráhou pre X2 a zapamätá sa menšia dráha a k nej príslušiacie rozloženie kôp.
 7. Tento iteračný postup sa opakuje pre všetky kopy. Výsledkom je v pamäti uložené najlepšie rozmiestnenie kôp.

h) *Usporiadanie kôp podľa FPN vzhľadom k prvej kope (FPN-Sem):*

Postup:

1. Na prvé miesto na rudisku sa zaradí kopa X1.
2. Určí sa početnosť presunu nakladača z ostatných kôp na túto kopy X1.

| | |
|--------|---------|
| z kopy | na kopu |
| X2 | X1 |
| X3 | X1 |
| X4 | X1 |
| | ⋮ |
| Xn | X1 |

3. Na druhé miesto sa zaradí kopa z ktorej sa najčastejšie presúval nakladač na kopy X1.
4. Na tretiu pozíciu sa zaradí kopa s druhým najväčším počtom presunov nakladača k prvej kope atď.
5. Po zoradení všetkých kôp sa vypočíta, akú by mal nakladač dráhu pri danom rozložení a uloží sa do pamäte rozloženie aj veľkosť dráhy.
6. Potom sa postup zopakuje pre rozmiestnenie kôp vzhľadom k druhej kope.
7. Určí sa početnosť presunu nakladača z ostatných kôp na kopy X2.

| | |
|--------|---------|
| z kopy | na kopu |
| X1 | X2 |
| X3 | X2 |
| X4 | X2 |
| | ⋮ |
| | ⋮ |
| Xn | X2 |

a postupuje sa až po poslednú kopy ako v predchádzajúcom prípade.

8. Porovná sa dráha s už vyrátanou. Dráha, ktorá je menšia sa zapamätá aj s príslušným rozmiestnením kôp.
 9. Postup sa opakuje až dovtedy, kým by sa na prvej pozícii nevystriedali všetky kopy.
- Na konci bude v pamäti najlepšie rozmiestnenie kôp.

i) *Usporiadanie kôp podľa FPN prvej kopy vzhľadom k ostatným kopám (FPN-Tam):*

Postup:

1. Na prvé miesto na rudisku sa zaradí kopa X1.
2. Určí sa početnosť presunu nakladača z kopy X1 na ostatné kopy.

| | |
|--------|---------|
| z kopy | na kopu |
| X1 | X2 |
| X1 | X3 |
| X1 | X4 |
| | ⋮ |
| | ⋮ |
| X1 | Xn |

3. Na druhé miesto sa zaradí kopy ku ktorej sa najčastejšie presúval nakladač z kopy X1.
4. Na tretiu pozíciu sa zaradí kopy s druhým najväčším počtom presunov nakladača z kopy X1 atď.

5. Po zoradení všetkých kôp sa vypočíta, akú by mal nakladač dráhu pri danom rozložení a uloží sa do pamäte rozloženie aj veľkosť dráhy.

6. Potom sa postup zopakuje pre rozmiestnenie kôp vzhľadom k druhej kope.

7. Určí sa početnosť presunu nakladača z kopy X2 ku ostatným kopám.

8. Porovná sa dráha s už vyrátanou. Dráha, ktorá je menšia sa zapamätá aj s príslušným rozmiestnením kôp.

9. Postup sa opakuje až dovtedy, kým by sa na prvej pozícii nevystriedali všetky kopy.

Na konci bude v pamäti najlepšie rozmiestnenie kôp.

j) Usporiadanie kôp podľa súčtu FPN vzhľadom k nasledujúcej kope (SUM FPN-1prvok):

Postup:

1. Na prvé miesto na rudisku sa zaradí kopa X1.

2. Určí sa FPN vzhľadom ku kope X1.

| z kopy | na kopu | + | z kopy | na kopu |
|--------|---------|---|--------|---------|
| X1 | X2 | + | X2 | X1 |
| X1 | X3 | + | X3 | X1 |
| X1 | X4 | + | X4 | X1 |
| | | | : | |
| | | | : | |
| X1 | Xn | + | Xn | X1 |

3. Na druhé miesto sa zaradí kopa s najväčším FPN vzhľadom ku kope X1.

4. Určí sa FPN vzhľadom k druhej kope. Ak na druhej pozícii bude kopa X4 urobíme nasledovné súčty FPN, vzhľadom ku kope X4. Neberieme do úvahy kopy, ktoré sú už zoradené.

| z kopy | na kopu | + | z kopy | na kopu |
|--------|---------|---|--------|---------|
| X4 | X2 | + | X2 | X4 |
| X4 | X3 | + | X3 | X4 |
| X4 | X5 | + | X5 | X4 |
| | | | : | |
| | | | : | |
| X4 | Xn | + | Xn | X4 |

Na tretie miesto sa zaradí kopa s najväčším FPN vzhľadom ku kope na druhej pozícii.

