



**УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ“ – ШТИП**  
**ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ**  
**Институт за рударство / Подземна експлоатација**  
**Штип**

**Ванчо Гоцевски**

**ОПТИМАЛЕН ИЗБОР НА ТОВАРНО-ТРАНСПОРТНА  
МЕХАНИЗАЦИЈА ПРИ ТРАНСПОРТ НА РУДА И ЈАЛОВИНА ВО  
РУДНИЦИ СО ПОДЗЕМНА ЕКСПЛОАТАЦИЈА**

**МАГИСТЕРСКИ ТРУД**

**Штип, Февруари 2017 г.**

**Комисија за оценка и одбрана**

**Претседател:**           **проф. д-р Дејан Мираковски**  
Професор на факултетот за природно и технички науки  
Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип

**Член (ментор):**       **проф. д-р Зоран Десподов,**  
Декан на факултетот за природни и технички науки  
Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип

**Член:**                   **Доц. д-р Николинка Донева**  
Професор на факултетот за природно и технички науки  
Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип

Датум на одбрана \_\_\_\_\_

**ВАНЧО ГОЦЕВСКИ**

**ОПТИМАЛЕН ИЗБОР НА ТОВАРНО-ТРАНСПОРТНА МЕХАНИЗАЦИЈА ПРИ  
ТРАНСПОРТ НА РУДА И ЈАЛОВИНА ВО РУДНИЦИ СО ПОДЗЕМНА  
ЕКСПЛОАТАЦИЈА**

**УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ“ – ШТИП**

### Објавени научни трудови:

- Избор на оптимални вредности за искористување и осиромашување на рудата кај подетажната метода со зарушување на кровината во ревер „Свиња река“ - Рудник „САСА“, Гоцевски В., Мијалковски С.,(2008).  
II-ро Стручно советување со меѓународно учество "ПОДЕКС 2008". М. Каменица, ЗРГИМ.
  
- Примена на информатичка технологија при проектирање на подетажните методи со зарушување, Мијалковски С., Десподов З., Гоцевски В.  
II-ро, Стручно советување со меѓународно учество "ПОДЕКС 2008":  
Технологија на подземна експлоатација на минерални сировини. М. Каменица, ЗРГИМ.
  
- Примена на софтвер за проектирање на дупчачко-минерски работи во рударството, Гоцевски В.  
III-то Стручно советување со меѓународно учество "ПОДЕКС 2009":  
Технологија на подземна експлоатација на минерални сировини. М. Каменица. ЗРГИМ.
  
- Примена на современи софтверски програми за проектирање и моделирање во рударството, Гоцевски В., Велиновски И.  
VII Стручно советување со меѓународно учество "ПОДЕКС-ПОВЕКС 2014",  
Радовиш: Подземна и површинска експлоатација на минерални сировини,  
ЗРГИМ.

## **Благодарност**

Огромна почит и голема благодарност упатувам до наставно-научниот кадар на Универзитетот „Гоце Делчев“ – Штип, што овозможи оваа научно-образовна установа да прерасне и да биде она што е денес.

Магистерскиот труд е работен под менторство на професор д-р Зоран Десподов и најголема благодарност за моралната и стручна поддршка, стручни совети, консултации, во насока за изработката на овој труд упатувам до мојот ментор професор д-р Зоран Десподов.

Голема благодарност изразувам и до комисијата, професор д-р Дејан Мираковски и доц. д-р Николинка Донева, за огромениот придонес овој труд да добие комплетен изглед од стручно-научен аспект.

Посебна благодарност би упатил на целокупниот наставно-научен кадар од Институтот за рударство, за големиот труд и постигнат успех, за развој на оваа поле од стручно-научен аспект на овој Универзитет, со што ми овозможија да ја усовршам и надоградам својата стручност.

На колегите од Рудниците Саса и Злетово им се заблагодарувам за соработката при изработката на овој труд.

Неизмерна благодарност изразувам до моето семејство, кое покажа големо разбирање за мојот ангажман и постојана поддршка за поуспешно да се справам со предизвикот на кои наидов во текот на изработката на магистерскиот труд.

Исто така, изразувам благодарност до сите кои присуствуваат на одбраната на овој магистерски труд, што ми претставува огромна чест.

## **ОПТИМАЛЕН ИЗБОР НА ТОВАРНО-ТРАНСПОРТНА МЕХАНИЗАЦИЈА ПРИ ТРАНСПОРТ НА РУДА И ЈАЛОВИНА ВО РУДНИЦИ СО ПОДЗЕМНА ЕКСПЛОАТАЦИЈА**

### **Краток извадок**

Во рудниците за подземна експлоатација на металични минерални суровини од голема важност е постигнување на оптимални техничко-економски параметри на производството. Во овој магистерски труд е извршен оптимален избор на товарно-транспортна машина, врз основа на условите и факторите кои имаат влијание на примената на машините. Главен акцент во овој магистерски труд е ставен на оптимален избор на машина за откопен транспорт кај масивни и жични рудни наоѓалишта и постигнување на оптимални резултати во услови на подземна експлоатација.

За оптимален избор на товарно-транспортна машина е применета повеќекритериумската оптимализација при одлучувањето. Повеќекритериумската оптимизација при одлучувањето се користи за решавање на рударски проблеми при избор на најповолна или оптимална алтернатива од множество на расположливи алтернативи, каде се изберени повеќе критериуми. Од методите за повеќекритериумска анализа е применета методата на аналитички хиерархиски процеси (АХП). Оваа метода претставува ефикасна алатка при решавање на проблеми од одлучувањето, при што како резултат се добива рангирање на алтернативите.

Во трудот се обработени четири алтернативи на товарно-транспортни машини при подземна експлоатација на масивни и жични рудни наоѓалишта на метали и врз основа на одреден број на критериуми за одлучување е извршен оптимален избор.

Оптимизацијата при изборот на товарно-транспортна машина е извршена врз основа на следниве критериуми за одлучување: капацитет, специфични транспортни трошоци, трошоци за изработка на рударската просторија, трошоци за проветрување и ергономските услови при ракување со машината.

**Клучни зборови:** *избор, откопен транспорт, машини, повеќекритериумска оптимизација, алтернативи, одлучување, подземна експлоатација.*

## **ABSTRACT**

In the mines for underground exploitation of metallic mineral raw materials, it is highly important the achievement of optimal techno-economic parameters of production.

In this master thesis, an optimal choice of loading and transport machine is made according to the conditions and factors that influence the use of machinery. The main focus of this master thesis is put on the optimal choice of a machine for excavated transport in massif and ore deposits, and achieving optimal results in conditions of underground exploitation. Multi-criterial optimization is used to decide for the optimal choice of the loading and transport machine. This multi-criterial optimization is used for solving mining issues when selecting the best or optimal alternative from a set of available alternatives that take into account several criteria for deciding.

From the methods for multi-criterial analyze, the method of Analytic Hierarchy Process (AHP) is used. This method is efficient tool for solving problems for deciding, when as a result is got ranking of the alternatives.

This thesis covered four alternatives of loading and transport machines in underground mining of massive and wired mineral deposits of metals and based on a certain number of criteria for the decision has been made optimal choice.

The optimization when choosing of loading and transport machine is performed based on the following criteria for deciding: capacity, specific transport costs, costs for making the mining facility, costs for ventilation and ergonomic conditions for handling the machine.

**Key words:** *choice, transport of excavations, machines, multi-criterial optimization, alternatives, decision-making, underground exploitation.*

## СОДРЖИНА

1.	ВОВЕД .....	1
1.1.	Предмет на истражување .....	2
1.2.	Цели на истражување.....	3
1.3.	Методологија на истражување.....	3
1.4.	Осврт на досегашните истражувања.....	3
2.	УЛОГАТА И ЗНАЧЕЊЕТО НА РУДАРСКАТА МЕХАНИЗАЦИЈА ВО РУДНИЦИТЕ СО ПОДЗЕМНА ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ .....	4
3.	ОПШТИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ТОВАРНО-ТРАНСПОРТНАТА МЕХАНИЗАЦИЈА .....	5
4.	УСЛОВИ ЗА ПРИМЕНА НА ТОВАРНО-ТРАНСПОРТНА МЕХАНИЗАЦИЈА ВО РУДНИЦИТЕ СО ПОДЗЕМНА ЕКСПЛОАТАЦИЈА .....	7
4.1.	Барања кои треба да ги исполни рударската механизација .....	8
4.2.	Фактори кои влијаат за избор на механизација за откопен транспорт.....	10
4.3.	Поделба на товарно-транспортни машини во подземна експлоатација.....	11
4.3.1.	Поделба на товарно-транспортни машини според технолошката намена .....	11
4.3.2.	Поделба на товарно-транспортни машини според видот на погонска енергија .....	14
4.4.	Употреба на товарно-транспортна машини во рудници со подземна експлоатација .....	16
4.5.	Предности и недостатоци при избор на товарно-транспортни машини .....	16
4.6.	Трендови во поглед на автоматизација на откопен транспорт со товарно-транспортни машини.....	18
4.7.	Историјат за појавата на товарно-транспортна механизација на подземните рудници во Македонија .....	21
5.	СТУДИЈА НА СЛУЧАЈ НА ОТКОПЕН ТРАНСПОРТ ВО РУДНИК „САСА" .....	23
5.1.	Краток осврт на геологијата на рудното наоѓалиште .....	23
5.2.	Отворање и подготовка на наоѓалиштето .....	24
5.3.	Технички карактеристики на ископината за товарење и транспорт.....	25

5.4. Технологија на подземна експлоатација на металични минерални сировини.....	26
5.5. Определување на годишен капацитет на рудникот .....	29
6. ОПШТО ЗА ПОВЕЌЕКРИТЕРИУМСКА ОПТИМИЗАЦИЈА .....	32
6.1. Оптимизациони методи за повеќекритериумско одлучување.....	33
6.1.1. Методи на повеќекритериумско одлучување.....	33
6.1.2. Методи на повеќекритериумско одлучување .....	34
6.2. Методи за повеќекритериумска оптимизација .....	36
6.2.1. Примена на метода на аналитички хиерархиски процеси (АХП) .....	37
7. ИЗРАБОТКА НА МАТЕМАТИЧКИ МОДЕЛ ПРИ ИЗБОР НА МЕХАНИЗАЦИЈА ЗА ТОВАРАЊЕ И ТРАНСПОРТ.....	39
7.1. Дефинирање на моделот .....	47
7.1.1. Анализа на проблемот .....	47
7.1.2. Дефинирање на расположливите алтернативи за оптимален избор кај масивни рудни наоѓалишта .....	48
7.2. Избор и дефинирање на критериумите .....	49
7.3. Оптимален избор на товарно-транспортна механизација со повеќекритериумска модел кај масивни рудни наоѓалишта .....	51
7.3.1. Товарање и транспорт на рудата од откопите .....	51
7.4. Технички карактеристики на товарно-транспортна механизација .....	53
7.4.1. Пресметка на капацитетот за товарно-транспортни машини во однос на капацитет на рудникот .....	60
7.5. Трошоци на откопен транспорт со товарно-транспортна механизација во функција на остварените ефективни работни часови.....	63
7.6. Одредување на инвестициони трошоци за изработка на рударска просторија .....	66
7.6.1. Пресметка на трошоци за изработен метар должен на рударска просторија за движење на ТТМ .....	69
7.7. Определување на експлоатациони трошоци за проветрување на рударските простории при откопен транспорт.....	72
7.7.1 Пресметка на потребната количина на воздух и трошоци за проветрување.....	73



7.8. Ергономски услови при управувањето со товарно-транспортни машини.....	75
8. РЕШАВАЊЕ НА ПОВЕЌЕКРИТЕРИУМСКИ МОДЕЛ КАЈ МАСИВНИ РУДНИ НАОЃАЛИШТА .....	80
8.1. Фази на методата АНР.....	81
8.2. Рангирање на алтернативите кај масивни рудни наоѓалишта .....	100
9. СТУДИЈА НА СЛУЧАЈ ЗА ИЗБОР НА МЕХАНИЗАЦИЈА ЗА ОТКОПЕН ТРАНСПОРТ ВО РУДНИК „ЗЛЕТОВО" .....	101
9.1.Технологија на подземна експлоатација кај жични рудни наоѓалишта.....	101
9.2. Оптимален избор на ТТМ кај жични рудни наоѓалишта.....	104
9.2.1. Дефинирање на расположливи алтернативи за избор.....	105
9.2.2. Технички карактеристики на товарно-транспортна механизација кои се применуваа кај жични рудни наоѓалишта .....	105
9.2.3.Дефинирање на критериуми за повеќекритериумско одлучување....	112
10. РЕШАВАЊЕ НА ПОВЕЌЕКРИТЕРИУМСКИ МОДЕЛ КАЈ ЖИЧНИ РУДНИ НАОЃАЛИШТА .....	113
10.1. Рангирање на алтернативите за жични рудни наоѓалишта .....	126
11. ЗАКЛУЧОК .....	127
12. КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА .....	130
ПРИЛОЗИ .....	133

## 1. ВОВЕД

Во рудниците со подземна експлоатација се применува технолошки процес на дисконтинуиран откопен транспорт на минираниот материјал од откопите до главните собирни места на минерална суровина. Експлоатацијата на минерални суровини претставува динамичен процес и како последица има чести промени на локацијата на откопите и условува промена на местоположбата на машините за товарање и транспорт.

Во овој магистерски труд најпрво е даден краток преглед на методите на откопување во кои е применета товарно-транспортната механизацијата, како и условите за работа, барања кои треба да ги исполни механизацијата. Степенот на усовершеност на современата самоодна механизација за откопен транспорт, применета во високоразвиените подземни рудници се одликува со голема продуктивност, мобилност, надежност и можности за автоматизација при управување.

Оптималниот избор на механизација за откопен транспорт на руда и јаловина во подземната експлоатација зависи од: техничките карактеристики на механизацијата, видот на откопната метода, дебелината на рудното тело, карактеристиките на работната средина, капацитетот на рудникот, безбедносни услови за работа и вредноста на откопен транспорт.

Во овој труд предмет на истражување е избор на товарно-транспортна механизација на рудник со подземна експлоатација на масивни и жични рудни наоѓалишта што претставува комплексна анализа со обработка на голем број алтернативи и рангирање врз основа на повеќекритериумско одлучување.

Како студија на случај во овој магистерски труд е земен откопниот транспорт во Рудникот за олово и цинк „Саса“ - М.Каменица, кој претставува рудник со понова технологија на откопување и каде што се применува дизел опрема. За оптимален избор на товарно-транспортни машини (ТТМ) се анализирани самоодни машини на дизел погон и движење со гумени тркала, со различен волумен на товарната лопата.

За товарање и транспорт на руда при откопување на жични рудни наоѓалишта, со дебелина од 1 до 3 метри, се применуваат рударски машини со помали димензии и помал волумен на товарната лопата. Како студија на случај при анализата на жични наоѓалишта е усвоен Рудникот за производство на оловно-цинковна руда „Злетово“. Рудникот „Злетово“ претставува жичен тип на

наоѓалиште, со просечно годишно производство од 250.000 тони равна руда, каде што се користат самоодни товарно-транспортни машини, со помал капацитет на пневматски, електричен и дизел погон.

При изборот на машините ќе биде истражена и обработена постојната опрема во рудниците, како и набавка на нова, која би била најефективна и најекономична при постигнувањето на потребниот произведен капацитет на руда.

Во конкретниот случај е добиено оптимално решение при изборот на механизација за товарање, транспорт и истовар на руда и јаловина, со повеќекритериумска оптимизација на одлучување. За решавање на проблемот се дефинирани следниве критериуми на одлучување:

- капацитет на откопен транспорт,
- трошоци на откопен транспорт,
- трошоци за изработка на рударската просторија,
- трошоци за проветрување,
- ергономските услови за работа на операторот.

Применета е метода за повеќекритериумско одлучување наречена аналитички хиерархиски процеси (АХП).

АХП е метода која го структурира проблемот во вид на хиерархија во неколку нивоа (прво, второ итн.). Оваа метода врши рангирање на алтернативите со истовремена споредба на критериумите за одлучување и давање на нивни приоритети.

### **1.1. Предмет на истражување**

Предмет на истражување на овој магистерски труд е товарно-транспортната механизација која се користи за транспорт на одминираната руда од откопното чело до блоковската рудна сипка или до приемен бункер, односно до транспортното средство кое се користи за главен транспорт. Имајќи предвид дека количеството на одминираната руда е променлива големина, а исто така со напредувањето на откопите се менува и растојанието од товарното до истоварното место, изборот на ТТМ ќе зависи од техничките перформанси на машината. Познато ни е дека различни производители на ТТМ машини произведуваат машини со разни специфични технички карактеристики.

Во магистерскиот труд ќе бидат анализирани следниве алтернативи на ТТМ:

- Товарна лопата WAGNER ST 7 (Atlas copco од Шведска);
- Товарна лопата WAGNER ST 3.5 (Atlas copco од Шведска);
- Товарна лопата CAT - R1300G (Caterpillar од Америка);
- Товарна лопата TORO 151 (SANDVIK од Финска);
- Товарна лопата CAVO 310 (Atlas copco од Шведска);
- Товарна лопата Microscoop 100 E (SANDVIK од Финска).

## **1.2. Цели на истражување**

Цел на истражувањето на овој магистерски труд е да се изврши избор на оптимална опрема за откопен транспорт во подземен рудник со примена на повеќекритериумската оптимализација при одлучувањето, при што ќе се изврши анализа на постојни и новопланирани производни системи.

## **1.3. Методологија на истражување**

При изработка на овој магистерски труд се користени математички методи за повеќекритериумско одлучување, а за прибирање на информациите за атрибутите на поединечните критериуми за одлучување се користени изворни статистички податоци и е извршено снимање на работата на постојните ТТМ на активните откопни блокови во претходно споменатите рудници.

## **1.4. Осврт на досегашните истражувања**

Рудниците за подземна експлоатација на минерални сировини претставуваат еден сложен производен систем кој мора да биде поврзан и усогласен со целосно функционална инфраструктура. Транспортот на руда од откопите претставува една од најзначајните фази во процесот на подземна експлоатација и остварување на оптималниот откопен транспортен капацитет што многу влијае на реализацијата на вкупниот производен капацитет на рудникот. Многу пати несоодветниот избор на ТТМ за откопен транспорт, недоволно временско искористување на ТТМ или неостварување на потребниот капацитет доведуваат до тоа откопниот транспорт да претставува тесно грло на производството.

Врз основа на согледувањето на досегашните научни истражувања во областа на откопниот транспорт може да се заклучи дека постојат мал број на трудови кои се занимавале со проблемот на избор на машини со дисконтинуиран транспорт и каде што е применета методологија за анализа на повеќе фактори при донесување на одлука за оптимален избор.

Од литературата која го обработува овој проблем ќе наведеме неколку научни трудови публикувани на конгреси или симпозиуми за рудничкиот транспорт:

- Десподов З., Димитровски И.: Искористување на товарно-транспортната механизација во Рудник „Злетово“ и негово влијание во трошоци на откопувањето, Подземни радови 8, РГФ - Белград (1998).35-41;
- Десподов З., Насевски Д.: Одредување на капацитетот при транспорт на руда со ТТМ на дизел погон за условите во Рудникот за олово и цинк „Тораница“, Трето интернационално советување за транспорт и извоз; РГФ - Белград, 1996.
- Вукобровиќ Т., Игнатовиќ М.: Примена на дисконтинуирани транспортни дизел машини во неметански рудници, Трето интернационално советување за транспорт и извоз, РГФ - Белград, 1996.

Исто така, одредени истражувања се вршени и во рамките на изработката на проектна техничка документација, односно рударските проекти за откопување на орудувањето во рудниците „Саса“, „Злетово“ и „Тораница“.

Имајќи предвид дека транспортот и одвозот на рудата на откопите е многу значајна фаза во процесот на подземна експлоатација и дека овој проблем кај нас многу малку е истражуван, се јави потреба од научни истражувања во областа на подземното рударство.

## **2. УЛОГА И ЗНАЧЕЊЕ НА РУДАРСКАТА МЕХАНИЗАЦИЈА ВО РУДНИЦИТЕ СО ПОДЗЕМНА ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ**

Современиот технолошки процес на експлоатација на минерални сировини се карактеризира со сè поголема замена на работна сила со механизација, така што во денешно време во рудниците со подземна експлоатација треба да се настојува кон воведување на поголема механизираност на работните операции и намалување на бројот на вработени кои работат на: ракување, одржување и извршување на помошни работи. Рударските машини во подземната

експлоатација се наменети за: откопување, товарање, транспорт, подградување на откопаниот простор и негово засипување, како и за изработка на подземни простории. Рударските машини можат да вршат една или повеќе рударски операции, па според тоа можат да бидат прости или комбинирани.

Основната поделба на рударските машини во подземната експлоатација е следнава:

- производни машини;
- товарни машини;
- товарно-транспортни машини;
- транспортни машини и
- останати машини и уреди во подземна експлоатација.

Товарно-транспортните машини служат за товарање и транспорт на одминираниот материјал при изработката на руднички простории или откопи на определена должина.

Улогата и значењето на рударските машини во подземната експлоатација, пред сè, треба да овозможат сигурна и безбедна работа, да бидат капацитативни, економични и рентабилни.

Рударските машини во подземната експлоатација имаат улога:

- да ја заменат тешката физичка работа;
- овозможување на поголема продуктивност во производството;
- смалување на цена на чинење на производот;
- отстранување на работниците од опасните делови на технолошки процес;
- влијаат на сигурна и хигиенска работа;
- овозможуваат висок степен на автоматизација делумно или на целокупниот технолошки процес.

### **3. ОПШТИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ТОВАРНО-ТРАНСПОРТНАТА МЕХАНИЗАЦИЈА**

Товарно-транспортните машини (ТТМ) претставуваат современи машини за откопен транспорт и со нив се постигнува висока продуктивност, совладуваат поголеми успони, кривини со помали радиуси и истите се

одликуваат со голема мобилност. Товарачите се самоодни машини наменети за товарање и транспорт на откопана маса (јаловина или корисна минерална суровина) на одредено растојание и истовар во транспортно средство или ускопи.

Товарно-транспортните машини во основа се составени од следниве главни делови:

- работен орган за товарање и празнење;
- извршен и погонски уред (мотор), кој непосредно ја извршува технолошката операција;
- преносни механизми помеѓу работен уред и погонски механизам;
- транспортни уреди кои обезбедуваат движење на машината;
- носечка метална конструкција;
- систем за управување и автоматизација и регулација на приклучување и исклучување на одделни механизми.

Товарно-транспортните машини - ТТМ се применуваат на различни производни процеси во експлоатацијата при товарање и транспорт на рудата и јаловина по принципот „товари - транспортирај - истовари" (load-haul-dump) - LHD. Тие во својата работа ги соединуваат овие три операции и вршат функција на две машини, во случајот багер и камион.

Една од предностите на овој принцип е тоа што сите операции (товарање, транспорт и истовар) ги работи еден човек како оператор. Во некои современи рудници успешно се користат автоматски системи на командување на механизацијата за товарање, транспорт и истовар со далечински управувач.

Според класификацијата на рударски машини во подземната експлоатација се поделени на машини за подготовка и експлоатација на наоѓалиштето, машини за товарање и транспорт, машини за подградување и пополнување.

Основната поделба на машините во подземната експлоатација е извршена според нивната технолошка намена, прикажано на следната слика 3.1.



Слика 3.1. Графички е претставена основната поделба на рударски машини во подземна експлоатација

Figure 3.1 Graphical representation of basic classification of mining machinery used in underground exploitation

#### 4. Услови за примена на товарно-транспортна механизација во рудниците со подземна експлоатација

Во подземната експлоатација на минералните сировини е потребно да се задоволат повеќе техничко-економски услови за примена на товарно-транспортните машини. Дисконтинуиран товарно-транспортен систем е еден од најчесто користениот транспорт во подземна експлоатација. При оптимален избор на товарно-транспортен систем треба да се задоволат следниве технички услови:

- Видот и својствата на материјалот што се транспортира: големина и облик на материјалот за товарање во растресита состојба, лепливост, кртост, механички и хемиски својства и др.
- Потребен капацитет на производство: транспортните средства треба да се приспособливи за повеќе работни процеси, за да постигнат голем капацитет, треба да работат непрекинато.



- Транспортна шема и оддалеченост на откопен транспорт: изборот на механизацијата за откопен транспорт зависи од должината и наклонот на патот за транспорт со ТТМ.
- Начин на товарање и транспорт: машините за товарање и транспорт на миниран материјал кои се разликуваат според условите за товарање, товарање со директно префрлување на материјалот во друго транспортно средство, товарачи со прифаќање на материјалот со елементи на континуиран транспорт, товарање во сопствен сандак, товарање и транспорт со товарна лопата.
- Карактеристики на производниот процес поврзан за откопен транспорт: товарната механизација треба да одговара на технолошкиот процес и неговите потреби т.е. транспорт од работилиште до одредено место.
- Локалните услови за избор на откопен транспорт зависат од: големината, обликот и пресекот на јамски објект, потребен број на опрема, помошни простори за сервис на опремата, степен на запрашеност и влажност, температура и др.

Со примена на товарно-транспортните машини во подземна експлоатација треба да се задоволат следниве економски услови:

- остварување на голем капацитет на опремата;
- минимални трошоци за инвестициски вложувања во опрема;
- ниски оперативни трошоци;
- обезбедување на продуктивност и искористување на опремата;
- максимално користење на погонската енергија на опремата;
- задоволување на димензиите на механизацијата во однос на профилот на рударската просторија;
- стручност и потребен број на работници.

#### **4.1. Барања кои треба да ги исполни рударската механизација**

За откопувањето на минералната супстанца е потребно исполнување на следните барања од транспортните средства:

- Примена на високопродуктивни специјализирани машини, кои можат да ги извршуваат сите специфични работи во рударството.

- Примена на универзални машини за работи, каде што се во прашање комплексни зафати, кои обединуваат два или повеќе производни процеси.
- Примена на средства т.н. помошна механизација за сите работи кои не можат да се вршат со крупните т.е. основните машини, како и за работите кои треба да им овозможат што попродуктивна работа на основните машини.
- Системска обнова на машините и нивна модернизација.

Досегашното искуство покажало дека темпото и економиката на работите на подземните рудници, во основа, зависат од нивото на општата механизираниост на откопите, а посебно од нивото на механизација на откопниот транспорт.

Максималниот економски ефект се постигнува само ако машината задоволува редица барања. Општи барања за избраната структура на комплексната механизација се едноставност, континуитет, сигурност и економичност. Тие можат да се дефинираат во следниве постулати:

- Колку е помал бројот на машините и механизмите, шемата на комплексната механизација е посигурна, попродуктивна и поекономична;
- Одделни машини и механизми мора да одговараат едни на други по моќност и капацитет;
- При пресметка на капацитетот на машините задолжително се зема предвид општата организација на работата;
- Постигнување на голем економски ефект со целосно искористување на моќноста и капацитетот на машините и механизмите;
- Непотполното искористување на машини со голем капацитет и моќност ги влошува економските параметри во споредба со помали машини кои со подобра искористеност би извршиле исто обемна работа;
- Секоја шема на товарање, транспорт и истовар со избраната механизација треба да обезбеди висока сигурност на работа на машините, намалување на времето на застој, стабилизација на текот на откопаните маси (јаловина и суровина) и оптимален режим на рударските работи.

## 4.2. Фактори кои влијаат за избор на механизација за откопен транспорт

При проектирањето на технологијата на откопување, сите основни производни и помошни машини и процеси мораат меѓусебно да се поврзат по капацитети и редослед на изведување.

Прв чекор во изборот на опремата е исклучување на машините кои поради природни и технички фактори не се погодни, со што се стеснува изборот на машини за откопен транспорт кои одговараат на економските, техничките, организациските и природните фактори.

Основните принципи на кои се базира структурата на комплексната механизација се: непрекинато производство, можности за систематски начин на работа, транспортното средство мора да одговара според видот на материјалот, превозот да се изведува со помал број на претоварања на материјалот и најмал обем на помошни работи.

Основните фактори кои влијаат при изборот на рударска механизација за подземен рудник можат да се поделат во следниве групи:

- *Природни фактори* (физичко-механички карактеристики на материјалот, форма, димензии и услови на залегнување на наоѓалиштето, услови на методата на откопување и вид на корисна суровина).
- *Техничко-технолошки фактори* (годишен и дневен капацитетот на производство, рокови на изградба на проектираниот капацитет, избор на опремата за откопен транспорт во поглед на погонската енергија, можности и довод на енергија, примена на опремата според големината на попречен пресек на рударските простории и друго).
- *Економски фактори* (големина на инвестициони вложување со цена на чинење на ТТМ и големина на добивка, материјални трошоци, продуктивност на работа, одржување на опремата, амортизација и кредитни услови).
- *Организациони фактори* (расположливост со квалификувана работна сила, период на остварување на производниот капацитет, зависност од снабдување со погонска енергија, пренесување на материјал до истоварно место од транспортниот систем) и др.

Секој од споменатите фактори може во одредени конкретни случаи да има одлучувачко или второстепено значење.

#### **4.3. Поделба на товарно-транспортна механизација во подземна експлоатација**

Во случајот на товарање и транспорт на миниран материјал во технолошки процес на откопување се изведува со товарно-транспортна механизација - ТТМ која се разликува според конструкцијата на товарање и големината, односно габаритите, техничките карактеристики на капацитет, работни димензии, маса и др.

Според типот на конструкцијата на возниот уред се поделени на: машини со гасеници, шински и пневматски тркала.

За ракување на одделни функции односно склопови на опремата се применуваа механички, електрични, воздушни или хидраулички системи.

Товарно-транспортните машини според начинот на товарање и транспорт се поделени на:

- дисконтинуиран начин на работа,
- континуиран начин на работа.

##### **4.3.1. Поделба на товарно-транспортни машини според технолошката намена**

Согласно со технолошкиот процес на работа се применува механизацијата за товарање и транспорт на руда и јаловина, која се разликува според типот на работниот елемент за товарање и истовар на материјал. Кој тип на машина ќе се користи за товарање и транспорт во даден случај на откопување на рудното наоѓалиште зависи првенствено од постоечки специфични услови на експлоатација.

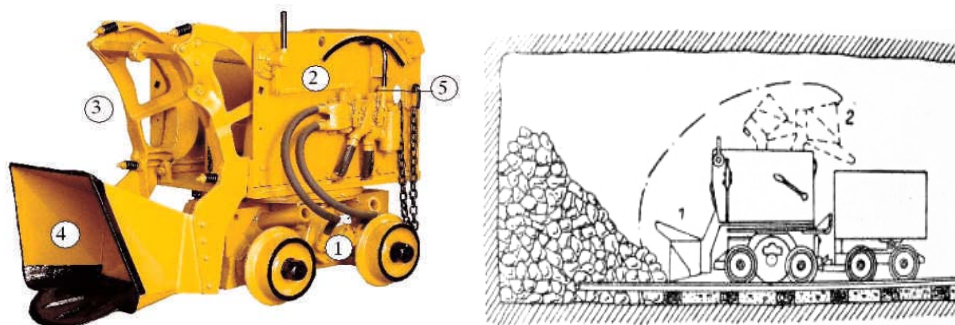
Според типот на работниот елемент за товарање и транспорт на руда и јаловина се поделени на следниве видови машини:

- машини за товарање со лопата;
- товарно-транспортни машини со сандак;
- товарно-транспортни машини со лопата - без сандак.

*Машините за товарање со лопата* најголема примена имаат за товарање на изминиран материјал при изработка на ходници и подготвителни

работилишта или од пристапни ходници директно во транспортер. Во зависност од начинот на движење на товарната лопата се делат на: шински товарни лопати и товарни лопати со пневматски тркала.

Доколку во транспортот на руда се користат вагонетки со локомотива, тогаш за товарење на руда од подготвителни работилишта се товари во вагони, а најчесто се користи шинска товарна лопата (слика 4.1). Оваа машина е конструирана за движење по шини, а работи на компримиран воздух.



Слика 4.1. Механички товарачи со товарна лопата на шински тркала - тип EIMKO

Figure 4.1. Mechanical loaders with loading bucket on rail wheels - type EIMKO

Кога се товари руда од откопи и истовар се врши во вагони, се користи товарна лопата на гумени тркала CAVO 310 (слика 4.2).



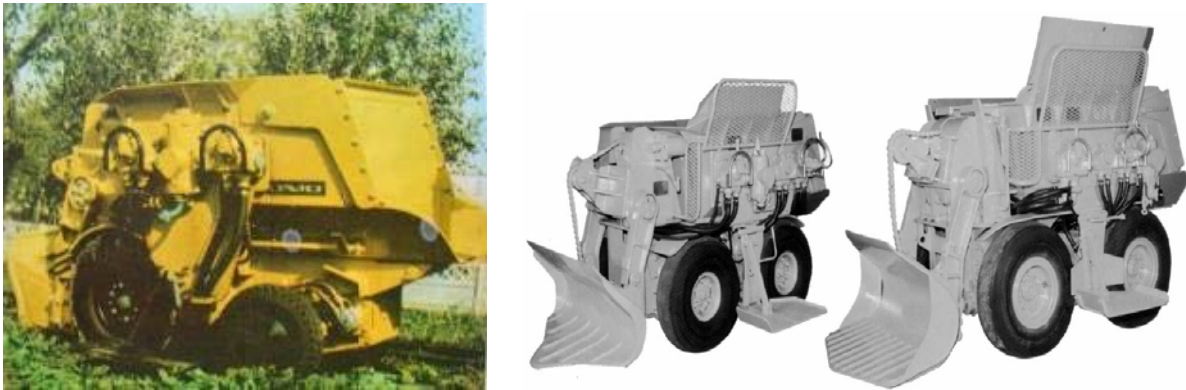
Слика 4.2. Товарни лопати со пневматски тркала CAVO 310

Figure 4.2. Loading buckets with pneumatic wheels CAVO 310

*Товарно-транспортните машини со сандак се одликуваат со тоа што покрај лопата имаат и сопствен сандак. Како погонска енергија користат компримиран воздух кој се добива преку долго гумено црево во погонскиот*

мотор и се движи на пневматски тркала од кои предните се погонски, а задните маневарски. Од левата страна на машината се наоѓаат стојалишта за ракувачот и рачки за ракување (слика 4.3).

Товарно-транспортните машини со лопата и сопствен сандак имаат најголема примена во откопите за товарање на руда и транспорт до рудни сипки. Во тој случај должината на транспортот може да биде до 50-70 m.



Слика 4.3. Товарно-транспортни машини со лопата и сопствен сандак  
Figure 4.3. Loading and transport machines with bucket and its own crate

Товарно-транспортните машини со лопата имаат процес на товарање и транспортирање на материјалот до местото на истовар, во рудни сипки или до транспортни камиони.

Товарањето на рудата и јаловината со овие машини се врши на тој начин што материјалот се зафаќа со лопатата и истата се доведува во транспортна положба (слика 4.4).



Слика 4.4. Товарно-транспортни машини со лопата на дизел погон  
Figure 4.4. Diesel powered loading and transport machines with buckets

Овие машини постигнуваат голем производствен капацитет кој зависи од големината на лопатата и должината на транспорт.

Според конструкцијата на возниот уред за движење се користат гумени тркала, а според видот на работниот погон се поделени на дизел погон или електрична енергија.

#### **4.3.2. Поделба на товарно-транспортни машини според видот на погонската енергија**

Товарно-транспортните машини (ТТМ) според видот на погонски уред, односно видот на погонска енергија, како и ракувањето со одделни функции се поделени на: погон со компримиран воздух, погон со електромотори и мотори со внатрешно согорување на дизел погон.

- Машините кои работат на компримиран воздух користат пневматска енергија преку гумено црево со должина од 50 до 80 m и се применуваат во жични рудни наоѓалишта.
- Товарно-транспортните машини на дизел погон имаат моќни мотори, напредна погонска технологија, тежок планетарен оскин систем, погон на четири тркала, артикулиран управувач и ергономска контрола.

- Машините на електричен погон имаат ограничена примена од технички аспект, која користи електричен кабел за напојување на моторот и се намотува на тркало, овозможува голема автономност при маневрирање, товарање, транспорт и истовар.

Преглед на повеќе видови товарно-транспортни машини за товарање на материјал со сандак, од повеќе производители (табела 4.1).

Табела 4.1. Видови на товарно-транспортна механизација со сандак  
Table 4.1. Types of loading and transport machinery with a crate

Тип на товарна лопата	Волумен на лопатата (m³)	Волумен на сандакот (m³)	Погон	Простор ија m/m/ширина/висина	Начин на движење	Димензии на машината (m)		
						должина	ширина	висина
<b>ATLAS COOPCO од Шведска</b>								
CAVO 310	0.13	1,0	Компр. Воздух	2,5x2,7	Пневматски тркала	2,9	1,8	2,3
CAVO 510	0.5	2,2	Компр. Воздух	2,7x3,3		3,6	2,2	2,7
CAVO D710	1.00	5,0	Дизел	2,7x3,6		8,3	2,2	2,9
T2GH	0.12	0,75	Компр. Воздух	2,4x2.7		3,0	1,4	2,3
T4G	0.30	1,8	Компр. Воздух	2,7x3,0		4,5	1,9	2,4
<b>JOY USA</b>								
Ehrasco op	1.0	8.7	Дизел	3,8x3,3		9,9	3,0	2,6

Во табелата 4.2. е даден преглед на некои производители на товарно-транспортна машини со лопата.

Табела 4.2. Видови на товарно-транспортна механизација со лопата  
Table 4.2. Types of loading and transport machinery with bucket

Тип на товарна лопата	Волумен на лопатата (m³)	Носивост на лопатата (t)	Погон	Руд.прост орија m/m/ширина/висина	Начин на движење	Димензии на машината (m)		
						должина	ширина	висина
<b>ATLAS COOPCO од Шведска</b>								



TORO 151	1,50	1300	Дизел	2.3/3.0	Пневматски тркала	6,97	1,45	1,7
ST-2D	1,90	3,63	Дизел	3,0/2,8		6,63	1,98	1,65
ST-3.5	2.70	6,0	Дизел	3,3/3,3		8,5	1,95	2.1
ST-5A	3,80	6,80	Дизел	3,5/3,3		8,8	2,5	1,5
ST-7	3.10	6.70	Дизел	3,3/3,3		8.7	2.2	2.1
CT 500 HE - Microscop	0,39	0,6	Елект - ричен	1,9/2,5		4,2	0,85	1,9

Во Рудникот „Саса“ се применуваат товарно-транспортни машини на дизел погон, кои активно се користат во сите хоризонти од 1996 година. Рудникот „Злетово“ користи машини со помали димензии на пневматски и електричен погон и има тенденција за создавање на услови за примена на товарно-транспортни машини на дизел погон.

