УНИВЕРЗИТЕТ У БАЊОЈ ЛУЦИ

РУДАРСКИ ФАКУЛТЕТ ПРИЈЕДОР

Мр Димшо Милошевић, дипл. инж. руд.

МОДЕЛ УПРАВЉАЊА РАДОМ ДИСКОНТИНУАЛНИХ СИСТЕМА ЕКСЛОАТАЦИЈЕ НА ПОВРШИНСКИМ КОПОВИМА

ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА

Приједор, 2018.

УНИВЕРЗИТЕТ У БАЊОЈ ЛУЦИ

РУДАРСКИ ФАКУЛТЕТ ПРИЈЕДОР

Dimšo Milošević, MsC in mining

MANAGEMENT MODEL FOR DISCONTINUOUS MINING SYSTEM ON OPEN PITS

DOCTORAL DISSERTATION

Prijedor, 2018.

Ментор:

др Владимир Малбашић, ванредни професор,
Универзитет у Бањој Луци, Рударски факултет Приједор

Наслов докторске дисертације:

Модел управљања радом дисконтинуалних система експлоатације на површинским коповима

Резиме:
Овај рад представља допринос глобалним трендовима и настојањима да се информационе техологије користе у што већем обиму и циљу моделовања информационих система рударских производних процеса и управљању истим. У том смислу су коришћене информационе технологије и технике управљања уз детаљна истраживања самог дисконтинуалног система експлоатације и специфичности са огромним бројем утицајних параметара и варијабли које увелико дефинишу начин тог процеса управљања.
Методологија управљања дисконтинуалним системима површинске експлоатације, која се предлаже у овој дисертацији је развијена кроз неколико фаза које су генерално подијељене у двије цјелине/корака. Први корак представља изградњу НИС-а рудника са површинском експлоатацијом, као логистичко информациони дио модела управљања, у којем је на основу искустава, обимне анализе литературе и анализе досадашњих техника управљања и додатних истраживања на специфичностима које је носио примјер Рудника Угљевик, дефинисана инфраструктура тог информационог система. Други операционо управљачки корак у моделу представља практично приједлог начина коришћења информационих технологија односно комерцијалних софтверских пакета за обављање управљачке активности у моделу који омогућавају у врло кратком времену измјену диспечерских услова и вриједности параметара производње што је веома битно у данашњим условима организације рада рударских производних процеса. Поред тога дефинисани модел даје могућност интерактивне двосмјерне везе између диспечерског центра као основног извршног нивоа управљања са оперативним и извршним нивоима управљања али и са вишим нивоима управљања - нивоима тактичког па и стратешког управљања. То омогућава много лакше управаљање и специфично прилагођавање стратешких и оперативних планова и циљева поред активности директно везаних за диспечинг и алокацију опреме.
Оквир развијеног модела управљања је развијен на основу искустава, обимне анализе литературе и анализе досадашњих техника управљања али и додатних истраживања на специфичностима које је носио примјер Рудника Угљевик који је послужио за опис основне поставке модела управљања дисконтинуалним системима експлоатације на површинским коповима.

Кључне ријечи:
дисконтинуални систем експлоатације, логистичко - информациони систем, управљање системом експлоатације, операционо-симулационе технике.

Научна област: Инжењерство и технологија

Научно поље: Инжењерство животне средине

Класификациона ознака (CERIF): 340 Рударство

UDK 622.012:007]:004(043.3)

Тип одабране лиценце (Creative Commons): Ауторство–некомерцијално– дијелити под истим условима

Mentor:

Associate professor Vladimir Malbašić, PhD in mining

University of Banja Luka, Faculty of mining Prijedor

Title of doctoral dissertation:

Management model for discontinuos mining system on open pits

Summary

This dissertation presents a contribution to global trends and efforts in utilization of information technology to the widest extent and purpose of information systems modeling and management for mining production processes. In this sense, information technology and management techniques have been used, with detailed research of discontinuous system of exploitation and its specificity with a huge number of influential parameters and variables that greatly define the way of this management process.

The managing methodology of discontinuous surface exploitation systems, proposed in this dissertation, has been developed through several phases that are generally divided into two entireties/steps. The first step represents the construction of a mine SIS (supervisory information system) with surface exploitation, as a logistical information part of the management model, in which, is defined the infrastructure of that informational system on the specifics conditions by the example of Ugljevik Mine. The second operating managing step in the model is a practical suggestion how to use information technology or commercial software packages to perform control activities in a model that allow in a very short time the change of dispatching conditions and value of production parameters, which is very important in today's conditions of organization and work of mining production processes. In addition, the defined model gives the possibility of an interactive two-way connection between the dispatch center as the basic executive level of management with the operational and executive levels of management, but also with higher levels of management- the levels of tactical and strategic management. This allows for much easier management and specific adjustment of strategic and operational plans and goals in addition to activities directly related to dispatching and equipment allocation.

The framework of the developed management model was developed on the basis of experience, extensive analysis of literature and analysis of current management techniques, as well as additional research on the specificities carried by the example of Rudnik Ugljevik, which served to describe the basic setting of the management model for open pit discontinuous exploitation systems.

Key words:
discontinuous exploitation system, logistic and information system, exploitation system management, operational and simulation techniques.

Scientific area: Engineering and technology

Scientific field: Environmental Engineering

Classification Code (CERIF): 340 Mining

UDK 622.012:007]:004(043.3)

Creative Commons type: Authorship - non-commercial - share under the same conditions
CC BY-NC-SA

С А Д Р Ж А Ј

1. УВОД 1
1.1. Истраживачки приступ 5
1.2. Образложење проблема 7
1.3. Циљеви истраживања 9
1.4. Структура дисертације 10
2. ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ 11
2.1. *Dispatch* систем - систем за управљање, усмјеравања и распоређивање 17
2.2. Критички осврт на наведене референце (ранија истраживања) 25
3. КОНЦЕПТИ И ПРОБЛЕМИ УПРАВЉАЊА СИСТЕМИМА ПРОИЗВОДЊЕ У РУДАРСТВУ 29
3.1. Циљ и опсег методологије креирања модела 29
3.1.1. Тактичко управљање рударским производним системом 30
3.1.2. Организација рада 30
3.1.3. Модерне технике менаџмента 34
3.2. Карактеристике рударске производње 34
3.2.1. Специфичности управљања дисконтинуалним системима површинске експлоатације 36
3.3. Доступност информација кроз информациони систем 38
3.4. Употреба информационих технологија у симулационом моделирању и диспечингу дисконтинуалних система површинске експлоатације 39
3.4.1. Компоненте диспечерских система 43
4. МЕТОДОЛОГИЈА УПРАВЉАЊА ДИСКОНТИНУАЛНИМ СИСТЕМИМА ЕКСПЛОАТАЦИЈЕ НА ПОВРШИНСКИМ КОПОВИМА 53
4.1. Фаза планирања и изградње инфраструктуре система 54
4.1.1. Припремна фаза 55
4.1.2. Визуелно приказивање 55
4.1.3. Изградња инфараструктуре система 57
4.1.3.1 Релационе базе података 57
4.1.4. Модели података 58
4.1.4.1. Релациона база података производних процеса 59
4.1.4.2. Могућности коришћења готових система 61
4.1.4.3. Подаци за праћење и прикупљање 62
4.1.5. Мапа процеса 62
4.1.5.1. Ставке података/информација 64
4.1.6. Идентификовање извора података 67
4.1.7. Механизам за уношење података 68

4.1.8. Закључна разматрања о инфраструктури података 69
4.2. Фаза утврђивања мјера учинака 70
4.2.1. Трошкови као мјера учинака 71
4.2.2. Дијагностичке мјере за унапријеђење процеса 72
4.2.3. Организација и управљање производњом 73
4.2.3.1. Управљање производњом на основу активности 73
4.2.3.2. Разумијевање и контрола понашања 74
4.2.3.3. Одговорност у послу 74
4.2.4. Закључна разматрања фазе доношења мјера 76
4.3. Фаза изградње управљачке структуре 77
4.3.1. Правовременост развоја управљачке инфраструктуре 77
4.3.2. Утврђивање матрица процеса и матрица одговорности 78
4.3.3. Врсте састанака и активности менаџера 79
4.3.3.1. Праћење производње (учинака) - Инструисање 79
4.3.3.2. Идентификација рјешења и планирање 80
4.3.3.3. Планирање 80
4.3.3.4. Верификација (ревизија) 80
4.3.4. Пројектовање модела управљачког система Рудник Угљевик 80
4.3.5. Завршна разматрања и фазу развоја иаинфраструктурног управљања 83
4.4. Операциона фаза методологије 84
4.4.1. Симулационо моделовање у рударству 86
4.4.1.1. Предности и недостаци симулационог моделирања 90
4.4.1.2. Симулациони модели у рударству 92
4.4.1.3. Дискретни симулациони модели 93
4.4.1.4. Избор симулационог језика 96
4.4.1.5. Анализа и моделовање улазних података 100
4.4.1.6. Прикупљање података 101
4.4.1.7. Статистичка обрада улазних података 102
4.4.1.8. Избор и тестирање статистичких модела 103
4.4.1.9. Случајни бројеви и функције расподјеле у симулационим моделима 105
4.5. Закључна разматрања о примјењеној методологији у формирању модела управљања 107
5. ИНФОРМАТИЧКА ПОДРШКА УПРАВЉАЊУ ПРОИЗВОДЊОМ У ПОВРШИНСКОЈ ЕКСПЛОАТАЦИЈИ 109
5.1. Увод 109
5.2. Надзорно информациони систем НИС 110
5.2.1. ИТ инфраструктура НИС-а 110

5.2.1.1. Информационо-управљачки токови реалног система 113
5.2.1.2. Производно-технолошки процеси 114
5.2.1.3. Подршка развоју модела управљања и оцјена стања 116
5.2.1.4. Анализа функционалности система за праћење проозводних процеса експлоатације и припреме и отпреме угља 117
5.2.1.5. Планирање и управљање производњом 118
5.2.1.6. Систем за откопавање, транспорт и одлагање откривке и угља 119
5.2.1.7. Евидентирање стања опреме и застоја 121
5.2.2. Архитектура НИС-а 121
5.2.2.1. Конфигурација система даљинског управљања система НИС-а 126
5.2.3. Инфраструктура података 127
5.2.3.1. Дефинисање начина реализације информационог система 130
5.2.3.2. Моделирање података 132
5.2.3.3. Извори података 136
5.2.3.4. Логички и физички модел базе 138
5.2.4. Опис Надзорно информационог система Рудник Угљевик 141
5.2.4.1. Систем за праћење стања минералних ресурса 142
5.2.4.2. Систем за праћење материјалних ресурса са подсистемом са стање залиха 143
5.2.4.3. Систем за праћење производње 143
5.2.4.4. Систем Екологија - Нормативно уређење области, Документација 145
5.2.4.5. Систем Људски ресурси 146
5.2.5. Систем MIDSS 147
5.2.6. Заштита система 148
5.3. Рачунарски програми коришћени у Операционој фази Модела управљања 150
5.3.1. Статистичка обрада података 150
5.3.2. Израда симулационог модела дисконтинуалног система експлоатације 153
5.3.3. Коришћење резултата НИС-а за симулацију при одређивању диспечинг мода 160
5.4. Закључна разматрања о информацином технологијама као алатима за управљања дисконтинуалним системима експлоатације 161
6. ПРИМЈЕНА МОДЕЛА НА ПРИМЈЕРУ ДИСКОНТИНУАЛНОГ СИСТЕМА ЕКСПЛОАТАЦИЈЕ РУДНИКА УГЉЕВИК 162
6.1. Модел управљања дисконтинуалним системом експлоатације 162
6.2. Коришћење НИС система 165
6.3. Статистичка обрада и анализа прикупљених података 173
6.4. Симулациона анализа на бази података НИС-а у циљу унапријеђења рада дисконтинуалног система експлоатације 175
6.4.1. Улазни подаци за симулационо моделирање и анализу 176

6.4.2. Алгоритми за симулацију рада дисконтиинуалних система 180
6.4.3. Статистичка анализа улазних података за симулациони модел..... 183
6.5. Симулациона анализа 185
7. ЗАКЉУЧАК И ПРЕПОРУКЕ ЗА ДАЉИ РАД..... 190
7.1. Преглед истраживања 190
7.2. Значај доприноса и оригиналност ове дисертације 190
7.3. Закључци 192
7.3.1. Подстицај дисертације..... 192
7.3.2. Питања везана за управљање у рудницима 192
7.3.3. Преглед методологије..... 194
7.4. Препоруке за даљи рада и истраживања..... 196
ЛИТЕРАТУРА..... 198
СПИСАК СЛИКА 204
СПИСАК ТАБЕЛА..... 206
ПРИЛОЗИ 206

1. УВОД

Значај информационих технологија (ИТ) у свим областима људске дјелатности, а посебно у великим индустријским системима, већ неколико деценија расте експоненцијалном брзином. У савременим условима пословања све су ријеђи велики системи који се у свом пословању и управљању у мањој или већој мјери не ослањају на ИТ. Тако и у области рударства информационе технологије постају незаобилазни елемент пословања, који отвара нове перспективе за унапријеђење производње.

При експлоатацији минералних сировина не може се утицати на низ фактора као што су геолошке карактеристике лежишта, цијена минералне сировине на тржишту, метеоролошки услови, постојећа инфраструктура или законска регулатива. Побољшавање пословних перформанси производних система постиже се активностима усмјереним на смањење трошкова, оптимизацију производних процеса и већем искоришћењу постојећих ресурса.

Продуктивност производног процеса у рударству у великој мјери зависи од међусобне усклађености и повезаности појединих дијелова процеса и опреме, а оптимизација процеса је тешко изводљива без рачунарске подршке у управљачком систему. Савремене тенденције у информационо технолошкој области фаворизују оријентацију на интегралне надзорне информационе и управљачке системе, чија је основна карактеристика оријентација на пословне и технолошке функције реалног система и јединствена база података везана за догађаје који су релевантни за реални систем. Такав приступ обезбјеђује могућност контроле над цјелокупним ре алним системом, при чему се информације за одређене подсистеме динамички изводе из података које генеришу остали подсистеми.

Реализација информационог система али и ефектног модела управљања, захтјева познавање низа, често разнородних дисциплина, као и знања потребних за процјену и моделовање будућих понашања реалног система и његовог окружења. Увођењем информационе технологије се:

- обезбјеђује тренутна ажурност података и смањује могућност грешке,
- смањује ангажовање људи на рутинским и мануелним активностима,
- успостављају се везе између планирања, оперативе и распореда послова,
- обезбјеђује брза селекција жељених информација и креирање разноврсних статистичких и других извјештаја о пословним догађајима за потребе на свим нивоима управљања, како би се обезбједила правовременост и исправност одлука менаџмента,
- побољшава контрола трошкова, повећава укупна продуктивност и ефикасност пословања.

Систематска побољшања у управљању готово свим аспектима производних операција у површинској експлоатацији минералним сировинама, односно оптимизација производње у површинској експлоатацији је до сада прије свега била усредсређена на постизање бољих економских ефеката путем масовне производње умјесто модификовања самог система

производње. Систем за управљање производњом чини срце рудника, па је ипак највећи дио едукације и истраживања у рударству посвећен свакодневним производним и стратешким питањима као што су тржиште минералних сировина, стабилност косина, животна средина, пројектовање рудника, аутоматизација, опрема, итд. Како реалне резерве већине минералних сировина и даље опадају, опстанак рударске индустрије у 21. вијеку захтјева суштинске промјене, како у технологији производње, тако и у технологији управљања. Иновације у ова два сектора отварају могућности и другим пословним секторима да остану профитабилни. Сектор производње се углавном фокусирао на системе производње и њене контроле који суштински утичу на вриједност производа. Овакав фокус на систем за управљање производњом је довео до развоја производних и управљачких техника којима се могу повећати продуктивност, квалитет, а преко ефикасног управљања трошковима и профитабилност рудника.

Циљ ове дисертације је истраживање могућности за унапређивање производње кроз дјелимично иновирање и развој једног од модела управљања на краткорочном и средњерочном нивоу, односно техничко-економског менаџмента у рударству. Овај рад представља допринос глобалним трендовима и настојањима да се информационе технологије користе у што већем обиму у циљу моделовања информационих система рударских производних процеса и управљању истим.

Управљање у рударству је усмјеравање и контрола производног рударског система, ради испуњења пословних циљева компаније која је власник рудника. У циљу израде ове дисертације, рудник ће се посматрати као посао у коме је профит компаније, која је власник рудника, примарни интерес менаџмента, а у оквиру друштвених и етичких ограничења, као и ограничења која се односе на животну средину. Менаџмент се неформално може подијелити у двије групе: *оперативни и стратешки*. Већи дио истраживања у рударству се до сада бавио питањима стратешког значаја. Утицај одлука оперативног менаџмента се односи на период не дужи од једне године. Примјера ради, оперативна питања на површинском копу укључују планирање, експлоатацију и управљање производњом минералне сировине у смислу: доношења одлука о задужењима радника запослених на руковању и одржавању механизације и опреме, отклањање застоја у производњи, мониторинг (праћење), контрола и смањење јединичних трошкова итд.

Оптимизација управљања дисконтинуалним системима површинске експлоатације представља веома сложен процес и комплексну материју који захтјева прецизно дефинисање свих релевантних показатеља који утичу на рад површинског копа у цјелини.

Модернизација управљања у већини рудника условљена је контролом производње и механизмима управљања. Идентификовано је неколико питања која имају везе са неодговарајућом информационом технологијом, инфраструктуром рударске индустрије, коришћењем савремених техника управљања и провјером система управљања. Рударска производња има значајне користи од богатства информација и могућности мониторинга и електронске контроле процеса рада. Коришћење информационог управљања за аутоматску производњу омогућиће примјену техника као што су операциона истраживања (OR), теорија о ограничењима (TOC) и других алата за унапријеђење процеса. Технолошка унапријеђења рударских компанија у виду система за интегрисано умрежавање предузећа,

створила су потенцијал за стварање јефтиних, лако доступних и правовремених информација. Лак приступ информацији треба да омогући оперативи да прихвати нове технике оптимизације процеса, које су развијене за производну индустрију. На жалост, изгледа да постоји неколико ограничења за примјену ових техника. Прва је да нису све технике примјењиве у свакој ситуацији, па се због тога техника мора прилагодити систему у коме се користи. Друго ограничење ових метода оптимизације је да оне нису примјењиве у рударству у свом изворном облику. Рударска средина је другачија од производне, у смислу потрошње ресурса и планирања, контроле производње, захтјева према радној снази, улазима процеса и култури.