5. Určí sa FPN vzhľadom k tretej kope. Neberieme do úvahy kopy, ktoré sú už zoradené.

Po zoradení všetkých kôp sa vypočíta, akú by mal nakladač dráhu pri danom rozložení a uloží sa do pamäte rozloženie aj veľkosť dráhy.

6. Potom sa postup zopakuje pre rozmiestnenie kôp vzhľadom k druhej kope. Na prvé miesto na rudisku sa zaradí kopa X2 a zopakujeme postup popísaný bodmi 1.-5.

7. Porovná sa dráha s už vyrátanou. Dráha, ktorá je menšia sa zapamätá aj s príslušným rozmiestnením kôp.

9. Postup sa opakuje až dovtedy, kým by sa na prvej pozícii nevystriedali všetky kopy.

Na konci bude v pamäti najlepšie rozmiestnenie kôp.

k) Usporiadanie kôp podľa FPN vzhľadom k nasledujúcej kope (FPN-Sem-1prvok):

Je to inovácia metódy *h* s tým, že postup je podobný ako postup v prípade *j*.

l) Usporiadanie kôp podľa FPN prvej kopy, druhej kopy, tretej kopy ..., vzhľadom k ostatným kopám (FPN-Tam-1prvok): Je to inovácia metódy *i* s tým, že postup je podobný ako postup v prípade *j*.

Variety dvojstupňovej optimalizácie - " D r á h o v á m e t ó d a "

Táto metóda vychádza z prvých dvanástich jednostupňových metód, ktoré určili približné usporiadanie kôp. Tieto prvotné usporiadania sme ešte prehodnotili faktorom dĺžky dráh jednotlivých kôp, pretože toto kritérium je veľmi dôležité, ak chceme minimalizovať celkovú dráhu.

Metódy, ktoré sme doteraz používali, boli založené na tom, že sa počítali počty zastavení nakladačov na jednotlivých kopách. Dráhová metóda je založená na tom, že počítajú počty prechodov nakladačov cez kopy bez toho, aby sa na nich nakladače zastavili. To znamená, že jej cieľom je sčítať počet zbytočných presunov cez kopy. Napr. ak ide nakladač z kopy X1 na kopy X4 a medzi nimi by bola kopa X3, počet presunov medzi X1 a X4 je počtom prázdnych presunov cez kopy X3.

Vypočítaný počet zbytočných presunov cez jednotlivé kopy, na pozícii X2 až po pozíciu Xn-1, vynásobíme príslušnou dĺžkou jednotlivých kôp.

$$D_{nx} = Y_x \cdot D_{lx},$$

kde D_{nx} - neefektívna dráha prejdená ponad kopy,

Y_x - počet prechodov ponad kopy,

D_{lx} - dĺžka kopy.

Na jednotlivé pozície vyberáme kopy, ktoré majú najmenšiu D_{nx} .

Pre začatie výpočtov touto metódou je treba mať prvotné usporiadanie kôp preto, aby pri sebe stáli kopy, ktoré by boli medzi sebou porovnateľné s väčšou pravdepodobnosťou.

Ku každej jednodupňovej metóde sme použili ešte "dráhovú metódu", čím vznikli nové metódy.