#### **4.4. Употреба на товарно-транспортни машини во рудници со подземна експлоатација**

Машините кои се применуваат во рудниците за подземна експлоатација и поради специфичноста на работната средина се конструирани за товарење и транспорт на ископината. Конструкцијата на јамските машини треба да се соодветни за подземна апликација каде што висината и ширината се ограничени во однос на профилот на рударската просторија.

Додека подземната опрема треба да биде избрана и да одговара на методата на експлоатација на рудникот, подеднакво е точно дека рудникот треба да е дизајниран да одговара на опремата. Невозможно е да се започне рудник без планирање, организација и без добра идеја од типот и големината на опрема.

#### **4.5. Предности и недостатоци при избор на товарно-транспортни машини**

Сите опишани видови на товарно-транспортни машини на еден и друг начин имаат предности и недостатоци во зависност од техничките и економските карактеристики, што влијае при избор на најповолна товарно-транспортна механизација.

Во зависност на типот на возниот уред кој се користи за товарање и транспорт може да се издвојат некои предности и недостатоци. Машините кои се движат на шини се приклучени за помошни објекти и имаат ограничена подвижност, но се поедноставни за ракување и порационални за одржување. Како недостаток на шинските возила е тоа што секогаш се применуваат во хоризонтални рударски простории и имаат мал капацитет со ограничена маневарска способност, работа која е врзана за шински колосек и нема можност за автоматизирана работа.

Самоодните товарно-транспортни машини со дизел погон на пневматски тркала не се приклучени за помошни објекти на шини, имаат голема брзина и капацитет, совладуваат големи наклони на јамски објекти.

Во зависност од работниот погон, товарно-транспортната механизација се карактеризира со неколку предности и недостатоци.

Рударските машини на дизел погон се одликуваат со добри и неограничени маневарски способности, имаат голема подвижност, неограничен радиус на движење, затоа што не се поврзани со изворот на енергија, како електричните и машините кои работат на компримиран воздух.

Негативни страни на машините со дизел мотори се:

- големо загадување на јамскиот воздух;
- издувните гасови кои настануваат при работата на моторите содржат отровни и задушливи честички;
- имаат поголем трошок во однос на машини на пневматски погон;
- висока набавна цена;
- високи експлоатациони трошоци за одржување.

Рударските машини кои работат на пневматски погон имаат помало загадување на воздухот, но негативно е тоа што секогаш напојувањето на погонска енергија е врзано со доводно гумено црево и работи во ограничен простор во должина до 50 метри.

Машините на електричен погон за товарање и транспорт во подземните рудници имаат предност кон машините на дизел погон со тоа што:

- нема емитување на издувни гасови;
- не е потребен голем интензитет на вентилација;
- подобра е видливост во јама;
- електромотори емитуваат мала температура;

- има мала бучава во текот на работата;
- едноставни електрични мотори имаат полесно одржување.

Главен недостаток кај електричните машини е ограниченото движење и додатните трошоци поради краткиот век на повлечниот кабел за напојување со електрична енергија.

Технологијата во подземната експлоатација се развива во поглед на примена на комплексна механизација, со тоа што во светот сè повеќе се применува електрична LHD механизација.

#### **4.6. Трендови во поглед на автоматизација на откопен транспорт со товарно-транспортни машини**

Рударски компании во моментов инвестираат во автоматска опрема како средство за зголемување на безбедноста, намалување на рачно повторувачка работа, како и зголемување на вкупната ефикасност и продуктивност. Поради тешките и небезбедни услови за работа во подземен рудник, при откопување на руда е потребно да се автоматизира процесот за товарање и транспорт.

Со автоматскиот систем, операторот при товарање работи надвор од откопниот простор и надвор од рудникот со што се зголемуваат сигурноста и безбедноста на персоналот и поголема продуктивност.

Предност на автоматизираниот процес е помало одржување и подолг рок на употреба, а исто така со автоматизација на LHD се заштедува работна сила, со користење на еден оператор за повеќе машини.

Системот за автоматизација на LHD возила треба да ги содржи следните компоненти:

- уреди кои се монтирани на LHD машини,
- уред за обработка на податоци,
- безжична комуникација со операторот,
- разни сензори.

Автоматизацијата на LHD машина може да се прикаже на повеќе начини. Далечинско управување се извршува во простор каде што операторот се наоѓа во непосредна близина во видно поле на товарачот. Техниката на автоматизирано товарање се користи во небезбедни работни простории каде што операторот управува рачно со далечински контролор. По товарањето рачно се транспортира до местото на истовар.

Овој начин на автоматизација не е многу безбеден, бидејќи операторот се наоѓа во близина на товарачот (слика 4.5).



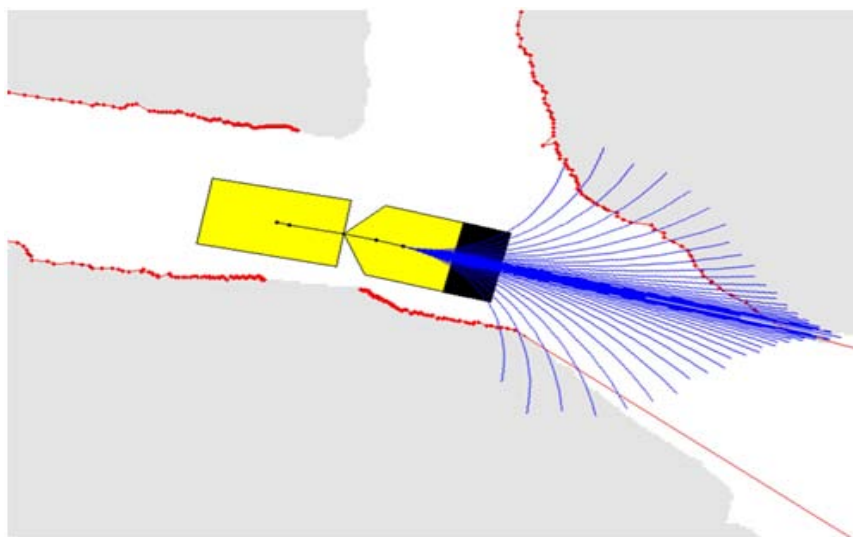
Слика 4.5. Далечинско управување на товарна лопата со контролор  
Figure 4.5. Remote command of loading bucket by controller

Автоматизацијата на LHD како напреден чекор е примената на видеокамери кои се инсталирани на товарачите. Поради автоматското управување од команден центар, односно од далечина, операторот има ограничена сетилна перцепција за водење на машините и брзината на движење е помала, па според тоа резултира со намалена продуктивност. (слика 4.6). Командувањето со овој процес доведува до поголема безбедност, но има големи трошоци на производство.



Слика 4.6. Далечинско управување со видеокамери на возилото  
Figure 4.6. Tele remote command with video cameras on the vehicle

Како напреден чекор во автоматизацијата на LHD товарачите е што тие се движат независно од операторот и додека трае циклусот може да реагираат во одредени точки. Овој начин на командување е унапреден со тоа што може истовремено да се оперира со еден или повеќе LHD товарачи на безбедна и одредена оддалеченост. Автоматските LHD возила имаат вградено безбедносни уреди за регистрирање на физички бариери, односно секое нарушување на просторот што реагира со автоматско стопирање на машината. Со придвижување на возилото се пресметуваат и се добиваат три клучни вредности на пречки, со ласерско читање на должината, странично растојание и вредности од сетот зраци кое ги евалуира (слика 4.7).



Слика 4.7. Машина со ласерски податоци (црвено) и сет зраци (сина)  
Figure 4.7. Machine with laser data (red) and a tentacle set (blue)

Инвестицијата за инсталирање на автоматизиран систем е голема, но кај големите рудници со поголема продуктивност има помали трошоци, каде што се добива предност за зголемување на производството, со тенденција за работа во помали рудници.

Поради можноста за употреба на LHD автоматизирани машини во подземни рудници, како и од страна на голем број компании се произведува опрема за автоматизан систем на LHD машини. Првиот произведувач на автоматски системи за подземна експлоатација е Sandvik. Најпознати се Atlas Copco и Sandvik од Шведска и Caterpillar од САД/Австралија. Секој производител нуди голем број различни модели на машини со различни капацитети и големини.

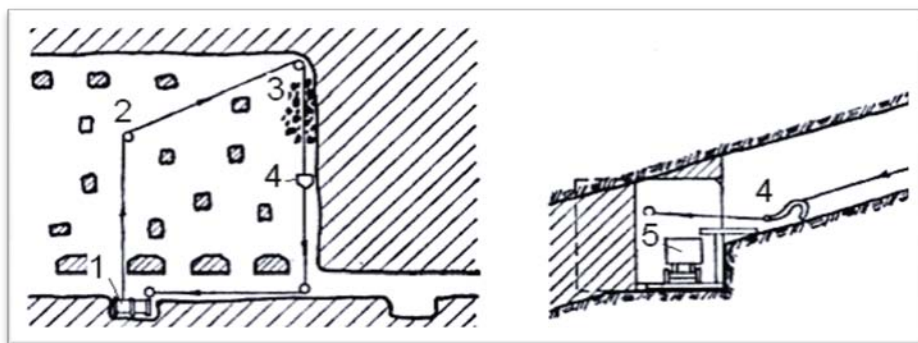
#### 4.7. Историјат за појавата на товарно-транспортна механизација во подземните рудници во Македонија

Во зависност од методата на откопување, морфологијата и положбата на рудното тело, како и други рударско-геолошки карактеристики на наоѓалиштата се разликуваат рачно, гравитациско и механизирано товарање и одвоз на материјал од работилиштето.

Рачно товарање на руда од откопи се применува кај некои откопни методи каде што не може да се применат сила на гравитација или механички средства. Товарането и транспортот на соборената руда од откопите до рудната сипка, гледано историски, бележат постојани промени.

Со почетокот на отворањето на подземните рудниците во Македонија е користен скреперски откопен транспорт, а во денешно време се користи современа механизација и технологија. Во подземните рудници „Злетово“ и „Саса“ во Македонија се употребени првите машини за товарање и транспорт на минерален материјал од типот скрепер и "ЕИМКО".

За скреперскиот транспорт се употребуваат скрепери со различна моќност на моторот и различни димензии на сандакот. Скреперите нашле широка примена за зафаќање на руда од подолжен ходник, кои се составени од витла и орган за зафаќање (корпа), има тркало со погонско витло на пневматски или електричен мотор за намотување на челични јажиња. Товарането на руда од откопите може да се врши во повеќе комбинации со два или три барабани и тркало преку повратна макара, означени со позиции на слика 4.8.

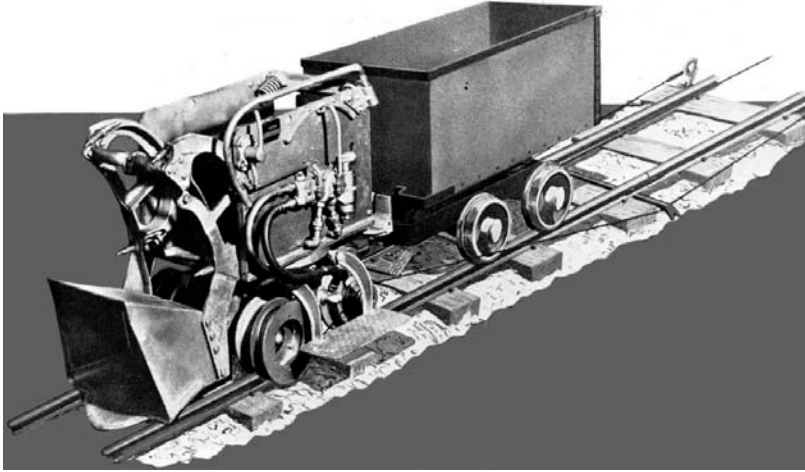


1.скреперски вител; 2 и 3. макара; 4.скреперска лопата; 5.вагон.

Слика 4.8. Шема на товарање со скрепер во откоп

Figure 4.8. An outline of loading with scrapper in open pit

Машина за товарање со лопата „EIMKO“ која е конструирана за движење на шини со вагонски тркала и работи на компримиран воздух со мал капацитет, која се користи за изработка на истражни ходници (слика 4.9).



Слика 4.9. Машина за товарање со лопата EIMCO 12B со приклучен вагон  
Figure 4.9. A loading machine with the shovel EIMCO 12B with an attached wagon

Со отворање на Рудникот „Саса“ во 1966 година се почнува со производен процес со метода на подетажно откопување со зарушување, каде што за товарањето на рудата при изработка на истражно-подготвителни работи се користени товарно-транспортна опрема на пневматски погон T2GH и CAVO310 со сандак од шведско производство.

Во текот на 1970 и 1980 година биле извршени дополнување и подобрување на постоечката опрема со цел зголемување на капацитетот на производство, така што истиот достигна годишно производство од околу 625.000 тони. Со зголемување на производството во 1980 година и отворањето на нови хоризонти се користени товарачи CAVO 510 на пневматски погон, со големина на лопата од 0,35 м<sup>3</sup> за товарање на руда од откопи и должина на транспорт од околу 50 м.

Во Рудникот „Саса“ се применети првите самоодни товарно-транспортни машини на дизел погон, GHN и Schopf, кои се конструирани за движење на гумени тркала, од производство на Atlas Copco, кое е почнато од 1984 година. Со отворање на нови хоризонти и зголемување на капацитетот на рудникот е воведена нова технологија и современа самоодна механизација на дизел погон, со која е постигнато максимално производство на руда. Во поново време

во нашите рудници од 2000 година сè поголема примена имаат товарно-транспортните машини со капацитет на лопата од 2,0 до 3,5 m<sup>3</sup> од производство на Atlas Copco - Шведска, кои се предмет на обработка во овој магистерски труд.

Во товарно-транспортната механизација која во денешно време се применува во Рудникот „Злетово“ се следниве машини:

- T2GH;
- CAVO310;
- MICROSCOOP 100 E.

Товарно-транспортни опреми T2GH и CAVO310 користат пневматски погон и товарање на ископината во сандак. Овие две машини се применуваат во Рудникот „Злетово“ околу 30 години, за откопен транспорт на „Злетовската откопна метода“ и „Подетажна откопна метода“. Товарно-транспортна машина со лопата Microscoop 100E е машина која работи на електропогон и се користи за товарање и транспорт за откопување на тесни рудни жици и ходници со мали димензии. Во Рудникот „Злетово“ се применуваат микроскопите од 1985 година кои се користат само на откопите од подетажна откопна метода.

Механизација со дизел мотори најпрво се применувале во подземни рудници во Германија од 1927 година како јамски локомотиви, кои подоцна се применети и во Англија и во останати рудници во Европа и во Америка.

## **5. СТУДИЈА НА СЛУЧАЈ НА ОТКОПЕН ТРАНСПОРТ ВО РУДНИК „САСА“**

### **5.1. Краток осврт на геологијата на рудното наоѓалиште**

Рудното наоѓалиште Свиња река просторно е лоцирано во северозападниот дел на рудното поле САСА, отворено со хоризонт XVI (1126m), а моментално се вршат геолошко-истражни работи на потег XIVb (1064m) до хоризонт 830, каде што е утврдено продолжување на оруднувањето. Во градбата на теренот учествуваат метаморфни и млади магматски карпи. Од комплексот на метаморфни карпи најчесто се среќаваат: гнајсеви, кварц-графитични шкрилци, циполини и циполински шкрилци.



Според геолошко-морфолошките карактеристики на рудно тело по пад и протегање, речиси во целост се поклопува со протегањето и падот на шкрилците и циполините кои имаат правец на протегање север-северозапад кон југ-југоисток, со пад кон југозапад, со паден агол од 20° до 50°. Димензиите на рудните тела се променливи и тие по протегање изнесуваат од 50 до 125 м, а по вертикала рудата не е ограничена.

Дебелината на рудните тела е променлива, како по протегање така и по пад, и изнесува од 3 до 20 м, кои спаѓаат во масивни рудни наоѓалишта. Околу рудите се присутни поголем број апофизи во вид на раслојување или жици со мали размери.

## **5.2. Отворање и подготовка на наоѓалиштето**

Рудното наоѓалиште Свиња река во Рудник „Саса“ е отворено со поткоп XIVb (1.064,0 m), а подлабоките делови на рудното наоѓалиштето се отворени помеѓу хоризонтите XIVb и 830 на висинско растојание од 75 метри. Како перспективен план за продолжување на векот на експлоатација на Рудникот „Саса“ е усвоен комбиниран начин на отворање на рудното наоѓалиште меѓу хоризонтите XIVb и 830 со следните објекти:

- главна извозно-сервисна рампа од поткоп XIVb до хоризонт 830 и
- продолжување на Поткоп 830 кон север до границата на оруднувањето.

Рударски простории за подготовка на наоѓалиштето се изработуваат во рудниот блок за да го поделат на делови, кое ќе може да се разработи за откопување. Со нив рудното наоѓалиште се поделува на откопни полиња и блокови, хоризонти и етажи.

За понатамошни пресметки на откопна подготовка при товарање и транспорт се замени податоци за обработка од Рудник за олово и цинк „Саса“. Од искусствените податоци и предвидените физичко-механички карактеристики на рудата и околните карпи и потребниот капацитет на рудник се предлага метода на откопување со зарушување на кровински карпи по правец на протегање на рудното тело.

### 5.3. Технички карактеристики на ископината за товарање и транспорт

Врз основа на пресметки и анализи и статистичка дистрибуција се дадени вредности на најважните инженерско-геолошки карактеристики и физичко-механички особини на рудата и придружните карпи во рудникот (табела 5.1).

Врз база на класификација на работната средина се одредени следниве параметри и вредности:

$\gamma$  - волуменска маса во збиена состојба,

$\sigma_c$  - цврстина на притисок,

$\sigma_t$  - цврстина на затегнување,

$\sigma_s$  - цврстина на свиткување,

$\tau$  - цврстина на смолкнување,

$\phi$  - агол на внатрешно триење,

$c$  - кохезија,

$\mu$  - Поасионов коефициент,

$E$  - модул на еластичност, степен на дупчивост, степен на абразивност и степен на дробливост – отпор кон минирање.

Класификацијата на рудата и придружните карпи се однесуваат само на работната средина од ревер Свиња река во Рудникот „САСА“, каде што се земени податоците за дупчивост, абразивност и дробливост.

Табела 5.1. Физичко-механички карактеристики на рудата и придружните карпи во Рудникот „САСА“

Table 5.1. Physical-mechanical characteristics of ore and related rocks in the SASA mine

Ревир	Работна средина	$\gamma$ t/m <sup>3</sup>	$\sigma_c$ MPa	$\sigma_t$ MPa	$\sigma_s$ MPa	$\tau$ MPa	$\varphi^\circ$	c MPa	$\mu$	E ×10 <sup>3</sup> MPa
Свиња река	руда масивна	3.1-4.3	62-165	5-29	4-16	10-20	38-55	9-48	0.24-0.25	52-87
	сиромашна руда	3,0-3.9	62-151	12-21	8-22	10-46	34-55	14-28	0.21-0.25	50-72
	Дацит, гнајс, скарн, шкрилец	2.6-3.2	65-189	16-19	8.4-15	12-48	40-52	13-27	0.13-0.26	25-71

Рудата со ситнозрна масивна структура е цврста и кај поголемиот број на рударски простории со попречен профил од 10 м<sup>2</sup> не покажува склоност кон самозарушување.

Карпите кои ги сочинуваат подината и кровината се дацито-андензитски. Тие спаѓаат во групата на цврсти и компактни карпи. Со оглед на тоа дека дацитите поседуваат такви физичко-механички карактеристики, досегашните објекти на отворање и подготовка се изведуваат без подградување.

За пресметка на капацитетот на ТТМ се земени следните карактеристики на ископината:

- волуменска маса на рудата во растресита состојба .....  $\gamma = 2,2 \text{ t/m}^3$
- волуменска маса на јаловината во растресита состојба .....  $\gamma = 1,8 \text{ t/m}^3$
- содржина на влажност во равна руда за товарање изнесува ..... 5-6%.

#### 5.4. Технологија на подземна експлоатација на металични минерални суровини

Откопувањето претставува основна рударска активност и процес на дезинтеграција на рудата од рудните наоѓалишта, при што настануваат откопни простории - откопи. Изборот на методата на откопување и конструкцијата на

откопот претставува најтежок процес при управување на рудниот масив и зависи од природни и морфолошки услови на рудното наоѓалиште.

Во зависност од големината и моќноста на рудните наоѓалишта се поделени на масивни и жични рудни наоѓалишта, со што зависи и начинот на поделбата на откопни блокови, хоризонти, подетажи и метода на откопи. Со изборот на технологија на откопување се усвојуваат и големината на рударските простории и примена на рударска механизација која одговара на карактеристиките на методата на откопување.

Врз основа на поголем број карактеристики и морфолошки фактори за оруднувањето, кај рудни наоѓалишта со поголема моќност на оруднувањето од 10 метри и повеќе се вбројува во масивни рудни тела за кои може да се применат методи на откопување:

- методи на подетажно откопување со зарушување;
- метода на откопување со зарушување на рудата и кровинските карпи;
- методи на подетажно откопување со отворени откопи.

За откопување на оруднувањето во Рудник „Саса“ ревер Свиња река се применуваат откопни методи на подетажно откопување со зарушување, кои се поделени во следните подгрупи на методи:

- подетажна откопна метода со зарушување на рудата и кровински карпи (кровината) по протегање на рудното тело со моќност од 5 до 8 m;
- подетажна откопна метода со зарушување на рудата и кровински карпи (кровината) попречно на рудното тело со моќност поголема од 10 m.

➤ **Метода на подетажно откопување со зарушување на рудата и кровинските карпи попречно на рудното тело**

Принцип на откопување кај оваа метода се применува во Рудникот „Саса“ кај рудни тела со дебелина над 10 m. Отворањето на етажите во блокот се врши од откопната рампа. Рампата е лоцирана централно на откопниот блок во подина на оруднувањето со наклон од 15%. Откопната рампа е намената за пристап на механизацијата за дупчење, товарење и сервисирање на откопите во блокот, односно до секое откопно ниво. Подготовката почнува со изработка

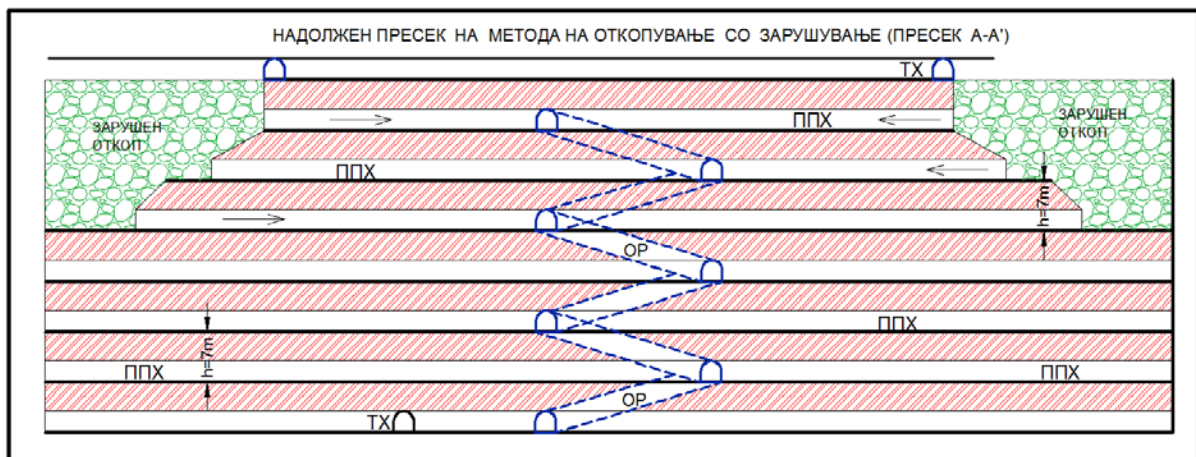
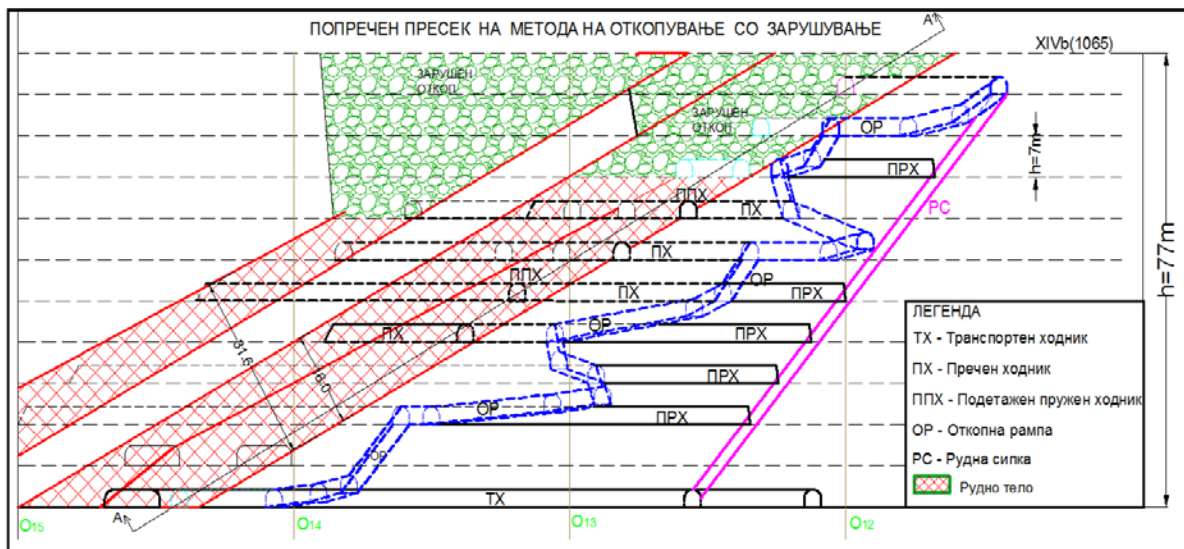
на подински подетажен ходник по руда до крајните граници на откопот и изработка на пречни ходници до кровина на оруднувањето, на меѓусебно растојание од 9 m. Во средината на откопниот блок што е нормално долг од 100-200 m се изработуваат блоковска рудна и јаловинска сипка (PC, JC) и ускоп за вентилација и минување (УМВ). Во секоја подетажа објектите меѓусебно се поврзуваат со што завршува прва фаза откопната подготовка во блокот. Откопувањето на рудни тела со моќност поголема од 15 m е метод каде што во фаза на изработка на подготвителните работи по руда се работат два или три подетажни насочни ходници (слика 5.1).

Втората фаза на откопувањето започнува со повлекување од крајните граници на оруднувањето кон средината на блокот и се состои во тоа што соборување рудата над подетажниот ходник и пречниците се откопува редоследно. Прво се откопува рудата над подетажниот ходник, а потоа се откопува меѓу пречниците со нивно проширување лево и десно за 1.25 m.

Дупчењето и минирањето на „лепезите“ се врши од подинскиот подетажен ходник и од пречниците со кое започнува ускопно по падот на рудното тело, формирајќи откопна комора. Ширината на комората зависи од карактеристиките на рудата и околните карпи и се движи од 4 до 6 m, со што се овозможува паралелно и безбедно дупчење и минирање на горната подетажа, односно товарање на руда од подолната етажа. По изработката на првиот засек (сегмент на откопување) се пристапува кон дупчење и минирање на вториот засек со оставање на плоча кон погорното ниво за да не дојде до неконтролирано протекување на јаловина од горната етажа.

Товарањето и транспортот на рудата или јаловината, при изработка на објекти од подготовката и откопувањето, се целосно механизирани и се вршат со дизел товарно-транспортна механизација. Соборената руда во откопот се товара со товарно-транспортна механизација и се транспортира до рудните сипки. Товарањето на рудата се врши од подинскиот ходник и од пречниците до отворениот простор на откопот, каде што се применети заштитни мерки при товарање на руда од откопи. Од досегашното работно искуство во Рудникот „Саса“ се користени самоодни товарно-транспортни машини на дизел погон со пневматски тркала, кои се предмет на студија во овој магистерски труд.

На наредната слика е прикажана метода на откопување со зарушување на рудата и кровинските карпи на масивни рудни тела со моќност од 10 до 15 m, со примена на електрична хидраулична дупчалка BOOMER 251H. При изведување на рударските работи со дупчење, минирање, товарање, транспорт, осигурување со подградување е потребна примена на прописите и мерките за безбедност при откопување на масивни рудни тела.



Слика 5.1. Метода на подетажно откопување со зарушување со кратки мински дупки

Figure 5.1. Method of sublevel excavation by open-pit mining with short mining pits

## 5.5. Определување на годишен капацитет на рудник

Во рудникот за олово и цинк со подземна експлоатација како главен предизвик во работењето е остварување на техно-економските планови на експлоатација и експлоатационен капацитет на рудникот кој се стреми кон

максимум. Капацитетот на рудникот зависи од многубројни фактори, кои се поделени во три групи и тоа:

- геолошки,
- рударско-технички,
- организациско технички.

Одредување на годишен капацитет на рудникот според интензитет на откопување на наоѓалиштето кое е со агол на залегање од  $30^\circ$  може да се пресмета по следната формула:

$$Ai = \frac{h \cdot P \cdot \gamma \cdot i_r}{1 - O_r}$$

$h$  - откопна висина на целата површина во текот на годината (m),

$P$  - средна откопна површина ( $m^2$ ),

$\gamma$  - волуменска маса на рудата во растресита состојба .....  $3,2 \text{ t/m}^3$

$O_r$  - коефициент на осиромашувањето - за средно вредна руда е 20-25%

$i_r$  - коефициент на искористување - за средно вредна руда е 85-90%.

За одредување на категорија на големина на наоѓалиштето се користи средна должина на откопното поле -  $L(m)$  и средна дебелина на моќност од 15 (m), кое се пресметува средна откопна површина -  $P$  за одредена категорија на наоѓалиште.

$$P = L \cdot d = 600 \cdot 15 = 9000(m^2)$$

Во зависност од пресметката на површината на откопното поле, која изнесува  $9.000 \text{ m}^2$ , е одредена категорија од среден тип наоѓалиште, каде што за понатамошна пресметка се определени податоци за средни наоѓалишта. Откопната висина ( $h$ ) во текот на цела година може да се одреди

$$h = h_0 \cdot K_1 \cdot K_2 = 30 \cdot 0.9 \cdot 0.80 = 21.6(m)$$

$K_1 \cdot K_2$  – коефициенти за корекција на моќност и падниот агол на наоѓалиштето,

$h_0 = (m)$  - средна годишна висина на откопување која зависи од категорија на наоѓалиштето и број на хоризонти во истовремена работа (за средна категорија 30 м).

$$\text{Годишен капацитет на рудникот е } Ai = \frac{22 \cdot 9000 \cdot 3,2 \cdot 0,85}{1 - 0,2} = 673200(m/\varepsilon)$$

Врз основа на рударски технички услови на наоѓалиштето се одредува времето на работа на рудникот:

$$t = \frac{T \cdot i_r}{A_i \cdot (1 - O_r)} = \frac{8000000 \cdot 0.85}{673200 \cdot 0.8} = 14.0(\text{год.})$$

$T$  - билансни рудни резерви ..... 8.000.000(t),

Од пресметаните билансни рудни резерви на рудникот „Аi“ и односот со годишно производство на руда и јаловина околу 700.000 (t) се усвојува век на експлоатација од 14 години.

Врз основа на прелиминарните анализи и ситуационата состојба на рудникот е поделен на истовремена работа на два хоризонти, каде што на секој хоризонт активно ќе работат по три блокови за реализирање на производниот годишен капацитет (слика 5.2). За товарање и транспорт на соборената руда од откопот до блоковските рудни сипки се применуваат товарно-транспортни машини со одреден капацитет кои се предмет на оптимален избор на машини. Пресметката на откопно - транспортен капацитет на машините по работни места и потребниот број зависи од видот на објектите за отворање и разработка на наѓалиштето, транспортните должини и наклони на рударските објекти и остварување на планираниот годишен капацитет.



Слика 5.2. Вертикален преглед на откопен блок во фаза на експлоатација со товарање транспорт на руда

Figure 5.2. Vertical overview of the excavated block in the phase of exploitation, loading and transport of ore



## 6. ОПШТО ЗА ПОВЕЌЕКРИТЕРИУМСКА ОПТИМИЗАЦИЈА

За правилен и оптимален избор на машини за откопен транспорт во подземни рудници се јавува потреба за техничко-економска анализа со помош на методи за повеќекритериумско одлучување.

Повеќекритериумската оптимизација е област каде што се формира со математички модел за одреден математички проблем, водејќи притоа сметка за повеќе цели истовремено. Основно е дека треба да се најде најповолно алтернативно решение според сите разгледувани критериуми, кои може да бидат изразени со различни мерни единици, различни парични единици, различни веројатности на појавување или субјективни процени.

Задачата на повеќекритериумското оптимизација на одлучување е во случаи кога се разгледуваат и донесуваат важни одлуки, како што се одлуките за капитални вложувања, кои ги карактеризираат релативно голем број на критериуми. За ефикасно анализирање на одлуките и пронаоѓање на соодветно решение се избираат и групираат критериумите во економски, технички, технолошки, социјални и еколошки критериуми.

Моделите кои од почеток формираат математички модел за одреден реален проблем водат сметка за повеќе критериуми истовремено и се развиваат во областа на повеќекритериумска оптимизација. Голем број критериуми во моделите на повеќекритериумската оптимизација значат не само реализирање на моделирањето, туку и зголемување на веродостојноста во добиените резултати.

Недостатоците на повеќекритериумската оптимизација се состојат во разгледување на голем број критериуми и начинот на нивно дефинирање на тежини во моделот, што од своја страна го прави комплексен овој процес на математичко моделирање.

Развојот на методите за повеќекритериумска оптимизација започнал со решавање на проблемите чекор по чекор, односно се развивале методи за конкретни проблеми. Дефинирањето на влијанијата на тежини во моделот на овој процес со математичко моделирање го прави комплексен и во денешни услови на развој на математиката како наука. Постојат голем број оптимизациони методи и други квантитативни математички методи, кои можат да се применат за решавање на проблемите и одлучување, во процесите на планирање и проектирање во рударството.

## **6.1. Оптимизациони методи за повеќекритериумско одлучување**

Повеќекритериумската оптимизација се разгледува како повеќекритериумско и како повеќецелно одлучување, кај повеќекритериумското одлучување се избира најдобрата алтернатива.

Методите за повеќекритериумска оптимизација се класифицирани во две поголеми групи:

- методи на повеќекритериумско одлучување односно повеќекритериумска анализа и
- методи на повеќецелно одлучување.

Многу често термините повеќецелно и повеќекритериумско одлучување се користат како повеќекритериумско одлучување, односно многу често се користат за да се претстави една иста класа на модел.

### **6.1.1. Методи на повеќекритериумско одлучување**

Избраните карактеристики според кои алтернативите меѓусебно се разликуваат ги нарекуваме атрибути или критериуми. Како основен елемент во методите со повеќекритериумско одлучување е атрибутот. Атрибутите секогаш самостојно ги избираме и формулираме, што значи дека нивниот избор е субјективен, бидејќи множеството на атрибути го одредува нашиот индивидуален став, односно ги открива нашите специфични цели кои сакаме да ги постигнеме со донесување на одлуката.

Секој атрибут треба да обезбеди оцена за нивото на еден критериум, за секое средство на евалуација во процесот, односно цел. По правило, поголем број атрибути треба да ја карактеризираат секоја акција посебно, тие се базирани врз основа на избраните критериуми од страна на доносителот на одлуката.

Според степенот на мерливост, атрибутите и акциите во проблемите на повеќекритериумската оптимизација се опишуваат со два вида на атрибути:

- квантитативно;
- квалитативно.

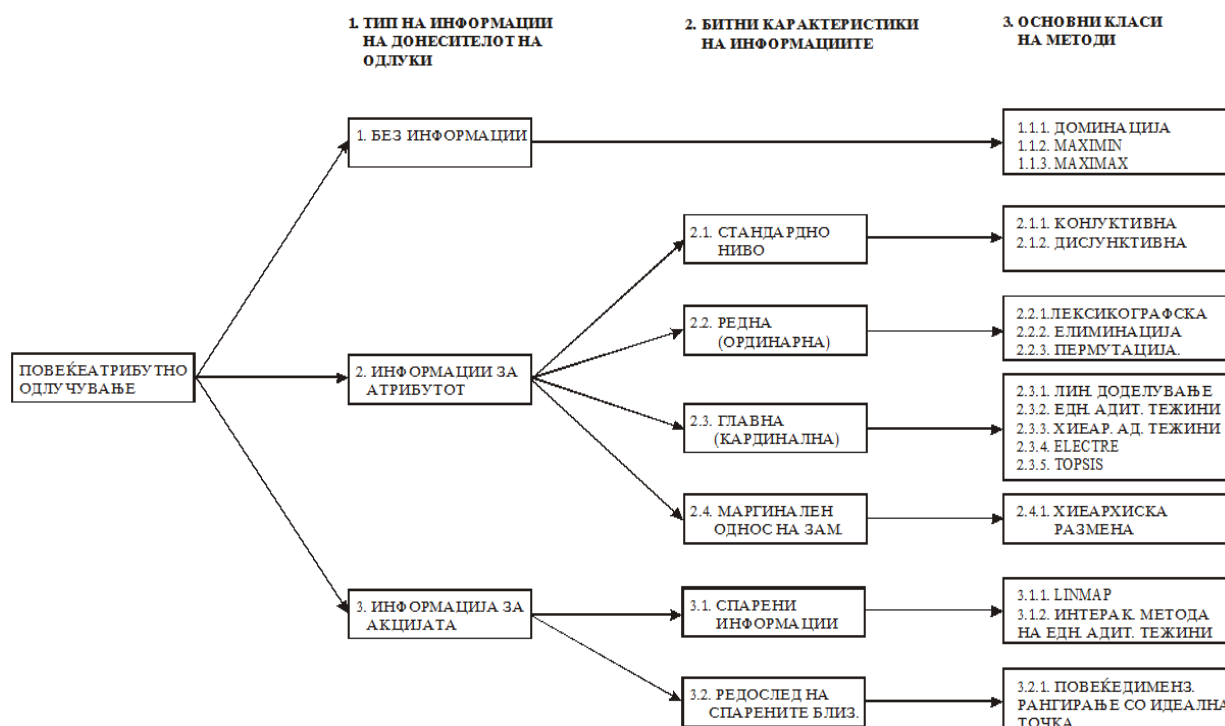
Квантитативни атрибути се карактеристиките на атрибутите кои можат да се мерат и ги изразуваме во различни мерни единици.