Може се закључити да су неопходне модификације производних техника управљања/менаџмента. Развој методологије која би обухватила технике управљања модификованих за рударство је основни циљ ове тезе. Треба имати на уму да многе рударске компаније и истраживачи усмјеравају свој фокус на "процесни" приступ унапријеђењу цјелокупног система, уз прихватање чињенице да је информациона технологија основни покретач промјене. Међутим, кључ успјеха у другим индустријама није био појединачни пословни алат, технологија или дио информације, већ синергија изведена из коришћења комбинације наведеног.

Због тога је ова дисертација мотивисана жељом да се развије методологија имплементације како би се потпомогла имплементација технологије. Технике управљања, као што је реинжењеринг, биле би могући оквири на основу којих би се изградио идеални рударски систем, који би омогућио потпуно искоришћење напредних технологија. Завршни развој концепта је у правцу методологије која би омогућила систем менаџмента за управљање промјенама у рударском систему ка развоју идеалног рударског система.

Теоретски приступ овој проблематици је обрађен приказом литературе у овој дисертацији али је потребно наставити са истраживањима у овој области са циљем изналажења оптималне комбинације пословног алата, технологије, информације у сврху управљања дисконтинуалним системима површинске експоатације.

Ова дисертација предлаже методологију базирану на оперативном менаџменту у којој су за рударство прилагођене одређене новије информационе технологије и технике управљања/менаџмента које су се показале успјешним у другим индустријама. Јединствене културолошке и техничке особености рударства захтјевају преобликовање нових технологија управљања.

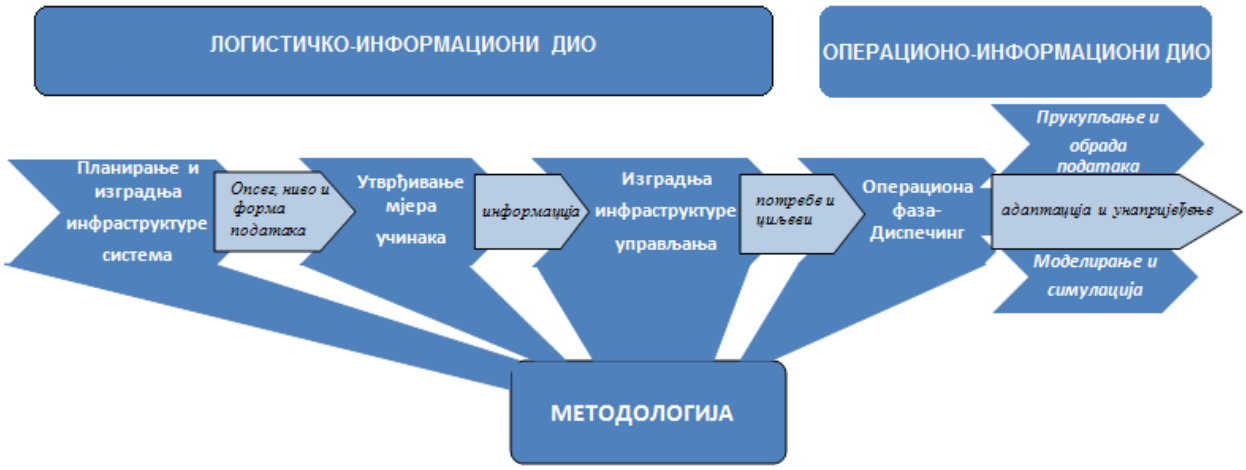
Методологија развијена у овој дисертацији је прво идентификовала и анализирала модерне техника управљања, индустрија која су их изродиле, и фактора који су довели до њиховог успјеха. Карактеризација текућих система за рударско производно управљање је такође идентификовала њихове најбитније недостатке, као и разлике у поређењу са оним индустријама које су биле успјешније у контролисању производње. Ове разлике су узете у обзир приликом дизајнирања предложене методологије, како би се инкорпорирале најбоље расположиве технике менаџмента. Развијање модела управљања за све површинске копове се није сматрало изводљивим, пошто су култура, радни услови и процеси, јединствени за практично сваки рудник. У представљању нових техника

управљања, они који су их развили најчешће презентују основне смјернице или методологију, помоћу којих се дискутује о кључним компонентама нових техника. Овакав приступ је коришћен и у овој дисертацији, гдје предложена методологија за креирање главних компоненти методологије управљања дисконтуалним системима експлоатације представља процедуру која би произвела систем за оперативни менаџмент површинског копа који укључује ИТ, најбоље доступне технике управљања, главне елементе података специфичне за рударство, и културолошка питања карактеристична за рударство. Овај модел управљања је у фази имплементације у РиТЕ Угљевик.

Кључне компоненте методологије обухватају: **прво**, дефинисање и прихватање матрица управљачких, основних и помоћних операција у производном систему путем којег и систем за управљање и производни систем могу бити континуално побољшавани; **друго**, централизовану интегисану инфраструктуру података која ће омогућити ове промјене и која је базирана на технологији процеса рада, као основном извору података и информација, са циљем обезбеђења података и информација неопходних за управљање цјелокупним организационим системом његовим пословним и производним дијелом; **треће**, низ мјерила перформанси производње и дефинисање елемената техничке подршке основном моделу; и коначно, управљачку инфраструктуру која се стара о правилној употреби система за упарвљање кроз дефинисање фаза реализације и пројектовање програмске подршке по појединим фазама реализације и увођење у експлоатацију.

Примјена и успјех модела управљања зависи од развијања система за управљање паралелно са рударским системом. Логика методологије је организована у двије основне цјелине: логистичко-инфромациону са три фазе развоја и операционо-симулациону са једном фазом и двије подфазе развоја модела. У суштини те четири фазе организоване у двије цјелине обезбјеђују степенике и питања који су значајни за сваку етапу развоја модела. Развојне фазе логистичко-информационе цјелине су састављене од **Планирања и изградње инфраструктуре система** у склопу које је неопходно обезбиједити прилагодљивост система у будућности тако што би се израдио нацрт система управљања, узимајући у обзир предвиђену технологију и корпоративне циљеве. Приликом изградње инфаструктуре система се моделују подаци и организују различити извори података што је релативно комплексно питање у рударској индустрији; **Утврђивање мјера-начина вриједновања и учинака** при чему је ова фаза кључ за остваривање продуктивности али и камен темељац за креирање информација које се користе приликом оперативног управљања и у склопу које се развијају начини мјерења и обрачуна; **Изградња инфраструктуре управљања** у којој се развијају (пројектују) и примјењују одговарајући процедурални механизми како би се обезбиједило ефективно управљање над системом рударске производње. У операционо-симулационој цјелини се развија **Операциона фаза-Диспечинг,** гдје се обрађују питања која се односе на начин коришћења, одржавања и будућег развоја система управљања, при чему се значај придаје што ефектнијем ***Прикупљању и статистичкој обради података*** из самог производног процеса те ***Коришћењу симулационог модела*** који даје естимације понашања система у будућем периоду, што умногоме олакшава менаџменту доношење одлука у смислу оптималног коришћења опреме у самом производном процесу.

Слика 1.1. представља графички приказ предложене методологије и она ће се понављати кроз већи дио ове дисертације како би се направио логичан слијед праћења свих питања која се у истој обрађују.



Слика 1.1. Фазе развоја модела управљања

1.1. Истраживачки приступ

Свако пројектно рјешење површинског копа и одабрана технологија и рударска опрема у свом радном вијеку доживи неколико трансформација-пројектовања прије свега из разлога нових сазнања о лежишту и пратећим наслагама, развоју технологије и машинске индустрије у свијету као и промјенама цијена погонске енергије у окружењу. С тим у вези се потврђује да се у рударству не може прихватити израз *оптималан*, него да се истраживањима приближавамо оптималним рјешењима, а иста зависе од много фактора на које у појединим случајевима и не можемо утицати. Постоје различити проблеми који се рјешавају употребом информационих технологија а могу да представљају **избор опреме** (Equipment Selection), **мрежни дизајн** (Network Design), **усмјеравање возила** (Vehicle Routing), **лоцирање главне тачке/уског грла** (Hub Location), **распоред и алокација опреме** (Scheduling and Allocation) [13].

У оквиру докторске дисертације извршиће се истраживање проблематике оптимизације управљања дисконтинуалним системима површинске експлоатације. Наведени проблем представља веома значајан истраживачки задатак посебно за технологију површинске експлоатације лежишта минералних сировина дисконтинуалном опремом. За рјешавање постављеног задатка неопходно је детаљно обрадити теоријска и усагласити практична сазнања што омогућава квалитетно истраживање.

Савремене технологије у свијету, развој у производњи високопродуктивне рударске опреме по капацитету отвориле су велике могућности у системима површинске експлоатације минералних сировина, иако су рударско - геолошки услови на лежиштима минералних сировина све сложенији са аспекта структурних, инжењерско – геолошких, физичко - механичких и хидрогеолошких карактеристика као и квалитета.

Оптимизација управљања дисконтинуалним системима подразумијева брзо и ефикасно прикупљање информација по свим сегментима, селекцију добијених информација и доношење одлука које ће у датом времену дати оптималне резултате уз трошкове експлоатације који обезбјеђују максималну добит. На основу квалитетних информација омогућено је ефикасно управљање производним процесима и квалитетом откопане минералне сировине.

Развој рачунарске опреме омогућио је брз и ефикасан начин израде модела за оптимизацију производних процеса, управљања трошковима производње и свођење трошкова на минимум.

Оптимизација дисконтинуалних система је веома сложен процес који захтјева прецизно дефинисање свих релевантних показатеља по елементима система, а за одређене услове радне средине, примијењену технологију рада опреме, оптималне капацитете и организацију и минималне трошкове површинског копа у цјелини. Израђени модел за оптимизацију управљања дисконтинуалним системима површинске експлоатације са техно - економским показатељима ће се примијенити на конкретном примјеру површинског копа "Богутово Село" - Угљевик.

Утицај великог броја фактора (параметри радне средине, технологија експлоатације, капацитети и стање опреме, локације опреме и радне снаге, организација, ефикасност и детаљни оперативни трошкови рада система) захтјева примјену различитих технологија откопавања корисне минералне сировине и усложњава управљање системима у површинској експлоатацији. Узимајући у обзир велики број информација које круже у системима управљања и које могу бити од великог значаја при оптимизацији, указује се потреба за увођењем аутоматизације управљања производњом. Брзи развој рачунарских наука и одговарајућих софтвера омогућује моделовање лежишта и дијелова или укупних технолошких процеса производње на површинским коповима. Резултат тога је скраћење времена обраде и омогућавања варијантног сагледавања рјешења, међу којима треба изабрати оптимална или бар њима блиска, која треба да обезбиједе максимално искоришћење лежишта, квалитет корисне минералне сировине и капацитета система у реалном времену уз минималне трошкове експлоатације.

Одржавање оптималних вриједности производње у времену у промјенљивим условима је континуална процедура оптимизације, која мора обухватити све релевантне факторе уз постављање одговарајуће методологије. Модел за оптимизацију управљања дисконтинуалним системима површинске експлоатације са економском оцјеном биће примијењен на примјеру површинског копа "Богутово село" - Угљевик, што ће подразумијевати анализу великог броја могућих комбинација опреме, технологије рада и организације у функцији краткорочног и дугорочног планирања производње на датом копу. У току израде докторске дисертације користиће се статистичке методе, симулациони модели за дефинисање и оптимизацију рада дисконтинуалних система на површинским коповима и техно - економску оцјену система површинске експлоатације.

Концептуално се разрађују главна питања и кључни концепти у оквиру креирања модела за управљање дисконтнуалним системима површинске експлоатације у рударству.

Дисертација се бави управљањем једног вида рударске производње, али када говоримо о појединим методама и видовима рударских производних система они имају засебне конкретне карактеристике. Дакле они имају специфичне методе, технологије и системе експлоатације, у склопу истих одређене активности, процедуре, материјале али и езотеричне концепте-мотивацију запослених и културолошке специфичности.

У првој фази истраживања у овом раду је извршен преглед менаџментских техника усвојених у свим индустријама. На тај начин су идентификоване кључне технике менаџмента и инфраструктурни захтјеви неопходни за примјену тих техника. Преглед тактичког менаџмента у рудницима (рударским операцијама) идентификовао је недостатке и у инфраструктури и у стандардним системима менаџмента. Дизајнирана је методологија за развијање кључних компоненти модела управљања која би елеминисала проблеме у постојећим системима и обезбједила предности модерних техника за управљање.

Други корак је био развој и имплементација модела управљања у Руднику Угљевик. У овом дијелу рада је дефинисан модел управљања сачињен од НИС-а и операционо-симулациони дио, који чини и главни дио управљачког дијела модела управљања. У њему су дати пргледи и описи софтверских пакета који су коришћени и чију је оправданост употребе у ове сврхе ова докторска дисертација потврдила. Приказани су софтверски пакети за Статистичку обраду података и Израду симулационог модела дисконтинуалног система експлоатације.

Ова дисертација обухвата, али се не ограничава на следеће ставке:

- Преглед литературе са темама које се односе на оптимизацију управљања дисконтинуалним и уопште рударским производним системима путем диспечинга, избора опреме, стохастичких метода линеарног програмирања, статистичку анализу и тренутна рјешења у садашњим диспечерским системима,
- Опис теренског инстраживања, методологију истраживања, процедуре и алате и ресурсе који се користе уз опис конкртних експерименталних услова,
- Дефинисање сетова података који одражавју варијабилност параметара рада утоарно-транспортне опреме на истим транспротним трасама и приближно истим условима рада,
- Анализа података и симулација у циљу дискусије о различитим могућностима и ефектима оптимизације диспечинг система као и смањењу економских утицаја,
- Препоруке за тренутне косриснике система и сугестије за будућа истраживања.

1.2. Образложење проблема

Како површински копови добијају веће димензије и њихове путне мреже постају сложеније, транспортн путеви постају значајнији и конструишу се са много више детаља и анализа. Такви саобраћајни ефекти изазивају неизвјесност транспортних циклуса на идентичним транспортним трасама и диспечерски системи не могу директно израчунавати све промјенљиве и бити употријебљени у таквим условима. Почетна анализа података показује различите нивое варијабилности у распону посматраних времена транспорта, а

даља испитивања идентификују одређене параметре транспорта као значајне изворе варијабилност, као што је топографија пута и ефекти раскрсница. Као мотивација и циљ истраживања на унапређењу организације и управљања радом утоварно-транспортне опреме на површинским коповима се узимају чињенице да је саобраћај феномен који има негативне ефекте у свом матичном процесу и да у рударству транспорт има такође утицај и то кроз чињеницу да како рудници стално расту у величини и обиму производње/капацитету, тако дефинисање величине флота а тиме и обима саобраћаја има велики значај. Било какво побољшање у координацији и управљању система рада утоварно-транспортне опреме ће на крају довести до веће продуктивност и повећања прихода, уз смањење трошкова. [4]

Тактички рударски менаџери тренутно имају мање могућности за контролу, предвиђање, и надгледање производног система него њихови савременици у другим индустријама. Јединствена култура и динамички производни систем у рударству имају лимитирајући ефекат на употребу модерних техника за менаџмент. Примјетна потреба за бољом контролом, новим информационим и комуникационим технологијама, и менаџментом знања потребним да се добије вриједност из дате информације, усмјерила је пажњу према тактичком менаџменту. Друге индустрије су остварилe велике предности од имплементирања нових техника за менаџемент које је могуће имплентирати и у рударство. Ова теза, према томе, обраћа пажњу на фундаменталну потребу за дефинисањем методологије организационог развоја у циљу успостављања модела управљања у рудницима са површинском експлоатацијом, што омогућава успјешну примјену модерних техника за менаџмент.

Неколико основних претпоставки које нису директно дискутоване у другим истраживањима а у овом моделу имају значајну позицију су неопходност за квалитетном минералном сировином, обученом и мотивисаном радном снагом, функционалним програмом за пројектоваање и сл.. Дефинисање одговарајућег и свеобухватног рјешења управљања дисконтинуалним системима површинске експлоатације захтјева опсежна истраживања на бази параметара радне средине, технологије рада опреме и организације рада. Група модела за оптимизацију управљања дисконтинуалним системима површинске експлоатације обухвата:

- Моделовање радне средине;
- Моделовање технологије рада опреме;
- Оптимизацију рада дисконтинуалне опреме у реалном времену и простору;
- Оптимизацију параметара дисконтинуалних система;
- Анализу поузданости рада елемената и система;
- Анализу трошкова елемената система;
- Интегрални модел радне средине, технологије рада опреме и организације.

На рудницима се запошљавају велике флоте камиона који се крећу комплексном мрежом транспортних путева. Варијабилност времена транспорта је уочљива и у складу са тим оперативним дешавањима могуће је поставити одређена питања на која треба дати одговоре: Може ли се варијабилност квантификовати? Ако је могуће, можемо ли идентификовати изворе? Да ли су садашњи системи у стању да објасне варијабилност

приликом оптимизације диспечинг система? Можемо ли добити другачије резултате оптимизацијом диспечинг система користећи стохастички приступ и да ли је тај резултат бољи или лошији? Да ли постоји квантитативни економски утицај? [4]

1.3. Циљеви истраживања

Циљ истраживања у овој дисертације јесте оптимизација управљања дисконтинуалним системима површинске експлоатације рјешењем постављених задатака који треба да дефинишу основне параметре за ефикасни развој површинских копова уз флексибилност система утовара, транспорта и одлагања откривке и минералне сировине. У том смислу се дефинише методологија за израду модела управљања дисконтинуалним системима површинске експлоатације. Методологија треба да обухвати:

- Модел интегрисаног информационог система;
- Оптимизацију рада и капацитета дисконтинуалне опреме у реалном простору у функцији услова радне средине и могућности разблажења или осиромашења минералне сировине;
- Анализу поузданости рада система у функцији стања елемената система, организације рада, одржавања и трошкова;
- Праћење рада система у реалном времену са оцјеном ефикасности;
- Оптимизацију свих параметара дисконтинуалних система у реалном времену.

Да би се остварили циљеви истраживања неопходна је реализација следећих задатака:

- Овладавање постојећим методологијама дефинисања модела управљања и оптимизације;
- Провјера и верификација метода кроз практичне резултате и показатеље, као и на основу досадашњих теоријских истраживања;
- Оптимизација управљања дисконтинуалним системима површинске експлоатације;
- Израда интегралног модела техно - економских показатеља система;
- Провјера развијеног модела на дисконтинуалним системима у условима површинског копа "Богутово Село" - Угљевик;
- Свеобухватна анализа остварених резултата и показатеља;
- Истраживачке активности у наредном периоду.

Поред наведеног се у дисертацији истражује историја и сложеност модерних техника управљања за производни менаџмент, различитости система за управљање у рударству у односу на друге индустрије, начин употребе модерних техника управљања у рудничким производним системима и др..