Návrh preusporiadania kôp zo súčasného stavu na nový stav

Pretože kopy nemôžeme len tak na rudisku presýpať, čo je zapríčinené veľkým objemom suroviny a technickými problémami, musíme celú túto úlohu riešiť pomaly a vo veľmi dlhom časovom období. Vychádzame z usporiadania, ktoré by sme chceli dosiahnuť. Toto usporiadanie porovnáme so súčasným stavom a zistíme, kde a ako sa nám kopy prekrývajú. Podľa toho vieme určiť, ktorú kopy môžeme postupne preusporiadať. Použitie spôsobu premiestňovania kôp závisí na tom, ako sa prekrývajú kopy terajšieho stavu so stavom, ktorý chceme dosiahnuť. Čas premiestňovania sa nedá presne určiť, závisí od množstva faktorov. Napr. ak berieme surovinu len z rudiska, čas preusporiadania kôp bude menší, ako keď do spotreby na vysoké pece zavážame aj surovinu priamo z ostatných vstupov. Môže sa stať, že náklady nakladača pri preusporiadaní kôp stúpnu. Môže sa však stať, že náklady klesnú, čo môže byť zapríčinené tým, že existuje viac záložných kôp na rôznych miestach, teda nakladač nebude musieť prejsť ku kope takú veľkú vzdialenosť, ale si bude môcť vybrať, z ktorej kopy bude odobrať.

Celý plánovaný proces preusporiadania rudísk však bude realizovaný počas dlhého časového obdobia niekoľkých rokov.

Analýza výsledkov

Hodnoty, ktoré sme dosiahli pri metódach jednodupňovej optimalizácie, boli v porovnaní s metódami dvojdupňovej optimalizácie horšie pri väčšom počte kôp. Keď bol počet kôp, ktoré bolo potrebné usporiadať menší (1 až 5), výsledky boli približne rovnaké. Preto metódy jednodupňovej optimalizácie sú vhodné pre menší počet kôp. Tieto metódy sú dosť nepresné a výsledky pri niektorých z nich sú dokonca horšie ako hodnota súčasného usporiadania kôp, ktoré sa snažíme optimalizovať.

Metódy dvojdupňovej optimalizácie, "dráhová metóda", zohľadňujú najdôležitejšie kritérium, a to dĺžky dráh kôp, preto sú presnejšie.

Aby sme zistili úspešnosť „dráhovej metódy“, vytvorili sme program pre úplnú enumeráciu. Výsledky sme porovnali s výsledkami „dráhovej metódy“. Zistili sme, že výsledky sú totožné alebo majú maximálnu odchýlku do 5% od výsledkov, získaných pri úplnej enumerácii.

Keby sme však chceli dosiahnuť „úplnú“ optimalizáciu, bolo by dobré, keby sme mohli optimalizovať aj dĺžky kôp a ich počet na rudisku. Takto by sme mohli dosiahnuť rozmiestnenie, ktoré by bolo optimálne vo všetkých podmienkach a stačilo by len udržiavať jeho tvar, nemuseli by už kopy neustále meniť svoju polohu.

Rozvoj výpočtovej techniky dosiahol taký stupeň, že je možné urobiť „úplnú“ optimalizáciu umiestnenia kôp na rudiskách. Pomocou úplnej enumerácie dosiahneme stav 100% „istoty“ umiestnenia kôp. Úplná enumerácia je vlastne vykonanie všetkých možných variantov umiestnení kôp na rudiskách. Pri každom umiestnení sa vypočíta dráha, ktorú by nakladač prešiel a vyberie sa tá, kde by nakladač vykonal najmenšiu dráhu.

V našom prípade sme na simuláciu úplnej enumerácie vytvorili program v Turbo Pascale, ktorý vykonal všetky kombinácie usporiadania kôp na rudiskách a vypočítaval dráhu, ktorú nakladač prešiel a potom vybral to najlepšie usporiadanie kôp, pri ktorom nakladač prešiel najmenšiu dráhu.

Literatúra

Malindžák, D. a kol.: Systémová analýza a projekt optimalizácie rudného hospodárstva VSŽ, a.s., Košice. *Košice, 1993.*

Malindžák, D. a kol.: Systémová analýza a návrh modelu zavážania rudísk Ocel', s.r.o., VSŽ, a.s., Košice. *Košice, 1994.*

Malindžák, D. a kol.: Model zavážania rudísk Ocel', s.r.o., VSŽ, a.s., Košice. *Košice, 1994.*

Malindžák, D.: Výrobná logistika I. *Štroffek, Košice, 1997.*

Straka, M.: Diplomová práca. *Košice, 1996.*