Квалитативни атрибути се такви карактеристики на атрибути кои не може

да се измерат нумерички, но се рангираат по интензитет.

Проблемите кои се јавуваат, се настанати од сложеноста на компарацијата на овие два вида на атрибути, како и третманот на различните единици мерки.

Повеќе автори имаат направено класификација на методите на повеќекритериумското одлучување. Сепак, најдобар преглед на овие методи изработиле авторите Hwang и Yoon (1981), преку нивната класификација на методите на повеќекритериумското одлучување (слика 6.1).



Слика 6.1. Класификација на методите на повеќекритериумското одлучување  
Figure 6.1. Classification of methods of multi attributes decision making

### 6.1.2. Методи на повеќекритериумско одлучување

Повеќекритериумското одлучување е втората голема група на методи за повеќекритериумска оптимизација. Врз основа на сите методи на повеќекритериумското одлучување ги имаат следните заеднички карактеристики:

- множество на цели кои можат да бидат квантифицирани;
- множество на добро дефинирани активни ограничувања;
- множество на континуирани (бесконечни) активности;
- процес за добивање на информации (експлицитни или имплицитни) за идентифицирани цели (кои не се квантифицирани).

Потребата од повеќекритериумно одлучување условува континуиран и брз развој на повеќекритериумски методи од оваа област. Според тоа, денес располага со голем број на методи, кои се способни да ги решат разните сложени проблеми од повеќекритериумната оптимизација.

Компаративна анализа на карактеристиките на двата типа на методи за повеќекритериумска оптимизација се дадени во следната табела.

Табела 6.1. Споредба на методите за повеќекритериумска оптимизација  
Table 6.1. Comparing multicriteria optimization methods

Карактеристики Features	Метод на повеќекритериумно одлучување/ Methods of multiple attribute decision making	Метод на повеќекритериумно одлучување/ Methods of multiple targets decision making
Критериум Criteria	Атрибути Attributes	Цели Targets
Цел Targets	Слабо дефиниран-имплицитен Poorly defined	Добро дефиниран-експлицитна Well-defined
Атрибут Attribute	Добро дефиниран - експлицитен Well-defined	Слабо дефиниран Poorly defined
Ограничувања Restrictions	Вклучени во атрибутите(неактивен) Included in attributes	Активни Active
Акции (алтернативи) Activities	Конечен број (дискретни) Discrete	Бесконечен број (континуални) Continued
Меѓусебна зависност Interdependence	Не е изразена Not expressed	Силно изразена Strongly expressed
Примена (решавање на моделот) Application	При процес на избор (решенијата се познати) In the process of selection	При проектирање (наоѓање на решенија и избор) When designing and planning

Под карактеристичните поими на методите за повеќекритериумско одлучување се различни, многу од нив имаат некои заеднички аспекти и се дефинирани како: алтернативи, различни критериуми, повеќекратни атрибути, конфликт меѓу критериумите, тежина на одлуките и матрица на одлучување.

Алтернативите претставуваат различни избори на акции кои се претставени од множеството на алтернативи, кое подразбира ограничено множество.

## 6.2. Методи на повеќекритериумска оптимизација

Математичко-моделски оптимизациони методи се развиени за решавање на проблеми при планирање и проектирање од областа на рударството, која е составена од подготвителни работи за дефинирање и разработка на математичкиот модел. Од овој комплекс на методи за моделирање, од позиција на примена, може да се издвојат следните групи:

- Модели на еднокритериумска оптимизација се: линеарно програмирање, нелинеарно програмирање, динамичко програмирање итн.;
- Модели на повеќекритериумска оптимизација се: метода АНР, метода ELECTRA, метода PROMETHEE, метода VIKOR и др. Овие методи спаѓаат во групата на методи од повеќекритериумското одлучување. Работата со нив е различна во зависност од начинот на пресметката на моделите и внесувањето на влезните податоци (алтернативите и критериумите).

Со решавање на проблеми на технолошките процеси во рударството со примена на повеќекритериумска оптимизација се занимава истражувачот Панов, З. (2001), решавањето на проблеми од областа на подземен откопен транспорт со примена на повеќекритериумско одлучување го изучува истражувачот Десподов, З. (2002).

Како најкарактеристични методи од повеќекритериумската оптимизација на одлучување ги претставуваме: групата на методи ELECTRA, групата на методи PROMETHEE и методата АНР.

**Метода ELECTRA** - Според метода ELECTRA се подразбира множество на методи за решавање на проблеми од повеќекритериумската оптимизација. Постојат повеќе варијанти на оваа метода и како најпознати се варијантите ELECTRA I и ELECTRA II. Методата ELECTRA II се применува во случаи на потполно рангирање на множеството на алтернативи и оваа група на методи овозможува рангирање на множество решенија за дискретни проблеми и за разнородни критериумски функции.

**Метода PROMETHEE** - Методата PROMETHEE е една од поновите методи во областа на повеќекритериумската оптимизација, при што постојат повеќе варијанти од оваа метода и тоа: PROMETHEE I, PROMETHEE II,

PROMETHEE III, PROMETHEE IV, PROMETHEE V и како понови верзии: PROMETHEE VI, PROMETHEE GDSS и PROMETHEE-GAIA.

Методата PROMETHEE се карактеризира во групата на методи, каде што се врши рангирање на алтернативи врз основа на повеќе критериуми за одлучување.

Повеќекритериумска оптимизација со методата PROMETHEE I дава можност за делумен поредок на алтернативите, додека PROMETHEE II дава целосен поредок. Методата PROMETHEE III обезбедува рангирање на алтернативи во соодветните интервали и конечно со методата PROMETHEE IV се врши повеќекритериумска оптимизација, поврзана со низа на алтернативи.

Како и во останатите методи на повеќекритериумска оптимизација и кај методите на PROMETHEE е можно посебно дефинирање на соодветните тежини за критериумите.

**Метода АХП** - Методата на аналитички хиерархиски процеси (АХП) е развиена од страна на Thomass Saaty (1980), кој е основач на методот како професор на Wharton Business School во Филаделфија и претставува алат во анализа на одлучување.

Методата аналитички хиерархиски процеси е една од класичните методи на повеќекритериумската оптимизација, која решава комплексни проблеми на одлучување. Врз основа на дефинирани критериуми за одлучување им помага на истражувачите во избор на најповолна алтернатива. Оваа метода е поволна за употреба во случаи кога нема доволно број на информации од посматраните алтернативи во процесот на одлучување.

### **6.2.1. Примена на метода на аналитички хиерархиски процеси**

Примената на аналитички хиерархиски процеси (АХП) е од големо значење во разни одлучувачки сценарија на проектирање, технолошки предвидувања, маркетинг, цени на нови производи, економски предвидувања, евалуација на политики, социјални науки итн. Како што техниките напредуваат, во текот на годините почнала да се применува во комбинација со други математички модели и аналитички техники. Аналитички хиерархиски процеси се развиваат како широкоприфатена методологија за одлучување и донесување на одлуки и во областа на индустријата.

Аналитички хиерархиски процеси - АХП е повеќекритериумски метод за донесување одлуки со кој е развиен модел за одредување на приоритетот на алтернативите, кога повеќе критериуми треба да бидат земени предвид. Овој метод овозможува структурирање на проблемот во вид на хиерархиска структура во вид на множество од повеќе хиерархиски нивоа, од каде што се донесува конечна одлука. Аналитичките хиерархиски процеси како метод за повеќекритериумско одлучување во себе ги интегрираат квалитативни и квантитативни критериуми во одлучувањето. Во процесот користат скала за сооднос за човековото расудување, тежините на алтернативите во серија на матрица, ќе ја рефлектираат релативната важност на критериумите и се користат за постигнување на целта која се наоѓа на врвот од хиерархијата.

Активностите во процесот се преземени и се вклучени во решавањето на проблемот со помош на аналитички хиерархиски процеси кои опфаќаат две фази. Во првата фаза на моделот се формира хиерархиската структура на проблемот. Се идентификуваат елементите на системот и групирање на истите во хиерархија. Сите елементи кои се наоѓаат на повисокото ниво влијаат и дејствуваат на елементите од пониските нивоа.

Во втората фаза секој од елементите се евалуира и се проверува вредноста на неговата конзистенција на евалуација. Евалуацијата се спроведува на тој начин што сите парови на елементи се споредуваат од конкретно ниво со секој елемент кој се наоѓа на повисокото ниво во претходно изградената хиерархиска структура. Резултатот од споредбите е збир на матрици, а со нормализацијата и испитувањето на конзистенцијата се формира основата на конечната оценка на системот.

Голем број научници и практичари укажале предност на методата аналитички хиерархиски процеси за поддршка во одлучувањето на бројни проблеми. Во споредба со другите методи, АХП методот најчесто покажувал подобри карактеристики за употреба, односно има големо значење при донесување на одлуки во однос на софистицираните методи за одлучување.

Резултатите од одлучувањето со АХП методот не содржат само ранг на алтернативи, туку и информации за тежинските коефициенти на критериумите во однос на целта. Добиените резултати може да се користат како влезни податоци за понатамошно проектирање, односно за комплексни одлуки.

## **7. ИЗРАБОТКА НА МАТЕМАТИЧКИ МОДЕЛ ПРИ ИЗБОР НА МЕХАНИЗАЦИЈА ЗА ТОВАРАЊЕ И ТРАНСПОРТ**

Примената на методата во повеќекритериумско одлучување е една од најпознатите гранки во донесување на одлуки. Се однесува на ситуации на одлучување во кои постојат поголем број, најчесто, конфликтни критериуми, со што се овозможува решавање на реални проблеми. Сите класични оптимизациони методи користат само еден критериум при одлучувањето, со што многу се намалува и реалноста на проблемот кој може да се реши. Од друга страна, присуството на поголем број критериуми во моделите за одлучување има и негативни карактеристики.

Моделите стануваат значајно сложени во математичка смисла, па постои опасност дека решението на проблемот ќе ги опфаќа само некои од поставените критериуми. Методата на повеќекритериумскиот модел е дефинирана со множество на критериуми и вредности на атрибутите за секоја алтернатива, односно се врши избор на најприфатлива алтернатива и претставува потполн распоред на важноста на алтернативите во моделот.

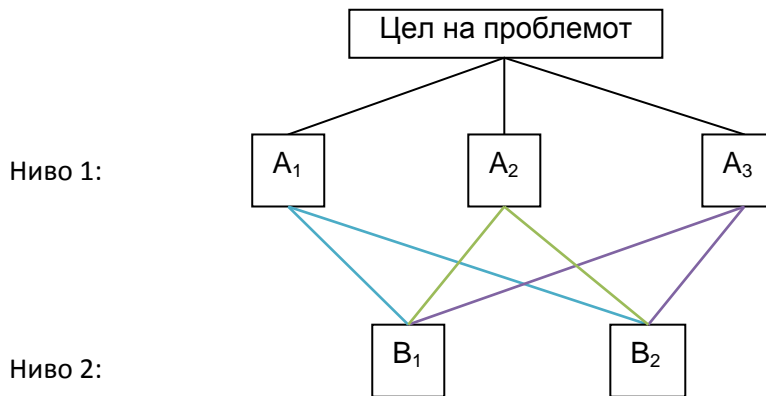
Условите за моделирање на процесот на одлучување може да се прикажат преку следниве четири фази за примена на методата:

- структурирање на проблемот;
- собирање на податоци;
- оценување на релативните тежини;
- одредување на решенија на проблемот.

### **а) Структурирање на проблемот**

Структурирањето на проблемот се состои од компонирање на кој било комплексен процес на одлучување, во серија на хиерархии. Секое ниво на хиерархија претставува помал број на управувани критериуми (атрибути). Потоа истите се анализираат и разгледуваат во друг сет на елементи кои одговараат на следното ниво, каде што постапката се повторува за следното ниво и се повторува во другото ниво. Графички е прикажано хиерархиско структурирање на проблемот, претставен на слика 7.1.





Слика 7.1. Структурирање на проблемот  
Figure 7.1. Problem structuring

Структурата на проблемот се решава со потставување на повеќекритериумски модел кој често се нарекува повеќекритериумска анализа. Во пракса се ретки случаите кога постои совршен и оптимален избор на машини за откопен транспорт со решение на повеќекритериумското одлучување. Задачата на носачот на одлуките со повеќекритериумското одлучување е да го избере решението кое смета дека е најдобро за даден проблем. Решението што ќе се прифати со повеќекритериумско одлучување, кое се нарекува преферирано или најдобро решение. проблемот на одлучување можеме да го опишеме на различни начини на настани и се идентификувани неколку главни проблеми за одлучување: избор на проблемот, сортирање на проблемот, рангирање на проблемот, опис на проблемот, елиминација на проблемот и дефинирање на проблемот.

### **б) Собирање на податоци**

Втората фаза од методата опфаќа собирање на податоци од страна на доносителот на одлуката или од оние кои ја носат одлуката. Доносителот на одлуката врши оценување со давање на релативни оценки за паровите на алтернативите. Истражувањето може да ги оцени на секое хиерархиско ниво, така што оваа постапка се повторува на целокупната хиерархија, сукцесивно ниво по ниво. При решавање на проблемот со одредување на тежината на оценување на алтернативи и критериуми (атрибути) се применува скала на Saaty од девет точки за доделување на оценки на паровите на алтернативите.

Табела 7.1. Евалуациска скала на Saaty со девет точки

Table 7.1. Nine point Saaty scale

Скала/Scale	Рангирање/Ranking	Објаснување/Explanation
1	Еднакво важно/Equally important	Двата критериуми или алтернативи еднакво придонесуваат кон целта/Both criteria or alternatives contribute to the objective equally
3	Умерено поважно /Moderately more important	Врз основа на искуства и процени се дава умерена предност на едниот критериум или алтернатива во однос на другиот/другата/Based on experience and estimation, moderate preference is given to one criteria or alternative over the other
5	Строго поважно/Strictly more important	Врз основа на искуства и процени строго се фаворизира еден критериум или алтернатива во однос на другиот/другата/Based on experience and estimation, strict preference is given to one criteria or alternative over the other
7	Многу строга, докажана важност / Very strict, proven importance	Едниот критериум или алтернатива строго се фаворизира во однос на другиот/другата; неговата/нејзината доминација се докажува во праксата/One criteria or alternative is strictly preferred over the other; its dominance has been proven in practice
9	Екстремна важност/Extreme importance	Доказите врз основа на кои се фаворизира еден критериум или алтернатива во однос на друг/друга се потврдени со најголема сигурност/The evidence based on which one criteria or alternative is preferred over the other has been confirmed to the highest confidence
2, 4, 6, 8	Меѓувредности/Midvalues	Понекогаш е потребно да се интерполира компромисот помеѓу расудувањата со број
Реципрочни вредности на горенаведените	Ако активност $i$ има една од гореспоменатите вредности кога се споредува со активност $j$ , тогаш $j$ има реципрочна вредност кога се споредува со $i$ .	

На крајот се формира соодветна матрица за споредување односно проценка составена од парови кои одговараат за секое ниво на хиерархијата.

Трета и четврта фаза на методата АХП се изработува со математичка пресметка.

### **в) Оценување на релативните тежини**

Процената на релативни тежини е трета фаза на методата АХП. Елементите (паровите) на матрицата за споредување се преобразуваат во нивните сопствени вредности, поради добивање на нормализираните и добивање на единствените сопствени вектори за сите атрибути, на секое ниво на хиерархијата:  $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$  со векторот на тежини  $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ .

За оценување на релативните тежини користиме апроксимативна процедура за добивање на сопствени вектори. Постапката се состои од следниве чекори:

**Чекор 1:** Преработување на матрицата со подредување на паровите и наоѓање на збир за сите елементи во секоја колона.

**Чекор 2:** Делење на елементите од секоја колона со збирот на вредноста од таа колона, којашто е добиена од претходниот чекор, со што се добива нормализирана релативна тежина на секој од елементите. Сумата на секоја колона е 1.

**Чекор 3:** Наоѓање на збир од сите елементи по секој ред и потоа се одредува средната вредност за секој ред. Колоната што се состои од тие средни вредности е, всушност, нормализираниот сопствен вектор, исто така, наречен вектор на приоритет. Векторот на приоритет покажува релативни тежини меѓу елементите што ги споредуваме. Сумата на сите елементи во векторот на приоритет е 1.

### **г) Одредување на решение на проблемот**

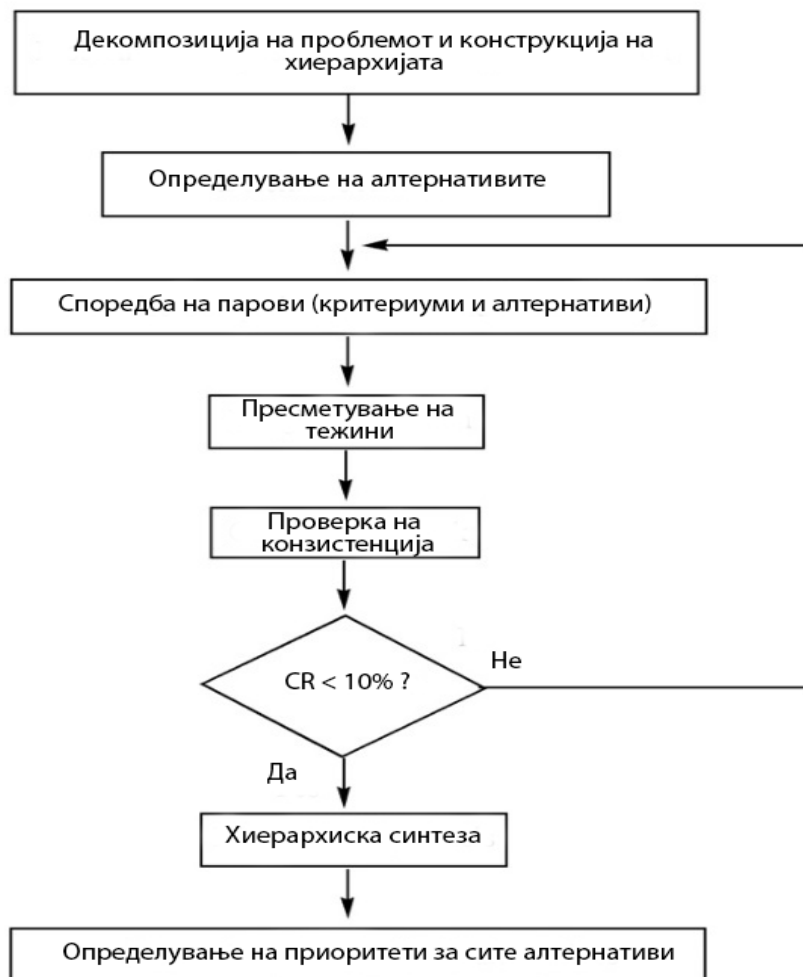
Во последна фаза од методата АНР се врши наоѓање на т.н. композитен нормализиран вектор. По одредувањето на векторот за редоследот на активностите на критериумот во моделот за секој разгледуван критериум е потребно да се одреди редоследот на значењата на алтернативите во моделот.

На крајот се врши вкупна синтеза на проблемот со множење на секоја алтернатива со тежините на разгледуваниот критериум и потоа овие вредности

се собираат за секоја алтернатива посебно. АХП како резултат ги дава вредностите на тежините за секоја алтернатива во моделот, базирани врз основа на оценките на важноста на една алтернатива во однос на друга за заедничкиот критериум.

Добиените податоци претставуваат вредност на тежината на разгледуваната алтернатива во моделот. На ист начин се добива вредноста на тежините за сите останати алтернативи. На крајот се одредува рангирање според вредностите на тежините на алтернативите, со кое се добива целосниот редослед (ранг) на алтернативите во моделот.

На слика 7.2 е прикажан дијаграм на алгоритмот на АХП, односно текот по кој се извршува методот.



Слика 7.2. Шематска презентација на методологијата  
Figure 7.2. Schematic representation of the methodology

## Математички основи на методата АНР

Со објаснување на вториот и третиот чекор на методата на аналитички хиерархиски процеси, споредување на елементите на секое ниво на хиерархиската структура, пресметка на тежинските коефициенти и приоритети, се користи математички метод на пресметка.

Аналитички хиерархиски процеси е математички метод кој се базира на трансформација на матрици со чијашто помош се донесува одлуката за проблемот за избор на машини за откопен транспорт во рудникот. Донесувањето на одлуките усно ги изразува своите преференци во однос на елементите кои се споредуваат, кои потоа се претвораат во нумерички вредности, користејќи соодветна скала за оценка и врз основа на нив се формира матрицата на споредбени парови. За добиените матрици за одлучување, односно сопствени вектори е потребно да се изврши проверка за нивната конзистенција.

Нека „ $n$ “ е бројот на критериумите (или алтернативите) чии тежини (приоритети -  $w_i$ ) треба да се одредат врз основа на процената на вредноста на нивните односи кои се означуваат со  $a_{ij} = w_i / w_j$ . Со добивање на односот на релативните важности  $a_{ij}$  се формира матрица на релативните важности  $A$ :

$$A = \begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & \frac{w_n}{w_n} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nm} \end{bmatrix} \quad (7.10)$$

Матрицата „ $A$ “ за случајот на конзистентните процени за кои важи  $a_{ij} = a_{ik} \cdot a_{kj}$  го задоволува равенството  $A \cdot w = n \cdot w$ .

$$\begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & \frac{w_n}{w_n} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_n \end{bmatrix} = n \cdot \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_n \end{bmatrix} \quad (7.11)$$

Решавањето на проблемот на тежините може да се реши со решавање на равенката по  $w$  за не-нулто решение на својствената вредност  $\lambda$ .

$$A \cdot w = \lambda \cdot w \quad (7.12)$$

Матрицата „A“ има посебни својства, таа е позитивна, реципрочна матрица,  $r(A) = 1$  (сите нејзини редови се пропорционални на првиот ред, сите се позитивни и важи  $a_{ij} = 1/a_{ji}$ ), заради кои само една нејзина својствена вредност е различна од 0 и еднаква е на  $n$  (сите останати својствени вредности се еднакви на 0). Според тоа што сумата на својствените вредности на позитивната матрица е еднаква на трагата на таа матрица или еднаква на сумата на дијагоналните елементи, не-нултата својствена вредност има вредност  $n$ :

$$\lambda_{max} = n \quad (7.13)$$

Доколку матрицата „A“ содржи неконзистентни процени, векторот на тежината „ $w$ “ може да се добие со решавање на равенката:

$$(A - \lambda_{max} \cdot I) \cdot w = 0 \text{ под услов } \sum w_i = 1 \quad (7.14)$$

(во практичните примери скоро секогаш е така)

каде што е:  $\lambda_{max}$  - најголемата својствена вредност на матрицата A

или:

$$A \cdot w = n \cdot w \Rightarrow \sum_j a_{ij} \cdot w_j = n \cdot w_i \text{ од каде што следува дека } w = \frac{1}{n} \sum_j a_{ij} \cdot w_j \quad (7.15)$$

$$\text{Заради } \sum_i a_{ij} = \frac{w_1 + w_2 + \dots + w_n}{w_j} \text{ важи } w_j = \frac{1}{\sum_i a_{ij}} \quad (7.16)$$

Тежината на поединечната алтернатива  $w_i$  според тоа е:

$$w_i = \frac{1}{n} \sum_j \frac{a_{ij}}{\sum_i a_{ij}} \quad (7.17)$$

Вкупната синтеза на проблемот за оптимален избор се врши на тој начин што локалните приоритети на алтернативите се пондерираат со тежините на сите јазли на кои им припаѓаат од најниското ниво на хиерархиската структура кон врвот, а потоа тие глобални приоритети за највисокото ниво се собираат и се конструира вкупен приоритет за поединечната алтернатива.

Поради својствата на матрицата  $A$ , важи  $\lambda \geq n$ , а разликата  $(\lambda_{\max} - n)$  се користи во мерењето на конзистенцијата на проценката. Во случај на неконзистентност на проценката, колку коефициентот  $\lambda_{\max}$  е поблиску до  $n$  (големина на матрицата) проценката е поконзистентна.

Коефициент  $\lambda_{\max}$  претставува главна вредност и максимална во матрицата на споредување.

### Конзистентност

Методата аналитички хиерархиски процеси спаѓа во група на популарните повеќекритериумски методи и од причина што има способност за идентификација и анализа на неконзистентноста на носителот на одлуката во процесот на споредување на елементите на хиерархијата.

Методата на аналитички хиерархиски процеси овозможува следење на конзистентноста на процените во секој момент во постапката на споредување на паровите на алтернативите. Со помош на индексот на конзистенција - **consistency index**  $C.I. = (\lambda_{\max} - n)/(n-1)$  се пресметува односот на конзистенцијата - consistency ratio - CR.

$$C.R. = C.I./R.I.$$

каде што  $R.I.$  - average random consistency (индекс на просечна случајна конзистенција за матрици од редот  $n$  ( $n$ -големина на матрицата) на случајно генерирани споредби во парови се користи таблица со пресметани вредности.

Индексот на конзистенција (CI) се однесува на просекот на преостанатите решенија од карактеристичното равенство за неконзистентна матрица „ $A$ “. Овој индекс се зголемува пропорционално со неконзистенцијата на процените.

Табела 7.2. Вредности на случајните индекси RI (Saaty)

Table 7.2. Values of random index RI (Saaty)

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R.I.	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49

Ако односот во матрицата на конзистентност „А“ важи  $C.R. \leq 0,10$ , проценките на релативните важности на критериумите (приоритети на алтернативите) се сметаат за прифатливи. Во спротивно, треба да се најдат и истражат причините заради кои неконзистентноста на проценката е неприфатлива.

### 7.1. Дефинирање на моделот

Основна цел на овој труд е одлучување на оптимална товарно-транспортна машина за откопен транспорт на руда и јаловина во согласност со технологијата на подземна експлоатација од предвидените четири алтернативни решенија на опрема. Изборот на оптимална опрема е извршен преку дефинирањето на моделот што ги содржи следните постапки:

- да се изврши анализирање на проблемот;
- да се утврдат алтернативи (варијантни решенија);
- избор на критериуми и дефинирање на нивните тежини;
- да се изврши трансформација на квалитетите на атрибутите (критериуми);
- изработка на повеќекритериумски модел;
- решавање на моделот и
- утврдување на оптимално решение.

#### 7.1.1. Анализа на проблемот

При експлоатацијата на минерална сировина од подземен коп се јавува потреба за товарање и транспорт на минирани карпи, на одредено место и растојание. Процесот на правилен избор на капацитетот на товарно-транспортна механизација за откопен транспорт претставува важен фактор во оптимизацијата. Овој проблем е евидентиран при експлоатација на различни типови на наоѓалишта и поради длабочината на експлоатацијата е потребен



транспорт на рудата до местото на преработка. За решавање на проблемот е потребна анализа на техничко-економски параметри на откопен транспорт со изработка на модел за избор на товарно-транспортна механизација, според повеќекритериумска метода на одлучување.

Во конкретниот случај ќе разгледаме модел на алтернативни решенија на дисконтинуирани систем на откопен транспорт на руда и јаловина во подземен рудник кој зависи од повеќе фактори.

### 7.1.2. Дефинирање на расположливите алтернативи за оптимален избор кај масивни рудни наоѓалишта

Алтернативите претставуваат различни избори на акции со кои располага лицето кое одлучува. Множеството на алтернативи подразбира ограничено множество, во ранг од неколку опции на избор. Се претпоставува дека алтернативите се проверени, приоритетни и можеби рангирани.

Алтернативите помеѓу кои се врши изборот поседуваат одредена количина на информации за карактеристиките на товарно-транспортна механизација, кој се предмет за избор со повеќекритериумско одлучување. Врз база на искусвените податоци е извршен избор на одделни критериуми за решавање на проблемот за оптимален избор на товарно транспортна механизација.

Во овој магистерски труд за избор на машина за откопен транспорт на минерална сировина се дефинирани четири алтернативи (табела 7.3).

Табела 7.3. Алтернативи

Table 7.3. Alternative

Бр. No	Алтернатива Alternative	Ознака Mark
1	Откопен транспорт со товарно-транспортна машина на дизел погон со волумен на лопата од 2,7 m <sup>3</sup> (WAGNER ST 3.5)	A1
2	Откопен транспорт со товарно-транспортна машина на дизел погон со волумен на лопата од 3.1 m <sup>3</sup> (WAGNER ST 7)	A2
3	Откопен транспорт со товарно-транспортна машина на дизел погон со волумен на лопата од 2.8 m <sup>3</sup> (CATARPILARR-R1300G)	A3
4	Откопен транспорт со товарно-транспортна машина на дизел погон со волумен на лопата од 1.5 m <sup>3</sup> (TORO-151)	A4

Општи карактеристики за квалитет кои се заеднички за четирите алтернативни решенија и кои влијаат врз одредувањето на основните параметри се: функционалност, сигурност, употребливост, ефикасност, одржливост и преносливост, кои се користат како евалуациски критериуми.

Изборот може да се изврши врз основа на:

- *техники за одлучување*, кога се користат множество детали, техники или методи;
- *правила за одлучување*, кога се користат соодветни водичи или тестови за размислување;
- *вештини за одлучување*, т.е. способност за користење на туѓи знаења и умеења во решавањето на проблемот.

Во понатамошниот текст на магистерскиот труд се дадени основните карактеристики на секој од предложените алтернативни (поглавје 7.4) начини на откопен транспорт со кои се извршени пресметки за одредување на параметрите на квантитативна вредност на дел од критериумите за секоја предложена алтернатива.

## 7.2. Избор и дефинирање на критериумите

Според извршената идентификација на проблемот и фактори кои имаат влијание врз поставувањето и решавањето на проблемот, како и комплетната анализа во претходното поглавје, избрани се и идентификувани критериуми кои имаат најголемо влијание во оптималениот избор.

**K1** - Критериум на капацитет на товарно-транспортни машини - (t/h) во однос на производствен годишен капацитет на рудникот кој се стреми кон **max**. Овој критериум е квантитативен за создавање на услови за нормално функционирање на системите за експлоатација. Фактори од кои зависи експлоатационен капацитет на ТТМ е во функционална зависност со транспортна должина, технички карактеристики на машината, транспортната шема и потребен број на ТТМ за постигнување на производниот капацитетот на рудникот.

**K2** – Критериум за специфични транспортни трошоци во однос на ефективни работни часови на ТТМ - (€/h) кој претставува збир на трошоци при откопен транспорт и се стреми кон **min**. Вкупните трошоци претставуваат збир

на сите експлоатациони трошоци во однос на работните часови кое се нарекува цена на чинење по работен час.

Во овој магистерски труд се земени податоци од книговодствената пресметка за остварени трошоци за секоја алтернатива во рудник со подземна експлоатација.

**K3** – Критериум на трошоци за изработка на рударска просторија за движење на механизација за откопен транспорт, изразен во (€/m'), кој се стреми кон **min**, за создавање на услови за нормално функционирање на механизацијата. Трошоците зависат од големината на профилот на транспортна рударската просторија, кој се определува според димензиите на механизацијата за транспорт. Трошоците претставуваат збир за изведување на потребните рударски процеси за изработка на еден метар должен рударска просторија. Анализата на големината на профилот на рударската просторија ќе се врши од технички карактеристики и димензиите на машините кои се определени од каталожки вредности во однос на големина на рударската просторија.

**K4** - Критериум за експлоатациони трошоци за проветрување на рударските простории при откопен транспорт и одржување на вентилациониот систем изразен во (€/h), кој се стреми кон **min**.

Овој критериум зависи од потребната количина на воздух за проветрување на штетни издувни материи, за работа на предвидената инсталирана механизација за откопен транспорт, при остварување на потребниот капацитет на рудник. Потребната количина на свеж воздух за проветрување на рудник се стреми кон **max** со оценка на максимална безбедна работа во планираниот систем на експлоатација.

**K5** - Ергономски услови при ракување со товарно-транспортни машини, е критериум кој се стреми кон **max**, односно ги оценува условите и начинот на ракување. Овој критериум е квалитативен, односно опишен, па поради тоа му се доделуваат квалитативни оценки за секоја алтернатива.

Според анализата на проблемот и утврдените алтернативи треба да се изврши идентификација на критериумите кои имаат најголемо влијание во решавање на проблемот врз алтернативните решенија, кои се дадени во табела 7.4.

Табела 7.4. Критериуми

Table 7.4. Criteria

Ред. бр./No	Критериум Criteria	Ознака Mark	цел Target
1	Критериум на капацитет на товарно-транспортни машини - (t/h)	K1	(max)
2	Специфични транспортни трошоци - (€/h)	K2	(min)
3	Инвестициони трошоци за изработка на еден метар рударска просторија за движење на механизација - (€/m')	K3	(min)
4	Трошоци за проветрување на рударските простории при откопен транспорт изразена во (€/h)	K4	(min)
5	Ергономски услови при ракување со товарно-транспортна механизацијата	K5	(max)

Секој од овие критериуми има свое влијание (тежина) врз алтернативните решенија. За да се изврши дефинирање на тежините на критериумските функции за алтернативните решенија се направени:

- анализи на техно-економските податоци и други стручни информации;
- консултации и анкети на експерти од областа на подземна експлоатација (анкетата е спроведена во март 2015 година и во анкетата беа опфатени стручни лица од рудниците „Злетово“ и „Саса“.

### **7.3. Оптимален избор на товарно-транспортна механизација со повеќекритериумски модел кај масивни рудни наоѓалишта**

#### **7.3.1. Товарање и транспорт на рудата од откопите**

При изработката на подготвителни работи и откопувањето во првата и втората фаза се врши товарење и одвоз на рудата до рудните сипки. При откопување на рудата од откопите, треба да се товари и да се транспортира до одредени истоварни места, во рудните сипки или транспортни системи. За транспорт на одминираната руда од откопите се употребуваат товарно-транспортни машини на дизел погон со лопата.

Товарачите во подземни рудници се наменети за товарење на рудата од челото и откопот и транспорт на одредено растојание и истовар, кои се нарекуваат возила „товари - транспортирај - истовари" (load-haul-dump) -(LHD).

Тоа значи дека товарачите треба да имаат можност да работат на двете страни (чела) од откопот, односно зависно од потребите тие треба да можат да се постават (завртат) со предниот дел на едната, па на втората страна од рудната сипка. За свртување на товарачите на секоја подетажа, крај рудната сипка, треба да се направи соодветно проширување во подината на рудното тело.

Максималната должина на откопен транспорт, според усвоените димензии на блокот и методите на откоп, се определува од 50 до 250 m.

Според годишниот капацитет на рудникот може да се одредат елементите на критериумот за економски најповолна понуда за оптимален избор на машина за откопен транспорт. Постојат критериуми кои може да се користат во процесот на евалуација и селекција според кои може да се врши избор на оптимална механизација за откопен транспорт кои секогаш се актуелни и се предложени следните критериуми.

Критериумите според кои може да се врши избор на оптимална механизација за откопен транспорт се следниве:

- капацитет на товарно-транспортни машини;
- специфични транспортни материјални трошоци;
- инвестициони трошоци за изработка на рударска просторија за движење на механизација;
- трошоци за проветрување на рударските простории при откопен транспорт;
- безбедност при работа и ергономски услови во управувањето на механизацијата;
- инвестициони вложувања во механизацијата;
- снабдување со погонска енергија;
- потребен број на опрема и работна рака;
- должина на транспорт и наклон на траса;
- мобилност при транспорт на опремата.

Главен критериум за избор на товарно-транспортна механизација е максималниот капацитет на машината со ниски специфични трошоци на производство и постигнување на големи транспортната должина во блокот.

#### 7.4. Технички карактеристики на товарно-транспортна механизација

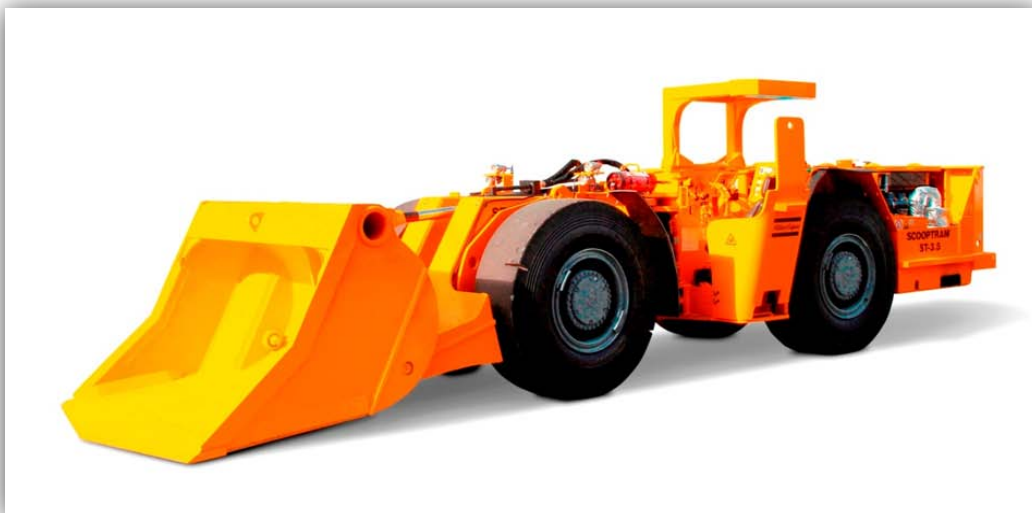
Според технологијата на експлоатација на минерални сировини во Рудникот „Сага“ се применуваа товарно-транспортни машини со лопата на дизел погон, кои се предмет на истражување за оптимален избор.

Тип на опрема	Период на истражување	
WAGNER ST.3.5 - Scooptram	11.2011	10.2012
WAGNER ST.7 - Scooptram	01.2015	12.2015
CATARPILARR - R1300G	04.2015	03.2016
TORO-151 Sandvik	11.2011	10.2012

Овие товарно-транспортни машини се користат за товарење и транспорт на соборената руда од откопите и подготвителните работи, како и товарење на ископината добиена од изработка на капитални простории кои служат за отворање на нови хоризонти и сервисирање на откопите.

#### Технички карактеристики на товарно-транспортна машина тип WAGNER SCOPTRAM ST 3,5

За товарење на соборената руда и транспорт до блоковските рудни сипки се користат товарно-транспортни машини на дизел погон тип WAGNER – SCOPTRAM 3,5 со дизел мотор (слика 7.3).