Циљ оптимизације управљања дисконтинуалним системима површинске експлоатације се састоји у што већем приближавању система за управљање задатом стању, што се може постићи већим бројем промјена улазних параметара. Када се идентификује зона оптималног рјешења, постепено се смањује и корак промјене улазних параметара чиме се континуалном уптребом резултата симулације на бази реалних-снимљених параметара из изворног произодног система, може доћи до оптималног рјешења.

У току истаживања је потребно у, што је већем обиму, дефинисати списак потенцијалних елемената смањења трошкова кроз оптимизацију и смањење потреба за камионима, смањење оперативних трошкова рада опреме, услова експлоатације камиона (саобраћајни услови: мањи број раскрсница и заустављања, једноставније конфигурације транспортних траса и сл.).

1.4. Структура дисертације

Дисертација има слиједећу структуру:

Поглавље 1: Представља тему и објашњава главне доприносе, истраживачки приступ и описује свако поглавље.

Поглавље 2: Презентује досадашња истраживања на проблемима управљања дисконтинуалним системима површинске експлоатације и приказује сложеност проблема.

Поглавље 3: Објашњава кључне концепте и циљеве управљања дискнтинуалним системима површинске експлоатације и начине на који су ова питања објашњена.

Поглавље 4: Методологију управљања дисонтинуалним системима површинске експлоатације, односно све фазе и питања изградње и коришћења модела за управљање.

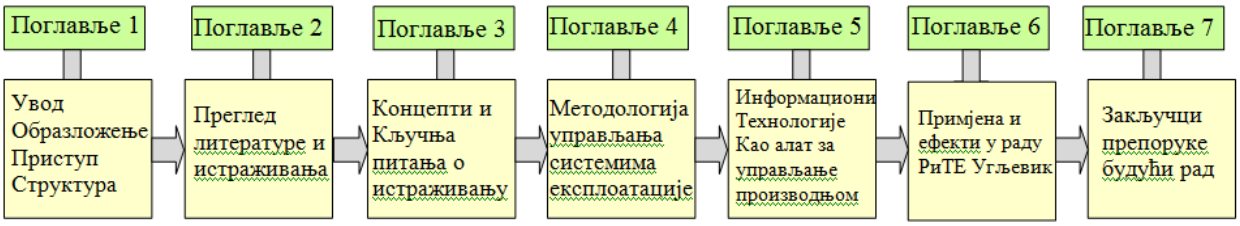
Поглавље 5: Описује информационе технологије као алат за управљање у површинској експлоатацији минералних сировина.

Поглавље 6: Описује примјену предложене методологије - модела на примјеру управљања радом утоварно-транспортне опреме у Руднику Угљевик.

Поглавље 7: Извлачи закључке и назначава препоруке за будући рад.

Слика 1.2. приказује структуру ове дисертације. Као што се може видјети, поглавља 3, 4 и 5 су срж овог рада.

Структура поглавља се односи на главна истраживачка питања и свако поглавље материјал и предмет, анализу и резултате. Поглавља су хијерархијски сложена, тако да се свако поглавље проширује и односи на претходно. Циљ је да се представе резултати истраживања на приступачан, прегледан и на крају лако разумљив начин. На овај начин, дискусија почиње у са упознавањем модела управљања.



Слика 1.2. Структура и ток израде дисертације

2. ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ

Изузетно брз развој компјутерске технологије (хардвера и софтвера) и рачунарски подржано пројектовање површинских копова омогућило је да се за веома кратко вријеме изврши постављање модела, његов циљ као и формирање база података, његова експлоатација, а потом и разрада великог броја варијантних рјешења. Анализирањем добијених резултата из појединих варијанти долази се до квалитетних показатеља који нас опредјељују за прихватање или одбацивање разматране варијанте, а самим тим и до одређених рјешења. Решењима значајно доприноси динамичан развој рударске опреме и технологије рада из године у годину, чиме се добијају врхунски резултати у погледу капацитета багера, камиона, булдозера и друге опреме уз поштовање свјетских норматива и високих критеријума са аспекта погонске енергије и погодности за експлоатацију, угодности за руковање као и заштита човјекове околине.

У циљу повећања производње на површинским коповима извршена су инсталирања рачунарских помагала за праћење рада основне опреме: по капацитету, поузданости у раду, висини инвестиционог и текућег одржавања, потрошњи енергената и основног материјала, трошкова амортизације, радне снаге и др..

Већи дио досадашњих истраживања је базиран на формирању база података за одређене објекте, оптимизацијама појединих технолошких процеса, израдама симулационих модела за одређене операције и процесе, као и динамичка планирања производње у реалном времену и простору.

Узимајући у обзир све наведено, неопходно је стално истраживати технолошка рјешења са циљем оптимизације система површинске експлоатације са дисконтинуалном опремом и другим примјенљивим системима на површинским коповима угља у различитим лежишним условима.

Свако пројектно рјешење површинског копа и одабрана технологија и рударска опрема у свом радном вијеку доживи неколико трансформација-пројектовања прије свега из разлога нових сазнања о лежишту и пратећим наслагама, развоју технологије и машинске индустрије у свијету као и промјенама цијена погонске енергије у окружењу. С тим у вези се потврђује да се у рударству не може прихватити израз *оптималан*, него да се истраживањима приближавамо оптималним рјешењима, а иста зависе од много фактора на које у појединим случајевима и не можемо утицати.

За брже и ефикасније анализе техничко-технолошких рјешења у површинској експлоатацији угља разрађени су и примјењени разни модели симулације на примјерима површинских копова: Грачаница - Гацко, Богутово Село - Угљевик, Рашковац - Станари, Колубарском и Костолачком басену као и Рудницима Тузланског, Бановичког и Ђурђевичког басена.

C.N. Burt 2008, у својој дисертацији констатује да постоје различити проблеми који се рјешавају употребом информационих технологија а могу да представљају **избор опреме** (Equipment Selection), **мрежни дизајн** (Network Design), **усмјеравање возила** (Vehicle

Routing), **лоцирање главне тачке/уског грла** (Hub Location), **распоред и алокација опреме** .У табели 2.1. је дат преглед литературе у под-категорије за моделирање и приступ рјешењима како би илустровали успјех неких приступа (у неким апликацијама) и нагласили појављивање, у неким случајевима и унапријеђења везана за избор опреме у површинској експлоатацији минералних сировина [12]. Допринос овог поглавља је детаљан преглед литературе.

Табела 2.1. Литература за моделовање [13]

Problem structure						
	Network Design	*Vehicle Routing Problem*	*Equipment Selection*	*Hub Location*	*Scheduling*	*Assignment Problem*
Anderson et al. (2009a)	×					
Anderson et al. (2009b)	×					
Armacost et al. (2002)	×					
Baldacci et al. (2008)		×				
Barnhart et al. (2002)	×					
Barnhart and Schneur (1996)	×					
Baxter et al. (2010)			×			
Bennett and Yano (2004)			×			
Bienstock and Günlük (1995)	×					
Bienstock and Günlük (1996)	×					
Bienstock and Muratore (2000)	×					
Boland et al. (2004)				×		
Büdenbender et al. (2000)	×					
Caramia and Guerriero (2009)	×					
Chen (1999)			×			
Cohn (2002)	×					
Cordeau et al. (2007)		×				
Crainic et al. (2000)	×					
Croxton et al. (2003)	×					
Dahl and Derigs (2009)	×					
Derigs et al. (2009)					×	
Equi et al. (1997)					×	
Frangioni and Gendron (2009)	×					
Galiano et al. (2010)	×					
Gambardella et al. (2002)					×	
Gendron et al. (1998)	×				×	
Hane et al. (1995)	×					×
Khan (2006)			×			
Kim (1997)	×				×	
Mirhosseyni and Web (2009)			×			
Mitrović-Minić et al. (2004)	×	×				
Moccia et al. (2011)		×				
Montemanni and Gambardella (2005)	×			×		
Nassar (2001)			×			
Pedersen and Crainic (2007)	×				×	
Powell and Sheffi (1989)	×					
Raack et al. (2011)	×					
Rajagopalan (1998)			×			
Raman et al. (2009)			×			
Savelsbergh and Sol (1998)		×				
Sung and Song (2003)	×					
van Dam et al. (2007)				×		
Webster and Reed (1971)			×			
Zhang et al. (2010)					×	

Линеарно програмирање, вјештачка интелигенција, симулације и животни циклус трошкова, су технике које доминирају у литератури. Неки модели су развијени коришћењем теорије чекања, мада су углавном неразвијени. [4]

Проблем избора опреме има за циљ да изабере одговарајући скуп камиона и утоварних јединица, подложних различитим циљевима и ограничењима. Претпоставке и врсте ограничења која су укључена у моделе су разноврсне. Након тога, интересантан низ метода је примјењен на овом проблему са различитим успехом, као што су хеуристичке, статистичке, оптимизацијске, симулацијске и техника вјештачке интелигенције.

Употреба ***хеуристичких метода*** постоји у другим индустријама а запослени је користе за оптимизацију више него као интерсктивни алат [29], [72]. Ове методе се посебно препоручују у грађевинској индустрији као средство утврђивања одговарајуће величине механизације. Међутим, избор најбољих врста опреме мора да се обави стручно прије доношења и дефинисања појединих формула. Фактор/коефицијент усклађености је, по Morgan&Peterson-у (1968) [65], алат мјерења ефикасности, донедавно, ограничен на хомогену механизацију или, у најбољем случају, хетерогену камионску флоту [12].

Рударска индустрија и даље користи овај однос да одреди одговарајући број камиона, број утоварних јединица како би се успоставио типски транспорт [72]. Међутим, тешко је дефинисати број експерата у избору опреме (једног или више). То повећава вјероватноћу изостављања/несагледавања „атрактивне алтернативе“ у анализи [86]. Такође, стручњак не може никако да утврди квалитет свог рјешења у односу на велики број могућих алтернативних. Најчешће коришћени емпиријски метод „50 минутног сата" - за скалирање продуктивности на рачун губитка ефикасности - такође смањује истраживачки кредибилитет, а ефективност постаје једноставна метода скалирања, Gransberg [36], Markeset&Kumar, [64], тврде да се трошкови животног циклуса (LCC) користе при избору метода експлоатације. Овај алат се базира на томе, да се опрема чува кроз цио животни вијек, тако да поправке нису предвиђене/дозвољене. Нажалост, ово значи да оптимални циклус замјена не може да се ријеши без процеса оптимизације. Међутим, овај тип анализе може бити користан у утврђивању трошка по сату за опрему.

Статистичке методе - Blackvell [10], је развио вишеструки линеарни регресиони модел за процјену важних параметара при избору опреме који се приказују са великом варијацијом, као што су вријеме циклуса камиона, потрошња гума, потрошња горива и број радних сати камиона. Он је тврдио да се ови параметри обично процјењују кроз симулацију са неизвјесним резултатима због "варијација носивости камиона и транспортованог материјала/терета". Ови параметри се затим могу користити за одређивање одговарајућег броја камиона у флоти и утоварних јединица кроз употребу једноставног хеуристички дефинисаног горе наведеног коефицијента усклађености или на неки други начин. Ова метода се ослања на постојање великих скупова података за одговарајуће параметре са рудника који се анализира.

Griffis [37] је развио хеуристичку методу за одређивање величине флоте и возног парка користећи теорију чекања. Тај рад је продужио са O'Shea [69], за израчунавање продуктивности одређене структуре флоте са процјеном доласка камиона преко Poisson

дистрибуције. Касније, Farid&Koning [31], користе симулацију за верификацију резултата за избор опреме са теоријом чекања коју су развили Griffis и O'Shea.

Симулација - је доста коришћени и посебно моћан алат за рударску индустрију [44]. Иако је симулација најефективније коришћена при избору опреме у рударству при анализи система за рад система багер-камион, нека рјешења код избора опреме која постоје користе симулационе моделе [46], [78], [60].

Kannan [49] даје неке дефинисане захтјеве/потребе и "факторе успјешности" код симулационог програмирања, и кратак, али усмјерен преглед литературе о истраживањима код симулационог моделовања у грађевинској индустрији.

Shi [75] је користио симулацију да створи велике скупове података како би се формирале неуронске мреже за предвиђање производње код рада система багер-камион. Симулација је такође користан алат за посматрање интеракције између појединих машина и опреме. Scheknaider, Knutson и Fente [73] описују симулациони модел за предвиђање продуктивности, мада то није директно везано и урађено у смислу избора опреме.

Наједноставније речено, симулација се такође може користити при процјени одговарајућег времена циклуса камиона [32]. Међутим, без формалног моделовања ефеката нагомилавања и за хомогене и за хетерогене флоте, резултате симулације треба пажљиво тумачити.

Технике оптимизације - Употреба ових интегралних/цјелобројних метода програмирања је добро успостављена и у рударству и у грађевинарству [48]. Ови програми су се користили за израду рударских планова [24], [25], [70], [55] и за оптимизације контура површинских копова (CACCETTA&Hill 2003) [15].

Међутим, за избор великог броја јединица опреме фокус је на комплетирању сценарија за цијели пројекат и диспечингу или распоређивању опреме [30]. Модели имају тенденцију да усвоје дату врсту опреме, прије него да усвоје модел за избор исте са величином флоте. Хомогеност флоте и ограничен број пролаза између утоварне јединице и камиона су такође уобичајена ограничења [18], који нису демонстирана у разумној мјери. У правцу оптимизације трошкова, неке методе рјешавања посматарају и рачунају на оптималну продуктивност [71] и оптимално усклађену опрему (Morgan 1994b), [66]. Будући да је максимализација продуктивност различита у случају минимизовања трошкова, као циљ је прихватљива у грађевинској индустрији. На примјер, у другим формулацијама, "буџетирање ограничења" су разматрали која су то максимално дозвољена буџетска средства као издатак за одређени временски период и која је то горња граница [16]. "Међусобна ексклузивност" је уобичајено ограничење да се дозвољава коришћење само једног типа. Cebesoi и остали [16] описују хетерогене флоте као "неприхватљиве или чак незамисливе", иако само анегдотно и површно се доказују овакве тврдње до данас.

Технике вјештачке интелигенције - су распрострањене у употреби код великих рударских пројеката (са великим обимима производње) због њихове способности да

пронађу изводљива рјешења у кратком времену [20]. Најчешће методе у литератури су *стручни систем* Denby&Schofield [28], *методе које представљају логистику при одлучивању* [7], [8] и *генетски алгоритми* [38], [39], [40], [62], [92]. Генетски алгоритми су компјутерска симулациона техника које бира рјешење након неколико фитованих генерација стохастичких итерација. У том смислу оне су дизајниране да имитирају еволуцију рјешења.

Приступ експертског система, често погодном за комплексне системе, је структуриран да покушава да укључи и користи људску стручност у ефикасности програма Velgama&Gibson [87] и Amirkhanian&Baker [3], су развили систем за избор опреме у грађевинарству, укључујући 930 правила. Ова правила уграђују "информације о стању земљишта у конкретном пројекту, перформансе руковаоца, и потребне земљане радове". Ganguli&Bandopadhyay [35] су такође развили систем за стручњаке при избору опреме. Међутим, њихов метод захтјева корисника који уноси "релативни значај фактора", који је обично тешко квантификовати и доказати. Иако метод експертског система не гарантује оптималност својих решења, означава и показује важност аспекта модела за избор опреме: постављени сет опреме разматран у моделу ће зависити од карактеристика материјала и услова експлоатације. У том смислу, пред-избор заснован на пред - правилима је логичан претпроцес за било који модел селекције опреме [8].

Разни алати за доношење одлуке, као што је *Аналитички хијерархијски процес* [8] и *експертски системи* [3], примјењују приоритет одлучивања на бази логике хеуристичких рјешења. Ове методе узимају холистички у обзир цјелокупан процес избора опреме, укључујући услове на лицу мјеста, геологију и животну средину, као и потребни коефицијент усклађености опреме. Усклађеност опреме је корак даље у односу на компатибилност, гдје се парови опреме рангирају према подобности у пред-оптимизационом процесу. Како год, ове хеуристичке методе не могу гарантовати оптималност.

Постоје бројни примјери примјене *генетских алгоритама* код проблема избора опреме. Naoum&Haidar [68] су развили модел генетског алгоритма при избору опреме. Њихов модел укључује дисконтоване трошкове рада опреме кроз цијели вијек, уз претпоставку да се опрема користи од куповине до свог званичног одласка у пензију, а иста се не продаје или мијења прије тога. Она такође захтјева стручњака који бира тип утоварне јединице прије процеса оптимизације, а ограничена је на хомогене флоте. Аутори тврде да су интелигентне технике истраживања неопходне, јер интегрално/цјелобројно програмирање није у стању да ријеши проблем са постојањем више од једне врсте независних варијабли. Иако то није истина, јер ове технике се могу користити тек кад ограничња постају нелинеарна (што може настати услијед увећаног чекања на утовар) интелигентне технике истраживања могу бити корисне за добијање потенцијално доброг квалитетног и изводљивог рјешења, гдје технике цјелобројног програмирања не могу разликовати или препознати скупна или рјешења блиска оптималним.

Marzok&Moselhi [60] су дизајнирали смио модел користећи симулацију и генетске алгоритме да истовремено смање циљно двије ствари/параметра: вријеме и трошкове. Намјењен је за грађевинску индустрију и њихов модел омогућава једно рјешење флоте за

цијели вијек пројекта, што није реално за експлоатацију кроз дуже вријеме са флуктуирајућим захтјевима за капацитетом производње.

Hajdasinski [42], је тврдио да, док одређени модел може произвести оптимално рјешење, утицај мањих фактора и параметара који се не уврштавају у модел могу спријечити реално рјешење. У овом случају, предлаже се да се кроз моделовање обезбиједе најбоља могућа рјешења, па чак и ако су субоптимална, важна су за управљање. **Једна од највећих слабости истраживања у овој области је занемаривање правилног дефинисања проблема који се рјешава и листинг свих претпоставки направљених у процесу креирања рјешења**. Праве дефиниције проблема и преузимање листе са уврштеним параметрима дозвољавају читаоцу да брзо одреди примјенљивост рада на свом истраживачком простору.

Програм треба да омогући разматрање свих врста и величина опреме и која тестира идеју "већа је боља", која је била присутна у рударским заједницама [17]. **Тачност ове формулације је такође важна: коришћењем апроксимације као што је "просјечна дужина транспортне трасе" током периода трајања рудника може бити озбиљно неадекватна. Главни циљ програма је да смањи ове недемонстриране и нереалне претпоставке и тражи рјешење које би било оптимално или врло близу оптималног. То значи да морамо да размотримо читав низ расположиве опреме како би изабрали најбољу комбинацију** [30].