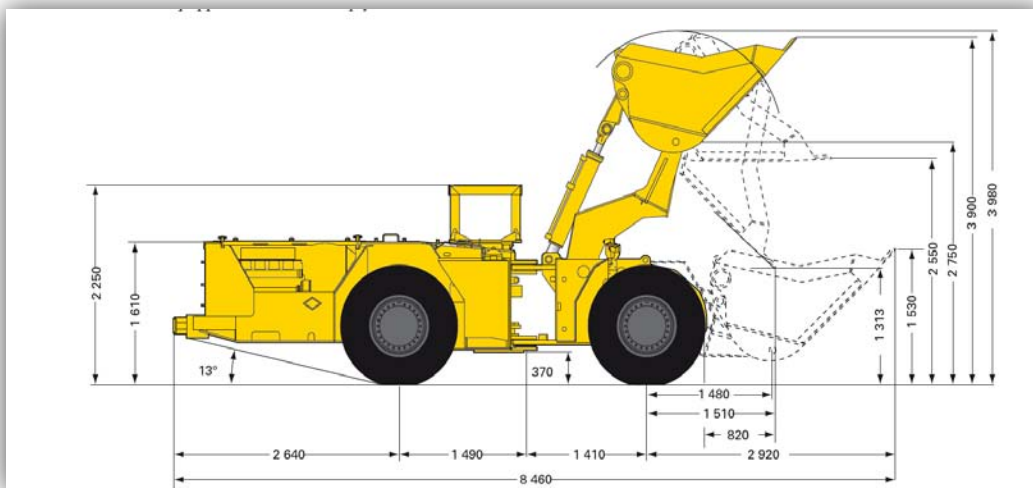


Слика 7.3. Машина за товарење

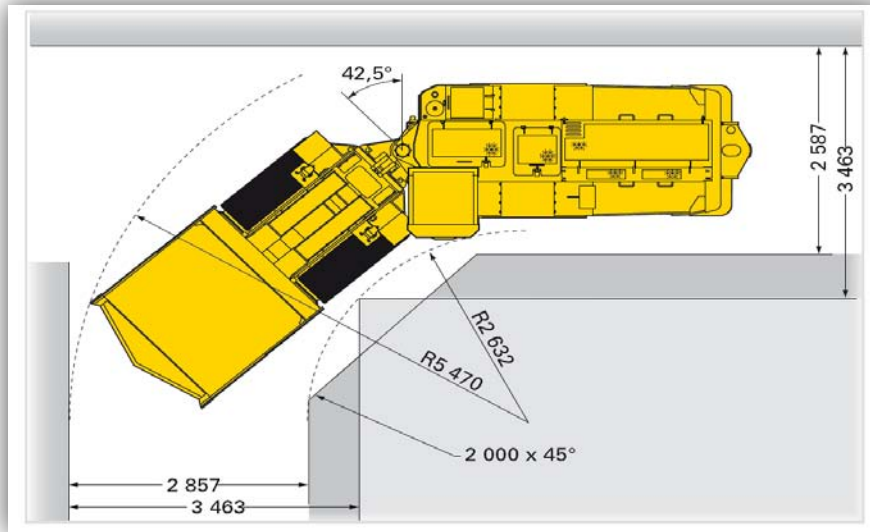
Figure 7.3. Loading machine

Товарно-транспортната машина WAGNER-SCOPTRAM ST 3,5 е производ на компанија Atlas сорсо од Шведска и ги има следните карактеристики (слика 7.4).

Технички карактеристики на Вагнер ST 3.5		
Назив на карактеристики	Един.мера	Вагнер ST 3.5
Должина	mm	8458
Висина на кабина	mm	2247
Ширина на заден дел	mm	1920
Ширина на лопата	mm	1960
Максимална висина на дигање на корпа	mm	2632
Волумен на лопатата	m <sup>3</sup>	2.7
Номинална носивост на лопата	kg	6000
Надворешен радиус	mm	5470
Внатрешен радиус во кривина	mm	2632
Агол на кршење		42,5°
Минимална ширина на профил на кривина под 90°	mm	3593
Брзина на движење	km/h	4.2-9.6
ТИП на мотор	тип	Deutz Diesel-136kW



а)



б)

Слика 7.4. Основни димензии на товарувач Wagner ST.3.5 а) положба при истовар на ископина, б) положба при маневрирање во кривина  
 Figure 7.4. Basic dimensions of the Wagner loader ST.3.5 а) position when unloading excavations, б) position when maneuvering through curve

### Технички карактеристики на товарно-транспортна машина тип WAGNER SCOPTRAM ST 7

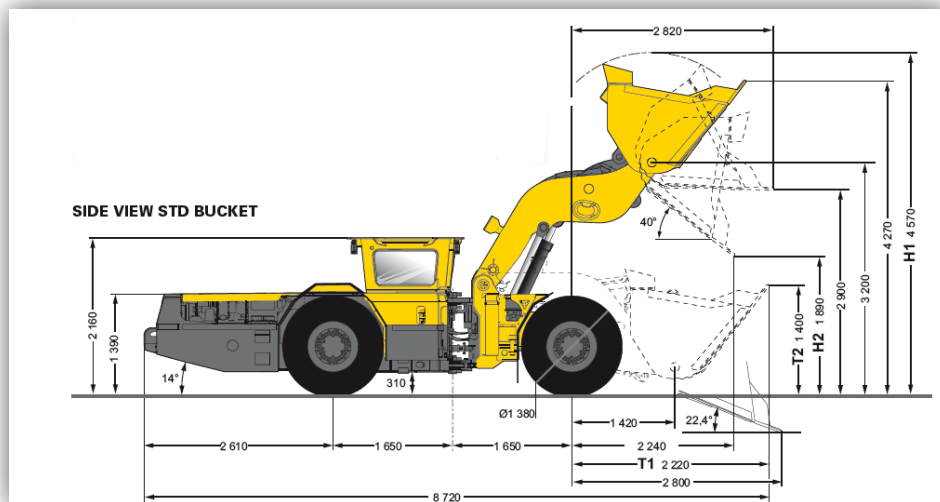
Товарно-транспортната машина WAGNER ST7 е конструирана за транспорт, товарање и истоварање со големи перформанси во тесни простори, како во подземни рудници и тунели. Машината за товарање на руда WAGNER ST 7 е возило со погон на четири тркала на дизел мотор. Силата се пренесува преку преносен механизам до погонските оски со планетарни краеви кај тркалата.

WAGNER ST7 има погонски дел и товарен дел поврзани со зглоб што овозможува вртење во кривина од 42,5 степени. Двата дела остануваат меѓусебно на исто ниво. Предната оска осцилира за да овозможи сите четири гуми да одржат допир на нерамен терен (слика 7.5).

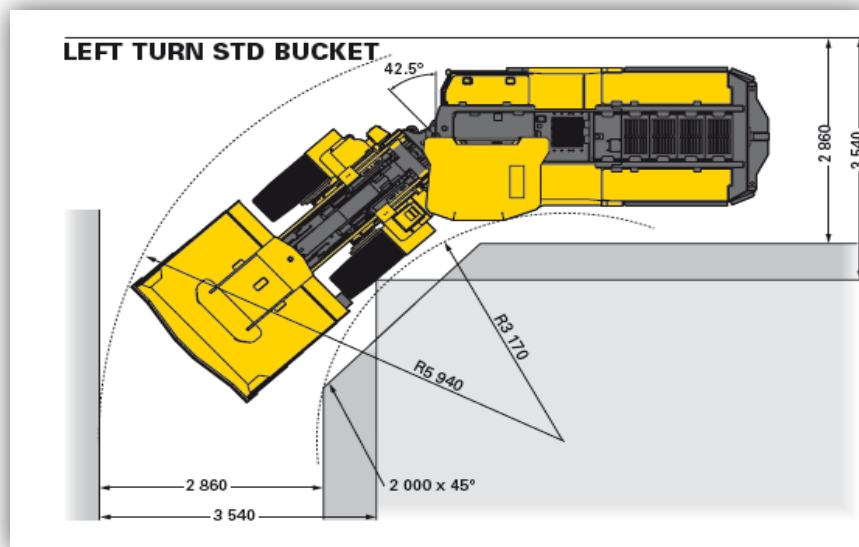
Технички карактеристики на Вагнер ST 7		
Назив на карактеритики	Един.мера	Вагнер ST 7
Должина	mm	8720
Висина на кабина	mm	2120



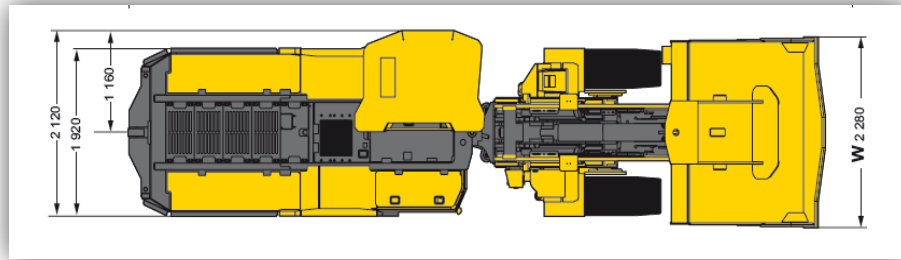
Ширина на заден дел	mm	1920
Ширина на лопата	mm	2280
Максимална висина на дигање на корпа	mm	4570
Волумен на лопатата	m <sup>3</sup>	3.1
Номинална носивост на лопата	kg	6800
Надворешен радиус	mm	5940
Внатрешен радиус во кривина	mm	3170
Агол на кршење		42,5°
Минимална ширина на профил на кривина под 90°	mm	3540
Брзина на движење	km/h	4.1-7.6
ТИП на мотор	тип	Deutz Diesel-144kW



a)



б)



в)

Слика 7.5. Основни димензии на товарувач Wagner ST7 а) положба при истовар на ископина, б) положба при маневрирање во кривина, в) поглед од горе

Figure 7.5. Basic dimensions of the Wagner ST7 loader a) position when unloading excavations b) position when maneuvering through curve c) the view from above

### Технички карактеристики на товарно-транспортна машина тип CATARPILARR - R1300G

Подземниот товарувач R1300G е наменет за високо производство, ниски трошоци по тон товарање и транспорт за подземни рударски работи. Компактен дизајн со темпераментни перформанси, солидно изграден и поедноставен за одржување и обезбедува одлична продуктивност, долг живот и ниски оперативни трошоци.

Направен е со добри перформанси, наменет за удобност, изграден за иднината, каде што за работа во подземен рудник ги има следните технички карактеристики (слика 7.6).

Технички карактеристики на CATERPILARR R1300G		
Назив на карактеритики	Един.мера	CAT R1300G
Должина	mm	9100
Висина на кабина	mm	2120
Ширина на заден дел	mm	2010
Ширина на лопата	mm	2185
Максимална висина на дигање на корпа	mm	4300
Волумен на лопатата	m <sup>3</sup>	2.8
Номинална носивост на лопата	kg	5800
Надворешен радиус	mm	5741
Внатрешен радиус во кривина	mm	2914
Агол на кршење		42,5°
Минимална ширина на профил на кривина под 90°	mm	3180

Ширина на ходник	mm	3000
Брзина на движење	km/h	3.6 -9.2
ТИП и моќност на мотор	kW	CAT 3306B - DITA 123kW
Времетраење на еден циклус дигање, празнење, спуштање (sek)	sek	10.9



Слика 7.6. Основни димензии на товарувач CATERPILARR R1300G

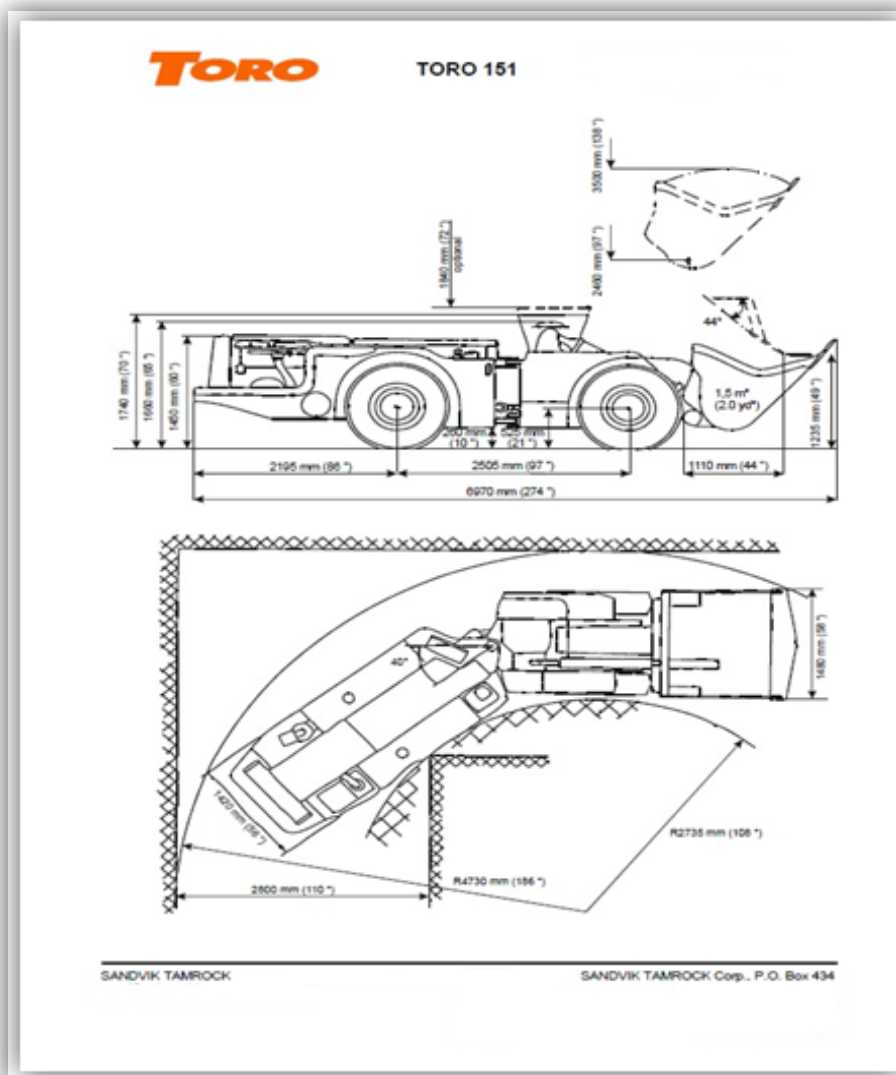
Figure 7.6. Basic dimensions of the CATERPILARR R1300G loader

### Технички карактеристики на товарно-транспортна машина тип TORO 151

Товарувач TORO151 Sandvik е развиен за најтешките подземни операции, со целокупна економија, безбедност и сигурност во околината (слика 7.7). Тие се многу подвижни и исклучително продуктивни, со моќен мотор, напредна погонска технологија, погон на четири тркала, артикулиран управувач и ергономски контролни уреди. За оптимизирање на процесот е предложен TORO151 на дизел погон, со технички карактеристики.

Технички карактеристики на TORO - 151		
Назив на карактеритики	Един.мера	TORO-151
Должина	mm	6970
Висина на кабина	mm	1740
Ширина на заден дел	mm	1480
Ширина на лопата	mm	1420
Максимална висина на дигање на корпа	mm	3500

Волумен на лопатата	m <sup>3</sup>	1.5
Номинална носивост на лопата	kg	3300
Надворешен радиус во кривина	mm	4730
Внатрешен радиус во кривина	mm	2735
Агол на кршење		42,5°
Минимална ширина на профил на кривина под 90°	mm	2800
Брзина на движење	km/h	5.0-9.3
ТИП на мотор	kW	Deutz Diesel-52kW



Слика 7.7. Основни димензии на товарувач TORO 151

Figure 7.7. Basic dimensions of the TORO 151 loader

#### 7.4.1. Пресметка на капацитетот за расположливите ТТМ во однос на производствен годишен капацитет на рудникот

Пресметката на капацитетот на откопен транспорт и потребниот број на ТТМ е извршена врз основа на карактеристиките на опремата и добиените параметри од извршените теренски мерења (снимање) на откопниот транспорт со товарно-транспортни машини (ТТМ) на дизел погон во повеќе сегменти на рудникот.

За пресметка на сменски капацитет на ТТМ се анализирани машини со различни технички карактеристики и големина на лопата кои претставуваат рационален избор на товарно-транспортни машини со различен капацитет. Предложени се следните рационални машини, опишани во табелата 7.5.

Табела 7.5. Рационален избор на алтернативи  
Table 7.5. Rational choice of alternatives

ОПРЕМА	ТИП	Волумен на лопатата - $V_l$ ( $m^3$ )
WAGNER ST3.5	Scooptram ST3,5	2,7
WAGNER ST7	Scooptram ST7	3.1
CATARPILARR-R1300G	CAT	2.8
TORO-151	TORO	1.5

За пресметката на сменски капацитет на ТТМ во зависност од променливи вредности на параметри кои се во функционална зависност од:

- должина на транспорт -  $L$  (m);
- брзина на движење на машината -  $V_{sr}$  (m/s);
- времетраење на еден транспортен циклус -  $T_c$  (s).

Врз основа на поделбата на рудникот во блокови е определено и средно транспортно растојание од откоп до рудна сипка број 1, кое изнесува 150 m и растојание до рудна сипка 2 кое изнесува 250 m, и просечно оптоварување на ТТМ зависи од неколку фактори во транспортот.

Просечна транспортна должина од откопите до блоковска рудна сипка 1 и 2 се определени  $L_1 = 150m$  и  $L_2 = 250m$ .

- Пресметката на средна техничка брзина на движење на ТТМ на разни делници е определена според образецот:

$$V_{sr} = \frac{L}{\frac{L_{ni}}{V_{ni}}} (m / s) \quad (7.18)$$

Времетраењето на еден работен циклус е определено според образецот:

$$T_c = t_m + t_u + t_{pv} + t_i + t_{pr} (s) \quad (7.19)$$

$t_m$  – време на маневрирање при товарање и истовар - (s)

$t_u$  – време на товарање - (s)

$t_{pv}$  – време на полно возење при транспорт - (s)

$t_i$  – време на истовар - (s)

$t_{pr}$  – време на празно возење при транспорт - (s)

За дадени параметри за пресметка на откопен транспорт на рудата добиена од откопите во рудните блокови до местото на истовар/утовар во вагони се дадени следните зададени параметри.

- Ефективни работни часови на ТТМ во смена:  $T_h=5$  часа.
- Волуменска маса на рудата во растр.состојба:  $\gamma_r = 2.2(t / m^3)$ .
- Коеф. на полнење на лопатата на ТТМ:  $k_p = 0.85$ .
- $K_g$  - гранулаторски состав на изминирана руда.
- $t_f$  - степен на рамномерност на трасата при транспортирање -1.25.
- $u$  - концентрација на влажноста на рудата.
- $a$  - степен на амортизираност на дизел машините.

### Пресметка на сменски капацитет и потребен број на ТТМ

- Пресметка на носивоста на ТТМ:

$$Q = V_l \cdot \gamma_r \cdot k_p (t) \quad (7.20)$$

- Пресметка на променливото време на транспорт:

$$T_v = t_{po} + t_{pr} = \frac{2 \cdot L_{pr}}{60 \cdot V_{sr}} (\min) \quad (7.21)$$

- Пресметка на можниот часовен капацитет:

$$Q_h = \frac{T_h \cdot Q}{t_f \cdot T_v} (t/h) \quad (7.22)$$

- Пресметка на можните циклуси на час:

$$n_c = \frac{60}{t_f + T_v} (\text{cikl} / h) \quad (7.23)$$

- Пресметка на можниот сменски капацитет:

$$Q_s = Q_h \cdot T_h (t / sm) \quad (7.24)$$

- Пресметка на потребниот број на ТТМ:

$$n = \frac{Q_p}{Q_s} \approx N \quad (7.25)$$

„N“ е потребен број на ТТМ за остварен годишен капацитет на рудник.

Според пресметките за планирано годишно производство на рудник од 700.000 тони руда за сменски капацитет на ТТМ на откопен транспорт на руда и јаловина е претставено во табела 7.6 (прилог 1), каде што се добиени следните податоци.

За остварување на годишен капацитет на производство на рудник од 700.000 тони руда и јаловина се потребни оптимален број на алтернативни машини, што е претставено во табела 7.8 (прилог 2) со усвоено една резервна машина.

Табела 7.7. Оптимален број на машини

Table 7.7. Optimal quantity of machines

Оптимален број на ТТМ - 700.000 т/год.					
ОПРЕМА	Q(t) корпа	Потребен број на ТТМ L-150m	Потребен број на ТТМ L-250m	Потребен број на ТТМ	Вкупно ТТМ
WAGNER ST3.5	5,05	3,56	5,11	<b>5</b>	<b>6</b>
WAGNER - ST7	5,80	3,27	4,51	<b>4</b>	<b>5</b>
CAT-R1300G	5,24	3,38	4,53	<b>4</b>	<b>5</b>
TORO-151	2,81	5,08	6,62	<b>7</b>	<b>8</b>

За постигнување на годишен капацитет на рудникот со должина на транспорт од 150 метри е пресметан оптимален капацитет на лопата од Q=4.2(t) и потребен број од 4 ТТМ. За должина на транспорт од 250 метри е пресметан оптимален капацитет на лопата од Q=5.2(t) со потребен број од 5 ТТМ.

Во рамките на изработката на магистерскиот труд во услови на работа на Рудникот за олово и цинк „САСА“ - Македонска Каменица е извршено истражување со теренски мерења (снимање) на откопниот транспорт со товарно-транспортни машини (ТТМ) на дизел погон во повеќе сегменти и следење на параметри кои се во функционална зависност за остварување на сменскиот капацитет.

Резултатите добиени од истражувањето на снимен режим на работа на ТТМ, претставени во табеларен преглед по откопни блокови (прилог 11-13), кои можат да влезат во целосна обработка на овој магистерски труд.

### **7.5. Трошоци на откопен транспорт со товарно-транспортна механизација во функција на остварените ефективни работни часови**

Основна цел во технологијата на откопување во подземната експлоатација е остварување на што пониски трошоци при откопување т.е. поголем профит. За постигнување на оваа цел трендот на механизацијата и автоматизираноста на процесите се наметнува како неминовен. Но овој тренд е проследен со проблемот во изнаоѓање на оптимални решенија за искористување на средствата за работа. Трошоците како динамичка категорија се наметнуваат како еден од пресудните критериуми во оптимизирањето на технолошкиот процес при избор на машини за откопен транспорт.

Основните принципи кои важат како критериуми за дефинирање на опремата се специфичните трошоци за работа на машината и истите се изразуваат во (€/t), во зависност од капацитетот на секоја машина (t/h). Со поделба на трошоците за работа на опремата и ефективните работни часови во одреден период се добиваат трошоци во (€/h), кое се нарекува цена на чинење по работен час.

Анализата на вкупните трошоци на откопување на руда покажува дека откопниот транспорт заедно со дупчењето и минирањето имаат најголемо учество во откопните трошоци. Трошоците на откопниот транспорт, во зависност од големината и обликот на рудното тело, учествуваат од 6,5 до 35% во вкупните трошоци на откопување.

Овој критериум на трошоци има големо влијание како тежина врз оптимален избор на алтернативните решенија.



Вкупните трошоци на товарање и транспорт на руда и јаловина од откопите (откопен транспорт) ги сочинуваат:

- материјалните трошоци,
- трошоци за работната сила,
- трошоци на средствата за работа.

Секој од овие трошоци е утврден поединечно во €/h. Со сумирање на сите трошоци за товарање и превоз на рудата од откопот, кои претставуваат збир на оперативни трошоци во однос на работни часови претставени за еден месец, се добиваат специфичните трошоци на откопен транспорт, прикажан во следниот општ облик.

$$T_{\text{tpo}} = t_{\text{mat}} + t_{\text{trd}} + t_{\text{srd}} \quad (\text{€/h}) \quad (7.26)$$

Материјалните трошоци за товарање и транспорт на руда од откопите се променливи трошоци или трошоци на работењето. Во овие трошоци спаѓаат трошоци за: погонска енергија, тековно сервисирање, масло за подмачкување, гуми, техничка заштита, помошни инструменти, прибор и др. При пресметката на овие трошоци се одредени трошоците за енергија и планираните трошоци за тековно одржување, а останатите трошоци се опфатени со коефициентот  $k_1=1,1 - 1,2$ . За одредување на истите е користен следниот образец:

$$t_{\text{mat}} = k_1 \cdot \sum (t_e + t_{to}) \quad (\text{€/h}) \quad (7.27)$$

$t_e$  – нормативни трошоци за погонска енергија за време на работа од еден час (€/h),

$t_{to}$  – збир на нормативни материјали и трошоци за тековно одржување (€/h).

Трошоците за процесот на трудот при товарање и превоз на руда од откопот зависат од бројот на вработени кои работат на една машина во една смена, број на работни смени во месецот, бруто вредност на личен доход во сооднос на работни часови на машината во месецот.

- Трошоците на средствата за работа ги сочинуваат: амортизацијата, одржување на опремата, осигурување на машините и трошоците на камата.

Овие трошоци уште се нарекуваат и фиксни трошоци.

- Трошоците за амортизација се пресметуваат според набавна вредност на основната машина и векот на користење на машината, амортизираност и број на работни часови на машината во месецот, изразено во (€/h).
- Трошоци за одржување на основната машина се добиваат според обемот на сервиси на машината и зависат од видот на погонската енергија за движење на машината и коефициентот за одржување во функција од староста на машината (0,03 - 0,20) кое зависи од трошоци за набавка на опрема во однос на работни часови во месецот.

Врз основа на остварените ефективни работни часови во годината се пресметани вредности на специфични трошоци на откопен транспорт за секоја алтернатива поединечно во период од една година.

Во овој магистерски труд се земени податоци за остварени трошоци од книговодствена пресметка од Рудникот „Саса“, за секој месец во период од една година, за секоја алтернатива поединечно, претставени во табеларен преглед.

Преглед на остварени специфични трошоци во период од еден месец се претставени во следната табела 7.8 (прилог 2) и остварени ефективни работни часови на одредени видови на алтернативи кои се претставени во табела 7.9 (прилог 3) и пресметаните специфични трошоци на работен час се претставени во табела 7.10 (прилог 4).



Слика 7.8. Дијаграм на специфични трошоци на час за период од една годината  
Figure 7.8. Diagram of specific cost per hour for a period of one year of excavators

Од дијаграмот 7.8 се гледа дека товарачот со ознака ST46, ST47 и ST57 од тип Wagner ST3.5 има константно остварен трошок и како средна вредност се определува 44.01[€/h], односно товарач ST57.

За товарачот Wagner ST7 со број ST63 се зголемени трошоци поради сервис „А" при промена на големи компоненти со висока цена, при што за средна вредност се определува товарач ST62 со трошок 54,21[€/h].

Од дијаграмот за трошоци на товарачот Caterpillar R1300G се добиени приближни специфични трошоци во зависност од евиденција на сервисирање, при што средна вредност на трошок се определува CAT1 со вредност 43,67[€/h].

Определената пресметка за трошоците на товарач TORO151 изнесува 22,80[€/h], која се добива поради помало оптоварување при откопен транспорт и мала моќност на дизел мотор.

#### **7.6. Одредување на инвестициски трошоци за изработка на рударска просторија за движење на механизацијата за откопен транспорт**

Одредувањето на трошоците за изработка на рударска просторија за движење на механизација зависи од големината на профилот кој е во функционалната зависност од габаритите на товарно-транспортната машина.

Во зависност од капацитетот на рудникот и рационалниот избор на ТТМ се потребни и рударските простории кои имаат различен попречен пресек. Промената на едниот и на другиот праметар влијае на трошоците за изработка на рударските простории.

Определувањето на големината на попречен пресек на рударската просторија зависи од повеќе фактори, кои се издвојуваат како најбитни.

- физичко-мехнички карактеристики на карпите;
- големина на рударските машини;
- капацитетот на рудник;
- видот на подграда и др.

Во анализата за товарање и превоз на миниран материјал од откопите се анализирани повеќе типови на товарно-транспортни средства кои се претставени во табела 7.5.

Во зависност од габаритите и техничките карактеристики на товарно-транспортна механизација кои се опишани во поглавје 7.5 се предлага високозасводена форма на попречниот пресек на рударската просторија со следните големини на попречен пресек на рударската просторија која се пресметува според формулата:

$$P = D \cdot h + \frac{D^2 \cdot \pi}{2} (m^2) \quad (7.28)$$

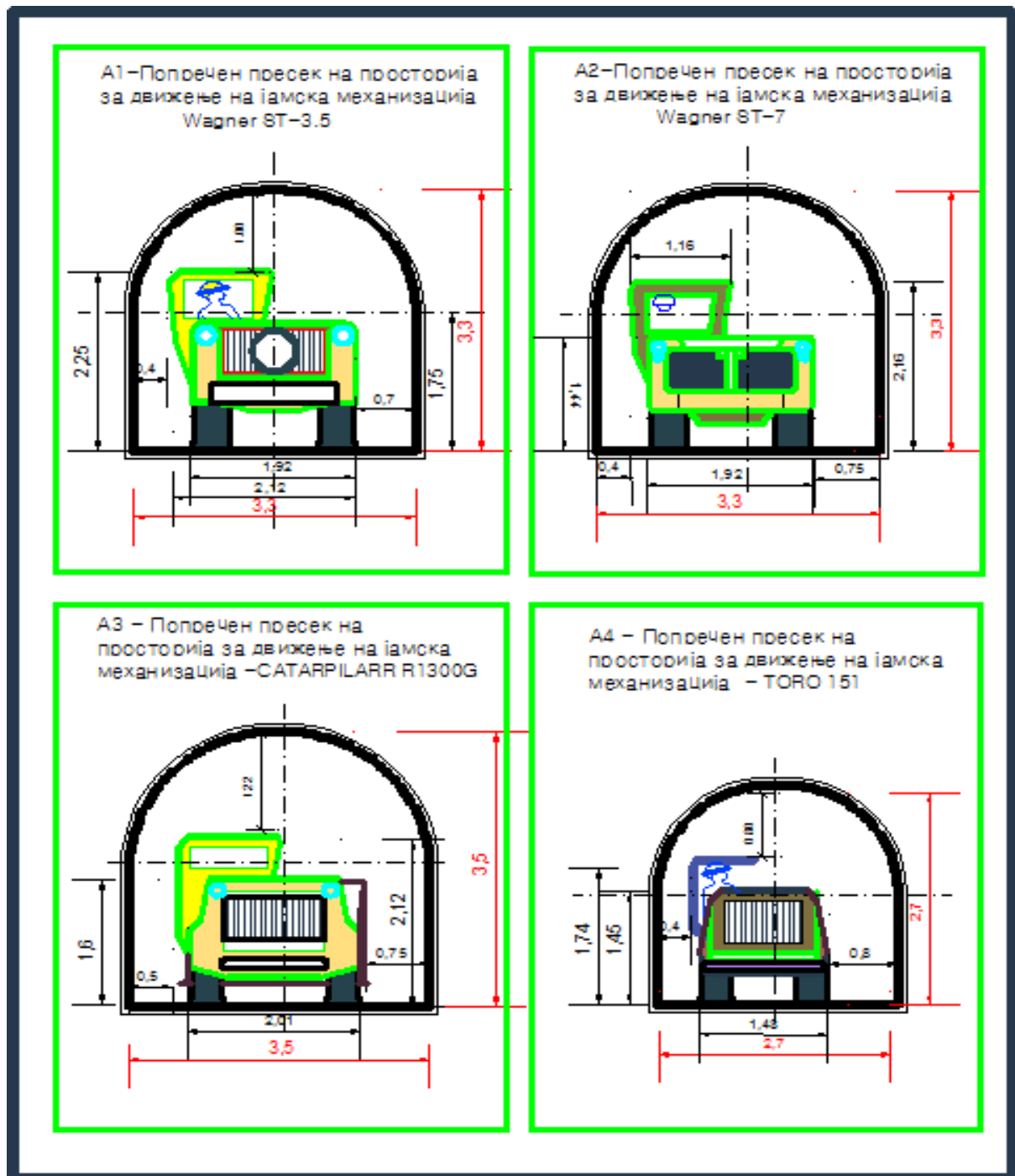
Рударската просторијата во која се врши превоз на миниран материјал, по правило, слободната широчина помеѓу механизацијата и бокот на просторијата е најмалку 0,25 m на едната страна и најмалку 0,70 m на спротивната страна. Слободната височина на подземните простории во кои се одвива главниот транспорт од највисоката точка на превозното средство до плафонот треба да изнесува најмалку 0,6 m. Според димензиите на механизацијата се усвоени три големини на попречен пресек за движење на јамска механизацијата слика 7.9.

1) Големината на попречен пресек на рударска просторија изнесува  $S = 10,00 \text{ m}^2$  – за движење на машина **WAGNER ST3.5** и **WAGNER ST 7**.

2) Големината на попречен пресек на рударска просторија изнесува  $S = 11,00 \text{ m}^2$  – за движење на машина **CATARPILARR G1300R**.

3) Големината на попречен пресек на рударска просторија изнесува  $S = 7,00 \text{ m}^2$  – за движење на машина **TORO-151**.

На овој начин е извршен рационален избор на три големини на рударски простории за движење на ТТМ, чија изработка ќе биде анализирана.



Слика 7.9. Големина на попречен пресек на просторијата наменета за движење на јамска дизел механизација

Figure 7.9. Size of cross-section of the room intended for movement of diesel powered pit machinery

За пресметка на податоците и нивна споредба е потребно останатите влијателни параметри во системот на изработка на рударска просторија да се определени да бидат исти кај сите големини на рударски простории.

Како фиксни параметри во системот на изработка на рударска просторија ќе влезат работни операции кои се потребни при изработка на рударска просторија:

1. Дупчење и минирање;
2. Проветрување;
3. Товарање и транспорт;
4. Подградување;
5. Помошни работни операции.

#### **7.6.1. Пресметка на трошоци за изработен метар должен на рударска просторија за движење на ТТМ**

Врз основа на утврдените параметри, поединечните цени за потрошените материјали, набавните цени на механизацијата и цената на бруто личен доход се утврдени трошоците на одделните работни операции кај сите варијанти на рударска просторија. За компаративна пресметка е земен попречен профил од 11 m<sup>2</sup>.

#### **Материјални трошоци за дупчење и минирање**

Цената на дупчење и минирање е определена вредност на трошоци за изработка на потребена големина на профил на рударска просторија која зависи од повеќе карактеристики. Во табела 7.11 (прилог 5) се претставени материјални трошоци во зависност од големината на рударската просторија.

#### **Материјални трошоци за проветрување**

За изработка на рударска просторија за движење на ТТМ е потребно сепаратно проветрувањето за изработка на различни попречни профили.

Според примената на дизел механизација, потребна е количина на свежа воздушна струја за проветрување која изнесува 9 (m<sup>3</sup>/s), што одговара на сепаратен вентилатор со снага од 30 (kW/h).

Потребната количина на воздух за вентилација на издувни гасови од дизел опремата, за 1(kW) моќност на моторот е потребно 0,066 (m<sup>3</sup>/s). Според законските регулативи при работата со дизел опрема за иста работа на еден товарач е потребна количина на воздух претставена во табела 7.12.

Табела 7.12. Потребна количина на воздух за проветрување  
Table 7.12. Needed amount of air for ventilation

ОПРЕМА	Моќност на дизел мотор- kW	Потребна количина на воздух за 1 kW моќност	Потребна количина на воздух-Q(m <sup>3</sup> /s)
WAGNER ST3.5	136	0,066	8,976
WAGNER ST7	144	0,066	9,504
CAT- R1300G	123	0,066	8,118
TORO-151	52	0,066	3,432

За пресметаната количина на воздух и депресијата за проветрување може да се обезбеди со еден вентилатор Zitron GEL 7-30-2 со електричен мотор со номинална моќност од 30kW со капацитет на вентилаторот од 9 до 12 m<sup>3</sup>/s. Норматив за потребите на проветрувањето при изработка на рударски простории претставува електричната енергија за работа на електромотор на вентилатори.

Вентилаторот ќе работи со активна моќност на електромотор од 22 kW, така нормативот на потрошувачка на електрична енергија за проветрување на еден метар изработка на рударска просторија за сите алтернативни решенија ќе изнесува.

- 22.0 kw x 13.15 h = 288.92 kWh за изработка на 1 m' рударска просторија од 11 m<sup>2</sup>;
- 22.0 kw x 11.83 h = 260,22 kWh за изработка на 1m' рударска просторија од 10 m<sup>2</sup>;
- 22.0 kw x 10,63 h = 233,64 kWh за изработка на 1m' рударска просторија од 7 m<sup>2</sup>.

Материјалните трошоци на електрична енергија за проветрување при изработка на еден метар рударска просторија за потребните попречни профили се претставени во табела 7.13 (прилог 6).

### Материјални трошоци за товарање и транспорт при изработка на рударска просторија

За товарање и транспорт на миниран материјал при изработка на рударска просторија за движење на ТТМ е констатиран рационален избор на

попечен профил на рударска просторија во зависност од габаритите на рударска механизација.

Количината за товарање и транспорт за усвоени попречни профили се пресметува според образецот и претставени во табела 7.14.

$$Q = V \cdot L \cdot \gamma \cdot k_r(t) \quad (7.29)$$

V – попречен профил на рударска просторија (m<sup>2</sup>)

L – должина на изработка на рударска просторија- 1,0 (m')

γ – волуменска маса на материјал – 3,2 (t/m<sup>3</sup>)

Kr – коефициент на растреситост

Табела 7.14. Пресметка на количините за транспорт на материјал

Table 7.14. Calculation of quantities for transport of material

ОПРЕМА	V (m <sup>2</sup> )	L(m')	γ(t/m <sup>3</sup> )	Qm(t/m')	Kr	Qm (m <sup>3</sup> /m')
WAGNER ST3.5	11	1,0	3,2	35,20	1,60	56,32
WAGNER ST7	10	1,0	3,2	32,00	1,60	51,2
CAT- R1300G	10	1,0	3,2	32,00	1,60	51,2
TORO-151	7	1,0	3,2	22,40	1,60	35,84

За изработка на еден метар должен рударска просторија се пресметани специфични трошоци за секоја машина при товарање и транспорт, кои се дадени во табела 7.15 (прилог 7).

Нормативни материјали за ТТМ се пресметуваа според изразот:

$$\text{Нафта: } \frac{15.6(l/h)}{37.5(t/h)} = 0.416(l/t) \cdot 32t = 13.33(l/m')$$

$$\text{Масло: } 10\% \times 13.33 = 1.33 (l/m')$$

$$\text{Гуми: } \frac{4\text{ parc}}{850h \times 37.5} = 0.000122 \text{ parc} / t \cdot 32t / m' = 0.0038(\text{br.} / m') \quad (7.30)$$

### Материјални трошоци за подградување на рударски простории

При изработка на рударските простории се одредува типот на подграда, што зависи од геомеханичките карактеристики на работна средина, при што околу 80% од рударските простории се изработуваат во втора категорија на карпи. За подградување ќе се примени еластична подграда (прскан бетон + челична мрежа + анкери). Застапеноста на одделните елементи на подградата



зависи од пресметки за потребна носивост на подградата, во зависност од карактеристиките на работната средина.

Пресметката на материјални трошоци за подградување при изработка на еден метар должен рударска просторија се претставени во табела 7.16 (прилог 8).

Вкупните материјални трошоци за изработка на рударска просторија се претставени во табела 7.17.

Табела 7.17. Вкупни директни трошоци за изработка на 1 м' рударска просторија за секое алтернативно решение

Table 7.17. Total direct costs for construction of the 1 m' mining room for any alternative solution

Инвестициони трошоци [€/m']	A1	A2	A3	A4
Трошоци за дупчење и минирање	149,0	149,0	163,9	104,3
Трошоци за проветрување	16,2	16,2	18,01	14,55
Трошоци за товарење и транспорт	53,11	45,44	51,45	35,55
Трошоци за подградување	188,11	188,11	206,93	120,39
Трошоци за помошни работни операции	40,6	39,9	44,0	27,5
<b>Вкупни трошоци за изработка на 1 м' рударска просторија</b>	<b>447,1</b>	<b>438,7</b>	<b>484,4</b>	<b>302,3</b>

### 7.7. Определување на експлоатациони трошоци за проветрување на рударските простории при откопен транспорт

Проветрувањето на откопите помеѓу два хоризонти е механичко со проточна воздушна струја која ќе се доведува од поткоп и истрошениот воздух излегува низ ускопите за вентилација до горните хоризонти. Разведувањето на воздушната струја по откопните блокови е дизајнирано согласно со поделбата на рудното поле, применетата метода на откопување, како и техниката за откопување.

Со работата на дизел машина во подземни простории доаѓа до загадување на јамскиот воздух, односно појава на штетни издувни гасови. Во тој случај рударските простории ќе мораат да се проветруваат сепаратно, со електричен вентилатор од 20 до 30KW и вентилациони цевки од Ø600.

При блоковско откопување, просечните должини на слепите простории во просек се околу 200 m и се применуваат компресионите системи за сепаратно проветрување (слика 7.10).



Слика 7.10. Компресионен систем за сепаратно проветрување

Figure 7.10. Compression system for separate ventilation

Карактеристично за методите на откопување со зарушување на кровината оозгора-надолу даваат можности за добро проветрување на работилиштата, односно откопите со правилно насочување на свежа воздушна струја.

#### 7.7.1. Пресметка на потребната количина на воздух и трошоци за проветрување

Во подземните рудници се користи опрема со дизел мотори со голема моќност, за која е потребно проветрување со свежа воздух. Потребната количина на воздух за проветрување се определува врз основа на бројот на истовремена работа на товарно-транспортна опрема. За пресметка на проветрувањето на издувните гасови од дизел опремата постојат неколку методологии и формули.

Пресметките се извршени во согласност со Меѓународните прописи (MSHA-USA) и препорачаните емпириски формули (Gundersen и Holding). Вредности според споменатите методологии на Holding (1982) за 1 kW моќност на моторот изнесува  $0,066 \text{ m}^3/\text{s}$  или  $0,066 \text{ m}^3/\text{s}/\text{kW}$  моќност на мотор. За постигнување на производниот капацитет со потребен број на товарно-

транспортна механизација е пресметана вкупната инсталирана моќност, која е прикажана во табела 7.18.

Табела 7.18. Потребно количество воздух на истовремена работа на ТТМ при откопен транспорт

Table 7.18. Needed amount of air for simultaneous operation of TTM during excavation transport

ОПРЕМА	Потребен број на ТТМ	Моќност на мотор- (kW)	Коеф. истовремена работа	Потребна количина на воздух за 1kW моќност	Вкупно свеж воздух- Q(m <sup>3</sup> /s)
WAGNER ST3.5	6	136	3,25	0,066	33,66
WAGNER ST7	5	144	3,25	0,066	30,89
CAT-R1300G	5	123	3,75	0,066	26.38
TORO-151	8	52	4,75	0,066	16,30

Според бројот на дизел товарачи е пресметана потребната количина на свежа воздушна струја за проветрување на рудникот која изнесува 30 m<sup>3</sup>/s што одговара на истовремена работа на три вентилатори со активна снага од 22 kW/h. Пресметките за трошоци за проветрување се одредуваат врз база на потрошена електрична енергија и трошоците за одржување на опремата, контрола на системот и ангажиран персонал за реализација на сепаратно проветрување.

За експлоатационите трошоци за работа на вентилаторите на сите блокови во истовремена експлоатација на потребната механизација треба да се обезбедат потребен број на вентилатори од типот Zitron GEL 7-30-2 со капацитет на вентилаторот од 9 до 12 m<sup>3</sup>/s) и моќност на електричен мотор од 30 kW.

Нормативи на потрошувачка на електрична енергија и материјали за потребите на проветрување при работа на предложените товарачи со дизел мотор за еден час работа се пресметани во табела 7.19 (прилог 9).

Количината на концентрациите на издувни гасови кои се издвојуваат од работата на дизел мотор зависи од квалитетот на погонскиот мотор, уредот за пречистување на издувните гасови. За квалитетна функција на вентилациониот систем е потребно поголема инсталирана моќност за вентилација за 10%, со што се добиени поголеми експлоатациони трошоци.

## **7.8. Ергономски услови при управувањето со товарно-транспортни машини**

Ергономијата е наука за проучување на ефикасноста на работното место, дизајнирање на опрема и уреди за работа, која обезбедува попријатна работа. Положбата на возачот во однос со машината може да се транспортира на машината или командувањето на машината да се врши со далечинско управување.

Механички опасности се јавуваат при ракување со машини за откопен транспорт и употреба на опрема за определено карактеристично работно место. Со товарање и транспорт по нерамни и нестабилни зони на движење, неправилна работа со рударските машини, недефинирана локација на работа и неправилно обезбедени косини доаѓа до механички вибрации. Вибрациите настануваат како последица од работата на моторот кои се пренесува преку од трансмисијата, преку шасијата и седиштето се до телото на операторот. Квалитативна оцена на ергономските услови се врши врз основа на испитување на нивото на изложеност на возачот на вибрации, односно од видот на јастог на седиштето. Како оптимален избор на ергономски седишта е анализиран јастог од тврдо пресуван сунѓер на сите алтернативни решенија од товарно-транспортни машини.

Штетности кои произлегуваат како последица од седење во нефизиолошка положба на телото на возачот, во лоши ергономски конструирани услови за работа на операторот. Ергономските услови треба да ги задоволи ефикасно двонасочно ракување и обезбедување добра видливост на операторот, при движење на напред и назад.

Како ергономски уреди на операторот се вбројуваат:

- работен стол со потпирач на операторот;
- кабина на операторот;
- потпирач за раце;
- соодветен ергономски дизајн на командни џоистици за управување;
- користење на опрема и уреди за безбедна работа со јамски машини.

Одделни анализи за избор на квалитетот на ергономското седиште се дизајнот на седиштето со удобност, стабилност и намалени вибрации кои се рангираат како квалитативен критериум на ергономичност.

Потребни ергономски услови кои треба да се исполнат:

- **Удобност** е квалитативен услов кој се вреднува врз основа на субјективните процени на операторот, со процена на општата удобност од видот на амортизација и тип на јастог.
- **Стабилност** е квалитативна оцена на операторот во поглед на положбата на седиштето кое нема голема разлика кај сите алтернативи.
- **Намалување** (придушување) на вибрацијата е способност на седиштето да ги намали вибрациите врз основа на мерење на забрзување на вибрациите на седиштето во период за еден ден. Намалувањето на вибрациите е резултат од типот на амортизери на седиштето и квалитет на јастогот и видот на моторот.

Ако машината подлежи на вибрации, седиштето треба да биде така изведено и изработено, по можност да се намалат вибрациите на најниското ниво, што се пренесуваат на операторот за време на возењето.

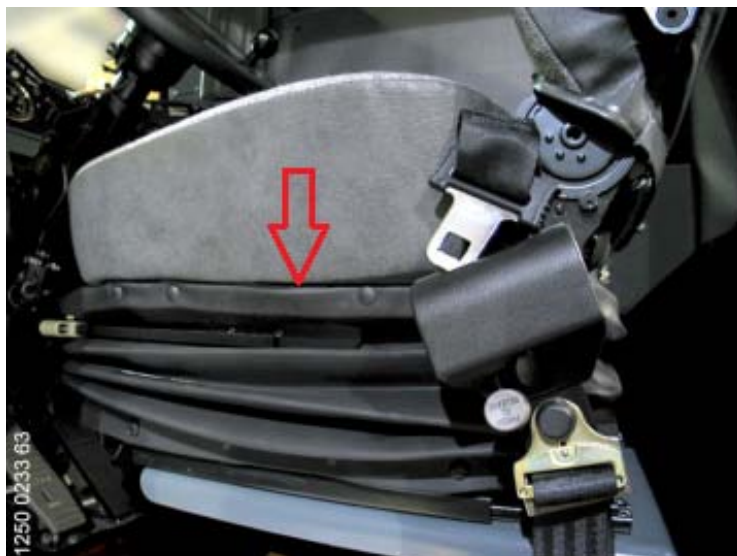
Површината за потпирање на 'рбетот треба да се регулира по косина и по висина и треба да овозможи еластично потпирање на 'рбетот при негово поместување. Носачите на седиштето треба да ги издржуваат сите оптоварувања приспособени на соодветна тежина на операторот на кои тие можат да подложат.

Ергономски фактори на работното место кои го заштитуваат здравјето на вработените се следниве поволности:

- Редуцирање (намалување) на трошоци - Со вложување и подобрување на ергономските услови на работа може да се намали факторот на ризик, како што е мускулно-коскено нарушување.
- Квалитет на работа – Лошиот распоред на уредите во работен простор од кабината на операторот.
- Зголемување на продуктивноста – Со обликување на работниот простор од ергономија се зголемува продуктивноста.

Ергономското седло кое ефективно го намалува или редуцира вибрирањето на целото тело, како и ергономските рачки, кои се пренесуваат на системот дланка-рака претставуваат максимална безбедност при работа.

Прегледот на квалитативни оценки од ергономски уреди кај товарно-транспортни машини е добиен од ергономските седишта дадени поединечно за секоја алтернатива.



Слика 7.11. Ергономско седиште кај товарач Wagner ST7

Figure 7.11. Ergonomic seat in the Wagner ST7 loader



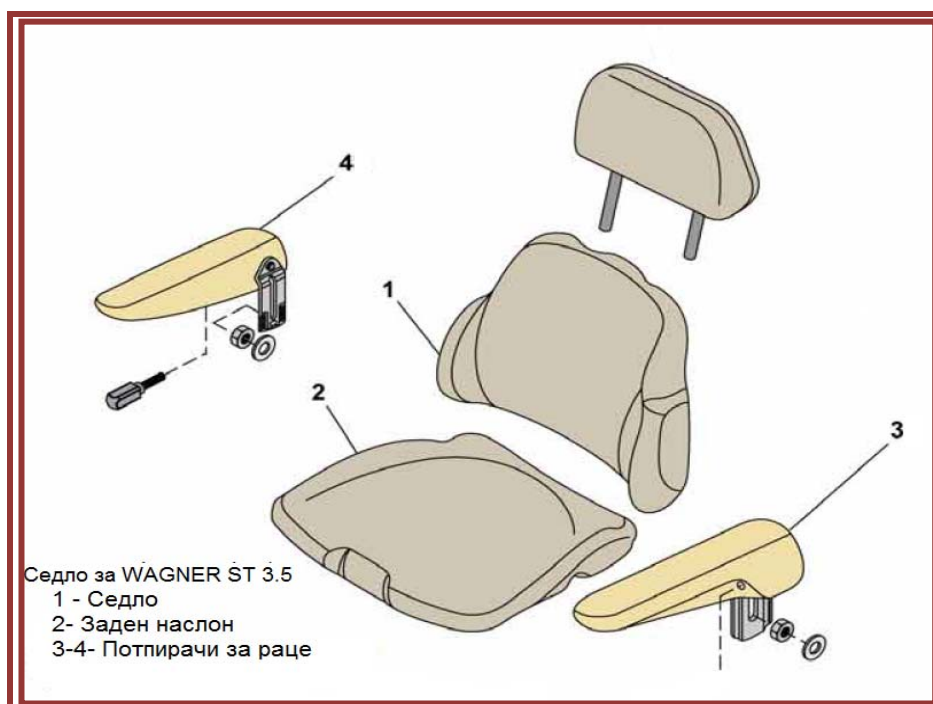
Слика 7.12. Кабина со ергономско седиште кај товарач CATERPILARR R1300G

Figure 7.12. Cabin with an ergonomic seat in the CATERPILARR loader

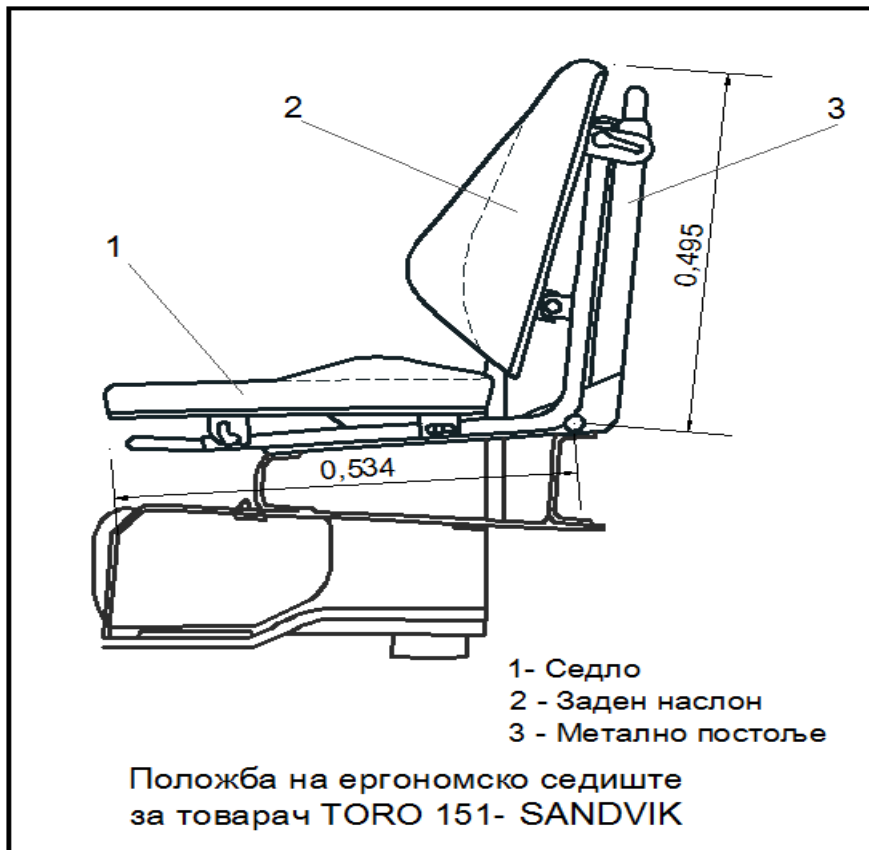
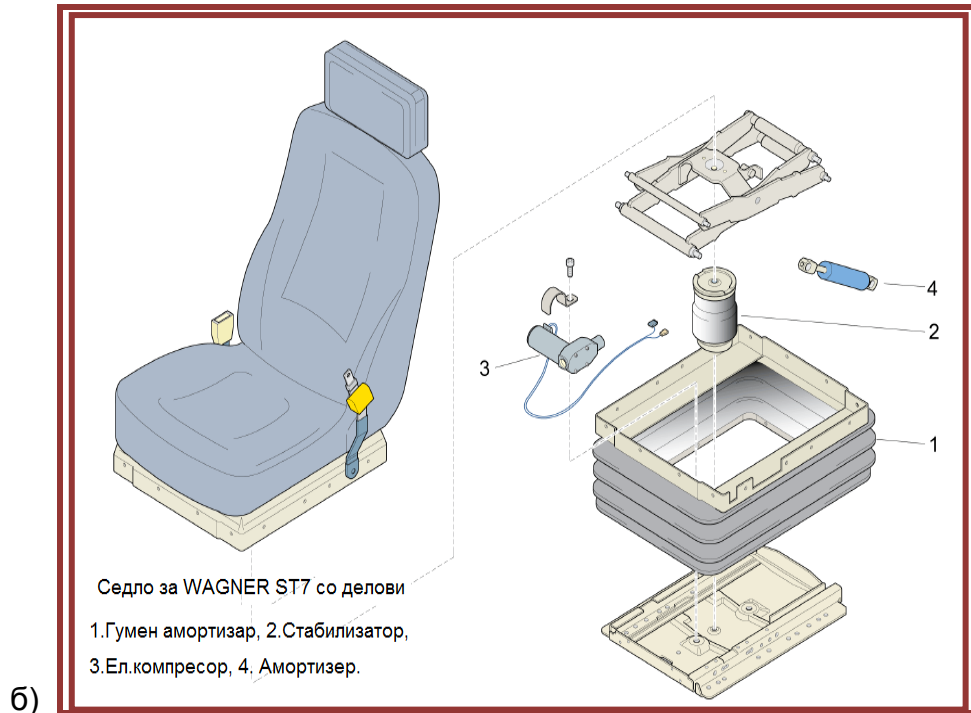
1. Седло, 2. Контролен панел, 3. Педало за забрзување, 4. Сервисна (ножна) сопирачка, 5. Џоистик за брзини и управување, 6. Копче за рачно деблокирање, 7. Ергономска потпирка.



Слика 7.13. Ергономски уреди на команди во кабина на TORO 151-Sandvik  
Figure 7.13. Ergonomic command instruments in the cabin of TORO 151- Sandvik



a)



в)

Слика 7.14. Составни делови на ергономско седиште

Figure 7.14. Component parts of ergonomic seat

а) Wagner ST 3,5

б) Wagner ST 7

в) TORO 151



Врз основа на овие карактеристики на ергономските и безбедносните услови на работа може да се формира ранг-листа на приоритет од квалитативна вредност дадено во табела 7.20 (прилог 10).

## 8. РЕШАВАЊЕ НА ПОВЕЌЕКРИТЕРИУМСКИ МОДЕЛ КАЈ МАСИВНИ РУДНИ НАОЃАЛИШТА

Во магистерскиот труд е даден краток преглед на истражување и оптимален избор на ТТМ со метода на АХП и решавање на проблемот со повеќекритериумска оптимизација на одлучување. Со примена на АХП метода е изработен модел на оптимален избор на товарно-транспортни машини на дизел погон врз основа на утврдени критериуми.

Квантитативните и квалитативните оценки од критериумите за одделни товарно-транспортни машини се дадени како влезни податоци на моделот на реалниот проблем подготвен за понатамошна обработка според повеќекритериумската метода АХП, која е обработена според следната матрица.

Табела 8.1. Матрица на одлучување (МО)

Table 8.1. Decision matrix (MO)

Алтернативи	Критериуми				
	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>
Цел	max	min	min	min	max
A <sub>1</sub>	37,48	44,01	447,11	4,20	Просечна
A <sub>2</sub>	40,72	54,21	438,67	4,11	Висока
A <sub>3</sub>	39,48	43,67	484,36	4,11	Просечна
A <sub>4</sub>	26,23	22,80	302,31	2,74	Ниска

Алгоритам на АХП методот обезбедува средства за разложување на делови од проблемот во хиерархија на потпроблеми коишто може полесно да се разберат и субјективно да се оценат. Субјективните оценки т.е. евалуации се претвораат во нумерички вредности и истите се рангирани за секоја алтернатива со нумерички вредности од скалата на Саати.

Во продолжение е дадена табела со која се врши трансформација на квалитативните атрибути, односно преведување на квалитативните атрибути во квантитативни.

Квалитативна оценка	Многу ниска	Ниска	Просечен	Висока	Многу висока	Тип на критериум
Квантитативна оценка	1	3	5	7	9	max
	9	7	5	3	1	min

По завршената субјективна оцена и со трансформација на квалитативните атрибути, понатаму податоците се претставуваат во матрична форма, која се нарекува квантифицивана матрица на одлучување (МО) со следниот изглед:

Алтернативи	Критериуми				
	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>
Цел	max	Min	min	min	max
A <sub>1</sub>	37,48	44,01	447,11	4,20	5
A <sub>2</sub>	40,72	54,21	438,67	4,11	7
A <sub>3</sub>	39,48	43,67	484,36	4,11	5
A <sub>4</sub>	26,23	22,80	302,31	2,74	3

Методологијата на аналитички хиерархиски процеси може да биде објаснета преку следниве фази.

## 8.1. Фази на методата АХП

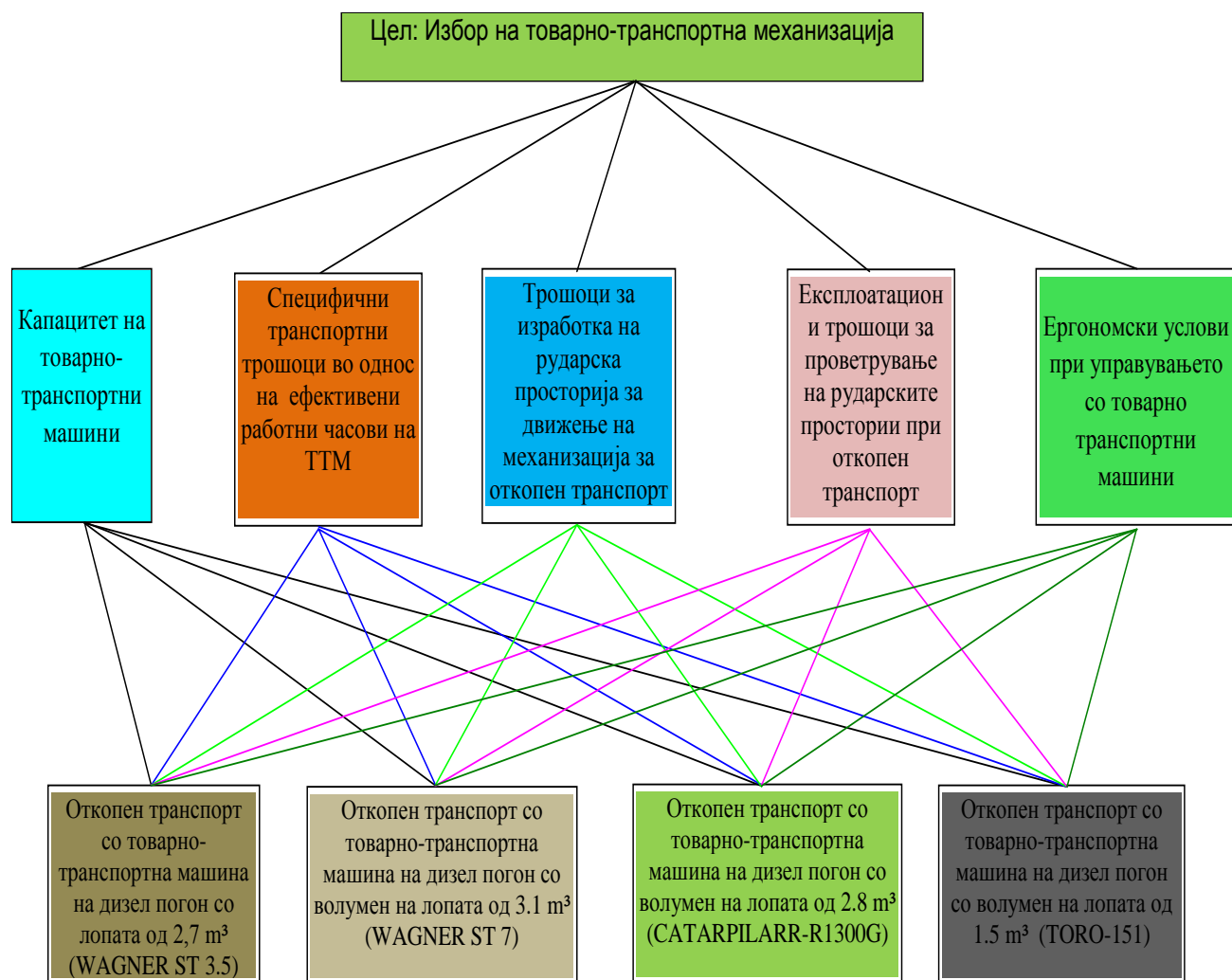
### Фаза 1. Структурирање на проблемот

Проблемот се формира во хиерархијата од: цел, критериуми и алтернативи кои претставуваат најкреативниот и најважниот дел во донесувањето на одлуката. Хиерархијата го покажува односот помеѓу елементите на едно ниво со оние елементи од пониските нивоа и претставува процес кој протекува од врвот до најниското ниво од хиерархијата и на тој начин секој елемент е поврзан со секој. Хиерархијата е многу организирана форма на мрежа.

Научникот Saaty укажува на тоа дека е корисен начинот да се структурира хиерархијата почнувајќи надолу од целта и потоа да се разработуваат алтернативите сè додека нивоата на двата процеса не се поврзат на таков начин на кој може да се прават споредби.

Атрибутите во структурата на хиерархија, од прво ниво (критериуми на одлучување), се означени на следниов начин:

- K1 - Капацитет на товарно-транспортни машини.
- K2 - Специфични транспортни трошоци во однос на ефективни работни часови на ТТМ.
- K3 - Трошоци за изработка на рударска просторија за движење на механизација за откопен транспорт.
- K4 - Експлоатациони трошоци за проветрување на рударските простории при откопен транспорт.
- K5 - Ергономски услови при управувањето со товарно-транспортни машини.



**Слика 8.1.** Хиерархиска структура на проблемот за избор на товарно-транспортна механизација

**Figure 8.1.** Hierarchical structure of the problem for choice of loading and transport machinery

Со формирање на хиерархијата, како нареден чекор се креира математички модел. Овој модел се заснова на меѓусебно споредување на паровите, односно на секое ниво од хиерархиска структура во парови меѓусебно се споредуваат елементите од оваа структура.

### Фаза 2: Собирање на податоците

Прв чекор е споредување на значењето за поединечните атрибути (критериуми) согласно со скалата на Saaty со девет точки.

Преференците на носачот на одлуките се изразуваат со помош на скалата која претходно беше објаснета.

Врз основа на формираната хиерархиска структура и врз основа на зададените преференци од страна на носачот на одлуките се формира евалуациона матрица, односно матрица на споредбени парови кои одговараат на секое ниво на хиерархијата претставена во табела 8.2.

Табела 8.2. Матрица за споредување

Table 8.2. Matrix comparing

	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>
K <sub>1</sub>	1,0	(2,00)	2,00	3,00	8,00
K <sub>2</sub>		1,0	5,00	7,00	9,00
K <sub>3</sub>			1,0	2,00	3,00
K <sub>4</sub>				1,0	4,00
K <sub>5</sub>					1,0

### Фаза 3: Оценување на релативните тежини

Вредностите во заградата, всушност, претставуваат инвертен (реципрочен) однос на преференција, така што (2,00) на пресекот помеѓу K<sub>1</sub> и K<sub>2</sub> има вистинска вредност 1/2 што се користи при пресметувањето. Просечните вредности што не се во заграда претставуваат преференција на еден критериум во однос на друг, според скалата на Saaty со девет точки.

Во оваа фаза се пресметува вредноста на елементите во матрицата на споредување, односно се врши нормализирање на матрицата на споредување

и се добиваат единствени сопствени вектори за сите атрибути на секое ниво на хиерархијата.

Решавањето на проблемот е опишано во три чекори:

**Чекор 1:** Нормализираната матрица на споредување, односно преработената матрица за споредување на тежините на паровите се пополнува на следниов начин:

$(K_1, K_2) = (2,00)$ ; бидејќи вредноста е во заграда, при пресметувањето се користи реципрочната вредност;

$$(K_1, K_2) = (2,00) = 1 / 2,00 = 0,50;$$

Од претходната табела имаме  $(K_2, K_4) = 7,00$ , вредноста нема заграда, при пресметувањето се користи истата вредност;

$(K_1, K_3) = 2,00$ , бидејќи вредноста нема заграда, при пресметувањето се користи истата вредност;

$$(K_1, K_1) = (K_2, K_2) = \dots = (K_5, K_5) = 1,00;$$

$$(K_2, K_1) = 1/(K_1, K_2) = 1 / 0,50 = 2,00.$$

**Чекор 2:** Пресметување на нормализирана релативна тежина од елементите во матрицата се врши со сумирање на секоја колона од матрицата и се добива следната табела.

Табела 8.3. Преработена табела (матрица) за споредување на тежините на паровите

Table 8.3. Pairwise comparison matrix of criteria

	<b>K<sub>1</sub></b>	<b>K<sub>2</sub></b>	<b>K<sub>3</sub></b>	<b>K<sub>4</sub></b>	<b>K<sub>5</sub></b>
<b>K<sub>1</sub></b>	1,0	0,500	2	3	8
<b>K<sub>2</sub></b>	2,000	1.0	5	7	9
<b>K<sub>3</sub></b>	0,500	0,200	1,0	2	3
<b>K<sub>4</sub></b>	0,333	0,143	0,333	1,0	4
<b>K<sub>5</sub></b>	0,125	0,111	0,333	0,25	1,0
<b>Вкупно</b>	<b>3,96</b>	<b>1,95</b>	<b>8,67</b>	<b>13,3</b>	<b>25,0</b>

**Чекор 3:** Во овој чекор се врши пресметување на сопствениот вектор кој уште се нарекува и вектор на приоритет, соодветен на сопствените вредности, кој се врши на следниов начин: секој елемент од претходната табела се дели со соодветниот збир од својата колона, тоа е прикажано во табела 8.4.

Табела 8.4. Пресметување на сопствениот вектор со соодветните сопствени вредности

Table 8.4. Calculating eigen vectors corresponding eigen values

	<b>Б<sub>1</sub></b>	<b>Б<sub>2</sub></b>	<b>Б<sub>3</sub></b>	<b>Б<sub>4</sub></b>	<b>Б<sub>5</sub></b>	<b>Б<sub>6</sub></b>	<b>Б<sub>7</sub></b>
	<b>К<sub>1</sub></b>	<b>К<sub>2</sub></b>	<b>К<sub>3</sub></b>	<b>К<sub>4</sub></b>	<b>К<sub>5</sub></b>	Вкупно	Средна вредност
<b>К<sub>1</sub></b>	0,253	0,256	0,231	0,226	0,320	<b>1,286</b>	<b>0,257</b>
<b>К<sub>2</sub></b>	0,505	0,512	0,577	0,528	0,360	<b>2,482</b>	<b>0,496</b>
<b>К<sub>3</sub></b>	0,126	0,102	0,115	0,151	0,120	<b>0,615</b>	<b>0,123</b>
<b>К<sub>4</sub></b>	0,084	0,073	0,038	0,075	0,160	<b>0,431</b>	<b>0,086</b>
<b>К<sub>5</sub></b>	0,032	0,057	0,038	0,019	0,040	<b>0,186</b>	<b>0,037</b>
<b>Сума</b>	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0		

За да го добиеме конечниот сопствен вектор, односно тежините на критериумите според кои ќе се врши рангирањето, во колоната Б<sub>6</sub> се збирова на елементите по редовите, а пак во колоната Б<sub>7</sub> се пресметува аритметичката средина од нормализираната матрица или се добиваат кога соодветната вредност од колоната Б<sub>6</sub> ќе се подели со бројот на критериуми во случајот е бројот 5 (пример за редот К<sub>1</sub> имаме:  $B_7 = B_6 / 5 = 0,257$ ).

Сите вредности за елементите на критериумите по редовите, тоа е всушност колоната Б<sub>7</sub> од претходната табела.

На тој начин се пресметуваат учеството или важноста за секој критериум во моделот. Доносителот на одлуката ги проценува сите четири типови на товарно-транспортни машини и односот на секој критериум поединечно, односно го пресметува учеството за секоја алтернатива поединечно во делот на разгледуваниот критериум.

Табела 8.5. Конечен приоритет за I ниво

Table 8.5. Final priority I level

	Средна вредност	Ранг
K <sub>1</sub>	0,257	2
K <sub>2</sub>	0,496	1
K <sub>3</sub>	0,123	3
K <sub>4</sub>	0,086	4
K <sub>5</sub>	0,037	5

Со добиените вредности за тежините на секој критериум е потребно да се изврши проверка на конзистенција на нашите споредувања.

### Евалуација на конзистентноста на споредба

Пресметката на конзистентноста на споредбата е заснована на субјективна процена, потребно е да се дефинира мерка за конзистенција за да се осигура точноста. Саати (Saaty) ја воведува таа мерка преку индексот на конзистенција (C.I.) како отстапување или степен на конзистентност и тој се пресметува според равенката:

$$C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (8.10)$$

каде што се:

$\lambda_{\max}$  – максимална или својствена вредност на матрицата,

$n$  – големина на матрицата (број на редови на матрицата),  $n = 6$ .

Вредностите на матрицата се добиваат со собирање на производите меѓу секој елемент на нормализираниот вектор и збирот на колоните од реципрочната матрица.

$$\lambda_{\max} = 3.96 \cdot 0,257 + 1.95 \cdot 0,496 + 8,67 \cdot 0,123 + 13,31 \cdot 0,086 + 25.00 \cdot 0,037 = 5,126 \quad (8.11)$$

Индексот на конзистенција (CI) е пресметан со изразот и изнесува:

$$C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = \frac{5,123 - 5}{5 - 1} = 0,031 \quad (8.12)$$



Научникот Саати (Saaty) предлага користење на индексот на конзистенција (CI), на тој начин што ќе се спореди со соодветен друг индекс. Соодветниот индекс на конзистенција се нарекува случаен индекс на конзистенција (R.I.). Саати (Saaty) случајно генерирал реципрочна матрица со користење на размерот  $1/9, 1/8, \dots, 1, \dots, 8, 9$  и го добил случајниот индекс на конзистенција за да види дали вредноста е околу 10% или помала. Вредностите на случајниот индекс на конзистенција (R.I.) се дадени во табелата на Саати (Saaty):

Табела 8.6. Вредности на случајните индекси RI (Saaty)

Table 8.6. Values of random index RI (Saaty)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R.I.	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49

Во овој случај, за  $n = 5$ , добиваме дека  $R.I. = 1,11$ .

Во методата на АХП е дефиниран т.н. однос на конзистентност што претставува споредба меѓу индексот на конзистенција и случајниот индекс на

конзистенција или во формула: 
$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} \quad (8.13)$$

Ако вредноста на односот од конзистенција ( $CR$ ) е помала или еднаква на 10%, конзистенцијата е прифатлива. Ако односот на конзистенција е поголем од 10%, треба да се ревидира субјективната оцена и повторно да се изработи матрица на споредување.

Со замена на добиените вредности во равенката за односот на

конзистентност добиваме: 
$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} = \frac{0,031}{1,11} = 0,0282 \cdot 100 = 2,829\% < 10\% \quad (8.14)$$

Од равенството добиваме дека субјективната оцена за преференцата на критериумите е конзистентна.

Во следната фаза на пресметката носителот на одлуката ги проценува сите четири товарно-транспортни машини за откопен транспорт и односот на секој критериум поединечно, односно го пресметува учеството за секоја алтернатива поединечно во делот на разгледуваниот критериум.

Аналогно на претходните атрибути од второ ниво (алтернативи) може да се означат на следниот начин:

A1 - Товарно-транспортна машина WAGNER ST 3.5 со волумен на лопата од 2,7 m<sup>3</sup>;

A2 - Товарно-транспортна машина WAGNER - ST 7 со волумен на лопата од 3.1 m<sup>3</sup>;

A3 - Товарно-транспортна машина (CATARPILARR-R1300G) со волумен на лопата од 2.8 m<sup>3</sup>;

A4 - Товарно-транспортна машина TORO-151 со волумен на лопата од 1.5 m<sup>3</sup>.

Матрици за споредување на алтернативите од второто ниво за секој атрибут и нивните приоритети се прикажани во продолжение.

Матрицата на споредбени парови за прецизни мерење за кој било број на елемент е конзистентна матрица.

Основачот на АХП, Thomas Saaty ги открил особините на оваа матрица која овозможува проверка на конзистенцијата на мерењата во ситуации кога не постои можност за спроведување на прецизни мерења.

### **Евалуациската матрица на споредбени парови во однос на првиот критериум**

Евалуациската матрица на споредбени парови во однос на првиот критериум е прикажана во табела 8.7. Нормализираната матрица е прикажана во табела 8.8. Конечниот ранг на алтернативите во однос на критериумот капацитет на машината во единица време е прикажан на слика 8.2.

- Процена и приоритет на алтернативите во однос на атрибутот K<sub>1</sub>:

Табела 8.7. Матрица на споредување на парови во однос на K<sub>1</sub>

Table 8.7. Matrix comparing of pairs in regards to the K<sub>1</sub>

	<b>A<sub>1</sub></b>	<b>A<sub>2</sub></b>	<b>A<sub>3</sub></b>	<b>A<sub>4</sub></b>
<b>A<sub>1</sub></b>	<b>1,0</b>	(3,00)	2,00	3,00
<b>A<sub>2</sub></b>		<b>1,0</b>	5,00	8,00
<b>A<sub>3</sub></b>			<b>1,0</b>	3,00
<b>A<sub>4</sub></b>				<b>1,0</b>

Преработена матрица за споредување на тежините во паровите во однос на атрибутот K<sub>1</sub>.