C.N.Burt [13] је креирала алат за избор опреме, који с обзиром на динамику и план експлоатације који морају бити испуњени са структуром одговарајућих камиона и утоварних јединица, генерише политику куповине и рационализације при чему се минимизирају укупни трошкови експлоатације. Пажљиво смо размотрили начин на који се трошкови рада мијењају током животног вијека опреме и гдје је могуће извршити промјену. Потребно је елиминисати ограничења броја тура/пролаза, броја кашика утовране јединице како би омогућили моделу да изабере најприкладнију опрему. Такође, истовремено се бирају типови опреме како би се осигурала ваљаност процеса оптимизације. Такође, размотрена је могућност употребе расположиве/постојеће опреме и планирање рада хетерогене флоте. Модел разматра више периода/дужи временски период у покушају да се добију најјефтинији укупни трошкови рада утоварно транспортне опреме. Сматра се да постоје два начина реализације захтјева за продуктивношћу рудника - једна локација и више локација, и на крају се развије модел који објашњава коришћење опреме у функцији циља.

Представљена је позадина система управљања флотом/возним парком, а посебно диспечинг системом. Основе су добро сумиране. Релевантне диспечерске стратегије, заједно са историјом комерцијализованих система пружају преглед стварног стања.

Способност предвиђања продуктивности флоте камиона и утоваривача је важан проблем у рударству и грађевинарству, јер је продуктивност битна при избору опреме. Дио литературе везане за избор опреме се заснива у потпуности на процјенама продуктивности флоте. Ово истраживање спада у процес дефинисања продуктивности система багер-камион, и фокусира се на "дефинисању/предвиђању времена вожње пуног и празног

камиона у једном циклусу и предвиђању међусобних ефеката између утоваривача и камиона на мјесту утовара [65].

Проблем продуктивности система багер-камион је добро дефинисан и постављен у грађевинарству и превозу земљаних материјала [51]. Овај рад има за циљ да подеси опрему (и тип и величину флоте), тако да се максимализује продуктивност укупне флоте.

Овдје се наводе методе које представљају основне идеје, поред тренутне праксе у овој индустријској грани, приликом избора рударске опреме у површинској експлоатацији [72], [30].

Ове методе подразумијевају класично укључивање фактора усклађивања и теорију груписања. Фактор усклађености је однос просјечног времена доласка камион и времена рада утоваривача, и обезбјеђује показатељ ефикасности флоте. Теорија груписања проучава природне варијације у времену циклуса камиона због груписања/накупљања бржих камиона иза споријих камиона. Методе продуктивности система багер-камион уграђују и фактор усклађености и идеје теорије груписања у рјешење. Ове методе користе многе претпоставке, значајно стручно знање/искуство и ослања се на методе хеуристичких рјешења за добијање финалног рјешења Истраживања багер-камион система производње фокусирано је на процену и оптимизацију продуктивности камиона и утоваривача. Заснива се на идеји да интуитивно побољшање продуктивности доводи до смањења трошкова [74].

Често ове методе оптимизације дају продуктивност на једноставан начин и постају рјешење за избор опреме. Ефикасност возног парка је повезана са бројем камиона потребних за обављање задатака руковања материјалима [1].

2.1. Dispatch систем - систем за управљање, усмјеравања и распоређивање

Усмјеравање и вођење опреме - Dispatching је важно код анализирања остварења продуктивности и капацитета производње. Циљ оптимизације диспечинга је да максимализује ефикасност механизације (Hagenbuch 1987). Камионски диспечинг системи примењују линеарне програме за динамичко одређивање минималаног броја камиона потребних за распоред рада, а динамичко програмирање се потом користи за одређивање алокација на рударским локацијама (Blackvell 1999). Easa (1988) је развио два квадратна модела програмирања за додјелу-диспечинг земљаних радова. Ови модели омогућавају линеарне фунцкије јединице трошкова откопавања и утовара на позајмиштима, за разлику од сталних функција трошкова. Оперативни трошкови опреме могу варирати са старошћу опреме, због различитих нивоа одржавања и текућих трошкова (Easa) 1987. Алокацију камиона компликује присуство неизвјесности у неким параметрима као што су застоји, транспорт терета и вријеме циклуса камиона. Типично математичко програмирање се користи за рјешавање проблема расподјеле, док се хеуристика користи за диспечинг. Та и остали [77] су развили стохастички модел који укључује датке у реалном времену за алокацију механизације. У скорије време, Karimi, Musavi, Kaveh&Afshar [50] пронашли су неизвјесност у параметрима са фази моделом оптимизације.

Концепт оптималног управљања возним парком је први пут уводе Dantzig и Ramser 1959. Они су разматрали оптимизацију траса и усмјеравање флоте камиона приликом испоруке бензина између терминала и великог броја бензинских и сервисних станица [26]. Од тада, ово поље истраживања је примјењено на великом броју и широком спектру индустријских дјелатности, као што су хитне службе, курирске доставе и услуге и, наравно, површински коп у рударству. Ово поглавље даје преглед стратегија за оптимизацију управљања возним парком и флотама камиона које су специфичне за рударску индустрију и постављају основу за преостала поглавља.

Примјена оптимизовано управљање флотама возила у рударству је почела у 1970-их. У то вријеме, неки копови, као што су рудник жељезне руде Mt. Wright у Квебеку и Palabora рудник бакра у Јужној Африци су развијени у велике размјере и димензије са великим капацитетима производње при чему су ангажоване велике камионске флоте и релативно сложене транспортне трасе. Да би остали конкурентни у даљем раду, истраживачи су видјели потребу даљег унапријеђења диспечинг система а не употребе само конвенционалних радио/визуелних метода. Адекватност такве врсте управљање возним парковима је доведена у питање у раном перидоу употребе рачунара. Дакле, наведени рудници су постали основе за одређена тестирања првих рачунарских модела линеарне оптимизације у рударској индустрији, користећи програмске језике као што је FORTRAN. Као водећа фирма у тим истраживањима се тада издвојила фирма Modular Mining Sistems (MMS) Ltd. са сједиштем ван Аризоне која је заслужна за коришћење првог система управљања на бази компјутера у свијету и то на руднику Tirone 1982 [88]. До 1993. године, MMS је произвео, инсталисао и подржавао компјутеризовани диспечинг систем DISPATCH® систем у рудницима широм свијета [63а].

Данас, постоји неколико великих продаваца на тржишту управљања возним парком, као што су Caterpillar, Leica Geosistems/Jigsav, MMS и Venco [57]. Многи од ових произвођача нуде пуни пакет/софвтер за управљање рудницима, са могућностима управљања и системима који нису предмет анализе у овој тези и то у домену мијешања/хомогенизације руде, планирања рудника, поузданости, итд. Међутим, у смислу оптимизације и диспечинг система при раду багер/камион система, практично сви производи тренутно доступни на тржишту су креирани на истим основним принципима.

Циљ система управљања флотом/возним парком је максимализација продуктивности примјеном различитих стратегија, заснованих на комбинацији алгоритамских и хеуристичких приступа. Хеуристика је техника заснована на искуству приликом рјешавања проблема, и често се називају техникама "аналогије и искуствених правила" или једноставно "здравог разума". Њихов приступ произилази из могућности креирања брзих приближно оптималних рјешења у производњи. Чисто хеуристички приступ је често довољан за мале рударске објекте и капацитете, али је мање поуздани за комплексне, велике рударске радове. Већи рудници такође захтевају алгоритамску подршку да искористе огромне количине високо-динамичких података за оптимизацију.

Систем који контролише, управља и спроводи ове стратегије се генерално назива систем за управљање возним парком или диспечерски систем. Главни циљ таквог система је да помогне оптимизацију ефикасности рудничких утоварних и транспортних средства. У том

циљу, White[88] *и Hagenbuch* [41] су предложили да два од главних циљева јесу максимално искоришћење багера (тј. минимално вријеме чекања багера) и максималну искоришћеност камиона (тј. минимално вријеме чекања камиона). Hagenbuch [41] описује та два циља као "две кључне премисе диспечинг система камиона" и представља их као:

1. "Гдје камион може ићи да се најбрже напуни (треба да се у потпуности разумије и схвати да је камион продуктиван само када се креће пун материјала/када носи терет)? Празна транспортна средства/камиони су суштина непродуктивне опреме. У индустрији камиона на ауто-путевима, свака празно путовање се зове мртви правац и слично је и у рударству. Да, неки мртви правци ће се увијек јављати у рударској производњи, али поента је да морају бити сведени на минимум.

2. Која машина/дио опреме ће бити потребан што прије камиону (са посљедицом гдје се камион најбрже утовара)? Потребно је да се схвати да је и утоварна опрема такође продуктивна само када утовара материјал у транспортна средства. Мировање утоварне опреме је исто тако суштина непродуктивне опреме [56]. Ови основни/кључни принципи код диспечинга камиона су написани 1987., али остају суштина логике у свим диспечерским системима. Alaire и Gamache сумирају наводећи да је циљ диспечерског система јесте да одговори на једно питање сваки пут камион напушта мјесто утовара/истовара на руднику: "Где овај камион треба сада да иде?!" [34]

MMS DISPATCH® систем се користи код рудника великих капацитета и димензија и који користи рачунаре и овај рачунарски систем за управљање и контролу диспечинга свих тешких камиона у било којем копу. Он се заснива на скупу алгоритама који захтјевају свеобухватан скуп података, који се састоји од података сакупљених у реалном времену (прикупљени у континуитету током рада), и квази-статичких података заснованих на специфичним параметрима рудника (обично уношених и ажурираних од диспечера на руднику). White и остали [88] дефинишу листу неопходних података:

- Информације о транспортном путу, као што су положај, успони, падови и растојања;
- Подаци о позицијама камиона (GPS подаци);
- Информације о временима у циклусу, као што су утовар камиона и вријеме одлагања;
- Оперативно стање камиона и багера;
- Остала рударска ограничења као што су приоритети багера, капацитет одлагалишта, капацитет камиона, и предвиђени одмори руковаоца.

Због власничке природе MMS-DISPATCH® софтвера, комплетан сет детаља који се односе на његове методе диспечинга нису доступни у литератури. Основна архитектура DISPATCH® софтвера углавном остала непромјењена од његовог публиковања/стварања. Као што је раније наведено, DISPATCH® користи вишефазни приступ. Три фазе су: избор најбољег пута (BP), линеарно програмирање (LP) за сваку значајну промјену у времену зависне варијабле, и динамичко програмирање (DP) за расподјелу/усмјеравање камиона у реалном времену.

У почетку, BP фаза израчунава најкраће путање између свих парова локација дуж рудничке путне мреже, користећи алгоритам најкраћег пута [27], а користи функцију

корелације времена вожње са узимањем у обзир нагиба пута и дистанце за еквивалент тог времена вожње. Како се камиони крећу транспортним путевима, DISPATCH® евидентира стварна времена вожње и користи их при ажурирању тог параметра. У основи калкулације времена вожње нису за јавну употребу [21]. Сваки камион биљежи GPS очитавања у интервалима од 30 секунди и шаље информације главном серверу. Времена вожње се израчунавају коришћењем тих података заједно са тренуцима долазака/одлазака. Ове вриједности се чувају у низовима-један за сваку активну релацију. Коначно, процијењено вријеме путовања које користи LP модул се ажурира користећи повратни просјек од четири посљедње вожње за сваку активну руту. Улазни подаци за LP модул везани за транспортне трасе и прорачуната времена вожње у BP модулу дају теоретско рјешење диспечинга, с обзиром на различите ограничења појединих локалитета/рудника. Симплекс метода као широко коришћени алгоритам за линеарно програмирање, користи се при минимизирању приоритетне функције камионског транспорта на основу ових улаза и ограничења. Излазни резултати садрже параметре оптимизоване производње при чему опрема ради на најбољим путним правцима између багера и одлагалишта, препоручених типова камиона за сваку руту/пут и потребну проходност/проток материјала за сваку трасу пута у тонама по сату. Овај проток у суштини диктира број камиона потребан када се познат капацитет камиона. Функција DP модула је да изврши оптимизован план LP модула у реалном времену додјелом/расподјелом камиона на путеве како би се постигао одређени капацитет. Овај модул уноси тренутни стање рударских радова (геодетски снимак терена) површинског копа, проток добијен у LP модулу и процјену очекиваних будућих задатака и резултата расподјеле задатак камионима у реалном времену.

Варијабилност у тренутном систему диспечинга - Нема никаквих назнака у литератури о постојању варијабилности времена транспорта у алгоритмима диспечинга, пошто детаљи о прорачунавањима времена транспорта нису доступни, а заснива на информацијама које су доступне и запажањима на лицу мјеста. Прво, треба размислити на који начин се прорачунава процијењено вријеме транспорта и који алгоритам оптимизације се користи. Сваки пут када камион заврши циклус/турнус, одговарајуће вријеме транспорта се ажурира са вриједношћу које репрезентује последња четири циклуса на одређеној траси. Просјечна вриједност за четири посљедња турнуса/циклуса се користе за процјену следећег времена транспорта при употреби алгоритма оптимизације. Коришћење овог метода подразумијева претпоставку да будуће вријеме транспорта некако зависи од исхода претходних. Теренска запажања су у супротности са овом претпоставком и овдје се даје један примјер: имате транспортну трасу са раскрсницом са 4-смјера дуж трасе. Раскрсница не захтјева заустављање приликом саобраћај дуж овог пута, само да се успори на уласку у раскрсницу. У тренутку t, уочава се да се камион зауставља на раскрсници у периоду 120 секунди, док чека да прође гредер. Наредна три камиона успоравају али не чекају и не засутављају се и неометано пролазе. Стога, камион посматран у тренутку t има знатно дуже вријеме од наредна три камиона, због заустављања на раскрсници. Као резултат се добија просјек који ће укључити ову аномалију времена транспорта, и подесити процијењено вријеме транспорта у складу са тим. Да ли чињеница да је један камион стао у неком тренутку у прошлости имати утицај на будуће вријеме транспорта? Могло би се рећи да, у ствари, времена транспорта су временски независна, условљена само тренутним стањем система. Процес се може посматрати као "без меморије", другим

ријечима, предвиђања се могу вршити у будућности на основу искључиво садашњег стања баш као и са аспекта претходно стања у прошлости.

Çetin, Necmettin је [19] у својој докторској дисертацији проучавао систем багер камион на површинском копу користећи компјутерске симулације са циљем да побољша анализу, поређење и праћење рада система багер камион који се тренутно користе и да се нађе правило прилагођавања, које би се примјењивало на површинским коповима универзално. У ту сврху, развијен је софтвер (симулација) за праћење рада система багер камион за средње величине површинског копа на којем постоји неколико производних мјеста а транспорт се одвија на једно јаловиште коришћењем GPSS/H софтвера. Развијено је осам основних правила на одвојеним програмским датотекама. Програм сматра да све компоненте камион циклуса и нормалне дистрибуције се користи за моделирање све ове промјенљиве. Програм тражи од корисника да унесе број камиона који раде са појединим багерима. Свеобухватна симулација (експерименти) је направљена да се испитају ефекти неколико фактора, укључујући правила надгледања, број камиона који раде, број багера у раду, варијабилност и утовар камиона, кретања пуног и празног камиона, растојање између багера и одлагалишта, и доступност багера и камиона. Прекид између багера и камиона је анализиран по узору на експоненцијалну дистрибуцију. Три врсте перформанси су изабрани као критеријуми - производња камиона, укупно коришћење багера и укупно коришћење камиона. Статистичка анализа симулације вршена је помоћу ANOVA метода са Minitab софтвером. Регресивна анализа даје коефицијент вриједности одлучивања, R_2, од 56,7%, 84,1% и 79,6% за одређене мјере перформанси. Такође, Tukei метод средње упоредног теста је вршен за поређење основних правила диспечинга. Из резултата статистичке анализе, закључено је да ефекти основних правила диспечинга на перформансе система нису значајне. Али, главни фактори који утичу на перформансе су број камиона, број багера, растојање између багера и одлагалишта, и на крају доступност ресурса, багера и камиона. Такође, постоје значајна интеракција између ефеката ових главних фактора. Коначно, развијено је стандардизовано правило коришћења багера и камиона. Циљ овог истраживања је да се развије стохастички модел симулације транспорта и производње за копове средње величине који се састоје од неколико производних фаза и једне локације одлагања. Користили смо ГПСС/Х софтвер да истражи ефекте неколико основних хеуристичких критеријумима код камиона и тренутно расположивих диспечерских софтвера. Главни циљ овог истраживања је да се побољша анализа и поређење хеуристичких критеријума диспечинга камиона и тражење хибридног правила које би се примјењивало на површинским коповима [19]. Моделирање у циљу симулације камионског транспорта је најчешће кориштена техника за тестирање алгоритама диспечинга. Осим теорије "чекања у реду", које се могу примијенити за врло једноставне случајеве, симулација је једини практичан начин. Компјутерска симулација се може користити за добијање осјећаја у вези са вјеројатним ефектима утицаја рудника на околину. Детаљније студије се морају обавити за процјену оправданости увођења система отпремања и да ли користи повећања ефикасности би offset његову инсталацију и оперативне трошкове. Један број компјутерских модела развијени су да симулирају дипечинг камионског система транспорта. Ово поглавље даје преглед симулације модела развијен за процјену различитих стратегија хеуристичких отпремања [19].

Cross i Williamson анализирају учинак диспечинга о захтјевима флоте. Предности повећања величине кашике багера су проучавани. Анализирани су у односу на систем отпреме са и без диспечинга. У диспечинг моду, камиону се додјељује багер који је био у стању мировања најдуже или ће бити у стању мировања. У свим случајевима који су анализирани, диспечинг системи са једним камионом имају мањи капацитет него систем без диспечинга. Резултати симулације су показали да се стопа повећања производње смањује са оперативним повећањем броја камиона. Студија је такође истакла да је отпремање камиона у површинским коповима има тенденцију повећања производње са искориштавањем неправилности унутар система. Постоји више контроле над пословањем, смањују се поремећаји и побољшава ефикасност система. Закључено је да је помоћу диспечерских система могуће смањити број радних камиона потребних за одређени ниво производње, а оперативни трошкови отпреме су најкритичнији фактор било какве одлуке о величини и броју опреме за одређене операције [23].

Brake i Chatterjee су развили интерактивни модел стохастичких симулација које се састоје од два међусобно повезана модула. Они су користили пакет за моделирање SIMULA и односу три различите политике отпрему наиме, фиксна расподјела, умањујући чекања у реду на одлагалишту и минимизира укупна чекања [11]. У модулу планирање рудника, вријеме циклуса рада за камион/багер израчунава се, и модул дозвољена је само логнормална дистрибуција за све стохастичке догађаје. Модел даје одлуку о отпремању након утовара и транспорта и симулирања кварова на опреми. Модел предвиђа производњу и повећање капацитета од око 3-4 % за багере и камионе. Релативно мала побољшања су због величине опреме у флоти. Закључено је да се већа побољшања у продуктивности кориштења опреме постижу при већим и дужим транспортним трасама. Други модул, модул евалуације, је кориштен за процјену стања рудника већ у производњи и потребних стварних посматраних времена за сва оптерећења, истовара на депонији.

Модел симулације је описан у раду [52] и дизајниран да се проучи учинак отпремања на продуктивност преко конвенционалног начина отпреме, односно фиксни. Овај модел користи критеријум минималног чекања на утовар као критеријум за доношење одлука. За потребе анализа, улазни подаци добијени су од правог система, а затим прилагођени и потврђени успоредбом резултата са системом без диспечинга. Модел анализира карактеристике мреже отпреме, ограничења брзине, карактеристике путева, доступност опреме итд. Свака рута има заједничку раскрсницу и обавезно сваки камион мора проћи кроз ове тачке. Резултати овог истраживања показују да се повећава продуктивност система камион/багер готово 10%, а такође доводи до смањења у временима чекања за више од 30%. Закључак је био да отпремање приноси већа побољшања за комбинацију кратких и дугих транспортних путева.

Модел [89] је развијен за проучавање постојећих метода отпреме узимајући у обзир учинак опреме и појаве кварова на опреми у току смјене. Ова метода препознаје важност спајања захтјева као и максимално кориштење флоте. Овај модел је заснован на стохастичким симулацијама и подијељен је у два дијела. Први дио модела се користи за симулацију учинка опреме, узимајући у обзир различите брзине камиона у различитим транспортним путевима, различите врсте камиона, и профиле диспечинга, а могућа

чекања у реду на багер и на истовар на јаловишту. Други дио је потпуно независан од првог дијела и користи се за одређивање вјеројатности појаве кварова и њихово трајање. Политика диспечинга је да се у почетку издвајају багери у складу са захтјевом за производњу и затим додијељује празне камионе према багерима, узимајући у обзир камионе који су већ на траси.

Tu i Hucka [89] су развили стохастичку симулацију модела за анализу учинка камиона/багера за рад с обзиром на различите мреже диспечинга и ефеката диспечинга на продуктивност. Овај модел је врло флексибилан јер омогућава избор великог броја различитих диспечерских политика, уз максимално искориштење багера и максимално искориштење камиона. Користили су SLAM симулациони језик, који омогућава представљање сваког камиона и багера као ентитет који се крећу кроз мрежу. Багери су представљени као средства подложна пљенидби када дође до кварова. Модел је овјерен у смислу успоредбе између резултата симулације и стварних производних статистика. Ова студија је закључила да је кориштење диспечерских система у копу може спасити барем један радни камион по смјени, односно 2-3% од укупног брај камиона флоте.

Billette i Seka су развили модел симулације за процјену најбољих задатака за камионе и за одређивање додатних трошкова укључених у "blending" operacije. Они су тврдили да се ефикасност стварних рударских операција односи и на финансијску ефикасност. Покушано је прецизно дефинисати параметре који су укључени у ефикасност. А процјене производње симулирају рад на темељу фиксних задатка. Ове вриједности су затим у успоредби с вриједностима изведених из аналитичких метода. Улазни подаци су добијени кориштењем детерминистичким моделима за извођење просјечних вриједности које су потом постављене на Вејбулове дистрибуције. Параметри ове дистрибуције одређени су из прошлих искустава или из објављене литературе. Резултати су показали да су, код рада с малим бројем камиона, аналитичке методе склоне подцијенити производњу у односу на симулациони модел [9].

Lizotte i Bonates су описали стохастичку симулацију која се користи за процјену неколико утоварних мјеста која се примјењују у системима малих размјера за оптимизацију продуктивности система багер-камион. Они су тестирали максимално искоришћење багера, максимално коришћење камиона и стратегије оптерећености багера користећи своје Вејбулове симулације за процјену потенцијалних побољшања продуктивности. Овај модел не узима у обзир стварне специфичности, као што су кварови на опреми, заказане паузе, рад багера, итд. и узет је у обзир један тип камиона. Програм је структуриран за рад унапријед и омогућио је убацивање правила утовара у разним тренуцима и написан је у програмском језику FORTRAN [58].

Elbrond i Soumis представили су интегрисано планирање производње и утовар у камионе користећи математичке оптимизације алгоритмима. Они су предложили алгоритам који минимизује суму квадрата одступања од процијењеног чекања камиона од оних претпостављених чекања у оперативном плану за 10-15 камиона. Да би тестирали стратегију, они су развили модел симулације. Модел генерише активност пута према Ерланг дистрибуцији са средњом и стандардном девијацијом. Резултати симулације предвиђају добит у производњи од 3 % и смањење чекања камиона од 12% [76].

Tan у свом моделу користи симулациони језик SIMAN развијен да истражи низ хеуристичких стратегија диспечерског система на претпоставци хипотетичких података на руднику са различитим бројем камиона и удаљеностима између багера и мјеста истовара. Студија претпоставља једну диспечерску тачку, исти камиони и исти багер. Нормална дистрибуција је кориштена за све компоненте догађаја. Резултати из симулација показали да многи критеријими имају добар потенцијал за повећање продуктивности али ниједан од основних не може доминирати над осталима. Нека од правила су примјењива боље од других, као што су минимизовање времена чекања камиона, чиме се смањује засићење. Он је предложио истраживања за стратегије утовара. Он је такође предложио неколико модификованих хеуристичких стратегија као Lizzote [81].

Колоња је развио компјутерски модел симулације SIMAN i CINEMA PC да симулирају рад система багер-камион на површинском копу. Модел је у стању симулирати шест диспечинг стратегија, које су: скраћивање времена чекања камиона (MTWT), скраћивање времена чекања багера (MSWT), смањивање капацитета багера (MSPR), скраћивања времена циклуса камиона (MTCT), минимизација засићења багера (MSC), а фиксиране услове рада камиона (FTA) [53]. Он је такође оцијенио математички стратегију диспечинга која се зове DISPATCH помоћу линеарног и динамичког програмирања. Овај модел је ефикасан алат за планирање за одабир оптималне флоте. На темељу резултата симулације, закључено је да достављање и MTWT стратегија показују побољшање у производњи 4-5% у односу на фиксни задатак камиона. Он је такође потврдио да је на основу правила о минималним чекања багера и минимум времена чекања камиона су погодније за више камиона и камионе у под системима. На крају, он је закључио да не постоји статистички значајна разлика у перформансама међу свим хеуристичким истраживањима, а овај закључак слаже са ставом Tan и Ramanu (1992) [80].

Forsman и Vegenas су развили стохастички модел симулације и назвали га METAFORA за одређивање и вредновање стратегија диспечинга за рад на коповима са системима утоваривач/камиона. Модел комбинује симулације и графичке анимације са компјутерским пројектовањем. Двије величине, утоваривачи и камиони, могу се користити истовремено. Три правила диспечинга, (фиксни, максимализација капацитета утоваривача и максимализација капацитета камиона) су урађена по узору на симулацију за процјену алтернативних стратегија диспечинга. Резултати симулације показују да максимизирањем капацитета камиона даје боље резултате у односу на другу варијанту, јер чекање камиона на утовар буде смањено [33].

Youdu и остали су развили стохастички модел симулације користећи оријентисани приступ у FORTRAN програмском језику за систем транспорта на Yilan површинском копа угља у Кини, који се састоји од осам багера и три камиона. Било је шест хеуристичких варијанти за диспечинг камиона у моделу. Према различитим критеријимима су вршене различите симулације за различите услове на самом копу. Излазни параметри након симулације укључују кориштење багера и камиона, укупну производњу угља и јаловине, и производњу-учинак сваког багера. Свеобухватна анализа и успоредба различитих критеријума диспечинга су направљени и примјењене по сваком критеријуму и за различите оперативне бројеве багера и камиона. Коначно, комбиновани

оптимални критеријум дипечинг [91]. Све компоненте система експлоатације су представљене графичким моделима. Модел је рађен за оба режима, са и без диспечинга, са различитим величинама флоте у циљу оптимизације броја камиона у систему. Резултати симулације показали су да је диспечерски систем генерално више продуктивнији од недиспечерског режима. Ово је било значајно побољшање у циљу постизања оптималног броја багера и камиона у флоти. Међутим, када је систем предимензионисан бројем камиона или има мањи број камиона или, утицај диспечинга није био значајан.

Колоња и сарадници су развили стохастички модел за симулацију транспортног система на копу за проучавање ефеката увођења новог постројења за прераду на копу на продуктивност система багер/камион. Модел је програмиран у GPSS/H симулацијском језику и примјењен у PROOF софтверу. Модел се може користити за процјену производње за различите камионе и багере и ово се може користити као алат за планирање. У моделу се претпоставља да камион има фиксне планиране капацитете. Модел одређује оптималан број камиона за разне конфигурације система без разматрања застоја и могућих потешкоћа у раду. Економска анализа се врши за процјену два различита система транспорта (камионски транспорт са и без у дробљења на самом копу). Резултати симулације су показали да је камионски транспорт са додатним дробљењем на постројењу у копу 50% скупљи него у транспорт са директним транспортом на одлагалиште без дробљења [54].

2.2. Критички осврт на наведене референце (ранија истраживања)

Çetin, Necmettin [19] је утврдио да су главни фактори који утичу на ефективност система: број камиона у раду (тј. да ли је систем са вишком или мањком потребног броја камиона), број багера у раду, удаљеност између багера (мјеста утовара) и одлагалишта (мјеста истовара) и доступност ресурса (багера и камиона). Као значајна показала се интеракција између ових ефеката главних фактора. Аутор закључује следеће:

а) Вриједности критеријума диспечинга требало би рачунати као функцију тренутног стања система, тако да нема додатних захтјева за подацима.

б) Постојећа хеуристичка правила су врло слаба у покушају да се истовремено постигне више циљева перформанси као што су продуктивност и коришћење.

в) По самој својој природи, ова правила ће омогућити да се донесе исправна одлука при диспечингу само једном, односно да не мора иста одлука да се однесе при неком следећем одлучивању у диспечингу. С тога се "кратковидо" доносе одлуке.

г) Камион се са диспечерске станице/тачке упућује ка багеру који има највећу производњу. Међутим, глобално, оптимално рјешење треба узети у обзир све камионе, у цјелокупном времену рада, и омогућити рационалне одлуке при диспечингу у блиској будућности.

д) Сваки коп је јединствен, према томе, за сваки коп се доносе одлуке у складу са условима и циљевима на самом копу. Имплементација система диспечинга камиона у специфичним условима рада неће увијек осигурати исте резултате (због различитих услова на различитим коповима).

ђ) Развој јефтиног и моћног компјутерског ситема заједно са повећањем могућности за програмирање (даљи развој софтвера) ће омогућити широк избор система диспечинга који онда може да постане комерцијално одржив за копове средњих величина.

е) Резултати симулације потврдили су закључке претходних истраживача који су рекли да не постоји неко основно универзално правило диспечинга примјењиво на различите услове на различитим коповима.

ж) У већини случајева, морају се правила диспечинга прилагођавати конкретним условима на копу да би се обезбједила ефикасност система.

Поред тога у табели је дат преглед симулационих модела наведених у овом поглављу из чега је видљиво да је код већине симулација коришћена за процјену ефикасности различита хеуристичка диспечинг политика [19]. Тренутно се диспечерски системи користе на многим коповима широм свијета. Већина закључака који су извучени из ових симулационих модела је већ доказана, тачна и опште примјенљива. Такође је показано да је избор најбоље стратегије диспечинга посебан за сваки специфични коп, посебно тамо где постоје различити захтјеви капацитета производње. Међутим, у хеуристичким методама се уопштавањима могу створити стратегије које не разматрају "мјешање" захтјева. На примјер, тежња за минималним временом чекања камиона има тенденцију да фаворизује багере који су најближи камиону или се стратегија прави тако да равномјерно буду оптерећени сви багери. Општи закључак који се може извући је да диспечинг може да побољша производњу и да камиони буду равномјерно оптерећени у циљу равномјерности производње.

У суштини, приступ моделирању зависи од сврхе модела, доступних података за истраживање и програмских језика који се користе за симулацију. Постоје многа основна правила и политике диспечинга камиона које се примјењују у транспорту на коповима. С друге стране може се рећи да не постоје општа правила диспечинга. Сви основни критеријуми диспечинга могу дати одређена рјешења за специфичне услове рада на сваком копу и они су свуда другачији. Очигледно је да се не може користити само један систем диспечинга тамо гдје се услови рада често мијењају. Није реално очекивати истовјетно оптимално рјешење дипечинга за све услове на коповима. Међутим, на основу симулације резултата диспечинга на руднику, неколико система диспечинга који имају добар потенцијал да могу да повећају учинке могу бити изабрани и коришћени. У будућем истраживачком раду је потребно трагати за најбољом комбинацијом основних критеријума за дате услове на коповима (Tan и Ramani). На овај начин вишеструких критеријума имају предност када се узимају у складу са варијацијом услова транспортних система.

Вршећи преглед симулационих модела, само модел *Youdi* донекле користи комбиновани диспечинг за типичне површинске копове угља и систем је увијек под контролом најбољег диспечерског критеријума (Табела 2.2.).

Симулације у циљу избора опреме [12] - Са овако широким избором метода примењиваним на проблем избора опреме, можемо очекивати да квалитет и детаљи рјешења варирају. За просте и брзе моделе, продуктивност система багер-камион може

садржати остварива решења, иако не постоји гаранција оптималности. Са скалом операција које су укључене у рударство, суб-оптимална рјешења могу се изједначавати са значајним трошковима. Избор метода експлоатације је важан корак за разматрање прије избора опреме. Идеална метода и рударска опрема треба да се оптимизују заједно.

Табела 2.2. :Преглед симулационих модела камионског транспорта[12]

	Cross& Wiliamson (1969)	Brake& Chaterjee (1979)	Kim & Ibarra (1981)	Wilke& Heck (1985)	Tu & Hucka (1985)	Bonates& Lizzote (1986)	Tan (1992)	Kolonja (1992)	Forsman& Vegenas (1994)	Youdi at all (1994)	Temeng at all (1997)	Baafi& Atapeepour (1999)	Kolonja at all (2000)	Cetin Necmetin (2004)
Програм	Непознат	SIMULA	GASP IV & FORTRAN	Непознат	SLAM	FORTRAN	SIMAN	SIMAN	Pascal	FORTRAN	SIMAN	Arena	GPSS/H	GPSS/H
Анимација	Не	Не	Не	Не	Не	Приказ графиком	Не	CINEMA	Приказ графиком	Не	Не	Arena	PROOF	PROOF
Бр.тачака Диспечинга	1	1	2	Вишеструке	Вишеструке	1	1	1	1	1	1	1	Не разматра	1
Бр.правила Диспечинга	1	3	1	1	1	4	9	8	3	6	1	1	Не разматра	9
Кварови Опреме	Не	Да	Да	Да	Да	Не	Не	Да	Да	Да	Да	Не	Не	Да
Интерактивн ст	Не	Да	Не	Не	Не	Не	Не	Не	Да	Не	Не	Да	Не	Не
Ефекти Диспечинга	Операт. трошкови по јединици смањени	Продуктивност порасла 3,3%	Продуктивност порасла 10 %	Није доступан	Уштеда један оператив. камион	Продуктивност расте 8 %	Побољшања продуктивност	Продуктивност порасла 4-5 %	Продуктивност порасла 2 %	Побољшања продуктивност	Продуктивност порасла 15 %	Уштеда три оператив. камион	Не разматра	Продуктивност расте лагано
Величина рудника	Велик	Велик	Велик	Средњи	Велик	Средњи	Средњи	Средњи	Велик	Велик	Велик	Средњи	Средњи	Средњи
Начин анализе	хеуристика	хеуристика	хеуристика	хеуристика	хеуристика	хеуристика	хеуристика	Хеуристика и математ.	хеуристика	хеуристика	математика	хеуристика	Не разматра	хеуристика

У литератури везаној за избор опреме, популарне технике фокусирају се на моделима за подршку у одлучивању, приступу генетским алгоритмима и великом броју програмских модела. Свака има своје предности - модели за подршку у одлучивању су способни да уграде велики број експертских детаља, али не могу да гарантују оптималност; генетски алгоритми могу добити изводљива рјешења за проблеме са великим бројем промјенљивих и ограничења, али не могу да гарантују оптималност; цјелобројно програмирање може гарантовати оптимална рјешења, али се рачунски/математички тешко рјешавају.

Иако се примењује разноврсан избор опреме на површинском копу, постоје заједнички слабости међу свим представљеним моделима и техникама [12]:

- ***Расположива механизација***: Модели који узимају у обзир/разматрају постојање постојеће/раположиве опреме не постоје у процесу избора опреме,

- ***Хомогеност механизације***: Нема разлога да се верује да је мјешовити тип механизације гори од хомогеног типа механизације,

- ***Избор одређене врсте опреме прије избора***: Избор утоварне јединице (или камиона) прије оптимизације захтјева висококвалификованог и искусног инжењера приликом избора типа утоварне јединице на основу физичко-механичких, географских и геолошких информација. Ово може бити дуготрајан задатак и оптималност је вјероватна. Избор типа опреме треба да се јавља истовремено са избором величине механизације ако се жели постићи оптималност.

- ***Ограничења броја кашика***: Иако постоји много ограничавања максималаног броја кашика утоварне јединице приликом утовара камиона, нема такве врсте ограничења (доказа да су узета у обзир),

- ***Политички фактори***: Политички и социјални притисци понекад могу носити већу тежину од оптималних разматрања трошкова. Ови аспекти су тешки за моделовање и једноставно су искључени из процеса моделирања.

- ***Висина етаже***: Ефекти дефинисања одређене висине етаже су углавном игнорисани, или се узимају у обзир по једноставном фактору смањења (обично се добија кроз симулацију или посматрање). Међутим, без формалног ефекта моделовања висине етаже како за хомогену тако и хетерогену флоту, тешко се ослонити превише на резултат симулације.

- ***Оперативни трошкови***: поред укључивања трошкова власништва/капиталних трошкова, трошкови рада и одржавања могу играти кључну улогу у рјешењу. Ипак у доста великом броју програма трошкови се често узимају као стални улазни податак на којима се никакве даље калкулације и анализе не изводе.

- ***Циљ избора***: Нека истраживања су предвидјела моделовања за проблем замјене опреме, али се фокусирају на вријеме замјене, а не на оптимизацију врсте и броја камиона/утоварних јединица.