Табела 8.8. Нормализирана матрица на споредување  
Table 8.8. Normalized matrix comparing

	<b>A<sub>1</sub></b>	<b>A<sub>2</sub></b>	<b>A<sub>3</sub></b>	<b>A<sub>4</sub></b>
<b>A<sub>1</sub></b>	<b>1,00</b>	0,33	2,00	3,00
<b>A<sub>2</sub></b>	3,00	<b>1,00</b>	5,00	8,00
<b>A<sub>3</sub></b>	0,50	0,200	<b>1,00</b>	3,00
<b>A<sub>4</sub></b>	0,33	0,125	0,333	<b>1,00</b>
<b>Вкупно</b>	<b>4,83</b>	<b>1,66</b>	<b>8,33</b>	<b>15,00</b>

Табела 8.9. Пресметување на сопствениот вектор со соодветните сопствени вредности

Table 8.9. Calculating eigen vectors corresponding eigen values

	<b>Б<sub>1</sub></b>	<b>Б<sub>2</sub></b>	<b>Б<sub>3</sub></b>	<b>Б<sub>4</sub></b>	<b>Б<sub>5</sub></b>	<b>Б<sub>6</sub></b>
	<b>A<sub>1</sub></b>	<b>A<sub>2</sub></b>	<b>A<sub>3</sub></b>	<b>A<sub>4</sub></b>	<b>Вкупно</b>	<b>Средна вредност</b>
<b>A<sub>1</sub></b>	0,2069	0,2010	0,2400	0,2000	<b>0,848</b>	<b>0,212</b>
<b>A<sub>2</sub></b>	0,6207	0,6030	0,6000	0,5333	<b>2,357</b>	<b>0,589</b>
<b>A<sub>3</sub></b>	0,1034	0,1206	0,1200	0,2000	<b>0,544</b>	<b>0,136</b>
<b>A<sub>4</sub></b>	0,0690	0,0754	0,0400	0,0667	<b>0,251</b>	<b>0,063</b>

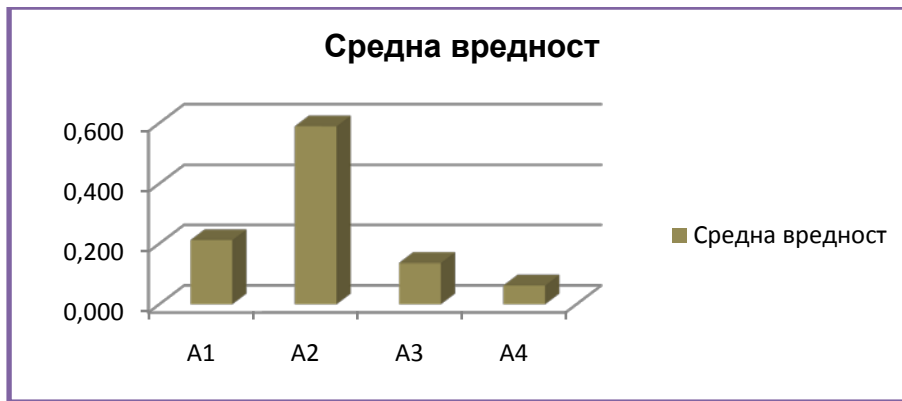
$$\lambda_{\max} = 4,076; \text{C.I.} = 0,0255; \text{C.R.} = 0,0286 = 2,86\%.$$

Најголемата сопствена вредност  $\lambda_{\max} = 4,076$ , индексот на конзистенција **C.I. = 0,0255**, односот на конзистентност **C.R. = 0,0286**, бидејќи е помал од 0,10, следува дека нивото на неконзистентност е прифатливо. Според критериумот капацитет на машината во единица време, најдобро е рангирана товарна машина A2.

Табела 8.10. Конечен приоритет на алтернативите во однос на атрибутот K1

Table 8.10. Final priority of alternatives in regards to the K1 attribute

	<b>Средна вредност</b>	<b>Ранг</b>
<b>A<sub>1</sub></b>	0,212	<b>2</b>
<b>A<sub>2</sub></b>	0,589	<b>1</b>
<b>A<sub>3</sub></b>	0,136	<b>3</b>
<b>A<sub>4</sub></b>	0,063	<b>4</b>



Слика 8.2. Рангирање на алтернативите според критериумот капацитет на машината во единица време

Figure 8.2. Ranking of alternatives according to the criterion of capacity of a machine per unit of time

**Евалуациската матрица на споредбени парови во однос на вториот критериум**

- Процена и приоритет на алтернативите во однос на атрибутот  $K_2$ :

Табела 8.11. Матрица на споредување на парови во однос на атрибутот  $K_2$

Table 8.11. Matrix of comparison of pairs in regards to the  $K_2$  attribute

	<b>A<sub>1</sub></b>	<b>A<sub>2</sub></b>	<b>A<sub>3</sub></b>	<b>A<sub>4</sub></b>
<b>A<sub>1</sub></b>	1,00	2,00	2,00	(2,00)
<b>A<sub>2</sub></b>		1,00	(2,00)	(2,00)
<b>A<sub>3</sub></b>			1,00	(2,00)
<b>A<sub>4</sub></b>				1,00

Преработена матрица за споредување на тежините во паровите во однос на атрибутот  $K_2$ .

Табела 8.12. Нормализирана матрица на споредување

Table 8.12. Normalized matrix comparing

	<b>A<sub>1</sub></b>	<b>A<sub>2</sub></b>	<b>A<sub>3</sub></b>	<b>A<sub>4</sub></b>
<b>A<sub>1</sub></b>	1,00	2,00	2,00	0,50
<b>A<sub>2</sub></b>	0,50	1,00	0,50	0,50
<b>A<sub>3</sub></b>	0,50	2,00	1,00	0,50
<b>A<sub>4</sub></b>	2,00	2,00	2,00	1,00
<b>Вкупно</b>	4,00	7,00	5,50	2,50

Табела 8.13. Пресметување на сопствениот вектор со соодветните сопствени вредности

Table 8.13. Calculating eigen vectors corresponding eigen values

	<b>Б<sub>1</sub></b>	<b>Б<sub>2</sub></b>	<b>Б<sub>3</sub></b>	<b>Б<sub>4</sub></b>	<b>Б<sub>5</sub></b>	<b>Б<sub>6</sub></b>
	<b>A<sub>1</sub></b>	<b>A<sub>2</sub></b>	<b>A<sub>3</sub></b>	<b>A<sub>4</sub></b>	<b>Вкупно</b>	<b>Средна вредност</b>
<b>A<sub>1</sub></b>	0,250	0,286	0,364	0,200	<b>1,099</b>	<b>0,275</b>
<b>A<sub>2</sub></b>	0,125	0,143	0,091	0,200	<b>0,559</b>	<b>0,140</b>
<b>A<sub>3</sub></b>	0,125	0,286	0,182	0,200	<b>0,793</b>	<b>0,198</b>
<b>A<sub>4</sub></b>	0,500	0,286	0,364	0,400	<b>1,549</b>	<b>0,387</b>

$\lambda_{\max} = 4,135$ ; C.I. = 0,0451; C.R.= 0,0507 = 5,066%.

Најголемата сопствена вредност  $\lambda_{\max} = 4,135$ , индексот на конзистенција **C.I. = 0,0451**, односот на конзистентност **C.R.= 0,0507**, бидејќи е помал од 0,10, следува дека нивото на неконзистентност е прифатливо.

Табела 8.14. Конечен приоритет на алтернативите во однос на атрибутот K2

Table 8.14. Final priority of alternatives in regards to the K2 attribute

	<b>Средна вредност</b>	<b>Ранг</b>
<b>A<sub>1</sub></b>	0,275	<b>2</b>
<b>A<sub>2</sub></b>	0,140	<b>4</b>
<b>A<sub>3</sub></b>	0,198	<b>3</b>
<b>A<sub>4</sub></b>	0,387	<b>1</b>



Слика 8.3. Рангирање на алтернативите според критериумот специфични транспортни трошоци на ТТМ

Figure 8.3. Ranking of alternatives according to the criterion of specific transport costs of TTM

Според критериумот специфични транспортни трошоци на ТТМ, најдобро е рангирана товарно-транспортната машина А4.

**Евалуациската матрица на споредбени парови во однос на третиот критериум**

- Процена и приоритет на алтернативите во однос на критериумот К<sub>3</sub>:

Табела 8.15. Матрица на споредување на парови во однос на К3

Table 8.15. Matrix comparing of pairs towards K3

	<b>A<sub>1</sub></b>	<b>A<sub>2</sub></b>	<b>A<sub>3</sub></b>	<b>A<sub>4</sub></b>
<b>A<sub>1</sub></b>	<b>1,00</b>	(3,00)	(2,00)	(3,00)
<b>A<sub>2</sub></b>		<b>1,00</b>	3,00	(2,00)
<b>A<sub>3</sub></b>			<b>1,00</b>	(2,00)
<b>A<sub>4</sub></b>				<b>1,00</b>

Преработена матрица на споредбени парови во однос на третиот критериум – трошоци за изработка на еден метар рударска просторија за движење на механизација е прикажана во табела 8.16.

Табела 8.16. Нормализирана матрица на споредување

Table 8.16. Normalized matrix comparing

	<b>A<sub>1</sub></b>	<b>A<sub>2</sub></b>	<b>A<sub>3</sub></b>	<b>A<sub>4</sub></b>
<b>A<sub>1</sub></b>	<b>1,00</b>	0,33	0,50	0,33
<b>A<sub>2</sub></b>	3,00	<b>1,00</b>	3,00	0,50
<b>A<sub>3</sub></b>	2,00	0,33	<b>1,00</b>	0,50
<b>A<sub>4</sub></b>	3,00	2,00	2,00	<b>1,00</b>
<b>Вкупно</b>	<b>9,00</b>	<b>3,67</b>	<b>6,50</b>	<b>2,33</b>

Табела 8.17. Пресметување на сопствениот вектор со соодветните сопствени вредности

Table 8.17. Calculating eigen vectors corresponding eigen values

	<b>Б<sub>1</sub></b>	<b>Б<sub>2</sub></b>	<b>Б<sub>3</sub></b>	<b>Б<sub>4</sub></b>	<b>Б<sub>5</sub></b>	<b>Б<sub>6</sub></b>
	<b>A<sub>1</sub></b>	<b>A<sub>2</sub></b>	<b>A<sub>3</sub></b>	<b>A<sub>4</sub></b>	<b>Вкупно</b>	<b>Средна вредност</b>

<b>A<sub>1</sub></b>	0,1111	0,0909	0,0769	0,1429	<b>0,422</b>	<b>0,105</b>
<b>A<sub>2</sub></b>	0,3333	0,2727	0,4615	0,2143	<b>1,282</b>	<b>0,320</b>
<b>A<sub>3</sub></b>	0,2222	0,0909	0,1538	0,2143	<b>0,681</b>	<b>0,170</b>
<b>A<sub>4</sub></b>	0,3333	0,5455	0,3077	0,4286	<b>1,615</b>	<b>0,404</b>

$\lambda_{\max} = 4,173$ ; **C.I. = 0,0578**; **C.R.= 0,0649= 6,49%**.

Најголемата сопствена вредност  $\lambda_{\max} = 4,173$ , индексот на конзистенција **C.I. = 0,0578**, односот на конзистентност **C.R.= 0,0649**, бидејќи е помал од 0,10, следува дека нивото на неконзистентност е прифатливо.

Табела 8.18. Конечен приоритет на алтернативите во однос на атрибутот K3

Table 8.18. Final priority of alternatives in regards to the K3 attribute

	<b>Средна вредност</b>	<b>Ранг</b>
<b>A<sub>1</sub></b>	0,105	<b>4</b>
<b>A<sub>2</sub></b>	0,320	<b>2</b>
<b>A<sub>3</sub></b>	0,170	<b>3</b>
<b>A<sub>4</sub></b>	0,404	<b>1</b>



Слика 8.4. Рангирање на алтернативите според критериумот трошоци за изработка на еден метар рударска просторија за движење на механизација

Figure 8.4 Ranking of alternatives according to the criteria of construction costs for 1 meter of a mining room for movement of machinery

Според критериумот К3, најдобро е рангирана товарно-транспортната машина А4.

**Евалуациска матрица на споредбени парови во однос на четврти критериум**

- Процена и приоритет на алтернативите во однос на критериумот К4:

Табела 8.19. Матрица на споредување на парови во однос на К4

Table 8.19. Matrix comparing of pairs towards K4

	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>
A <sub>1</sub>	1	(3,00)	(3,00)	(4,00)
A <sub>2</sub>		1	1,00	2,00
A <sub>3</sub>			1	2,00
A <sub>4</sub>				1

Преработена матрица на споредбени парови во однос на четвртиот критериум - експлоатациони трошоци за проветрување на рударските простории е прикажана во табела 8.20.

Табела 8.20. Нормализирана матрица на споредување

Table 8.20. Normalized matrix comparing

	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>
A <sub>1</sub>	1	0,33	0,33	0,25
A <sub>2</sub>	3,00	1	1,00	2,00
A <sub>3</sub>	3,00	1,00	1	2,00
A <sub>4</sub>	4,00	0,50	0,50	1
Вкупно	11,00	2,83	2,83	5,25

Табела 8.21. Пресметување на сопствениот вектор со соодветните сопствени вредности

Table 8.21. Calculating eigen vectors corresponding eigen values

	Б <sub>1</sub>	Б <sub>2</sub>	Б <sub>3</sub>	Б <sub>4</sub>	Б <sub>5</sub>	Б <sub>6</sub>
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	Вкупно	Средна вредност
A <sub>1</sub>	0,0909	0,1176	0,1176	0,0476	0,374	0,093
A <sub>2</sub>	0,2727	0,3529	0,3529	0,3810	1,360	0,340



<b>A<sub>3</sub></b>	0,2727	0,3529	0,3529	0,3810	<b>1,360</b>	<b>0,340</b>
<b>A<sub>4</sub></b>	0,3636	0,1765	0,1765	0,1905	<b>0,907</b>	<b>0,227</b>

$\lambda_{\max} = 4,144$ ; **C.I. = 0,0482**; **C.R.= 0,0542 = 5,42%**.

Најголемата сопствена вредност  $\lambda_{\max} = 4,14$ , индексот на конзистенција **C.I. = 0,0482**, односот на конзистентност **C.R.= 0,0542**, бидејќи е помал од 0,10, следува дека нивото на неконзистентност е прифатливо.

Табела 8.22. Конечен приоритет на алтернативите во однос на атрибутот K4

Table 8.22. Final priority of alternatives in regards to the K4 attribute

	<b>Средна вредност</b>	<b>Ранг</b>
<b>A<sub>1</sub></b>	0,093	<b>4</b>
<b>A<sub>2</sub></b>	0,340	<b>1</b>
<b>A<sub>3</sub></b>	0,340	<b>1</b>
<b>A<sub>4</sub></b>	0,227	<b>3</b>



Слика 8.5. Рангирање на алтернативите според критериумот експлатациони трошоци за проветрување на рударските простории

Figure 8.5. Ranking of alternatives according to the criterion of exploitation costs for ventilation of mining rooms

Според критериумот K4, најдобро се рангирани товарно-транспортните машини A2 и A3.

### Евалуациската матрица на споредбени парови во однос на петтиот критериум

- Процена и приоритет на алтернативите во однос на критериумот  $K_5$ :

Табела 8.23. Матрица на споредување на парови во однос на  $K_5$

Table 8.23. Matrix comparing of pairs towards  $K_5$

	<b>A<sub>1</sub></b>	<b>A<sub>2</sub></b>	<b>A<sub>3</sub></b>	<b>A<sub>4</sub></b>
<b>A<sub>1</sub></b>	1	(3,00)	1,00	4,00
<b>A<sub>2</sub></b>		1	6,00	9,00
<b>A<sub>3</sub></b>			1	4,00
<b>A<sub>4</sub></b>				1

Преработена матрица на споредбени парови во однос на петтиот критериум - ергономски услови при управувањето е прикажана во табела 8.24.

Табела 8.24. Нормализирана матрица на споредување

Table 8.24. Normalized matrix comparing

	<b>A<sub>1</sub></b>	<b>A<sub>2</sub></b>	<b>A<sub>3</sub></b>	<b>A<sub>4</sub></b>
<b>A<sub>1</sub></b>	1	0,333	1,00	4,00
<b>A<sub>2</sub></b>	3,00	1	6,00	9,00
<b>A<sub>3</sub></b>	1,00	0,17	1	4,00
<b>A<sub>4</sub></b>	0,25	0,11	0,25	1
<b>Вкупно</b>	5,25	1,61	8,25	18,00

Табела 8.25. Пресметување на сопствениот вектор со соодветните сопствени вредности

Table 8.25. Calculating eigen vectors corresponding eigen values

	<b>B<sub>1</sub></b>	<b>B<sub>2</sub></b>	<b>B<sub>3</sub></b>	<b>B<sub>4</sub></b>	<b>B<sub>5</sub></b>	<b>B<sub>6</sub></b>
	<b>A<sub>1</sub></b>	<b>A<sub>2</sub></b>	<b>A<sub>3</sub></b>	<b>A<sub>4</sub></b>	<b>Вкупно</b>	<b>Средна вредност</b>
<b>A<sub>1</sub></b>	0,1905	0,2069	0,1212	0,2222	<b>0,741</b>	<b>0,185</b>
<b>A<sub>2</sub></b>	0,5714	0,6207	0,7273	0,5000	<b>2,419</b>	<b>0,605</b>
<b>A<sub>3</sub></b>	0,1905	0,1034	0,1212	0,2222	<b>0,637</b>	<b>0,159</b>
<b>A<sub>4</sub></b>	0,0476	0,0690	0,0303	0,0556	<b>0,202</b>	<b>0,051</b>

$\lambda_{\max} = 4,1723$ ; C.I. = 0,0574; C.R.= 0,0645= 6,45%.

Најголемата сопствена вредност  $\lambda_{\max} = 4,172$ , индексот на конзистенција **C.I. = 0,0574**, односот на конзистентност **C.R.= 0,0645**, бидејќи е помал од 0,10, следува дека нивото на неконзистентност е прифатливо.

Табела 8.26. Конечен приоритет на алтернативите во однос на атрибутот K5

Table 8.26. Final priority of alternatives in regards to the K5 attribute

	Средна вредност	Ранг
<b>A<sub>1</sub></b>	0,185	<b>3</b>
<b>A<sub>2</sub></b>	0,605	<b>1</b>
<b>A<sub>3</sub></b>	0,159	<b>2</b>
<b>A<sub>4</sub></b>	0,051	<b>4</b>



Слика 8.6. Рангирање на алтернативите според критериумот ергономски услови при управувањето

Figure 8.5. Ranking of alternatives according to the criterion of ergonomic conditions during vehicle control

Според критериумот ергономски услови при управувањето, најдобро е рангирана товарно-транспортната машина A2.

#### Фаза 4: **Одредување на решение на проблемот**

На крајот од постапката за одредување на решението на проблемот е извршена севкупна синтеза на проблемот за оптимален избор на товарно-транспортна механизација.

Матрицата на одлучување претставува форма на проблемите претставени во матрична форма, за повеќекритериумско одлучување.

Вкупната синтеза на проблемот се пресметува така што секоја алтернатива се множи со нејзиното учество (тежина на критериум) со одделни критериуми на одлучување во делот на разгледуваниот критериум, така за сите критериуми по ред и на крајот добиените резултати се собираат.

Тежината на првиот критериум  $K_1 = 0,257$ , а тежината на алтернативата  $A_1 = 0,249$ . Со нивно множење се добива  $K_1 \times A_1 = 0,257 \times 0,212 = 0,055$ .

За вториот критериум имаме:  $K_2 \times A_1 = 0,496 \times 0,274 = 0,152$ .

Крајната постапка и пресметка на соодветните тежини по реден број се продолжува за сите критериуми и алтернативи со примена на АХП методата, која е прикажана во табеларен преглед.

Табела 8.27. Синтезна табела за избор на оптимална алтернатива

Table 8.27. Synthesis table for choosing the optimal alternative

Критериум	Тежина на критериум	A1	K x A1	A2	K x A2	A3	K x A3	A4	K x A4
<b>K<sub>1</sub></b>	<b>0,257</b>	0,2120	0,0545	0,5893	0,1514	0,1360	0,0350	0,0628	0,01613
<b>K<sub>2</sub></b>	<b>0,496</b>	0,2748	0,1363	0,1397	0,0693	0,1981	0,0983	0,3873	0,19212
<b>K<sub>3</sub></b>	<b>0,123</b>	0,1055	0,0130	0,3205	0,0394	0,1703	0,0209	0,4038	0,04966
<b>K<sub>4</sub></b>	<b>0,086</b>	0,0935	0,0080	0,3399	0,0292	0,3399	0,0292	0,2268	0,01950
<b>K<sub>5</sub></b>	<b>0,037</b>	0,185	0,0069	0,6048	0,0224	0,1593	0,0059	0,0506	0,00187

а) За првата алтернатива A1 се добива:

$$A_1 = A_1(K_1) + A_1(K_2) + A_1(K_3) + A_1(K_4) + A_1(K_5) = 0,219.$$

Пресметката е иста и за преостанатите три алтернативи (A2, A3, A4) и добиените резултати се внесуваат во табела. Со собирањето на добиените резултати за првата алтернатива се добива вкупното учество (тежина) на првата алтернатива, а потоа исто за втората, третата и четвртата алтернатива (табела 8.28).

Табела 8.28. Вкупни тежини на алтернативите во моделот

Table 8.28. Total weight of alternatives in the model

	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	Вкупно
A <sub>1</sub>	0,055	0,136	0,013	0,008	0,007	<b>0,219</b>
A <sub>2</sub>	0,152	0,069	0,039	0,029	0,022	<b>0,312</b>
A <sub>3</sub>	0,035	0,098	0,021	0,029	0,006	<b>0,190</b>
A <sub>4</sub>	0,016	0,192	0,050	0,020	0,002	<b>0,280</b>

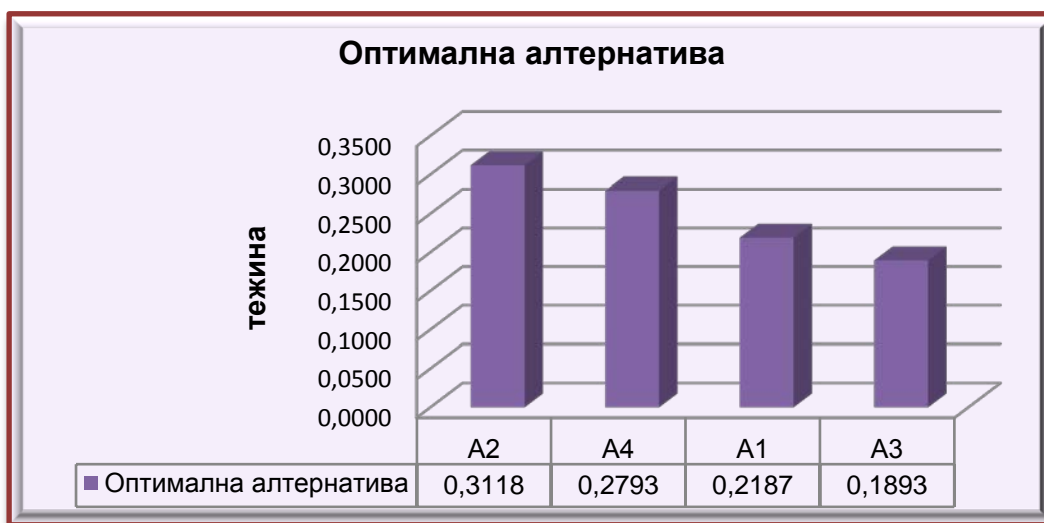
## 8.2. Рангирање на алтернативите кај масивни рудни наоѓалишта

Рангирањето според вредностите на тежините на алтернативите го дава целосниот финален редослед (ранг) на алтернативите во моделот - табела 8.29.

Табела 8.29. Рангирање на алтернативите

Table 8.29. Ranking of alternatives

	Вкупно	Ранг
A <sub>2</sub>	0,3118	<b>1</b>
A <sub>4</sub>	0,2793	<b>2</b>
A <sub>1</sub>	0,2187	<b>3</b>
A <sub>3</sub>	0,1893	<b>4</b>



Слика 8.7. Конечен ранг на алтернативите

Figure 8.7. Final ranking of alternatives

## **Финален оптимален ранг на алтернативите**

Врз основа на добиените резултати од рангирање на алтернативите според најголема вредност, најприфатлива т.е. најповолна е алтернативата за откопен транспорт. Оптимален избор од разгледуваните алтернативи се одлучува за алтернатива A2, односно товарно-транспортна машина **WAGNER - ST 7** со најголема вредност на тежината од 0,3118, со волумен на лопата од 3.1 m<sup>3</sup>.

## **9. СТУДИЈА НА СЛУЧАЈ ЗА ИЗБОР НА МЕХАНИЗАЦИЈА ЗА ОТКОПЕН ТРАНСПОРТ ВО РУДНИК „ЗЛЕТОВО“**

### **9.1. Технологија на подземна експлоатација кај жични рудни наоѓалишта**

При истражување на овој случај е анализиран Рудникот „Злетово“ како жичен тип на наоѓалиште, според типот на оруднувањето и отворањето на рудното наоѓалиште и поделено на хоризонти, во рамките на секоја јама.

Помеѓу хоризонтите се изработени меѓухоризонти во рудната жица. Разработката на меѓухоризонтите, по правилно, се врши од понискиот хоризонт преку рудни сипки и транспортно проодни ускопи кои се изработуваат во подината на рудната жица.

При експлоатацијата на минерална суровина во услови на Рудникот „Злетово“ како жичен тип на рудно наоѓалиште се применуваат методи за откопување за жични рудни тела во повеќе варијанти и тоа:

- подетажна откопна метода,
- метода на хоризонтално кровно откопување со пополнување на откопаниот простор, позната како „злетовска откопна метода“.

#### **а) Подетажна откопна метода**

Подетажниот метод на откопување се применува за откопување на рудни тела (со паден агол над 60°), кои имаат жичен и леќаст облик на рудни тела.

Во рудниците „Злетово“ се применуваат две подетажни методи:

- подетажна метода со отворени откопи;
- подетажна метода со зарушување на рудната кровина.

**а) Подетажната метода со отворени откопи** се применува на рудни жици со стабилни бокови, цврста руда и поголем наклон, додека подетажната метода со зарушување на рудната кровина се применува за откопување на рудни жици со моќност 1,5 м со голем пад, со средно цврста руда и нестабилни бокови.

Подготовката на еден откопен блок за подетажниот откопен метод со отворени откопи се состои во изработка на: извозен вентилационен ходник на висина помеѓу два соседни хоризонти, проодно-транспортни ускопи на границите на откопниот блок, подетажни ходници и рудни сипки.

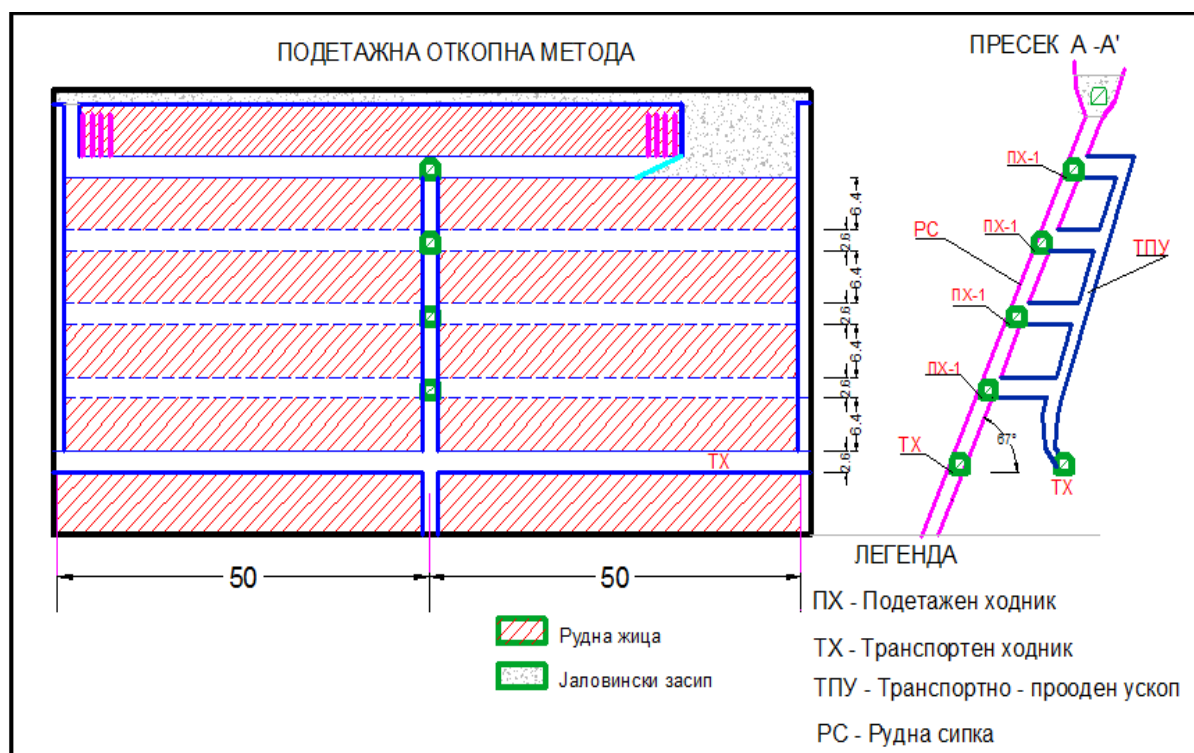
Притоа подетажната откопна метода со отворени откопи по целата висина на еден откопен блок е поделена на два дела и целиот блок е испресечен со подетажни ходници на висина од 8 до 10 m. По извршеното потсекување се врши откопување по целата висина на откопниот блок.

Откопувањето на рудата се врши со дупчење и минирање во хоризонтални појаси во покривот на откопот, од повисокиот кон понискиот хоризонт со висина од 8 m. Товарањето и транспортот на изминираниот руда од откопот до рудните сипки се врши со помош на товарно-транспортни лопати T2GH и CAVO 310.

**б) Подетажна метода на откопување со зарушување на рудната кровина** се изработуваат подетажни ходници до половина на рудниот блок и се започнува со откопување. Подготвителните работи кај подетажниот метод со зарушување на рудната кровина се состојат од изработка на: транспортен ходник (ТХ), вентилационен ходник (ВХ), транспортен прооден ускоп (ТПУ) и рудна сипка (РС) (слика 9.1).

Кога ќе се откопа горниот дел на рудниот блок се започнува со подготовка за откопување на долниот дел од рудниот блок. Должината на откопните блокови кај подетажно откопување со зарушување изнесува околу 100-120 m. Во средина на откопен блок се изработува рудна сипка која рудниот блок го дели на два дела, со должина од 50 m и висината на откопниот блок се движи помеѓу 50 – 60 m. Според усвоените димензии на блокот и должината на транспортните подетажните ходници од откопите до рудната сипка изнесува околу 50 m. Висината на подетажните плочи изнесува околу 7 m.

Транспортниот прооден ускоп - ТПУ се изработува во подината на рудната жица и од него на висинско растојание од 6 до 7 m се изработуваат кратки пречни ходници. Откопните подетажни ходници (ПХ) се изработуваат во насока на рудната жица. Откопувањето на подетажните плочи над подетажно-откопните ходници се врши од граничниот ускоп на засекување кон средината на откопот. Откопувањето се врши од горниот кон долниот хоризонт. Зарушувањето на околните карпи е доста бавно и истото настанува по фазата на извлекување на рудата.

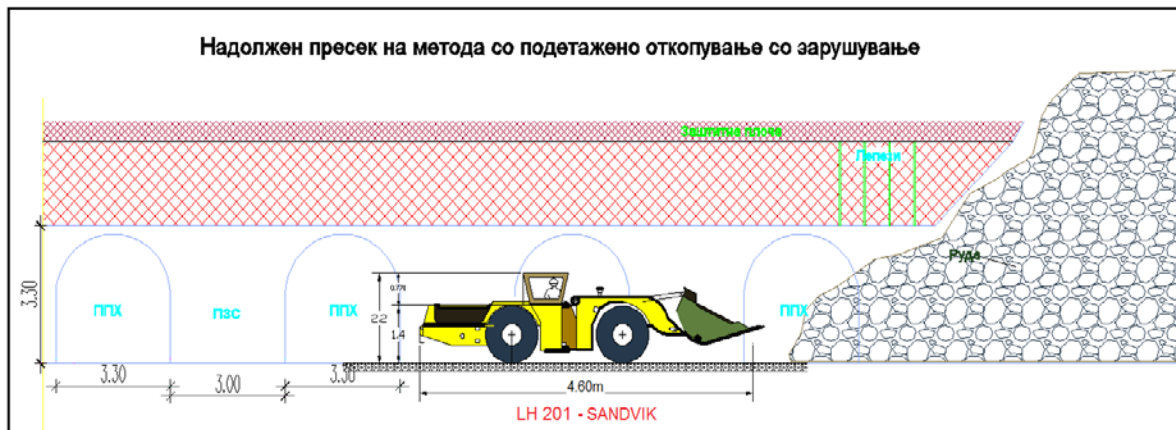


Слика 9.1. Подетажно откопнување со зарушување на кровината  
Figure 9.1. Sublevel excavation with mining of the roof

Во зависност од моќноста на рудната жица и големината на профилот на подготвителни објекти кај оваа метода може да се користат различни типови на самоодни товарни машини со гумени тркала со мали димензии како T2GH и SCAVO 310 Atlas Copco. Во последно време при откопен транспорт на соборената руда се користи товарно-транспортна лопата тип Microskop100 E и LH 201 од производство на Sandvik. Товарење и одвоз на рудата се врши при откопувањето во првата и втората фаза. Во првата фаза се изработува подготвителни работи за откопување на руда во блокот.



Товарањето и транспортот на рудата од откопите до рудните сипки се врши на ниво на извозен ходник т.е. подетажен ходник и истовар во рудна сипка, каде што рудата се спушта гравитациски до транспортен ходник (слика 9.2).



Слика 9.2. Детал при товарање на руда од откоп  
Figure 9.2. Detail of ore loading from underground pit facilities

Овој метод се применува за откопување на рудни жици со дебелина од 1,5 до 3 метри со голем пад, цврста руда и послаби бокови што претставува најчесто применуван метод во услови на Рудникот „Злетово“.

## 9.2 Оптимален избор на товарно-транспортна машина кај жични рудни наоѓалишта

Во фазата на отворање и откопување на жични рудни тела со мала моќност кај олово-цинково наоѓалиште со должината на откопниот транспорт од 50 до 120 метри, потребно е да се изврши оптимален избор на товарно-транспортна машина. Анализирана е работа на товарно-транспортната механизација на повеќе работни места во Рудникот „Злетово“, при откопен транспорт на руда и јаловина е извршен рационален избор на опрема за откопен транспорт.

При изборот на товарно-транспортната механизација за откопување, потребно е да се постигне годишен капацитет на рудникот од 250.000 тони со минимални специфични трошоци, примена на товарните машини кај рудни тела со мала дебелина, како и безбедна работа и друго. Кај жичните рудни

наоѓалишта се применува подетажна метода на откопување со зарушување во должина на откопен блок околу 100-120 метри.

### 9.2.1. Дефинирање на расположливи алтернативи за избор

За оптимален избор на рударска опрема за откопен транспорт ќе се примени методата на АХП со повеќекритериумски процес на одлучување.

Како најпогодни рударски машини за откопен транспорт кај жични наоѓалишта може да се применат четири алтернативи за избор на машини за откопен транспорт, кои се дадени во следната табела 9.1.

Табела 9.1. Алтернативи

Table 9.1. Alternative

Бр. No	Алтернатива Alternative	Ознака Mark
1	Товарно-транспортна машина на електричен погон, односно движењето на машината е на електрична енергија и волумен на лопатата од 0,54 м <sup>3</sup> - <b>MICROSCOOP 100 E</b>	A1
2	Откопен транспорт со товарно-транспортна машина на дизел погон со волумен на лопата од 0,5 м <sup>3</sup> ( <b>SANDVIK LH 201</b> )	A2
3	Откопен транспорт со товарно-транспортна машина на пневматски погон, со волумен на лопата 0,13 м <sup>3</sup> и капацитет на сандакот за транспорт на рудата 1м <sup>3</sup> , <b>CAVO 310 Atlas copco</b>	A3
4	Откопен транспорт со товарно-транспортна машина на пневматски погон, со волумен на лопата 0,12 м <sup>3</sup> и капацитет на сандакот за транспорт на рудата 0,75 м <sup>3</sup> - <b>T2GH Atlas copco</b>	A4

### 9.2.2. Технички карактеристики на товарно-транспортна механизација кои се применуваа кај жични рудни наоѓалишта

Во рудниците со жичен тип на наоѓалиште, како Рудникот „Злетово“, се употребуваат товарно-транспортни машини на пневматски, дизел и електропогон со гумени тркала, кои се предмет на истражување за оптимален избор. Како алтернативно решение за оптимален избор на механизација за откопен транспорт е направен рационален избор на товарно-транспортни машини кои се применуваат за експлоатација кај жични рудни тела и се дадени во табела 9.2.

Табела 9.2. Листа на товарно-транспортни машини

Table 9.2. List of loading and transport machines

ОПРЕМА	Производство
Microskop 100E	Sandvik
SANDVIK LH 201	Sandvik
CAVO 310	Atlas copco
T2GH	Atlas copco

### Технички карактеристики на товарно-транспортна машина на електричен погон тип MICROSCOOP 100 E

Машината се применува за работа во подземен рудник и наменета е за товарење, транспорт и истовар исклучиво на карпести маси во откопни блокови со должина на транспорт до 60 метри.

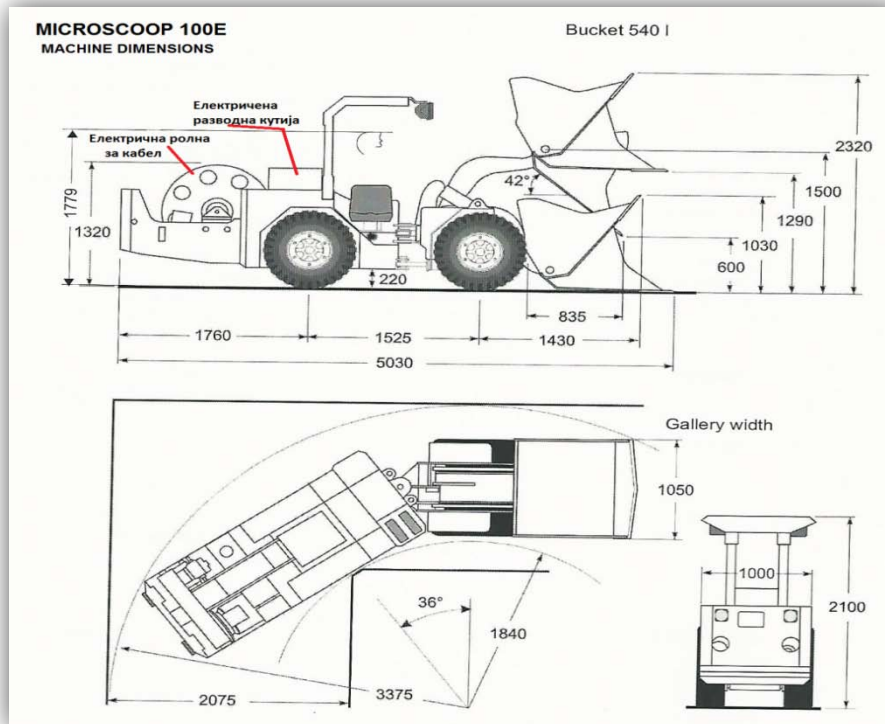
Во досегашната работа на Рудникот „Злетово“ се употребувани овие машини за откопите од подетажната откопна метода и направена е пробна работа при откопување кај „Злетовската откопна метода“.