3. КОНЦЕПТИ И ПРОБЛЕМИ УПРАВЉАЊА СИСТЕМИМА ПРОИЗВОДЊЕ У РУДАРСТВУ

Овдје се разрађују главна питања и кључни концепти у оквиру креирања модела за управљање дисконтнуалним системима површинске експлоатације у рударству. Дисертација се бави управљањем једног вида рударске производње, али када говоримо о појединим методама и видовима рударских производних система они имају засебне конкретне карактеристике. Дакле они имају специфичне методе, технологије и системе експлоатације, у склопу истих одређене активности, процедуре, материјале али и езотеричне концепте-мотивацију запослених и културолошке специфичности. Ово је тема која се континуално изучава у последњих двије до три деценије и постоји много различтитих поимања статуса рударске производње. Тема дисертације захтјева истраживања базирана на рударском инжењерингу, информационим технологијама али и науци о менаџменту. Овај рад садржи одређени критички преглед ранијих и текућих истраживања управљања у рударству и развој истог али и одређена виђења и рјешења које је начинио и аутор у свом дугогодишњем раду у рударству.

Поглавље даје приказ циља и опсега рада, ограничавајући се на управљање у површинској експлоатацији минералних сировина и сврхе рада што представља израда модела управљања дисконтинуалним системима површинске експлоатације. У раду се користе позитивна искуства успјешних техника управљања у другим индустријским гранама, као и употреба расположивих софтверских алата приликом креирања јединствене структуре предметног модела управљања у рударству.

Овдје се даје и преглед важнијих разлика између рударства и других индустријских грана у смислу комплексности параметризације рударских производних процеса, како са техничко-технолошког, организационог тако и културолошко социолошких специфичности рударске индустрије.

На крају поглавља се даје и концептуални приказ коришћених модерних техника управљања системима рударске производње коришћењем информационих технологија кроз приказ циљева и одређених приступа диспечинга у дисконтинуалним системима рударске производње.

3.1. Циљ и опсег методологије креирања модела

Дисертација се бави меотодологијом моделирања управљања на површинским коповима са дисконтинуалним системима производње. Методологија развија кључне компоненте система управљања, које укључују план система и инфраструктуру, мјерила, инфрастуктуру управљања те оперативних дио модела који умногоме олакшава доношење одлука. Питања радне и социолошке културе, специфична технологија производње, али и избор одговорајућих информационих технологија, компјутерске технике, аутоматизације/механизације су основа за проширење могућности контролисања, управљања и побољшања рударских производних система. Важнији концепти, који одређују опсег овог рада, се могу представити као:

- Ограничавање анализе на површинске копове,
- Не разматрају се стратешка питања рудника,
- Класификације радне и управљачке хијерархије,
- Употреба информационих технологија – модерни приступи обради прикупљених података и симулација производних система са диспечингом.

3.1.1. Тактичко управљање рударским производним системом

Истраживање разматра само рударски менаџмент који се бави се питањима и процедурама које одржавају производњу из дана у дан или од мјесеца до мјесеца. Домет одлука тактичког управљања се у нормалним условима неће проширивати на период дужи од једне године. У поређењу с тиме, стратешки менаџмент рудника укључује одлуке које утичу на дугорочне резултате рударског система. Главне промјене у руднику које ће утицати на фиксне трошкове, дугорочну продуктивност, односе радне снаге, тржиште руде, или укупну економију, су све питања која се могу сматрати стратешким. У раду је приказан веома флексибилан инормационо-надзорни систем који даје флексибилност и ширину података, а на основу којих се доносе одлуке.

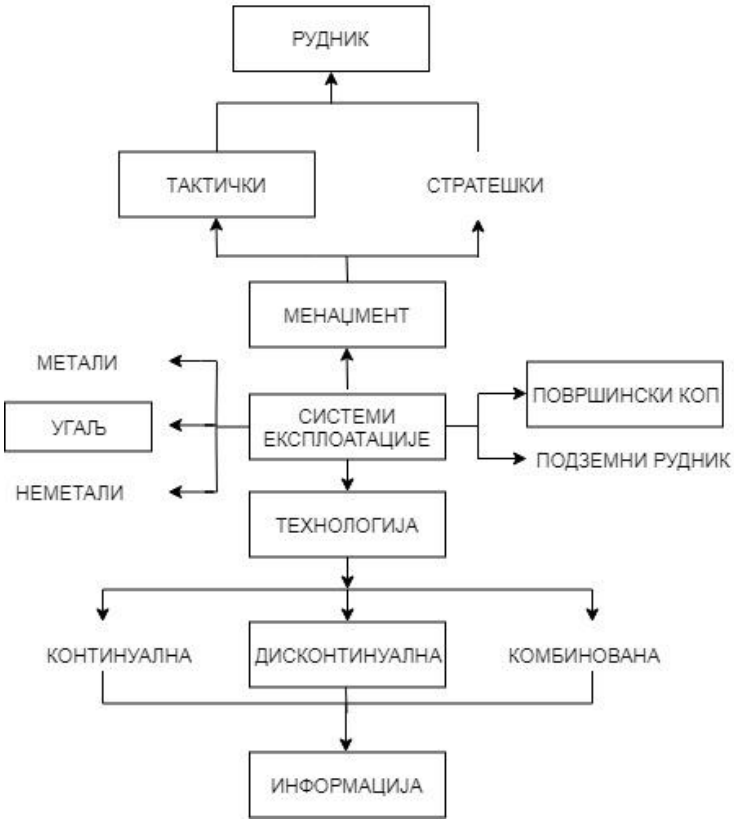
3.1.2. Организација рада

Дисертација се бави управљањем и организовањем радом у рударској производњи. Принципијелно неколико задатака чини активност а неколико активности процес, при чему одређени број процеса сачињавају систем рударске производње.

Систем - у оквиру ове дисертације, основни систем који се изучава је систем рада рудника, са циљем дефинисања тока информација у истом али и задатком оптимизације рада процеса дисконтинуалног система експлоатације угља и откривке. Због тога, цјелокупни рударски производни систем би обухватио све аспекте у руднику који би могли да изазову утицај на сам систем експлоатације, а могу бити уочени, анализирани и потенцијално унапријеђени. Самим тим, ако би сврха модела или описа била да унаприједи рудник као цјелину, тада би се разматрале слиједеће компоненте као описни аспекти израза "систем":

- Функционална организација,
- Капацитет ресурса,
- Технологија рада у руднику,
- Циљеви производње који укључују квалитет, количине и др.

На слици 3.1. приказани су неки од основних концепата рударских производних система, а концепти у обојеним пољима се дефинишу као кључни концепти ове тезе.



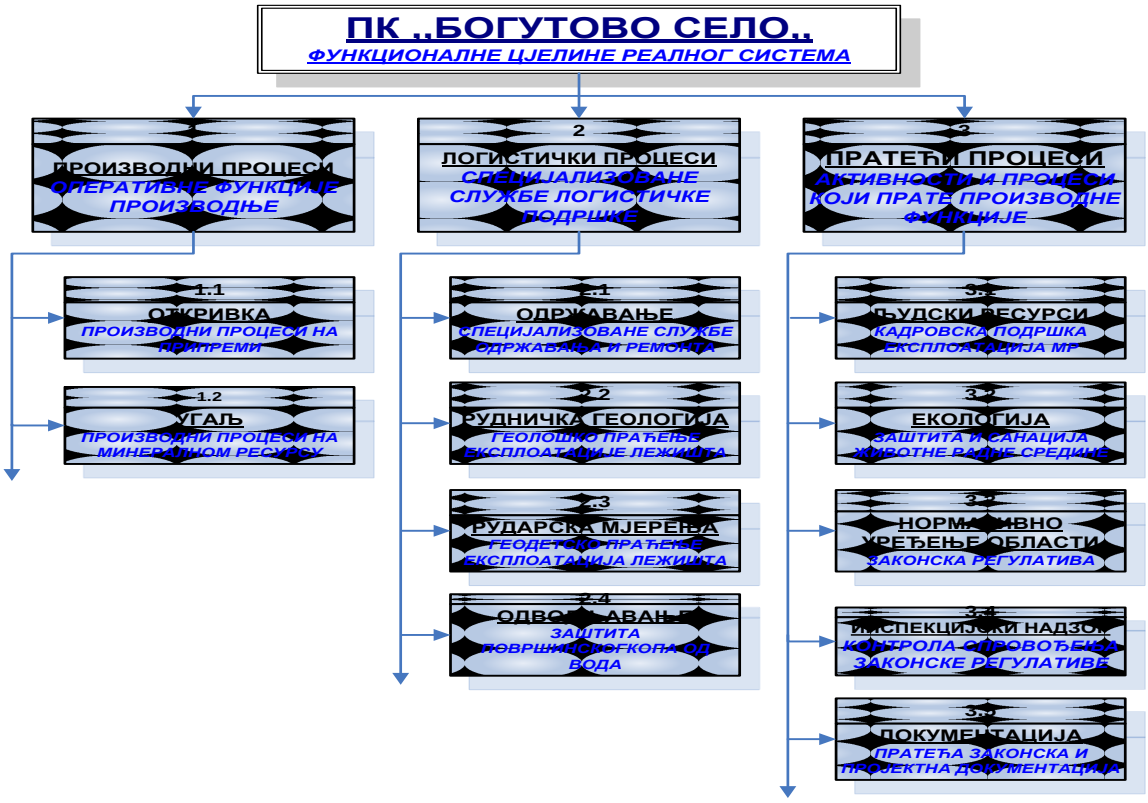
Слика 3.1. Кључни концепт рударског система

На слици 3.2. се даје организациона функционална структура система који је предмет ове дисертације.

Слика 3.2. Шема организационе, руководне функционалне структуре система

Процеси - представљају основу система, а неколико процеса може чинити један систем. Сваки процес има намјенски излаз - резултат, који значајно доприноси резултату система.

Процесима се не може управљати директно и могу се сматрати најнижим концептуалним обликом рада. Примјер процеса на површинском копу представља процес утовара или транспорта угља или откривке. На слици 3.3. се даје примјер основне структуре система сачињеног од одређеног броја процеса.

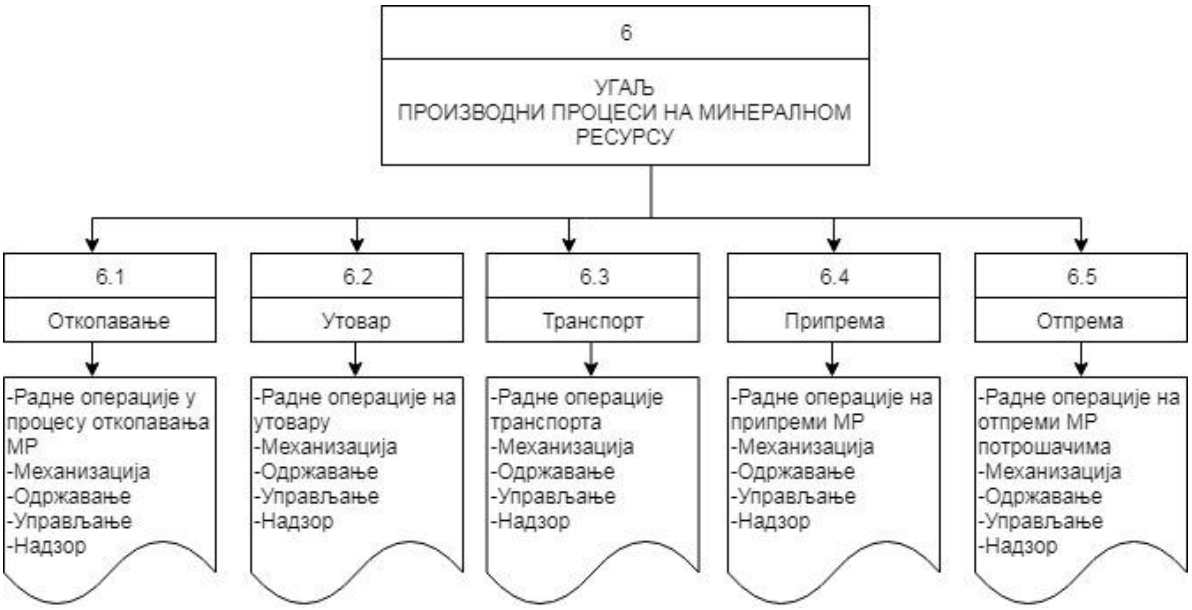


Слика 3.3. Структура система према фунцкионалним системима на ПК "Богутово Село"

Функције - у смислу организације рада, представљају скуп активности које имају заједничку сврху обављања појединог процеса, по правилу придружено организационој категоризацији као што су производни, логистички или пратећи процеси. Дијелови или аспекти функције могу прећи границу пословног процеса и обрнуто. Примјера ради, радови на бушењу и минирању као производни процес се реализују кроз послове пројектовања бушако-минерских радова у пројектној документацији (пратећи послови), кроз послове геодетског праћења и мјерења (као логистички процеси) и послове самих производних функција на откривци. Функције су по правилу концептуално нормалне на ток обављања посла у смислу процеса. Међутим, функције су паралелне са експертизом појединачних послова у самим функцијама. Примјер за ово представљају инжењери са стручним испитом, који раде у оквиру функција пратећих послова (пројектна документација) али и самим производним процесима, а рудари са оперативном обуком (праксом) раде у функцији производних процеса.

Активност - Активност чини "конкретно дјело, акција или тежња" али у суштини представља комбинацију људи, технологије-опреме и машина, материјала-минералне сировине, методе и животне средине, која генерише резултат или услугу. Активности су на првом нивоу рада којима се може директно управљати, а у смислу активности у хијерархији рада, неколико активности може чинити процес. Као примјер се може навести

процес "Угаљ" на ПК "Богутово село", који обухвата следеће активности: радне операције на откопавању минерланог ресурса, утовар, транспорт, припрему и отрпему.



Слика 3.4. Примјер структуре активности у производном процесу производње угља

Задатак - формална дефиниција задатка гласи: "функција коју треба обавити, циљ". У хијерархији рада задатак је најнижи облик рада којим се практично управља. Свака нижа класификација менаџерског утицаја би била непрактична. У смислу задатка у хијерархији рада, неколико задатака може чинити активност. На примјер: „Радне операције у процесу откопавања минералног ресурса“ као активност у оквиру активности „Откопавања“ у процесу „Угаљ“ .Управљање у оквиру задатка, као што је подешавање висине етаже, угла закретања стријеле, није у опису посла тактичког менаџера.

Сврха дефинисања ових појмова јесте организовање јединица рада на површинском копу у логичку компоненту којом се може управљати и која се може описати. Двосмисленост ових израза може изазвати конфузију у срединама гдје неки изрази у терминологији одређене струке имају другачије тумачење него код стручњака за унапријеђење производних система рудника попут разних консултаната друге струке.

Како се рад организује у све ниже/детаљније акције, питања везана за менаџмент компоненти рада се мијењају. На примјер, менаџмент на нивоу задатка предузима рудар (руковалац машине). Рудар је обично одговоран за руковање машином на ефикасан начин тако да се задаци могу обавити што је брже могуће и на квалитетан начин. У поређењу с овим, активностима управља пословођа. На примјер, пословођа мора да обезбједи да је радни терен адекватно припремљен, да је багер исправан и спреман у одговарајућем тренутку, да се откопавање обавља ефикасно и исправно. Питања контроле, квалитета и организације припадају управљању на нивоу активности, док су питања физичке продуктивности кључна на нивоу задатака.

3.1.3. Модерне технике менаџмента

Модерне технике менаџмета се развијају у смислу организационих циљева и представљају дио индустријског инжењерства и као дио науке о менаџменту. Технике могу по природи бити математичке или организационе. На примјер, алгоритми линеарног програмирања помажу у оптимизацији логистичких проблема кроз интегрисане математичке прорачуне. Алати за организациона побољшања као што су Оцјена трошкова базирана на активностима (ABC) или Теорија ограничења (TOC), могу побољшати систем управљања и саме организације кроз побољшање система, процеса, активности и задатака. Многе успјешне технике управљања употребљене у другим индустријским гранама нису често примјењиве у рударству, због техничких или културних разлика. Један од приједлога коришћења модерних техника управљања у рударству кроз употребу предметног модела управљања јесте приказан управо у овој дисертацији.

Неке модерне технике менаџмента, као што су ABC и реинжењеринг се користе у приказаном моделу при чему укупни трошкови производње садрже све трошкове, рада, опреме, одржавања и додатне трошкове. Укључивање додатних и помоћних трошкова је оно што је карактеристично за овај модел (обухватање трошкове испоруке сировина, транспорта радника до радног мјеста, топли оброк итд). Овакав модел захтијева значајну количину података о производњи и трошковима да би се трошкови могли прецизно распоредити на одговарајуће процесе и производе. ABC је изводљив тек кад информационе технологије (ИТ) учине прикупљање трошкова могућим. Друга модерна техника менаџмента која је омогућена употребом информационих технологија јесте реинжењеринг као метод организационог дизајна при чему је могуће вршити прилагођавања структуре како тактичким тако и стратешким циљевима. Овај метод подржава примјену ИТ у аутоматизацији административног рада и побољшавању сервисних (услужних) функција.

3.2. Карактеристике рударске производње

Кључни разлог због којег модерне технике менаџмента остају неискоришћене у поптуности рудницима су разлике које постоје између рударства и оних индустријских грана гдје су те технике развијене. Најмодерније технике операционог менаџмента су развијене у производним или сервисним (услужним) индустријама. Разлике између рудника и фабрика, или других бизниса, могу се надокнадити (компензовати) прво препознавањем, а затим превазилажењем или прилагођавањем њима. Овдје се покушавају укратко објаснити специфичности рударске производње са циљем дефинисања утицаја разлика рударства и других индустријских грана на примјену и сам начин примјене модерних техника управљања.

Ф. Вуковић се у својој дисертацији осврће на одређене сличности рудника и грађевинских објеката/пројеката, гдје постоје одређени плански редослиједи извођења радова, или упоређивањем рудника са фабрикама указује да су рударски процеси циклични при чему квалитет рада утиче на трошкове и вриједност финалног прозвода. Због тога технике производног менаџмента, гдје се проучава и оптимизује ток рада, могу бити примијењене

у рудницима. Квалитет у рударству није предмет тако велике бриге као у производњи (мануфактури). Међутим, као и код мануфактуре, ови недостаци у квалитету индукују додатне трошкове. Као закључак, Ф. Вуковић наводи да се рудник може посматрати као текући грађевински пројекат који користи цикличне серијске процесе за стварање инфраструктуре неопходне за производњу руде (откопне етаже), гдје опрема манипулише материјалом (рудом) премјештајући га до потрошача или постројења за прераду.

Радно мјесто - Важна разлика између рудника и фабрика је додатна комплексност радног мјеста, гдје се идентични процеси могу изводити на различитим радним мјестима (локацијама) која могу значајно да варирају. Ова компонента је кључни додатни елемент података који се мора надгледати у рударском производном информационом систему (IS). Додатни елемент локације био би неопходан за примјену модерних техника управљања у побољшању рударског система. Неколико аспеката радног мјеста би директно утицало на менаџерске одлуке и резултујуће преформансе, укључујући рударске процедуре, тајминг, напредак, квалитет и трошкове одржавања. Информације о овим различитим аспектима би биле важне тактичком менаџменту различитих радних средина на површинском копу. Комплексност ових информација би захтијевала ниво интеграције података какав се може наћи у многим централизованим информационим системима.

Радници у руднику - Тренутно, рудници захтијевају персонал практично за сваки производни процес на површинском копу. Произвођачи опреме су на путу да аутоматизују поједине процесе који сачињавају рударске производне системе, међутим, ови системи су далеко од широке комерцијалне доступности и примјене. Повећана аутоматизација би смањила проблеме у данашњим рудницима који се односе на обезбјеђење високо квалитетне радне снаге. Ф. Вуковић наводи одређене факторе у оквиру планирања рудника који су под утицајем и који се могу погоршати интензивном употребом радне снаге јесу: динамичко радно окружење, култура понашања, начини награђивања, људска флексибилност, људска погрешивост, људска варијабилност.

На примјер, у примјени Теорије ограничења, стандардна девијација капацитета процеса је важан параметар. Виши степен варијабилности ће неизбјежно бити уведен у случајевима гдје су људи кључна компонента процеса умјесто нумерички контролисаних машина. Утицај културе на продуктивност рудника је појачана са повећањем радних захтјева. Културне разлике између рударства и других видова производње превазилазе само утицај повећаних радних захтјева, пошто су саме културе различите. Важност људи је потврдио и Stanley: "Можете имати најмодернију, технички најсофистициранију опрему на свијету, али ако њом рукује немотивисана, непажљива радна снага, нећете моћи да се такмичите у данашњем свијету". Многи испреплетени фактори који сачињавају јединствену рударску културу су укоријењени у дугој историји ове индустријске гране, посебно:

- Филозофске промјене у менаџментском размишљању,
- Свјетско тржиште,
- Смањење рударске вјештине (обучености),
- Сигурносна питања,
- Рударске заједнице.

Централни културни елемент за раднике у руднику је "сигурност". Да се не би помијешала са безбједношћу, сигурност се односи на потребу за стабилношћу запослења и могућности одржавања животног стила (стандарда). Ово се може приписати историји ове индустријске гране, гдје су технолошке промјене или промјене на свјетском тржишту имале значајан утицај на стабилност запослења. Основне претпоставке повјерења, опроштаја и солидарности су јаке између радника. Антрополошко поређење са "родбинским групама" је карактеристично за раднике у овиру заједнице. Примједба да унутар радничке културе постоје "родбинске групе", подијељене по пословима, је природна јер код радника у постројењима, на одржавању и у рудницима постоје још ближе међусобне везе.

Менаџмент рудника - Runge [84] сугерише да рударски мендаџмент и руководиоци треба да размотре оспоравање (изазивање) рударских парадигми. Генерално, Runge позива на флексибилнији рударски менаџмент. Проблем рударске аверзије према новим технологијама призива уобичајену изреку: "Рудари воле да буду први који ће бити други".

Rouse i Fleising [71] су идентификовали одозго-надоле природу у хијерархији рударског менаџмента и чињеницу да је менаџментска култура у рударству заправо манифестација културе инжењеринга, пошто су већина менаџера у руднику инежењери. Основне претпоставке инжењера су сумиране кроз концепт уређења (поретка). Инжењери намећу ред у потенцијално хаотичним ситуацијама, кроз метод описан као "ауторитарно рационалан", они су склони довршавању (закључивању), оријентисани ка мајсторству, фокусирани на чињенице, аналитични, академски оријентисани, структурирани и поштују правила. Поштовање правила, ауторитета, и структуре, манифестују се кроз склоност инжењера да документују. Свеукупни културни елементи који постоје међу инжењерима су добили етикету "ред" (уређење). Кроз строгу контролу околине, директну акцију, уз поштовање правила, инжењери су у стању да успоставе осјећај "реда" у потенцијално хаотичним срединама.

Интеракција Менаџмент - Радници - Тешкоће у менаџменту рудника постају очигледне када се узме у обзир супростављена природа ове двије културе. Зависност од квалификованих оператера у сваком рударском процесу даље усложњава овај проблем. Међутим, када се призна потреба за одржавањем осјећаја сигурности код радне снаге, и подразумијеваног стања поретка код менаџмента, систем за менаџмент се може дизајнирати тако да обухвати ове културне потребе.

3.2.1. Специфичности управљања дисконтинуалним системима површинске експлоатације

Када се говори о додатним специфичностима рударских система у конкретном случају нпр. рад система багер-камион, може се говорити о релативно сложеном систему који се састоји опет од више подсистема, који утичу на ефикасност обављања појединих задатака, активности и функција:

- Подсистем руковалац камиона-камион (могућности руковаоца и техничке могућности камиона),

- Подсистем руковалац багера-багер (могућности руковаоца и техничке могућности багера),
- Подсистем камион-саобраћајница (кроз механички систем транспортног процеса),
- Подсистем багер-радна средина (кроз механички систем процеса откопавања),
- Подсистеми руковалац камиона-саобраћајница и спољна средина руковалац,
- Подсистеми руковалац багера-радна средина и спољна средина руковалац,
- Подсистеми и спољна средина- багера и спољна средина – радна средина,
- Подсистеми спољна средина-камион и спољна средина-саобраћајница,
- Подсистеми руковалац камиона-руковалац багера и руковалац багера-багер.

Утицајни фактори радне средине који дефинишу рад система багер - камион су:

1. Услови саобраћајнице (промјенљиви и стални),
- Промјенљиви (коефицијент адхезије, стање путне подлоге, видљивост, интензитет, густина и режим кретања камиона).
- Стални (конструкција пута: уздужни профил, ширина, укрштања и сл.).
2. Атмосферско – климатски услови (температура ваздуха, притисак и влажност),
3. Карактеристике транспортне мреже (елементи система, багери-камиони, врста и обим транспорта, нагиби, претоварна мјеста и сл.),
4. Приступачност система,
5. Удобност система (везе, исхрана и сл.),
6. Социјална брига о систему (награде и сл.),
7. Расположивост елемената система.,
8. Технолошке операције,
9. Информације о условима рада,
10. Безбједност,
11. Заштита животне средине,
12. Радна средина,
13. Радни амбијент система,
14. Организациони ниво рада (опрема, алат, р/д и сл.),
15. Поузданост система,
16. Веза са другим техничко-технолошким системима (складишта,сепарације, букери и сл.).

На основу горе наведеног је могуће формирати структуру основних информација везаних за рада система багер-камион, те изведених информација и показатеља рада.

Претходна дискусија је расвијетлила неке од најважнијих елемената који чине рударство јединственим и стварају компликације приликом имплементирања најпрактичнијих техника производног менаџмента. Најважније карактеристике обухватају:

- Недостатак адекватне информационе инфраструктуре;
- Важност прихватања утицаја радног мјеста (радне средине);
- Квалификовану радну снагу и релативно мале могућности контроле;
- Јединствену дуалну културу инжењеринга/менаџмента и радника;
- Ниску поузданост опреме, уска грла у производњи услијед оганичења радног простора, и удаљене локације;

- Сличности са грађевинарством (важност прављења распореда тј. планирања) и мануфактуре (понављање процеса).

Горње карактеристике треба узети у обзир приликом дизајнирања модела управљања дисконтонуалним системима површинске експлоатације са угађивањем јединствених аспеката рударске производње.

3.3. Доступност информација кроз информациони систем

Доступност и структура информација чине пресудну разлику између индустрија услужних дјелатности или фабричких производних процеса и рударства. Информационе технологије (ИТ) су главни фокус за многе рударске компаније. ИТ се почињу спомињати у књигама о модерном рударском менаџменту или у изјавама о циљевима рударских компанија. Према многим литаратурним изворима рударски лидери вјерују да рудници производе више података него икад, па ипак ти подаци остају у највећем дијелу неискоришћени. Недостајући елемент је ефикасно управљање знањем и информацијама, који даје могућност да се подаци претворе у акцију. Због тога многи сматрају да су ИТ једне од пресудних технологија за будућност рударства. Значајна количина података у рудницима је доступна, али је опсег у коме ти подаци производе знање ограничен. Управљање знањем и инофрмацијама је кључни аспект за модерне технике менаџмента, које најчешће користе ИТ и управљачке процедуре за побољшавање (скраћење) времена циклуса и побољшање квалитета процеса и производа.

Како важност ИТ наставља да расте у другим индустријама, рудници препознају важност ИТ. Цијена прикупљања и претварања података у информације се брзо смањује захваљујући рачунарским мрежама, интегрисаним базама података, сензорима на мобилној опреми, технологијама за бежичне комуникације, итд.

Правовремени и употребљиви подаци у рударству су посебно пожељни за утоварну, транспортну и помоћну опрему с обзиром на њену поузданост у раду, односно високе трошкове рада.

Рударска опрема има ниску поузданост у поређењу са машинама у мануфактурним постројењима које могу да постојано производе квалитетне производе мјесецима, не захтијевајући одржавање. Многи истраживачи закључују да разлог за тако ниску поузданост лежи у методама извјештавања о одржавању, оштећујућој природи коју рударских процеси испољавају над опремом и рударском окружењу. Фокус менаџмента у рудницима је обично стављен на врло краткорочне производне циљеве, без адекватног управљања одржавањем ради дугорочне продуктивности. Аутори наводе разлике између рудничке поузданости и оне у другим индустријама:

- Поузданост је релативно погрешно схваћен концепт;
- За разлику од других индустрија, рударство нема прописе о безбједности који условљавају одређени ниво поузданости система;
- Произвођачи рударске опреме не испоручују велике количине опреме, тако да темељно тестирање није исплативо. Већина произвођача рударске опреме такође има ограничен приступ извјештајима о одржавању опреме;

- Не постоји стандардан метод за прикупљање података о одржавању;
- Рудници обично користе мјере које не изражавају на адекватан начин неопходне статистике о поузданости;
- Ниске маргине профита и високи трошкови опреме у рударским компанијама изискују потребу за мањом количином опреме;
- Лоше структурирани системи за оцјену трошкова у рударству ријетко дозвољавају израчунавање трошкова рада опреме.

Из тога разлога у овој дисертацији се даје приказ надзорно - информационог система НУС Рудника "Богутово Село" који покушава да све релевентне податке о производњи прикупља и дистрибуира на више адреса у организационој шеми. Уз то се врши и статистичка обрада прикупљених података, који се даље кроз формиран симулациони модел, заснован на математички обрађеним и дефинисаним вриједностима појединих параметара, обрађују и дају резултати симулација и естимација рада у реалном времену појединих производних цјелина, машина односно радне снаге. То свакако олакшава и убрзава процес доношења одлука везаних за тактичко управљање производним процесима у рударству.

3.4. Употреба информационих технологија у симулационом моделирању и диспечингу дисконтинуалних система површинске експлоатације

Ово поглавље се бави детаљним описом скупа улазних података и компоненти, основних претпоставки и опште структуре симулационог програма. Улазни подаци су један од најважнијих аспеката у спровођењу било које симулационе студије. Моделирање система багер - камион кроз рачунарску симулацију се користи већ дуги низ година и има широку примјену. Модели су развијени на различите начине, укључујући податке о временским студијама, израчунавање засновано на функцијама перформанси произвођача и података у реалном времену генерисаних у компјутеризованим системима за управљање радом система багер - камион.

У приступу кроз анализу у реалном времену, индивидуално вријеме различитих послова и операције се могу снимати као на примјер, вријеме потребно за одређену трасу транспорта. Времена за обављање појединих операција могу бити традиционално ручно снимана на терену или аутоматски прикупљања. Подаци се прате за сваки камион, како пун/утоварен, тако и празан, и то на свакој тачки или сегменту трасе. Слично томе, за различите типове утварних јединица, њихов рад и интеракција са камионима се снима и користи при изради симулације. Током процеса симулације, камиони се крећу по мрежи путева по правилима додјељивања одређеног броја камиона уроварним јединицама. Када камион крене са кретањем, ту се врши насумично додјељено вријеме на основу статистички обрађених података из информационог система. То се може вршити на примјер Monte Carlo техником или другим техникама, као што је било ријечи у поглављу када је вршен преглед истраживања. Симулациони модел тада води камион кроз мрежу путева и према изабраним правилима понашања на основу тражених података. Програм рачунарске симулације обавља ове задатке брзо и прати потребну статистику излаза. Међутим, код класичних симулација базираних на временским оквирима има неколико

недостатака везаних за услове и конфигурације мреже транспортних путева. Овакви симулациони модели су корисне када се врши избор опреме за нови рудник али у случајевима рудника када се често мијења мрежа путева добијање тренутних података траје пуно времена и непрактична је поготово ако се подаци прикупљају ручно. Због тога симулациони модели врше процјене времена обављања појединих операција, што модерни компјутерски системи одржавају континуално уз праћење свих операција багер - камион система и дају правовремене одзиве са стварањем базе података о резултатима рада флоте камиона. Из тих разлога начин ажурирања модела заснован на тренутним локацијама утоварних јединица и камиона, према тренутним услова рада и условима на путевима и јесте основна идеја израде овог модела управљања.

У развоју рачунарског симулационог модела диспечинга камиона па и управљања цјелокупним дисконтонуалним системом багер - камион, неопходно је прибавити детаљне и актуелне информације везане за рад система. Тачна и актуелна процјена рада система багер - камион и редослиједа догађаја је есенцијална јер се на основу тога може пројектовати реална слика о одређеном проблему и идеја како исти превазићи. Техника симулација карактерише систем у смислу његових компоненти и скуп правила повезујући интерактивно све компоненте. Дакле, симулациони модел се дефинише одређеним сетом правила и компонентама, односно карактеристикама багера и камиона.

Приликом дефинисања ограничења односно коришћења различитих хеуристичких политика симулациони модел даје различите резултате и ефекте на продуктивност багер - камион система континуалним диспечирањем транспортних јединица.

Иако се симулациони програми развијају првенствено за тестирање процедура диспечирања, свакако рјешавају и друге проблеме везане за рада површинских копова. Прије великих улагања у опрему за утовар и транспорт, постоји очигледна потреба за пажљивом процјеном могуће комбинације утоварно - транспортне опреме и конфигурације/мреже путева у свјетлу планираних производних захтјева и постизања минималних трошкова производње. Стога је могуће извршити избор опреме у складу са продуктивношћу добијеном за различите комбинације утоварно-транспортне опреме, али исто тако и процјену замјене опреме и оптималне мреже путева.

Развијени модели симулације треба да буду једноставни за коришћење, уз истовремену вјеродостојност стварним операцијама, што се умногоме постиже управо ефектним, брзим и што прецизнијим прикупљањем података кроз информациони систем. Економска оправданост коришћења диспечинг система на површинским коповима је битна, што директно утиче на степен развијености модела управљања и начина његовор стрктуирања. Политика избора диспечинга врши се према према циљевима одређених операција, која се може временом и промијенити. Руководство рудника треба да одлучи која процедура диспечинга треба да се користи у одређеном руднику. На примјер, минимизирање правила чекања на камиону (такође названо максимизација употребе камиона) приноси конзистентно повећању производње флоте. Али, можда није корисно када се ради о утоварним јединицама или када имамо велике разлике у транспортним дужинама. Уопштено, пожељније је имати све утоварне јединице у истом ниову искоришћене. Главна сврха диспечерског система јесте максимизовати продуктивност система. Ово се може

учинити кроз процедуру као што је максимализација искоришћења капацитета камиона или утоварних јединица.

Концепт управљања системима багер - камион односно флотама камиона (*Truck dispatching systems)* подразумијева коришћење компјутерских технологија које су довеле у рударској индустрији до развоја неколико модела одлучивања о најбољем могућем систему камионског транспорта на површинском копу. Компјутеризовани системи анализе камионског транспорта развијени су у касним 1970-им и постали уобичајени начин рада на многим великим површинским коповима. Али, они нису били економски оправдани за мале и средње копове са транспортним системима због високих трошкова имплементације. Срећом, од краја 1980-их, са потребом за повећањем продуктивности и коришћења опреме значајна су унапређења рачунара и долази до смањења трошкова. Камионски системи траснпорта могу се сврстати у три главне категорије као што су: мануелни, полуаутоматски и пуна аутоматизованост. Већина диспечерских система у литератури су или полуаутоматизовани или потпуно аутоматизовани. Предности и недостаци диспечерских система се наводе у даљем тексту овог погавља [19].

Мануелно праћење система [19], багер - камион је стандардна пракса на сваком копу. Камиони раде са одређеним багером у систему и са одређеном локацијом на одлагалишту на почетку смјене, те са промјенама трасе у складу са најбољим приједлогом диспечера на основу захтјева за производњу, промјене локације багера, у складу са доступношћу флоте, итд.. У овом систему, доношење одлука захтјева диспечера који се налази на стратешком мјесту у копу и да надгледа рад опреме и на праћењу локација утовара и истовара. Ефикасност система се ослања на коришћење радио-опреме за пренос информација и стога и багер и камион морају бити опремљени двосмјерним радио уређајем да би била могућа комуникација. Систем се користи у отвореним површинским коповима од почетка 1960-их и препоручује се за мале копове, на којима ради до 10 камиона. *Милер* (1977) је описао употребу система заснованог на диспечерској "плочи" који се може користити као аналогни рачунар. Циљ овог начина је да помогне диспечеру у праћењу статуса и положаја опреме у копу и да олакша процес доношења одлука. Главне компоненте овог начина су да су камиони и багери представљени блоковима. Одлука за слање се обавља након што је камион истовара материјал и у том тренутку возач комуницира са диспечером. Диспечер затим подешава "плочу" у корелацији са опремом у копу како би правилно извршавала задатак. Диспечер мора да се ослони на свој лични суд и професионално искуство у одређеном копу [67].