Потребата од мал простор за маневрирање, присуството на голем број рудни жици со моќност од 1 до 3 m и големиот капацитет на товарење и транспорт се главен императив за понатамошното зголемување на нивно присуство на откопите во Рудникот „Злетово“.

Минималните димензии на MICROSCOOP 100 E за работа во откопот се дадени на слика 9.4 и тоа кога имаме залегнување на рудната жица под агол поголем од 60° и агол помал од 60°. Во откопот кога имаме агол помал од 60° за обезбедување на сигурни услови за работа е потребно проширување во подот на подетажниот ходник. Негативна страна во примената на овие машини е неможноста да се достави електрична енергија до секој откоп (на поголема оддалеченост на откопите потребни се електротрансформатори).

<b>Технички карактеристики на MICROSCOOP 100 E</b>		
<b>Назив на карактеристики</b>	<b>Един. мера</b>	<b>MICROSCOOP</b>
Должина	mm	5030
Висина на кабина	mm	1900
Ширина на заден дел	mm	1000
Ширина на лопата	mm	1050
Максимална висина на дигање на корпа	mm	2320
Волумен на лопатата	m <sup>3</sup>	0.54
Номинална носивост на лопата	kg	1150
Надворешен радиус во кривина	mm	3375
Внатрешен радиус во кривина	mm	1840
Агол на кршење		36°
Минимална ширина на профил на кривина под 90°	mm	2075
Брзина на движење	km/h	2.3-7.5
ТИП на мотор и снага на мотор	kW	Electrical power- 30 kW, motor 380-550V

Потребниот попречен пресек на рударска просторија за движење на механизацијата изнесува 2,10 x 2,50 m.



Слика 9.4. Основни димензии на MICROSCOOP 100 E

Figure 9.4. Basic dimensions of MICROSCOOP 100 E

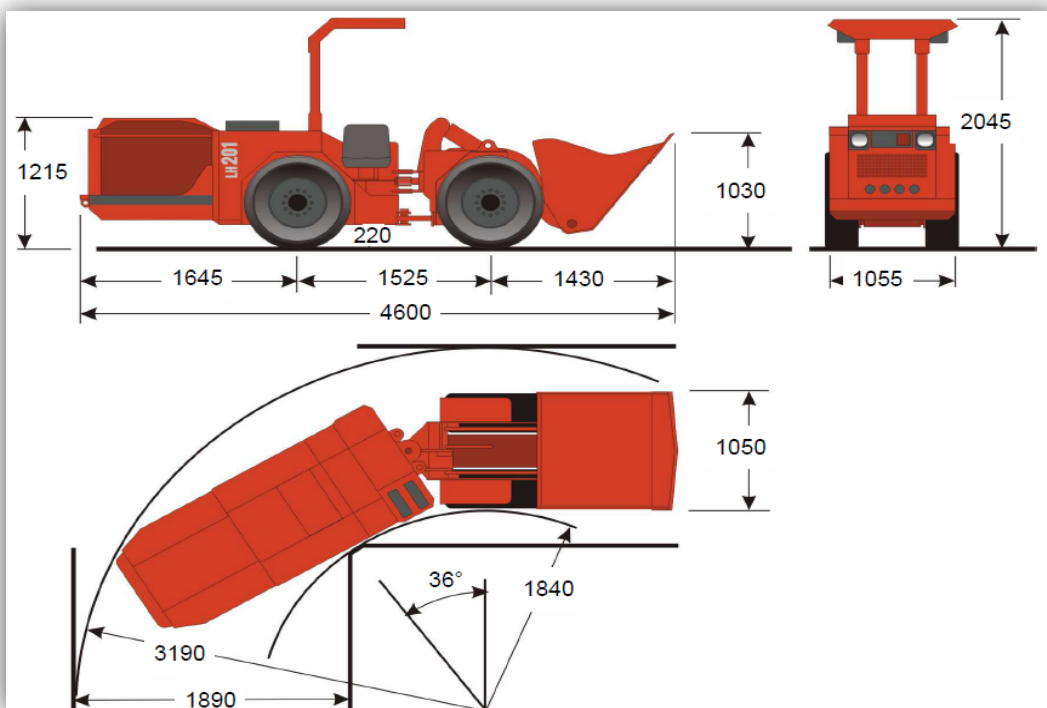
### Технички карактеристики на товарно-транспортна машина на дизел погон модел Microscoop LH 201

Товарач LH 201 со производство на Sandvik е дизајниран за работа во јамски услови и е наменет за товарење на здробени карпи во тесни простории. Погонот е на дизел мотор со движење на четири моќни тркала со артикулирана шасија, обезбедено е брзо и безбедно маневрирање во тесни простори. Продуктивното транспортно растојание кое ги задоволува карактеристиките е оптимално до 250(m) со максимален наклон на трасата до 20%.

Технички карактеристики на LH 201 Sandvik		
Назив на карактеритики	Един. мера	LH-201
Должина	Mm	4600
Висина на кабина	Mm	2045
Ширина на заден дел	Mm	1055
Ширина на лопата	Mm	1050
Максимална висина на дигање на корпа	Mm	2320
Волумен на лопатата	m <sup>3</sup>	0.5

Номинална носивост на лопата	Kg	1000
Надворешен радиус во кривина	Mm	3190
Внатрешен радиус во кривина	Mm	1840
Агол на кршење		36°
Минимална ширина на профил на кривина под 90°	Mm	2800
Брзина на движење (max)	km/h	9.0
ТИП на мотор (Dizel)	kW	Deutz F3L 912W

Потребниот попречен пресек на рударска просторија за движење на механизацијата изнесува 2,5 x 2,65 m (слика 9.5).



Слика 9.5. Основни димензии на товарач LH-201 Sandvik  
Figure 9.5. Basic dimensions of the LH-201 loader

### Технички карактеристики на товарно-транспортна машина - тип CAVO 310

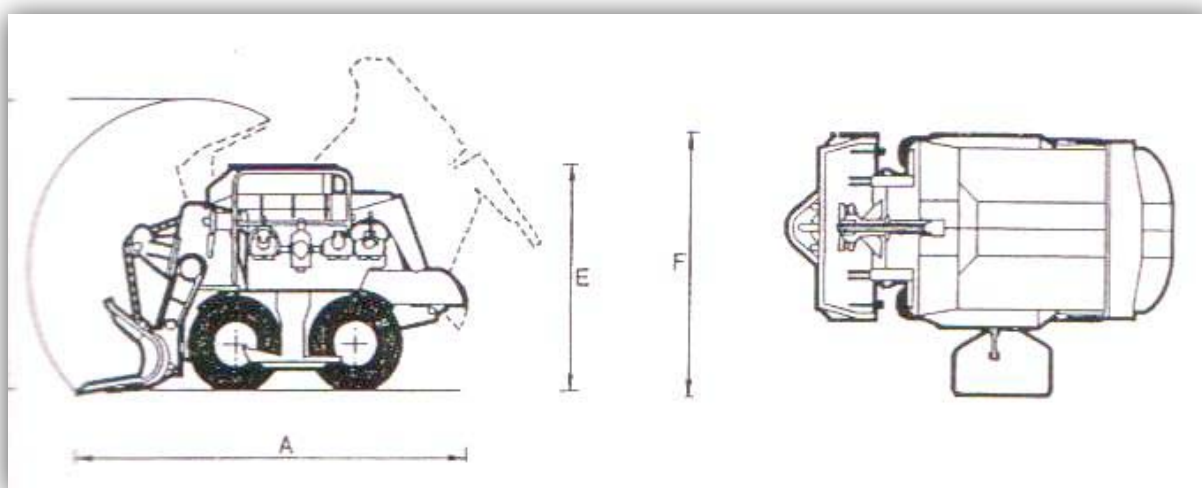
CAVO310 се применува за товарање и транспорт на руда од откоп до рудни сипки при експлоатација на жични рудни тела со моќност до 2-3 метри, кај подетажна откопна метода со зарушување на рудната кровина.

Изборот за работа во услови на жични рудни тела се одликува со големата способност за маневрирање, брзината, големиот радиус на дејство и

карактеристиките на моќна машина што е приспособена за работа во тешки услови.

Основен услов дали CAVO310 ќе биде применет за транспорт на откопот е моќноста на рудната жица. CAVO310 секогаш се применува за транспорт на откоп при експлоатација на рудни жици со моќност околу 3 m. Ова е условено од неговите технички карактеристики т.е. минималниот работен простор за CAVO310. Товарачите CAVO 310 работат на пневматски погон (слика 9.6).

CAVO 310 - Atlas copco	Еедин.мера	димензии
Волумен на лопатата	m <sup>3</sup>	0,13
Волумен на сандакот	m <sup>3</sup>	1.00
Макс. должина	m'	2,90
Макс. ширина	m'	1,80
Макс. висина	m'	1,45
Работна висина	m'	2,30
Работен притисок	KPa	57
Брзина на движење	m/s	1-1.4
Тежина	Kg	3050



Слика 9.6. Основни димензии на CAVO 310

Figure 9.6. Basic dimensions of the CAVO 310 loader

Потребниот попречен пресек на рударска просторија за движење на механизацијата изнесува 2,60 x 2,75 m.

### Технички карактеристики на товарно-транспортна машина со сандак - тип T2GH

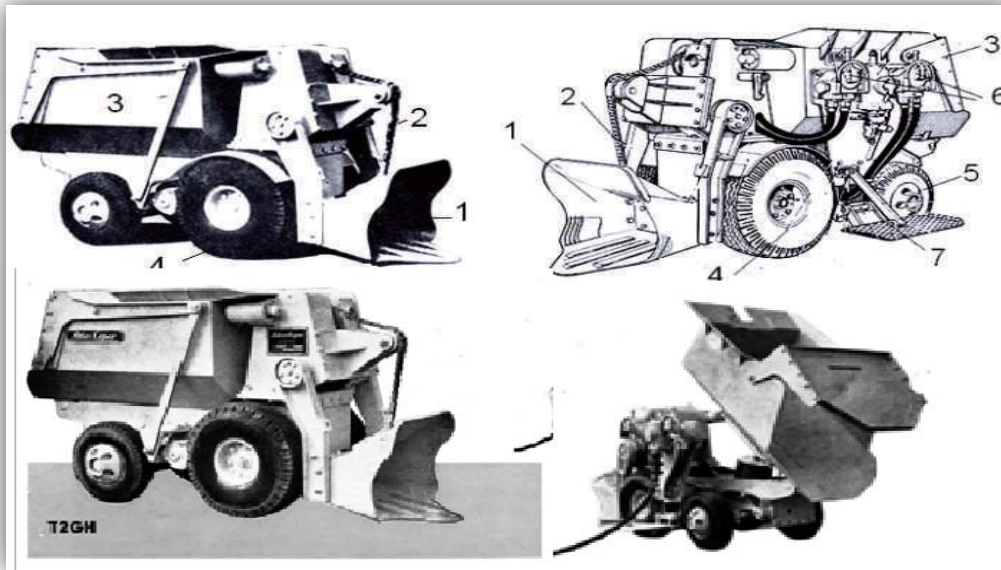
Товарно-транспортната машина T2GH работи на пневматски мотор, која се употребува за товарење и транспорт на руда од откопите во подземен Рудник „Злетово“. Машина која според принципот на работа и деловите од кои е составена има сличности со CAVO 310. Разлика е во димензиите, бројот на мотори, како и моќноста и некои други карактеристики кои, главно, се од техничка природа.

Механизмот за товарење и празнење се состои од товарна лопата и сандак, редуктор и ламеласт мотор кој работи на компримиран воздух и преку редукторот и членкастиот синџир врши утовар во сандакот, а сандакот го празни со помош на кип - цилиндар, кој се наоѓа под сандакот (слика 9.7).

<b>T2 GH - Atlas copco</b>	Един.мера	Димензии
Волумен на лопатата	m <sup>3</sup>	0,12
Волумен на сандакот	m <sup>3</sup>	0,75
Макс. Должина	m'	3,00
Макс. Ширина	m'	1,40
Макс. Висина	m'	1,44
Работна висина	m'	2,3
Брзина на движење	m/s	1,5
Тежина	kg	2100
Работен притисок	KPa	400

Потребниот попречен пресек на рударска просторија за движење на механизацијата изнесува 2,4 x 2,8 m.





Слика 9.7. Товарно-транспортна машина со сандак - T2GH

Figure 9.7. Loading and transport mashine T2GH

1. лопата, 2. синџир за лопатата, 3. сандак, 4. погонски тркала, 5. маневарски тркала, 6. рачки за управување, 7. стојалиште

### 9.2.3. Дефинирање на критериуми за повеќекритериумско одлучување

Критериумите кои имаат најголемо влијание за решавањето на проблемот во одлучувањето на оптимален избор на машини за откопен транспорт се претставени на следниов начин:

Критериум 1 - Капацитет на товарно-транспортни машини.

Критериум 2 - Специфични транспортни трошоци во однос на ефективни работни часови на ТТМ.

Критериум 3 - Трошоци за изработка на рударска просторија за движење на механизација за откопен транспорт.

Критериум 4 - Експлоатациони трошоци за проветрување на рударските простории при откопен транспорт.

Критериум 5 - Ергономски услови при управувањето со товарно транспортни машини.

## 10. РЕШЕНИЕ НА ПОВЕЌЕКРИТЕРИУМСКИ МОДЕЛ КАЈ ЖИЧНИ РУДНИ НАОЃАЛИШТА

Методологијата за пресметка со АХП методата за повеќекритериумско одлучување е опишана во поглавјата 6 и 7. Податоците за алтернативите се замени од проектна документација на рудниците „Злетово“ и „Саса“ и се претставени со технички карактеристики во поглавје 9.2.

На почетокот се формира матрица за одлучување со квантитативни и квалитативни оценки на критериумите кои се сметаат за влезни податоци на моделот, при обработка е добиена следната матрица.

Табела 10.1. Матрица на одлучување (МО)

Table 10.1. Decision matrix (MO)

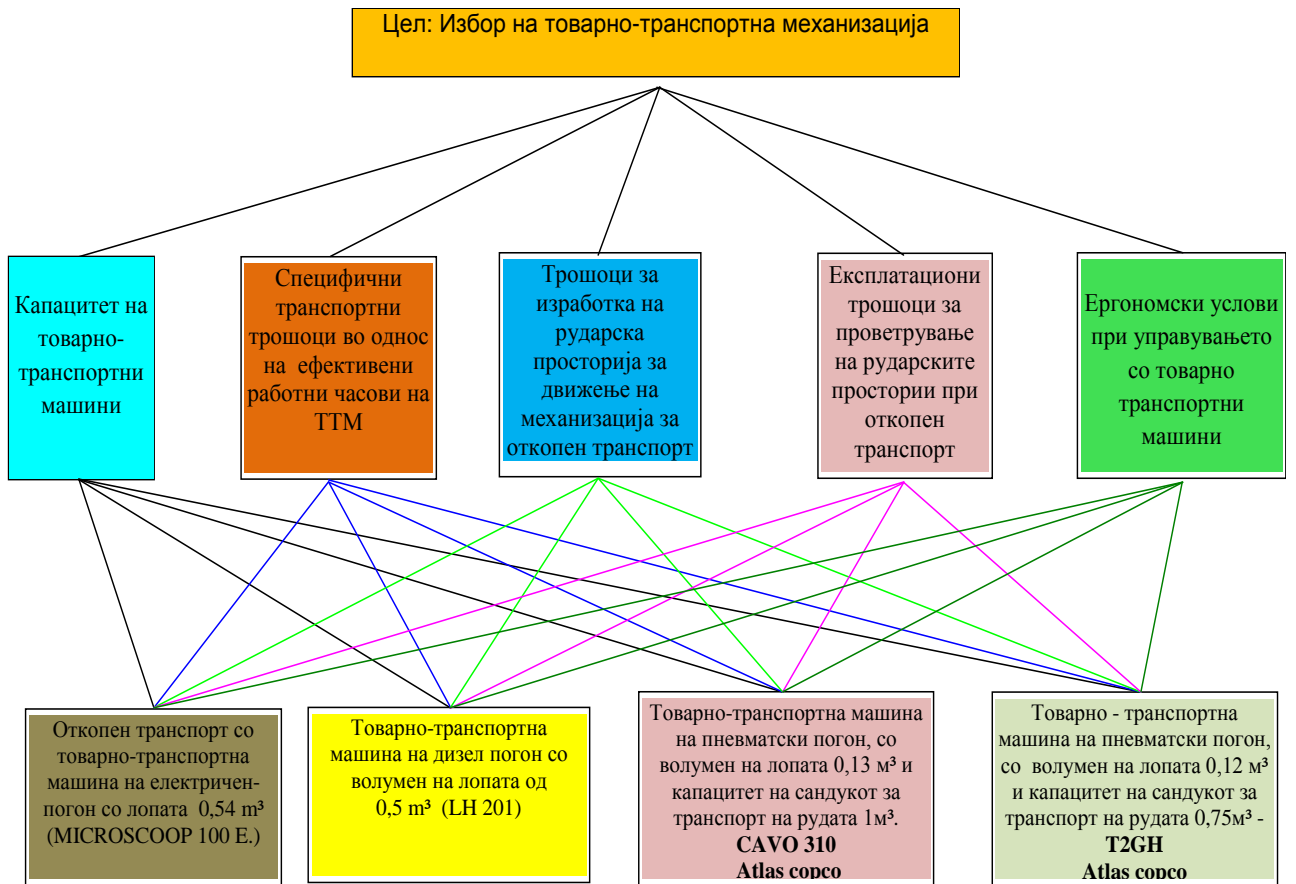
Алтернативи	Критериуми				
	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>
Цел	max	min	min	min	max
A <sub>1</sub>	13,3	21,31	255,60	0,88	Просечна
A <sub>2</sub>	16,8	29,51	266,64	1,43	Висока
A <sub>3</sub>	8,2	22,95	308,12	0,51	Многу ниска
A <sub>4</sub>	10,6	13,95	277,95	0,65	Многу ниска

Трансформацијата на квалитативните атрибути т.е. во нумерички вредности и истите се рангираат за секоја алтернатива во нумеричка скала кои се претставени во матрична форма, која се нарекува квантифицивана матрица на одлучување (МО) претставена со следниот изглед:

Алтернативи	Критериуми				
	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>
Цел	Max	min	min	min	max
A <sub>1</sub>	13,3	21,31	255,60	0,88	5
A <sub>2</sub>	16,8	29,51	266,64	1,43	7
A <sub>3</sub>	8,2	22,95	308,12	0,51	1
A <sub>4</sub>	10,6	13,95	277,95	0,65	1

Изработката на повеќекритериумски модел со методата АХП е структурирана во четири фази и обработена е на следниот начин.

### Фаза 1. Структурирање на проблемот



Слика 10.1. Хиерархиска структура на проблемот за избор на товарно-транспортна механизација

Figure 10.1. Hierarchical structure of the problem of choice of loading and transport machinery

## Фаза 2: Собирање на податоците

Прв чекор е споредување на значењето за поединечните атрибути согласно со скалата на Saaty со девет точки.

По завршување на овој процес се добива резултат на соодветна матрица за споредување, односно проценка составена од парови кои одговараат за секое ниво на хиерархијата (табела 10.2).

Табела 10.2. Матрица за споредување

Table 10.2. Matrix comparing

	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>
K <sub>1</sub>	1,0	0,33	0,5	2,0	5,0
K <sub>2</sub>	3,00	1,00	3,0	5,0	9,0
K <sub>3</sub>	2,00	0,33	1,0	4,0	6,0
K <sub>4</sub>	0,50	0,20	0,33	1,0	4,0
K <sub>5</sub>	0,20	0,11	0,17	0,25	1,0

## Фаза 3: Оценување на релативните тежини

Во оваа фаза матрицата за споредување се преработува врз основа на почетната матрица на одлучување, односно се врши нормализирање на матрицата и се добиваат единствени сопствени вектори за сите атрибути на секое ниво на хиерархијата.

Во продолжение е дадена преработена матрица за споредување (табела 10.3).

Табела 10.3. Преработена матрица за споредување на тежините на паровите

Table 10.3. Pairwise comparison matrix of criteria

	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>
K <sub>1</sub>	1,0	0,33	0,5	2,0	5,0
K <sub>2</sub>	3,00	1,0	3,00	5,0	9,0
K <sub>3</sub>	2,00	0,33	1,0	4,0	6,0
K <sub>4</sub>	0,50	0,20	0,33	1,0	4,0
K <sub>5</sub>	0,20	0,111	0,17	0,25	1,0
Вкупно	<b>6,70</b>	<b>1,98</b>	<b>5,00</b>	<b>12,3</b>	<b>25,0</b>

Пресметување на нормализиран сопствен вектор, односно вектор на приоритет претставен во табела 10.4.

Табела 10.4. Пресметување на сопствениот вектор со соодветните сопствени вредности

Table 10.4. Calculating eigen vectors corresponding eigen values

	<b>Б<sub>1</sub></b>	<b>Б<sub>2</sub></b>	<b>Б<sub>3</sub></b>	<b>Б<sub>4</sub></b>	<b>Б<sub>5</sub></b>	<b>Б<sub>6</sub></b>	<b>Б<sub>7</sub></b>
	<b>К<sub>1</sub></b>	<b>К<sub>2</sub></b>	<b>К<sub>3</sub></b>	<b>К<sub>4</sub></b>	<b>К<sub>5</sub></b>	<b>Вкупно</b>	<b>Средна вредност</b>
<b>К<sub>1</sub></b>	0,149	0,169	0,100	0,163	0,200	0,781	0,156
<b>К<sub>2</sub></b>	0,448	0,506	0,600	0,408	0,360	2,322	0,464
<b>К<sub>3</sub></b>	0,299	0,169	0,200	0,327	0,240	1,234	0,247
<b>К<sub>4</sub></b>	0,075	0,101	0,067	0,082	0,160	0,484	0,097
<b>К<sub>5</sub></b>	0,030	0,056	0,033	0,020	0,040	0,180	0,036
<b>сума</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>		

На тој начин се пресметува сопствениот вектор со соодветните сопствени вредности, од каде што е пресметано учеството за секој критериум во моделот.

Со одлуката се проценуваат сите четири типови на товарно-транспортни машини за жични наоѓалишта и односот на секој критериум поединечно, односно се пресметува учеството на секоја алтернатива поединечно во рамките на разгледуваниот критериум.

Табела 10.5. Конечен приоритет за I ниво

Table 10.5. Final priority I level

	<b>Средна вредност</b>	<b>Ранг</b>
<b>К<sub>1</sub></b>	0,156	3
<b>К<sub>2</sub></b>	0,464	1
<b>К<sub>3</sub></b>	0,247	2
<b>К<sub>4</sub></b>	0,097	4
<b>К<sub>5</sub></b>	0,036	5

Според добиените вредности за тежините на секој критериум е заснована на субјективна процена, каде потребно е да се изврши проверка на конзистенција на споредувања и да се осигура точноста. Со собирање на

производите меѓу секој елемент на нормализираниот вектор и сумата на колоните на реципрочната матрица се добива својствената вредност на матрицата.

$$\lambda_{\max} = 6.70 \cdot 0,156 + 1.98 \cdot 0,464 + 5.0 \cdot 0,246 + 12.3 \cdot 0,097 + 25.00 \cdot 0,036 = 5,28$$

Индексот на конзистенција (CI) изнесува:

$$C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = \frac{5,28 - 5}{5 - 1} = 0,071 \quad (10.1)$$

Однос на конзистентност претставува однос меѓу индексот на конзистенција и случајниот индекс на конзистенција или со формулата добиваме дека субјективната оценка за преференцата на критериумите е конзистентна.

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} = \frac{0,071}{1,11} = 0,0638 \cdot 100 = 6,38\% < 10\% \quad (10.2)$$

Носителот на одлуката ги проценува сите четири товарно-транспортни машини за откопен транспорт и односот на секој критериум поединечно, односно го пресметува учеството за секоја алтернатива поединечно во делот на разгледуваниот критериум.

### Матрица на споредување на алтернативи од второ ниво за секој атрибут и нивните приоритети

Во продолжение ќе бидат дадени само финалните резултати од истражувањето, начинот на нивната пресметка е идентичен со оној кој беше претходно и детално образложен во матрицата на споредбени парови.

- Процена и приоритет на алтернативите во однос на критериумот  $K_1$ :

Табела 10.6. Матрица на споредување на парови во однос на  $K_1$

Table 10.6. Matrix comparing of pairs towards  $K_1$

	<b>A<sub>1</sub></b>	<b>A<sub>2</sub></b>	<b>A<sub>3</sub></b>	<b>A<sub>4</sub></b>
<b>A<sub>1</sub></b>	1,00	(2,00)	6,00	5,00
<b>A<sub>2</sub></b>		1,00	3,00	2,00
<b>A<sub>3</sub></b>			1,00	(2,00)
<b>A<sub>4</sub></b>				1,00

Преработена матрица за споредување на тежините во паровите во однос на атрибутот K1.

Табела 10.7. Нормализирана матрица на споредување

Table 10.7. Normalized matrix comparing

	<b>A<sub>1</sub></b>	<b>A<sub>2</sub></b>	<b>A<sub>3</sub></b>	<b>A<sub>4</sub></b>
<b>A<sub>1</sub></b>	<b>1,00</b>	0,50	6,00	5,00
<b>A<sub>2</sub></b>	2,00	<b>1,00</b>	3,00	2,00
<b>A<sub>3</sub></b>	0,17	0,333	<b>1,00</b>	0,50
<b>A<sub>4</sub></b>	0,20	0,500	0,200	<b>1,00</b>
<b>Вкупно</b>	<b>3,37</b>	<b>2,33</b>	<b>10,20</b>	<b>8,50</b>

Табела 10.8. Пресметување на сопствениот вектор со соодветните сопствени вредности

Table 10.8. Calculating eigen vectors corresponding eigen values

	<b>Б<sub>1</sub></b>	<b>Б<sub>2</sub></b>	<b>Б<sub>3</sub></b>	<b>Б<sub>4</sub></b>	<b>Б<sub>5</sub></b>	<b>Б<sub>6</sub></b>
	<b>A<sub>1</sub></b>	<b>A<sub>2</sub></b>	<b>A<sub>3</sub></b>	<b>A<sub>4</sub></b>	<b>Вкупно</b>	<b>Средна вредност</b>
<b>A<sub>1</sub></b>	0,2970	0,2143	0,5882	0,5882	<b>1,688</b>	<b>0,422</b>
<b>A<sub>2</sub></b>	0,5941	0,4286	0,2941	0,2353	<b>1,552</b>	<b>0,388</b>
<b>A<sub>3</sub></b>	0,0495	0,1429	0,0980	0,0588	<b>0,349</b>	<b>0,087</b>
<b>A<sub>4</sub></b>	0,0594	0,2143	0,0196	0,1176	<b>0,411</b>	<b>0,103</b>

$$\lambda_{\max} = 4,089; C.I. = 0,0299; C.R. = 0,0336 = 3,36\%.$$

Табела 10.9. Конечен приоритет на алтернативите во однос на атрибутот K1

Table 10.9. Final priority of alternatives in regards to the K1 attribute

	<b>Средна вредност</b>	<b>Ранг</b>
<b>A<sub>1</sub></b>	0,422	<b>1</b>
<b>A<sub>2</sub></b>	0,388	<b>2</b>
<b>A<sub>3</sub></b>	0,087	<b>4</b>
<b>A<sub>4</sub></b>	0,103	<b>3</b>



Слика 10.2. Рангирање на алтернативите според критериумот капацитет на машината во единица време

Figure.10.2. Ranking of alternatives according to the criteria of capacity of a machine per unit of time

Според критериумот K1, најдобро е рангирана алтернатива - A1.

➤ Процена и приоритет на алтернативите во однос на критериумот K<sub>2</sub>:

Табела 10.10. Матрица на споредување на парови во однос на критериумот K2

Table 10.10. Matrix of comparison of pairs in regards to the K2 criterion.

	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>
A <sub>1</sub>	1,00	2,00	1,00	(2,00)
A <sub>2</sub>		1,00	(3,00)	(3,00)
A <sub>3</sub>			1,00	(2,00)
A <sub>4</sub>				1,00

Преработена матрица за споредување на тежините во паровите во однос на K2.

Табела 10.11. Нормализирана матрица на споредување

Table 10.11. Normalized matrix comparing

	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>
A <sub>1</sub>	1,00	2,00	1,00	0,50
A <sub>2</sub>	0,50	1,00	0,33	0,33
A <sub>3</sub>	1,00	3,00	1,00	0,50
A <sub>4</sub>	2,00	3,00	2,00	1,00
Вкупно	4,50	9,00	4,33	2,33



Табела 10.12. Пресметување на сопствениот вектор со соодветните сопствени вредности

Table 10.12. Calculating eigen vectors corresponding eigen values

	Б <sub>1</sub>	Б <sub>2</sub>	Б <sub>3</sub>	Б <sub>4</sub>	Б <sub>5</sub>	Б <sub>6</sub>
	А <sub>1</sub>	А <sub>2</sub>	А <sub>3</sub>	А <sub>4</sub>	Вкупно	Средна вредност
А <sub>1</sub>	0,222	0,222	0,231	0,214	<b>0,889</b>	<b>0,222</b>
А <sub>2</sub>	0,111	0,111	0,077	0,143	<b>0,442</b>	<b>0,111</b>
А <sub>3</sub>	0,222	0,333	0,231	0,214	<b>1,001</b>	<b>0,250</b>
А <sub>4</sub>	0,444	0,333	0,462	0,429	<b>1,668</b>	<b>0,417</b>

$\lambda_{\max} = 4,052$ ; C.I. = 0,0174; C.R.= 0,0192 = 1,95%.

Табела 10.13. Конечен приоритет на алтернативите во однос на атрибутот K2

Table 10.13. Final priority of alternatives in regards to the K2 attribute

	Средна вредност	Ранг
А <sub>1</sub>	0,222	<b>3</b>
А <sub>2</sub>	0,111	<b>4</b>
А <sub>3</sub>	0,250	<b>2</b>
А <sub>4</sub>	0,417	<b>1</b>



Слика 10.3. Рангирање на алтернативите според критериумот специфични транспортни трошоци на ТТМ

Figure 10.3. Ranking of alternatives according to the criterion of specific transport costs of TTM

Според критериумот на K2, најдобро е рангирана алтернативата А4.

➤ Процена и приоритет на алтернативите во однос на критериумот  $K_3$ :

Табела 10.14. Матрица на споредување на парови во однос на  $K_3$   
Table 10.14. Matrix of comparison of pairs in regards to the  $K_3$  criterion

	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$
$A_1$	1,00	2,00	3,00	2,00
$A_2$		1,00	3,00	2,00
$A_3$			1,00	(2,00)
$A_4$				1,00

Табела 10.15. Нормализирана матрица на споредување

Table 10.15. Normalized matrix comparing

	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$
$A_1$	1,00	2,00	3,00	2,00
$A_2$	0,50	1,00	3,00	2,00
$A_3$	0,33	0,33	1,00	0,50
$A_4$	0,50	0,50	2,00	1,00
Вкупно	2,33	3,83	9,00	5,50

Табела 10.16. Пресметување на сопствениот вектор со соодветните сопствени вредности

Table 10.16. Calculating eigen vectors corresponding eigen values

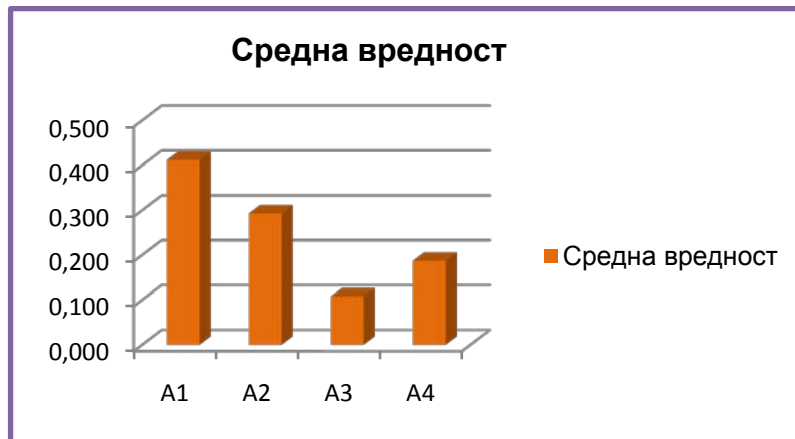
	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$B_6$
	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	Вкупно	Средна вредност
$A_1$	0,4286	0,5217	0,3333	0,3636	1,647	0,412
$A_2$	0,2143	0,2609	0,3333	0,3636	1,172	0,293
$A_3$	0,1429	0,0870	0,1111	0,0909	0,432	0,108
$A_4$	0,2143	0,1304	0,2222	0,1818	0,749	0,187

$$\lambda_{\max} = 4,085; C.I. = 0,0285; C.R. = 0,032 = 3,20\%$$

Табела 10.17. Конечен приоритет на алтернативите во однос на атрибутот  $K_3$

Table 10.17. Final priority of alternatives in regards to the  $K_3$  attribute

	Средна вредност	Ранг
$A_1$	0,412	1
$A_2$	0,293	2
$A_3$	0,108	4
$A_4$	0,187	3



Слика 10.4. Рангирање на алтернативите според критериумот K3  
Figure 10.4. Ranking of alternatives according to the criterion K3

Според критериумот K3, најдобро е рангирана алтернативата A1.

➤ Процена и приоритет на алтернативите во однос на критериумот **K<sub>4</sub>**:

Табела 10.18. Матрица на споредување на парови во однос на K4

Table 10.18. Matrix of comparison of pairs in regards to K4

	<b>A<sub>1</sub></b>	<b>A<sub>2</sub></b>	<b>A<sub>3</sub></b>	<b>A<sub>4</sub></b>
<b>A<sub>1</sub></b>	<b>1,00</b>	3,00	(2,00)	(2,00)
<b>A<sub>2</sub></b>		<b>1,00</b>	(3,00)	(2,00)
<b>A<sub>3</sub></b>			<b>1,00</b>	1,00
<b>A<sub>4</sub></b>				<b>1,00</b>

Табела 10.19. Нормализирана матрица на споредување

Table 10.19. Normalized matrix comparing

	<b>A<sub>1</sub></b>	<b>A<sub>2</sub></b>	<b>A<sub>3</sub></b>	<b>A<sub>4</sub></b>
<b>A<sub>1</sub></b>	<b>1,00</b>	3,00	0,50	0,50
<b>A<sub>2</sub></b>	0,33	<b>1,00</b>	0,33	0,50
<b>A<sub>3</sub></b>	2,00	3,00	<b>1,00</b>	1,00
<b>A<sub>4</sub></b>	2,00	2,00	1,00	<b>1,00</b>
<b>Вкупно</b>	<b>5,33</b>	<b>9,00</b>	<b>2,83</b>	<b>3,00</b>

Табела 10.20. Пресметување на сопствениот вектор со соодветните сопствени вредности

Table 10.20. Calculating eigen vectors corresponding eigen values

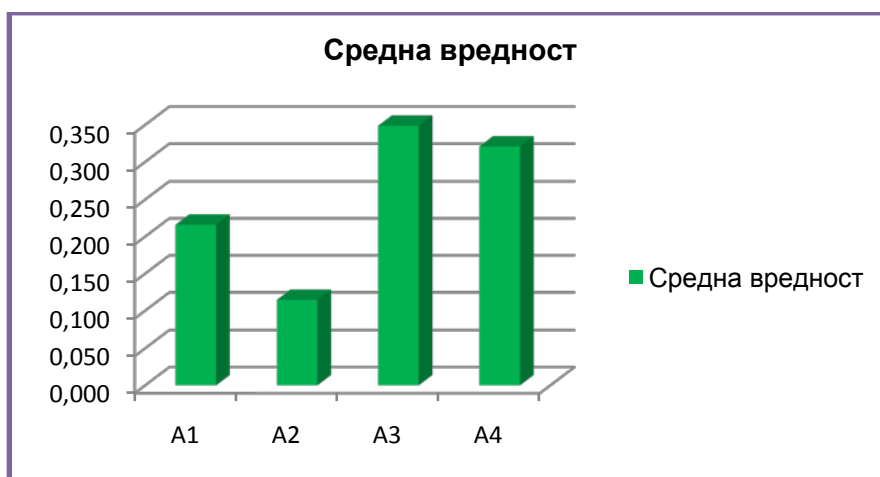
	<b>Б<sub>1</sub></b>	<b>Б<sub>2</sub></b>	<b>Б<sub>3</sub></b>	<b>Б<sub>4</sub></b>	<b>Б<sub>5</sub></b>	<b>Б<sub>6</sub></b>
	<b>A<sub>1</sub></b>	<b>A<sub>2</sub></b>	<b>A<sub>3</sub></b>	<b>A<sub>4</sub></b>	<b>Вкупно</b>	<b>Средна вредност</b>
<b>A<sub>1</sub></b>	0,1875	0,3333	0,1765	0,1667	<b>0,864</b>	<b>0,216</b>
<b>A<sub>2</sub></b>	0,0625	0,1111	0,1176	0,1667	<b>0,458</b>	<b>0,114</b>
<b>A<sub>3</sub></b>	0,3750	0,3333	0,3529	0,3333	<b>1,395</b>	<b>0,349</b>
<b>A<sub>4</sub></b>	0,3750	0,2222	0,3529	0,3333	<b>1,283</b>	<b>0,321</b>

$\lambda_{\max} = 4,0713$ ; C.I. = 0,0238; C.R.= 0,0267 = 2,67%.

Табела 10.21. Конечен приоритет на алтернативите во однос на атрибутот K4

Table 10.21. Final priority of alternatives in regards to the K4 attribute

	<b>Средна вредност</b>	<b>Ранг</b>
<b>A<sub>1</sub></b>	0,216	<b>3</b>
<b>A<sub>2</sub></b>	0,114	<b>4</b>
<b>A<sub>3</sub></b>	0,349	<b>1</b>
<b>A<sub>4</sub></b>	0,321	<b>2</b>



Слика 10.5. Рангирање на алтернативите според критериумот експлатациони трошоци за проветрување на рударските простории

Figure.10.5. Ranking of alternatives according to the criterion of exploitation costs for ventilation of mining rooms

Според критериумот K4, најдобро е рангирана товарно-транспортната машина A3.

➤ Процена и приоритет на алтернативите во однос на критериумот  $K_5$ :

Табела 10.22. Матрица на споредување на парови во однос на  $K_5$

Table 10.22. Matrix of comparison of pairs in regards to the  $K_5$

	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$
$A_1$	1,0	(2,00)	3,00	3,00
$A_2$		1,0	8,00	8,00
$A_3$			1,0	2,00
$A_4$				1,0

Преработена матрица на споредбени парови во однос на критериум-ергономски услови при ракување е прикажана во табела 10.23.

Табела 10.23. Нормализирана матрица на споредување

Table 10.23. Normalized matrix comparing

	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$
$A_1$	1,00	0,500	3,00	3,00
$A_2$	2,00	1,00	8,00	8,00
$A_3$	0,33	0,13	1,00	2,00
$A_4$	0,33	0,13	0,50	1,00
Вкупно	3,67	1,75	12,50	14,00

Табела 10.24. Пресметување на сопствениот вектор со соодветните сопствени вредност

Table 10.24. Calculating eigen vectors corresponding eigen values

	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$B_6$
	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	Вкупно	Средна вредност
$A_1$	0,2727	0,2857	0,2400	0,2143	1,013	0,253
$A_2$	0,5455	0,5714	0,6400	0,5714	2,328	0,582
$A_3$	0,0909	0,0714	0,0800	0,1429	0,385	0,096
$A_4$	0,0909	0,0714	0,0400	0,0714	0,274	0,068

$\lambda_{\max} = 4,1089$ ; C.I. = 0,0363; C.R.= 0,0408=4,08%.

Табела 10.25. Конечен приоритет на алтернативите во однос на атрибутот K5

Table 10.25. Final priority of alternatives in regards to the K5 attribute

	Средна вредност	Ранг
<b>A<sub>1</sub></b>	0,253	<b>2</b>
<b>A<sub>2</sub></b>	0,582	<b>1</b>
<b>A<sub>3</sub></b>	0,096	<b>3</b>
<b>A<sub>4</sub></b>	0,068	<b>4</b>



Слика 10.6. Рангирање на алтернативите според критериумот ергономски услови при управувањето - K5

Figure 10.6. Ranking of alternatives according to the criterion of ergonomic conditions during vehicle control - K5

Според критериумот K5 на ергономски услови, најдобро е рангирана товарна-транспортната машина A2.

#### Фаза 4: **Одредување на решение на проблемот**

Во последната и финална фаза за одредување на решението на проблемот е извршена севкупна синтеза на проблемот за оптимален избор на товарно-транспортна механизација кај жични рудни наоѓалишта.

Табела 10.26. Синтезна табела за избор на оптимална алтернатива  
Table 10.26. Synthesis table for the choice of an optimal alternative

Критериум	Тежина на критериум	A1	KxA1	A2	KxA2	A3	KxA3	A4	KxA4
<b>K<sub>1</sub></b>	0,156	0,422	0,066	0,388	0,061	0,087	0,014	0,103	0,016
<b>K<sub>2</sub></b>	0,464	0,222	0,103	0,111	0,051	0,250	0,116	0,417	0,194
<b>K<sub>3</sub></b>	0,246	0,412	0,102	0,293	0,072	0,108	0,027	0,187	0,046
<b>K<sub>4</sub></b>	0,096	0,216	0,021	0,114	0,011	0,349	0,034	0,321	0,031
<b>K<sub>5</sub></b>	0,036	0,253	0,009	0,582	0,021	0,096	0,003	0,068	0,002

Добиените резултати за првата алтернатива се собираат и се добива вкупната тежина за првата алтернатива, а потоа за втората, третата и четврта алтернатива (табела 10.27).

Табела 10.27. Вкупни тежини на алтернативите во моделот  
Table 10.27. Total weights of alternatives in the model

	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	Вкупно
<b>A<sub>1</sub></b>	0,066	0,103	0,102	0,021	0,009	<b>0,301</b>
<b>A<sub>2</sub></b>	0,061	0,051	0,072	0,011	0,021	<b>0,216</b>
<b>A<sub>3</sub></b>	0,014	0,116	0,027	0,034	0,003	<b>0,194</b>
<b>A<sub>4</sub></b>	0,016	0,194	0,046	0,031	0,002	<b>0,289</b>

### 10.1. Рангирање на алтернативите за жични рудни наоѓалишта

Рангирањето на алтернативите според вредностите на тежините на алтернативите го дава конечниот ранг на оптимален избор на товарно-транспортна машина во моделот, табела 10.28.

Табела 10.28. Рангирање на алтернативите  
Table 10.28. Ranking of alternatives

	Вкупно	Ранг
<b>A<sub>2</sub></b>	0,301	<b>1</b>
<b>A<sub>4</sub></b>	0,289	<b>2</b>
<b>A<sub>1</sub></b>	0,216	<b>3</b>
<b>A<sub>3</sub></b>	0,194	<b>4</b>

Со детално спроведена пресметка и анализа во вториот случај за избор на оптимална и најповолна машина за откопен транспорт е избрана товарно-транспортна машина **LH 201** со волумен на лопата од  $0.5 \text{ m}^3$  е алтернатива A2 слика 10.7.



Слика 10.7. Конечен ранг на алтернативите

Figure 10.7. Final rang of alternatives

## 11. ЗАКЛУЧОК

Во овој магистерски труд е прикажано процес на оптимален избор на откопен транспорт на минерална сировина со товарно-транспортна машина, во зависност од моќноста на рудното тело, капацитетот на рудникот и методата на откопување, како и други фактори.

Изборот на подземен откопен транспорт на минерална сировина претставува сложен процес при избор на машини. Со примена на повеќе критериуми како што се: специфични трошоци на откопен транспорт, капацитет на транспорт, трошоци за потребите на проветрување, капитална инвестиција, и ергономски услови за работа е донесено оптимално решение.

АХП методот како метод за повеќекритериумска евалуација и селекција е употребен за спроведените истражувања во овој труд. Методата најпрвин е



објаснета теоретски, сите постапки со кои таа се употребува при секојдневното одлучување во процесот на рударството. Во истражувањето за решавање на проблемот при оптимален избор на машини за товарање и транспорт, извршено е дефинирање на критериуми и процена на вредности на нивните релативни тежини врз основа на сопствени искуства и истражувања.

Во трудот е прикажана примената на АХП метода за избор на машина при откопен транспорт во рудник за олово и цинк, кај масивни и жични рудни тела, во фаза на проектирање. Како главен проблем кај примената на оваа метода е дефинирање на атрибути на одлучување во второ ниво на хиерархиска структура за избор на критериуми и процена на нивните релативни тежини.

Кај масивни рудни тела е извршено дефинирање на проблемот на повеќекритериумскиот модел во четири фази за остварување на годишно производство од 700.000 (t/год). Дефинирањето на алтернативите е извршено врз основа на остварување на потребниот капацитет на производство и задоволување на условот на габаритите на механизацијата за транспорт на постоечките рударски простории.

Со структурирањето на хиерархијата на проблемот и добиените резултати од повеќекритериумската оптимизација се добива вредност на тежините на посматраните алтернативи. Со прецизно спроведена постапка за оптимален избор на машини кај масивните рудни наоѓалишта е добиена најголема вкупна вредност на тежините на алтернативите е 0,3118, па според тоа најприфатлива алтернатива при откопен транспорт е машина со волумен на лопата од 3,1m<sup>3</sup> тип WAGNER ST 7 на дизел погон.

Како студија на случај кај масовно рудно наоѓалиште е определен Рудникот „САСА“ каде извршен е оптимален избор на товарно транспортна машина која се применува во работа.

Во услови на експлоатација на жични рудни тела во рудникот „Злетово“ е изработен модел со дефинирани алтернативни решенија за избор на машина за откопен транспорт.

Во рудник со годишен капацитет на производство од 250.000 (t/год). со морфологија на жични рудни тела е извршен оптимален избор на ТТМ со

метода на аналитички хиерархиски процеси. Оптимален избор на товарно-транспортна механизација за жични рудни тела се дефинирани машини на пневматски, електричен и дизел погон, со мали габарити кои одговараат на технолошкиот процес на откопните методи кај жични рудни тела. Со дефинирање на критериуми за решавање на проблемот се формира матрица на одлучување. Кај повеќекритериумски модел со примена на АХП метода се врши пресметување на влезните податоци, каде донесувачот на одлука врши конечен избор.

Со извршените пресметки и проверката на конзистенција се добиени вредностите на тежините на алтернативите во моделот. Рангирањето на алтернативите за откопен транспорт е оптимална која има добиено најголема вредност на тежините од 0,301, односно оптимална алтернативна машина, кај жични рудни тела е избрана **LH 201 Sandvik**, со големина на лопата од 0,5 m<sup>3</sup> на дизел погон.

Заклучно во овој труд може да се констатира дека со изработка на модел за оптималниот избор на откопен дисконтинуиран транспорт се констатира најповолна товарно-транспортна машина за експлоатација на масивни рудни тела и избран тип WAGNER ST 7 на дизел погон од производство на Atlas Copco и оптимален избор на машина за откопен транспорт за жични рудни тела - избрана е LH 201 Sandvik на дизел погон.

Постојат квалитетни програмски алатки кои ја поддржуваат работата на АХП методот. Како најчесто користени програми се: Expert Choice (Expert Choice, 2000), како предност е едноставноста во моделирањето, алатката Super Decisions (Super Decisions, 2006), алатката Decision Lens (Decision Lens, 2007) е развиена во комерцијални цели.

## 12. КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА (REFERENCES)

- [1]. Arditi,D., Singh,S.(1991). Selection criteria for commercially available software in constructing accounting, *Project Management* 9 (1) 39–44.
- [2]. Atlas Copco, (1994); *Underground Rock Excavation*, Atlas Copco Tunneling and Mining AB,23 Stocholm, Sweden.
- [3]. Bieniawski Z.T., (1984); *Rock Mechanics Design in Mining and Tunneling*, A.A.Balkema.
- [4]. Гоцевски В.(2012) Анализа на камионски транспорт на руда и јаловина од подлабоките делови од наоѓалиштето Свиња река на потег XIVb - 910 во рудник САСА. Семинарска работа, ФПТН, Штип.
- [5]. Донева Н., Десподов З. (2012). Функционална зависност на трошоците при изработка на хоризонтални рударски простории. *VI стручно советување ЗРГИМ, Универзитет „Гоце Делчев“, Факултет за природни и технички науки Штип, Р. Македонија.*
- [6]. Донева Н., Десподов З., Мираковски Д. (2006). Примена методе аналитичкох хиерархиских процеса(АХП) код утоварно - транспортне машине. Стручни радови. Рударско Геолошки факултет Београд.
- [7]. Десподов З., (2011) – Технологија на подземна експлоатација на минерални сировини од Подекс 2008 г. и 2011 г. Зборник на трудови од Прво стручно советување „Технологија на подземна експлоатација на минерални сировини“, СРГИМ, Пробиштип.
- [8]. Десподов З., (2002). Одредување на оптимални параметри на лентастите транспортери за нивна примена во рудниците за метални минерални сировини со подземна експлоатација во Р. Македонија. Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ - Рударско-геолошки факултет, Штип: докторска дисертација, 52-71.
- [9]. Десподов З. (2002) Руднички транспорт - дисконтинуиран транспорт. Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ – Рударско-геолошки факултет, Штип: предавање, 61-127.
- [10] Десподов З., Митич С., Пелтечки Д. (2011): Примена АХП методе за избор транспортног система при проектовању рудника. Подземни радови 19: Рударско Геолошки факултет Београд, 11-17.

[11]. Kazakidis V.,N., Mayer Z. Scoble M., J., (2004) Decision making using the analitic hierarchy process in mining engeneering, Mining Tehnology.

[12]. Лапевски М. (2015). Повеќекритериумско одлучување во процесот на селекција и евалуација - примена на методот на АХП (Аналитичко-хиерархиски процеси), *Универзитет „Гоце Делчев” – Штип, Факултет за информатика*, 30-40; 53-57; 65-75; 80-84; 90-108.

[13]. Мијалковски С., Десподов З., Донева Н., Мираковски Д. (2012) *Практичен пример за избор на рударска откопна метода со примена на АНР - Promethee интегрирана методологија. VI стручно советување ЗРГИМ. Универзитет „Гоце Делчев”, Факултет за природни и технички науки - Штип.*

[14]. Мијалковски С. (2009) Придонес во утврдувањето на методологија за избор на методата за откопување во рудниците за подземна експлоатација на металични минерални суровини, магистерски труд, *Факултет за природни и технички науки - Штип. 86-88, 111-113.*

[15]. Manasievic Dragan, Zivkovic Dragana, (2005) Zbirka zadataka iz teorija odlucivanja. Univerzitet u Beogradu Tehnicki fakultet u Boru (113-129).

[16]. Нацев М. (2013) Рударски машини со транспорт и извоз за III година:, Геолошко-рударска и металуршка струка, МОН на Република Македонија, Скопје 71-80.

[17]. Пелтечки Д.(2010). Мотодологија за избор на најповолен начин на транспорт на минерални суровини од аспект на заштита на животната средина, *Универзитет „Гоце Делчев”, Факултет за природни и технички науки - Штип, Р. Македонија, 118-140.*

[18]. Ристевска Ж.(2011), магистерски труд: Избор на оптимална опрема за експлоатација во фаза на отварање на ПК ПЈС „СУВОДОЛ” *Универзитет „Гоце Делчев”, Факултет за природни и технички науки - Штип, Р. Македонија, 25-37; 46-47; 123-128.*

- [19]. Saaty, T.L., (1980): *Analytic hierarchy process*, McGraw-Hill, New York.
- [20]. Samanta, B., Mukherjee, S.K., (2002): *Selection of opencast mining equipment by a multi-criteria decision – making process*, Institute of Mining and Metallurgy, Australia, pp.136-141.
- [21]. Столиќ Н.(2008) Дополнителен рударски проект за главен и локален транспорт на руда и јаловина во Рудник за олово и цинк „САСА“ - М.Каменица. „ГЕОЛОГИНГ“ ДОО – Скопје.
- [22]. Столиќ Н.(2011) Дополнителен рударски проект за изведување на рударски работи и експлоатација наоѓалиштето „Свиња река“ помеѓу хоризонтите XIVb и 830 во Рудниците за олово и цинк „САСА“ - М.Каменица. „ГЕОЛОГИНГ“ ДОО - Скопје.
- [23]. S. Torbica i N. Petrovic, (1997) Metode i tehnologija podzemne eksploatacije nesloevisekriteriumske analize za optimizacije oscilatorne udobnosti sedista traktora, XL Naucno strucni skup, Odrzavanje masina i opreme, Beograd - Budva.
- [24]. Универзитет у Београду- Рударско – Геолошки факултет,(2009) Рударске машине- скрипта за студенте Рударског отсека, Београд, 3-11.
- [25]. Технички каталог Loading and Haulage in Underground Mining, Atlas Copco, Equipment katalog LHD machines in mines (2007).
- [26]. Каталог за CATERPILARR со технички карактеристики и сервис-  
**www.cat.com.**
- [27]. Каталог за ATLAS COPCO WAGNER со технички карактеристики и сервис-  
**www.atlas copco.com.**
- Техничка документација на Рудник „САСА ДОО“ - М.Каменица.  
Техничка документација на Рудник „Злетово“ – Пробиштип.

## **П Р И Л О Ж И**

*П Р И Л О Ж И*

Табела 7.6 Определување на капацитет на машините во однос на капацитет на рудникот и должината на транспорт

Table 7.6 Choice of machine capacity in comparison with mine capacity and transport length

Прилог 1

Р.Б	Потребен капацитет на ТТМ за остварување на годишен капацитет																
	ОПРЕМА	Годишен капацитет на рудник	Q <sub>см</sub>	L(m)	V <sub>сп</sub> (m/s)	t <sub>u</sub> (s)	t <sub>m</sub> (s)	t <sub>по</sub> (s)	t <sub>i</sub> (s)	t <sub>пр</sub> (s)	T <sub>с</sub> (s) вкупно	K <sub>i</sub>	N <sub>с</sub>	Q <sub>к</sub> (t)	Q(t/h)	Q <sub>v</sub> (t/см)	Број на ТТМ
			(t/см)										(цик./h)	корпа			
1	WAGNER ST3.5	700000	667	150	1,056	42	33	142	29	142	388	1,25	7,4	5,05	37,48	187,4	<b>3,56</b>
2	WAGNER ST7	700000	667	150	0,984	45	30	153	30	153	410	1,25	7	5,8	40,72	203,6	<b>3,27</b>
3	CAT-R1300G	700000	667	150	1,099	48	31	136	30	136	382	1,25	7,5	5,24	39,48	197,4	<b>3,38</b>
4	TORO-151	700000	667	150	1,334	32	28	112	23	112	308	1,25	9,4	2,81	26,23	131,2	<b>5,08</b>
5	WAGNER ST3.5	700000	667	250	1,066	38	28	234	22	234	556,9	1,25	5,2	5,05	26,11	130,6	<b>5,11</b>
6	WAGNER ST7	700000	667	250	1,051	40	27	238	22	238	565	1,25	5,1	5,8	29,55	147,8	<b>4,51</b>
7	CAT-R1300G	700000	667	250	1,22	44	30	205	28	205	511,8	1,25	5,6	5,24	29,46	147,3	<b>4,53</b>
8	TORO-151	700000	667	250	1,421	22	15	176	12	176	400,9	1,25	7,2	2,81	20,15	100,8	<b>6,62</b>



Табела 7.8 Специфични трошоци остварени во месецот

Table 7.8 Specific costs incurred within the month

Прилог 2

ОПРЕМА	Период на истражување	Остварени трошоци во тековен месец - [€/мес]												Вкупни трошоци
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
WAGNER ST3.5 ST(46)	2011-2012	13855	15801	12247	14457	13522	15212	12519	13020	14948	19185	23794	48090	<b>216649</b>
WAGNER ST3.5 ST(47)	2012-2013	20145	12919	11679	19322	16079	21476	17757	19395	24612	11711	15837	22388	<b>213319</b>
WAGNER ST3.5 ST(57)	2014	18407	18090	16496	18000	12395	11420	14160	32576	16717	10493	16439	22361	<b>207555</b>
WAGNER ST7 ST(61)	2014-2015	15360	11435	19130	13407	15195	17930	13510	19353	19133	31503	11807	7579	<b>195341</b>
WAGNER ST7 ST(62)	2015	17486	15229	20087	18867	16264	21478	23133	14078	22588	18564	12888	11852	<b>212513</b>
WAGNER ST7 ST(63)	2015	21030	29322	24939	26502	36433	29385	33828	31824	29893	31767	37430	30296	<b>362651</b>
CAT-R1300G-K1	2015-2016	15915	10036	18107	10700	17556	21082	12965	13823	17639	15037	11880	20817	<b>185557</b>
CAT-R1300G-K2	2015-2016	12912	10686	10099	18178	14570	11549	12247	18442	13059	10901	17636	17572	<b>167851</b>
TORO-151c	2011-2012	4071	5066	3625	3141	5175	3621	4570	8291	3083	5032	5780	5227	<b>56683</b>

Табела 7.9 Ефективни работни часови на опремата во месецот

Table 7.9 Effective gear working hours within the month

Прилог 3

ОПРЕМА	Период на истражување	ЕФЕКТИВНИ МОТО ЧАСОВИ ВО МЕСЕЦОТ - Tef (h/мес)												ВКУПНО ЧАСОВИ (год.)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
WAGNER ST3.5 ST(46)	2011-2012	345	422	451	449	416	410	391	386	404	369	374	453	<b>4870</b>
WAGNER ST3.5 ST(47)	2012-2013	271	344	479	349	443	442	308	470	463	478	460	353	<b>4860</b>
WAGNER ST3.5 ST(57)	2014	369	388	407	442	461	471	427	425	400	434	207	285	<b>4716</b>
WAGNER ST7 ST(61)	2014-2015	358	312	390	381	236	387	372	351	396	407	358	428	<b>4376</b>
WAGNER ST7 ST(62)	2015	351	335	279	285	345	300	305	373	405	342	230	370	<b>3920</b>
WAGNER ST7 ST(63)	2015	337	379	429	336	277	314	392	155	401	388	376	291	<b>4075</b>
CAT-R1300G-K1	2015-2016	327	345	320	335	362	357	360	350	345	346	375	427	<b>4249</b>
CAT-R1300G-K2	2015-2016	405	323	258	415	307	348	357	388	349	358	300	308	<b>4116</b>
TORO-151c	2011-2012	196	170	233	200	249	270	205	249	131	224	203	156	<b>2486</b>

Табела 7.10. Специфични трошоци во функција на ефективни работни часови остварени во месецот

Table 7.10. Specific costs in function of effective working hours completed within the month

Прилог 4

ОПРЕМА	Период на истражување	Остварени трошоци во функција на ефективни работни часови - [€/h]												Трошоци на час [€/h]
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
WAGNER ST.3.5 ST(46)	2011-2012	40,16	37,44	27,16	32,2	32,51	37,1	32,02	33,73	37	51,99	63,62	106,16	<b>44,49</b>
WAGNER ST.3.5 ST(47)	2012-2013	74,34	37,55	24,38	55,36	36,29	48,59	57,65	41,27	53,16	24,5	34,43	63,42	<b>43,89</b>
WAGNER ST.3.5 ST(57)	2014	49,88	46,62	40,53	40,72	26,89	24,25	33,16	76,65	41,79	24,18	79,42	78,46	<b>44,01</b>
WAGNER ST.7 ST(61)	2014-2015	42,91	36,65	49,05	35,19	64,38	46,33	36,32	55,14	48,31	77,4	32,98	17,71	<b>44,64</b>
WAGNER ST.7 ST(62)	2015	49,82	45,46	72	66,2	47,14	71,59	75,85	37,74	55,77	54,28	56,03	32,03	<b>54,21</b>
WAGNER ST.7 ST(63)	2015	62,4	77,37	58,13	78,88	131,53	93,58	86,29	205,31	74,55	81,87	99,55	104,11	<b>88,99</b>
CAT-R1300G-K1	2015-2016	48,67	29,09	56,58	31,94	48,5	59,05	36,01	39,5	51,13	43,46	31,68	48,75	<b>43,67</b>
CAT-R1300G-K2	2015-2016	31,88	33,08	39,14	43,8	47,46	33,19	34,3	47,53	37,42	30,45	58,79	57,05	<b>40,78</b>
TORO -151	2011-2012	20,77	29,8	15,56	15,7	20,78	13,41	22,29	33,3	23,54	22,47	28,47	33,51	<b>22,8</b>

Табела 7.11. Материјални трошоци за дупчење и минирање

Table 7.11. Material costs of drilling and mining

Прилог 5

Трошоци за дупчење и минирање-1m'				АЛТЕРНАТИВА 1,2		АЛТЕРНАТИВА 3		АЛТЕРНАТИВА 4	
Р.Б.	Вид на материјал	Ед.мерка	Цена (€)	Норматив по (m')	Трошок (€/m')	Норматив по (m')	Трошок (€/m')	Норматив по (m')	Трошок (€/m')
1	Експлозив	kg	0,82	21,12	17,31	23,23	19	14,78	12,12
2	Ел.детонатори	парче	0,39	12,16	4,78	13,38	5,3	8,512	3,35
3	Круни Ø45	парче	60	0,16	9,6	0,176	10,6	0,112	6,72
4	Шипки	парче	260	0,144	37,44	0,158	41,2	0,1008	26,21
5	Усадници	парче	140	0,07	9,86	0,077	10,8	0,0493	6,9
6	Спојници	парче	43	0,001	0,02	0,0006	0	0,0004	0,02
7	Ел.енергија	kWh	0,66	50,496	33,33	55,55	36,7	35,347	23,33
8	Нафта	kg	0,902	2,08	1,88	2,29	2,1	1,456	1,31
9	Масло	kg	1,8	0,208	0,38	0,23	0,4	0,15	0,26
10	Кабел	м	0,066	5,44	0,36	5,98	0,4	3,81	0,25
11	Личен доход	надница	25	1,36	34,09	1,5	37,5	0,95	23,86
	Вкупна цена €/m'	€/m'			<b>149</b>		<b>163,9</b>		<b>104,3</b>

Табела 7.13. Материјални трошоци за проветрување при изработка на рударска просторија

Table 7.13. Material costs for ventilation when constructing the mining room

Прилог 6

Р.Б	Работни операции на кои се врши проветрување	P(kW)- Активна моќност на електро мотор	цена на електр. енергија (ден/kW)	АЛТЕРНАТИВА 1,2		АЛТЕРНАТИВА 3		АЛТЕРНАТИВА 4	
				T(h)- потребно време	tv- трошоци за еден метар (денар)	T(h)- потребно време	tv- трошоци за еден метар (денар)	T(h)- потребно време	tv- трошоци за еден метар (денар)
1	Минирање	22	3,8	0,83	69,64	1,0	83,56	0,76	63,83
2	Товарање	22	3,8	2,08	174,09	2,56	213,55	1,89	157,84
3	Издвојување на минерална прашина	22	3,8	0,83	69,64	0,83	69,64	0,83	69,64
4	Дупчење	22	3,8	1,83	153,2	2,08	174,09	1,17	97,49
5	Подградување	22	3,8	3,75	313,36	4,17	348,18	3,47	290,15
6	помошни работи	22	3,8	2,5	208,91	2,5	208,91	2,5	208,91
7	Вкупно(денар)			<b>11,82</b>	<b>988,82</b>	<b>13,14</b>	<b>1097,91</b>	<b>10,62</b>	<b>887,85</b>
8	Трошоци(€)				<b>16,21</b>		<b>18</b>		<b>14,55</b>

Табела: 7.15. Преглед на нормативни трошоци за транспорт на миниран материјал

Table 7.15. Overview of regulatory costs for transport of mined material

Прилог 7

Р.Б	Вид на материјал	Ед. мерка	Цена (€)	АЛТЕРНАТИВА 1		АЛТЕРНАТИВА 2		АЛТЕРНАТИВА 3		АЛТЕРНАТИВА 4	
				Норматив	Трошок (€/m')	Норматив	Трошок (€/m')	Норматив	Трошок (€/m')	Норматив	Трошок (€/m')
1	Нафта	(l/m')	0,8	13,33	10,66	10,11	8,09	14	11,2	8,64	6,91
2	Моторно масло	(l/m')	2,8	1,33	3,73	1,01	2,83	1,4	3,92	0,864	2,42
3	Гуми за товарач	(бр./m')	2200	0,0038	8,26	0,0031	6,92	0,0032	7,13	0,0034	7,52
4	Тековно одржавање	(€/t)	32,0	0,25	8,00	0,25	8,00	0,25	8,00	0,25	8,00
5	Амортизација	(€/t)	32,0	0,35	11,20	0,30	9,60	0,35	11,20	0,10	3,20
6	Личен доход	над/m'	25,0	0,45	11,25	0,4	10	0,4	10	0,3	7,5
7	Вкупно трошоци	€/m'			<b>53,11</b>		<b>45,44</b>		<b>51,45</b>		<b>35,55</b>

Табела 7.16. Материјални трошоци за подградување на 1 м' рударска просторија

Table 7.16. Material costs for support elements of the 1 m' mining room

Прилог 8

Р.Б	Вид на материјал	Ед. мерка	Единечна цена (€)	АЛТЕРНАТИВА 1		АЛТЕРНАТИВА 2		АЛТЕРНАТИВА 3		АЛТЕРНАТИВА 4	
				Норматив	Трошок (€/m')	Норматив	Трошок (€/m')	Норматив	Трошок (€/m')	Норматив	Трошок (€/m')
1	Гранулиран песок	(m <sup>3</sup> )	19,67	0,85	16,72	0,85	16,72	0,935	18,39	0,54	10,7
2	Цемент	кг.	0,115	293	33,62	293	33,62	322,3	36,99	187,52	21,52
3	Ингунит	кг.	0,738	15	11,07	15	11,07	16,5	12,17	9,6	7,08
4	SN анкери (22 од 1,8m)	бр.	6,885	4,5	30,98	4,5	30,98	4,95	34,08	2,88	19,83
5	Анкерски плочки	бр.	1,311	4,5	5,9	4,5	5,9	4,95	6,49	2,88	3,78
6	Матици M18	€/m'	0,43	4,5	1,92	4,5	1,92	4,95	2,11	2,88	1,23
7	Бургии Ø32	бр.	68,85	0,04	2,75	0,04	2,75	0,044	3,03	0,03	1,76
8	Арматурна мрежа	кг/m'	0,75	24	18,1	24	18,1	26,4	19,91	15,36	11,58
8	Ел.енергија	kW	0,062	65	4,05	65	4,05	71,5	4,45	41,6	2,59
9	Личен доход	надн/m'	35	1,8	63,0	1,8	63,0	2,0	69,3	1,2	40,3
10	Вкупни трошоци за изработка [€/m']				<b>188,11</b>		<b>188,11</b>		<b>206,93</b>		<b>120,39</b>

Табела 7.19. Преглед на трошоци за проветрување при работа на TTM

Table 7.19. Overview of costs for ventilation during operation of TTM

Прилог 9

ОПРЕМА	Потребен број на TTM	Вкупна количина на воздух-Q(m <sup>3</sup> /s)	Капацитет на вентилатор-Qv(m <sup>3</sup> /s)	Потребен број на вентилатори	P(kW)- Активна моќност на електро мотор	цена на електр. енергија (ден/kW)	вкупно трошоци од ел.енергија (ден/h)	вкупни трошоци (€/h)
WAGNER ST3.5	<b>6</b>	33,66	11	3	22,5	3,8	<b>257</b>	<b>4,20</b>
WAGNER ST7	<b>5</b>	30,89	11	3	22	3,8	<b>251</b>	<b>4,11</b>
CAT-R1300G	<b>5</b>	26.38	11	3	22	3,8	<b>251</b>	<b>4,11</b>
TORO-151	<b>8</b>	16,3	11	2	22	3,8	<b>167</b>	<b>2,74</b>



Табела 7.20. Квалитативна вредност на ергономски услови за работа со јамски товарачи

Figure 7.20. Qualitative value of ergonomic conditions for working with mine loaders

Прилог 10

Р.Б.	Опис на ергономски уреди	Карактеристика на ергономски услови и мерки за безбедна работа	Квалитативна вредност на ергономијата за секоја Алтернатива			
			A1	A2	A3	A4
1	Седиште на возачот со уреди за прилагодување	Конструкција и модел на седиште може да предизвика нефизиолошка положба на телото (долготрајно напрегања) е потребно прилагодување на наклонот на седиштето и повремени паузи.	Ниска	Висока	Просечна	Многу ниска
2	Седиште на возачот со уреди за прилагодување на висина на седиште	Прилагодување на висината и аголот на работниот стол е механичко, електрично и пнеуматско.	Ниска	Висока	Просечна	Ниска
3	Регулатори на седиштето за тежина на операторот	Прилагодување на удобност и стабилност на возачот при возење	Многу ниска	Висока	Просечна	Многу ниска
4	Командни џоистици за ракување	Нефизиолошка положба на рацете со телото на операторот и положба на потпирачките за раце со командни џоистици е услов на ефикасност во управувањето.	Просечна	Висока	Просечна	Ниска
5	Положба на возачот во однос на правецот на движење на машината	Ергономските услови при влегување во возилото и положба на возачот во кабината и видност при движење на возилото напред и назад.	Просечна	Просечна	Просечна	Просечна
6	Кабина за ракување и управување со машината	Работни услови во кабина со заштитен кров, ветробранско стакло, големина на простор и управување на командите со хидраулични или електрични команди во кабината	Просечна	Висока	Висока	Ниска

7	Положба на педали за управување	Управување со педали е потребно, да бидат проектирани, изработени и опремени така што да се овозможи безбедно управување од страна на возачот со минимален ризик од забуна и лесно да се командува без напор на ракувачот.	Просечна	Висока	Висока	Просечна
8	Положба на управувачки уреди и мерни инструменти во кабината	Возачот треба од своето место да може да ги активира сите команди и уреди потребни за управување со машината и преглед на контролни сигнални уреди.	Просечна	Висока	Висока	Ниска
9	Работни услови во кабината за ракување и управување со машината	Управувачките уреди треба да се уредени така што нивниот распоред, движење и отпор при работа се во согласност со дејството што треба да се врши, земајќи ги во предвид ергономските начела.	Просечна	Висока	Висока	Ниска
10	Механички вибрации на рацете од команди за ракување	Правилно обликување на ергономски командни рачки и обложени со еластичен материјал и вибрациите кои не треба да надминува $2,5 \text{ m/s}^2$ во период од 8 часа.	Просечна	Висока	Просечна	Просечна
11	Дизајнот на седиштето за редуцирање на вибрации на телото	Изработка на квалитетно ергономско седиште од типот на јастог е пригушување на вибрациите на телото кои не треба да надминува $0,5 \text{ m/s}^2$ во период од 8 часа.	Просечна	Висока	Висока	Многу ниска
12	Квалитативна вредност на атрибути	Процената е извршена врз основа на анкетна оцена и преглед на техничка документација на механизација	Просечна	Висока	Просечна	Ниска

**Снимен режим на работа на товарно транспортна механизација во рудник САСА**

		Снимен режим на ТТМ на хоризонт XIVb1/2												27.03.2015год.			
N		Wagner ST7__број 62															
мерење	Работно место	L(m)-должина на транспорт		Тс-вкупно	tu-(време на утовар )	tm-(време на маневар)	tpv-(време на полно возење )	ti-(време на истовар)	tvp-(време на празно возење)	n(циклус на час)	Tef	Qk	Qcm-капацитет	N -Корпи руда	потрошување на гориво	Vср-средна брзина	Ефективно работно време - мото час
		ходник	рампа														
1	XIVb/2-29сс. откоп	55,0	51	6,40	1,10	0,80	2,15	0,80	1,55	9,38	2,2	4,5	74,3	18,6	<b>47,0</b>	0,954	1,980
2	XIVb/2-29cj. откоп	55,0	27	5,49	1,20	0,63	1,85	0,49	1,32	10,93	0,7	4,3	26,3	6,6		0,864	0,602
3	XIVb/2-37cj. откоп	108	0,0	4,30	0,50	0,88	1,35	0,35	1,22	13,95	1,1	4,1	51,0	12,7		1,401	0,913
4	XIVb/2-45	92,0	0,0	3,95	0,65	0,56	1,23	0,42	1,09	15,19	0,3	4,4	16,2	4,1		1,322	0,267
	Вкупно										<b>4,3</b>		<b>167,7</b>	<b>42</b>			<b>3,76</b>

Снимен режим на ТТМ на хоризонт 990 блок 1/2													15.05.2015				
ТТМ- Caterpilarr - КТ2																	
мерење	Работно место	L(m)-должина на транспорт		Tс-вкупно	tu-(време на утовар )	tm-(време на маневар)	trv-(време на полно возење )	ti-(време на истовар)	tvp-(време на празно возење)	П(циклус на час)	Tef	Qк	Qсм-капацитет	N -Корпи руда	потрошување на гориво	Vср-средна брзина	Ефективно работно време - мото час
р.б	откоп - чело	ходник	рампа	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	број	(h)	(t)	(t/cm)	број	l/sm	(m/s)	
1	990/1+7к	59	23	<b>4,94</b>	0,62	0,33	1,85	0,42	1,72	12,1	0,20	4,50	8,7	2,2	<b>48,5</b>	0,766	0,180
2	990/2+14	113	42	<b>5,74</b>	0,32	0,52	2,45	0,15	2,30	10,4	2,28	4,60	87,7	21,9		1,088	2,098
3	990/1-0пј	102	15	<b>5,93</b>	0,75	0,58	2,20	0,35	2,05	10,1	1,23	4,30	42,8	10,7		0,918	1,058
4	990/1-7п	85	42	<b>5,98</b>	0,42	0,32	2,56	0,33	2,35	10,0	0,85	3,90	26,6	6,7		0,862	0,663
	ВКУПНО										<b>4,56</b>	<b>4,33</b>	<b>165,9</b>	<b>41,5</b>			<b>4,00</b>

Снимен режим на ТТМ на хоризонт 990. блок 1/2													11.06.2015				
Wagner ST 3,5_број 57																	
мерење	Работно место	L(m)-должина на транспорт		Тс-вкупно	tu-(време на утовар )	tm-(време на маневар)	tpv-(време на полно возење )	ti-(време на истовар)	tvp-(време на празно возење)	П(циклус на час)	Tef	Qк	Qсм-капацитет	N -Корпи руда	потрошување на гориво	Vср-средна брзина	Ефективно работно време - мото час
		ходник	рампа														
1	990/1+7к	85,0	10,0	<b>5,35</b>	0,55	0,30	2,20	0,35	1,95	11,2	1,3	4,5	52,5	13,1	<b>55,3</b>	0,763	1,170
2	990/2+14	150,0	35,0	<b>6,03</b>	0,45	0,32	2,95	0,26	2,05	9,95	0,95	4,6	34,8	8,7		1,233	0,874
3	990/1-0пј	68,0	15,0	<b>4,30</b>	0,50	0,88	1,35	0,35	1,22	13,9	0,85	4,3	40,8	10,2		1,077	0,731
4	990/1-7п	92,0	42,0	<b>5,35</b>	0,95	0,45	2,03	0,33	1,59	11,2	1,30	3,9	45,5	11,4		1,234	1,014
	Вкупно										<b>4,4</b>	<b>4,3</b>	<b>173,6</b>	<b>43</b>			<b>3,79</b>

**Ванчо Гоцевски   дипл. рударски инж.**  
**ОПТИМАЛЕН ИЗБОР НА ТОВАРНО ТРАНСПОРТНА МЕХАНИЗАЦИЈА**  
**ПРИ ТРАНСПОРТ НА РУДА И ЈАЛОВИНА ВО РУДНИЦИ**  
**СО ПОДЗЕМНА ЕКСПЛОАТАЦИЈА**  
**Универзитет „Гоце Делчев” – Штип**