У **полуаутоматизованим системима** [19] рачунар је програмиран да помогне диспечеру у процесу доношења одлука за одређивање кретања камиона према багеру. Дигитални рачунар се користи за снимање стања опреме и локације камиона који чине транспортну флоту. Рачунар се такође користи да помогне диспечеру да додјели камионе према багеру у складу са стратегијом одлагања која се примјењује. Систем се зове полуаутоматски, јер рачунар нема директан контакт са опремом и диспечер мора да комуницира и даје сва упутства. Диспечер има информацију о стварном положају опреме у копу и заузима независну одлуку која може или не мора да се слаже са одлуком коју би рачунар предложио. Диспечер преноси информацију ручно преко радија или визуелно. Главна

предност овог система је да диспечерски олакшава снимање догађаја, генерисање производних извештаја и смањење времена чекања код опреме. Коришћењем овог система, максимално остварива производња ће бити у функцији политике примјењеног диспечинга. Због тога, модели развијени за полу-аутоматизованим системима морају бити што флексибилнији да дозвољавају промјене у пословним политикама према важећим условима у датом тренутку. Овај систем је примјењив на средњим рудницима, до 20 камиона у раду. *Hodson i Barker* (1985) описују имплементацију полуаутоматизованог диспечерског система и унапређење пасивног система који биљежи податке у којима рачунар указује на оптималне путање кретања камиона. Задаци се заснивају на два корака. У првом кораку, сваком багеру је загарантован одређени број камиона. У другом кораку, дистрибуција камиона у суб-систему коју заступа одлагалиште је регулисано у складу са временом утовара багера. Диспечер има потпуну контролу над операцијом. Диспечерски се врши утврђивања оптималних трошкова по тони у различитим временима циклуса. Чим возач камиона тражи задатак, компјутер израчунава фактор трошка одређеног багера и одлагалишног мјеста, који је подсистем. Када је у оквиру унапријед одређеног оптималног опсега, камиони остају у тим под-система, а камион који је накнадно послат од стране рачунара на најбољи доступни багер. Ако изабрани под систем има више камиона него што је потребно, рачунар тестира друге подсистеме и распореди камион за подсистем који има мање од потребног броја камиона. Да бисте контролисали дистрибуцију камиона у сваком под-систему, други корак је користи. Ово се ради због тога што се камиони шаљу на основу просјечне факторе трошкова. У овој стратегији, камиони не мијењају правце често пошто на почетку смјене, диспечер организује камионе и багере [47].

Аутоматизовани диспечерски систем - Основни проблем са мануелним и полуаутоматизованим диспечерским системом је ограничена способност човјека диспечера за складиштење и пренос велике количине података у дужем временском периоду а у врло кратком времену обраде. То је био главни разлог за развој оваквог диспечерског система [19], и они су највише истицани у постојећој литератури. Аутоматизовани систем отпреме омогућава да рачунар донесе неопходне одлуке за слање камиона према багеру без икакве интервенције од стране диспечера. Положај (локације) камиона су детектује сензорима и шаљу се на рачунар, и прави се сумарно збир дестинација за камионе и прави се распоред као и код полуаутоматизованих система. Задаци се директно шаљу на камионе и приказују на екранима постављеним у кабини камиона или у централној локацији где камиони пролазе. Предност оваквих система је да диспечери више не морају да комуницирају са возачима и да дају упутства или да прате статус камиона. Аутоматизовани системи отпреме су пријављени (*Lizotte i Bonates, 1987)* да се смање захтијеви камионског транспорта од 5 до 35 одсто. Корист се разликује у зависности од врсте флоте, конфигурације мреже и одређених диспечерских процедура. Они пружају прецизне и благовремене извештаје за производњу и повећају ефикасност транспортне опреме. Једина мана са овим системом је висока цијена инсталације система због високе цијене опреме за праћење и пренос информација [58]. Himebaugh (1980) је описао аутоматизовани систем диспечинга под називом "DISPATCH", развијен од стране Modular Mining Systems Inc., чији је циљ максимална продуктивност са расположивом опремом или постизање жељене производње са минималним опремом [45]. Диспечинг може да испуни било који од ових циљева. Ово су динамичне операције које захтјевају

континуирано праћење избора трасе и багерима и статуса и положаја за одређивања оптималних траса кретања камиона. "DISPATCH" је најпознатији и највише документован масовни, компјутерски систем управљања производњом који контролише кретање камиона на копу. Ово је један од најуспешнијих и најмоћнијих система и у употреби је на многим површинским коповима широм свијета. Систем је развијен на основу компјутерског програма у реалном времену и састоји се од двије засебне функције које дозвољавају комуникацију између једних и других кроз заједничке базе података. Софтверски систем је модуларне архитектуре. У првом дијелу, операцијама се руководи у реалном времену. Улога диспечера се одражава у другом дијелу програма. Овај модел може да се користи и као помоћно средство а и као директно компјутерско надгледање. Систем чине помјерања багера, кварови на багеру, промјене у систему копања, застоји у раду дробилице и застоји на одлагалишту те промјене у материјалу који се копа. Диспечер у суштини управља читавом операцијом простим праћењем података који се уносе у софтвер. Возач камиона тражи на почетку смјене да му систем покаже мјесто утаовара (багер). Оператери на багеру пружају информације о врсти материјала који се копа, уносе податке о кашњењу или кваровима. "DISPATCH" додјељује камионе према одређеним багерима да би се смањило вријеме чекања камиона у реду за утовар. Тренутна локације камиона, фактори брзине и статус, цијена копања багера, локације и статус се узимају у обзир приликом одређивања задатака камиона. "DISPATCH" прати локацију камиона користећи податке прикупљене од локације фарова или информације које се уносе у контролне јединице у самој кабини камиона од стране возача камиона. Побољшања продуктивности се крећу од 10-15 % у рудницима помоћу "DISPATCH" програма.

3.4.1. Компоненте диспечерских система

Постоје двије главне компоненте у било ком диспечерском систему: **критеријуми диспечинга и стратегија диспечинга**.

Уважавајући све специфичности унаведене у потпоглављу 3.2.1. овог поглавља **стратегија диспечинга** је приступ који се користи да испуни жељене критеријуме управљања засноване на оптимизацији. Двије главне стратегије су означене као једностепена и вишестепена Alaire и Gamache. Једностепене стратегије су засноване на хеуристичким методама и не разрађују специфичне производне циљеве или ограничења. То су биле претече вишесценских/вишестепених система и више се не користи у рударској индустрији. Савремени диспечинг системи користе вишефазну стратегију, која дијели глобални диспечерски проблем у под-проблеме или фазе. Обично се проблем састоји од претходне фазе, која се користи за израчунавање најбољег пута и пројектованог капацитета, и следеће фазе за додјелу/расподјелу камиона. Andrew Chapman је потврдио да је овај приступ усвојен од стране "DISPATCH®" софтвера коју је развио MMS [4].

Критеријуми диспечинга су одабрани на основу жељене динамике која треба да се оптимизује у процесу експлоатације. Сваки од ових критеријума има своје предности и недостатке, и рад који су објавили Tan и Ramani је показао да најбоље правило/критеријум у великој мјери зависи од самих карактеристика рудника који се анализира, нарочито односа багер/камион.

Компјутеризовани диспечинг систем захтијева одређена правила за додјељивање - слање камиона према багеру на самом копу. Сваки компјутерски систем развијен је тако да за њега постоји одређена "политика". Како би се повећала ефикасност флоте, неколико метода у распону од једноставних до сложених математичких хеуристичких процедура се могу примијенити у овом процесу доношења одлука. Циљ сваког система диспечинга је да се повећа продуктивност система с обзиром на флоту камиона и багера или значајно смањење броја камиона и багера који су потребни за потребну производњу. Смањење чекања камиона и багера много доприноси овим циљевима. Диспечинг узима у обзир различите циљеве у различитим степенима софистицираности. За хеуристичке системе диспечинга, обично се одлуке доносе када је камион на одлагалишту - мјесту истовара. Постоји хеуристичко правило: минимизација времена чекања камиона зависи од времена доношења одлуке диспечера. Рачунар затим провјерава тренутни статус опреме у руднику и шаље камион према најприкладнијем багеру у том тренутку. Најприкладнији багер се одређује као функција диспечерске политике која се примјењује [19].

Диспечерски алгоритми засновани на хеуристичким правилима омогућују најједноставнији приступ рјешавању проблема диспечинга система багер/камион. Они су такође лакше имплементирани и нема потребе за много рачунања приликом доношења одлуке диспечера у реалном времену. Дакле, они могу такође бити имплементирани у врло великим и сложеним рударским радовима на великим коповима. Диспечинг базиран на хеуристичким претпоставкама може довести до побољшања у производњи смањењем времена чекања камиона и багера. Статус система, у смислу превеликог или премаленог броја камиона, игра кључну улогу у одређивању могућности различитих хеуристичких приступа у диспечингу. Користи од диспечинга су посебно изражене у сложеним системима са више различитих компоненти које га чине и усложњавају функционисање система.

А хеуристички поступак или алгоритам се може дефинисати као релативно једноставна формула или поступак који се примјењује за рјешавање проблема. *У математичким смислу, хеуристички алгоритам у већини случајева може ријешити проблем, али не може гарантовати оптимално рјешење.* У принципу, хеуристичке процедуре узимају у обзир само текуће циљеве без разматрања будућих догађаја или дугорочних циљева планирања. Често, рјешења хеуристичких процедура се темеље на локалним (тј. појединачним елементима и на кратком времену) оптимизације. Диспечерски алгоритми засновани на хеуристичким правилима се лакше имплементирају и не захтијевају пуно рачунања приликом доношења одлука диспечинга у реалном времену. Типично, сва хеуристичка правила примјењују "one-truck-at-a-time". То значи, одлука о слању једног камиона према багеру која је урађена никако не утиче на неку следећу одлуку о слању другог камиона према неком багеру. Такође, *већина хеуристичких правила игноришу битна ограничења или секундарне циљева рада система као што је одржавање или питање квалитета производа, итд.*

Основна правила могу се сврстати у три категорије као што су:

- критеријуми који потичу из разматрања оптимизације мјерења мировања опреме,
- критеријими који потиче из максимализације продуктивности камиона, и
- критеријуми који потиче из оптимизације капацитета утоварне јединице [19].

Нека од основних правила/критеријума при изради симулационих модела камионског транспорта су:

1.Фиксно додјељивање задатака камионима (Fixed Truck Assignment FTA) - У овој стратегији, сваком камиону се додијели багер и тачка истовара на одлагалишту на почетку смјене и све остаје у истом кругу за цијело вријеме трајања смјене. Број камиона који су додијељени одређеном багеру је функција варијабли учинка багера, жељени ниво производње тог багера, а очекивано вријеме циклуса и времена чекања на камион у мрежи транспорта. Нема промјена задатка за вријеме трајања смјене. Само у случају промјене у оперативном условима, као што су кварови багера. Због стохастичке природе диспечинга пословања и случајне појаве губитка времена, стварање дугих редова на одређеном багеру се јавља код неких фреквенција. Ова стратегија је доказано највише неефикасна. То је углавном због чињенице да опрема не ради константном брзином. Разлог за то је због варијација догађаја транспорта, уз интеракције између камиона на тачкама трасе. Осим тога, и камиони и багери се одржавају и сервисирају. Багери понекад морају бити премјештени на нове локације у току смјене и може доћи до непредвиђених кварова. У оквиру ове политике, врло уобичајено је да неколико камиона чекају у реду на једном багеру за утовар док и багер може да буде у стању мировања дуже времена, због недоступности камиона. Највиша продуктивност коју овај систем може постићи је када сви багери раде у континуитету. Када се врши утовар једним багером, остали камиони у истом циклусу су или у путу, празни или пуни, или су у процесу истресања на одлагалишту. Свеобухватни критеријум диспечинга не постоји али се одређени закључци о најбољем сисетему диспечинга доносе за посебне копове у зависности од услова који владају на копу. Temeng и други (1997) представили су процес диспечинга камиона у реалном времену користећи алгоритам транспорта за имплементацију максимизације производње и контроле квалитета циљева. Задатак камиона заснива се на рјешењу непревентивних циљева програмског модела, који одређује оптимална рута производње и служи као основа за избор багера. У диспечингу у реалном времену, утврђује се који багери не остварују довољну производњу минимизирањем одступања од кумулативне производње сваког багера. Камиони су шаљу багерима који не остварују довољну производњу и смањује се укупно вријеме чекања багера и камиона. Резултати су показали значајно повећање производње и веће осигурање контроле квалитета [82].

Ataeepour и Baafi (1999) су развили модел стохастичких симулација за анализу учинка камиона/багера користећи Арена софтвер. Софтвер користи графички приступ моделирања као и анимацију. Системи се обично моделирају у Арени користећи процес оријентације. Арена модел се састоји од графичких приказа процеса у којима субјекти (тј. камиони) напредују кроз систем. Описани су главни елементи потребни за рад система багер/камиона и у симулацији се виде резултати симулације помоћу анимације. Распоред система диспечинга у се састоји од пет багера у производњи и три мјеста истовара на одлагалишту користећи /генеришући алате из Арене. Претпоставља се да је потребан број камиона увијек и на располагању. Међутим, систем често пати од недостатка камиона због високих трошкова. Избор стратегије може бити резултат евалуације података оперативних перформанси, као што су оптерећење багера и кашњења у времену, вријеме циклуса камиона и чекања, производни циљеви итд.. Ова стратегија може послужити као основа по

којој се дјелотворност других хеуристичких правила може мјерити, а може се користити и за провјеру симулације модела [5].

2.Минимализација производних захтјева утоварне јединице (Minimizing Shovel Production Requirement –MSPR [19]) **-** Циљ овог критеријума је да се постигне задата производња багера, који је оптимизован линеарним програмирањем или другим приступом. Када багери имају задате производне циљеве, једноставно хеуристичко правило је да се празан камион диспечерски упућује ка њему, узимајући у обзир укупни капацитет камиона на траси. Ово правило је најпогодније за руднике који имају контролу квалитета, односно циљеве као што су захтјеви за хомогенизацијом производа. Tan и Ramani (1992) користили су сљедеће формуле за утврђивање застоја багера:

$$k : \mathrm{argmax}_i \{(TNOW * PO_i / TSHIFT) - P_i\},$$

Гдје је:
k - багер којем је камион додијељен,
TNOW- вријеме протекло од почетка смјене,
TSHIFT- укупно вријеме смјене (480 минута),
Pi - стварни капацитет багера у одређеном тренутку,
POi - планирани капацитет багера.

Критеријум који је користио Колоња (1992) је исти, осим што стварна производња багера експлицитно укључује капацитет свих камиона на путу/рути али камиона који су већ на утовару [53].

Видљиво је из формуле да случајна карактеристика мреже не мора да се узима у обзир, а тиме и продуктивност система може бити врло благо побољшана. Такође, мора се нагласити да неколико камиона узастопно може бити послато на исти багер који заостаје у производњи због ранијег квара у смјени. То може довести до стварања редова на багеру, док други багер може бити у стању мировања. Наравно, то може бити жељени ефект ако су постављени циљеви производње такви да се врши хомогенизација квалитета производа/маса са различитих мјеста утовара. Међутим, резултује жртвовањем укупне производње. Tan (1992) тврди да је овај критеријум може гарантовати оптимално рјешење линеарног програмирања ако се може игнорисати стохастичка карактеристика система. Нажалост, такви случајни утицаји су значајни за руднике и не могу се игнорисати [81].

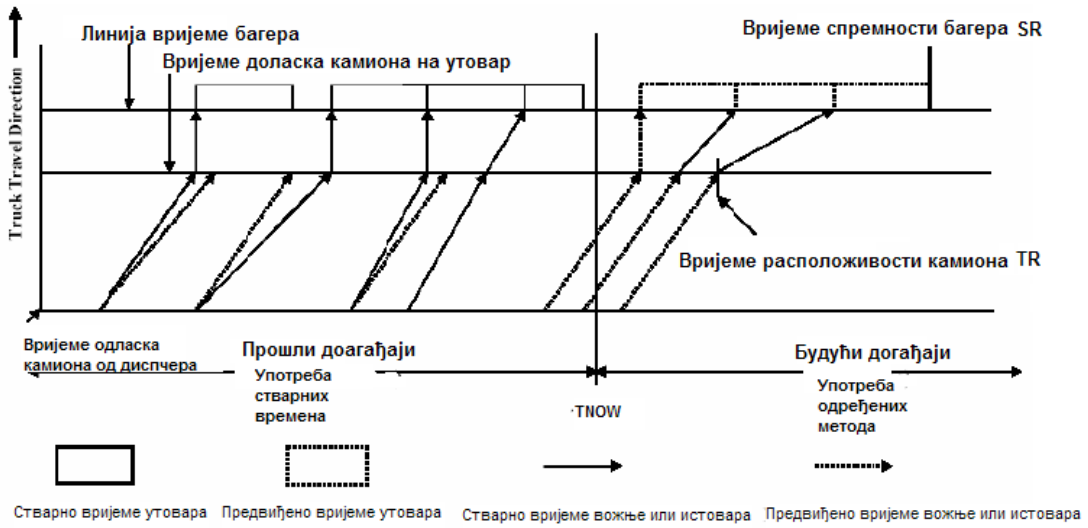
3.Минимизација времена чекања камиона (Minimizing Truck WaИTing Time MTWT [19]) **-** У овом критеријуму, празан камион се диспечерски додијељује багеру тако да тај распоред резултује најмањим временом чекања камиона који је на утовару. Циљ овог критеријума је повећање искоришћености и камиона и багера. Међутим, када је број камиона у систему релативно мали и камиони не чекају често на утовар на мјесту утовара, ово правило може довести до недовољне активности неких багера односно повећања времена чекања багера. Секундарно правило прекидања активног времена рада може бити потребно за диспечинг камиона и ова правила могу бити доминантна у односу на диспечерске одлуке. Ова политика се препоручује у рудницима гдје не постоје специфични производни циљеви багера и гдје не постоје захтјеви за хомогенизацијом материјала. Критеријум за доношење одлука је следећи:

$$k : \arg\min_i \{\max\{SR_i - TR_i\},0\}\},$$

Гдје је:
k - број багера којем је додијељен камион,
SR_i - вријеме расположивости багера за утовар тог камиона,
TR_i - вријеме спремности камиона да буде утоварен багером.

Треба напоменути ако (SR_I - TRi) је веће од нуле, онда оно одговара времену утовара багера. Вријеме спремности камиона (TRi) се дефинише као вријеме које је потребно камиону од тренутка упућивања од стране диспечера до тренутка када камион дође до багера на утовар и састоји се од збира тренутног времена, (TNOW), просјечног времена кретања из диспечерског центра до означеног багера. Вријеме расположивости багера (SRI) се дефинише као вријеме предвиђено за утовар свих камиона у реду код багера, укључујући и камион који је тренутно на утовару али и оне камионе који су на путу до багера али нису стигли на утовар. Дакле, вријеме доласка камиона који су тренутно на путу треба одредити за сваки багер. Користећи се овим временима доласка, гантограм се може урадити за сваки багер, и пружа најбољу процијену који багер је спреман за нови камион који креће из диспечерског центра или се налази на одређеној диспечерској тачки. Вријеме спремности багера се мијења и ажурира сваки пут када је камион буде достигао неку од диспечерских тачака, долази на или напушта мјесто утовара. Будући да тренутна времена нису позната у тренутку доношења диспечерске одлуке, стварно снимљене податке треба користити за догађаје који су се већ десили. За будуће догађаје, користе се просјечне вриједности за ажурирање гантограма багера.

Када камиони стигну до багера, могуће су следеће ситуације: багер је у стању мировања, те почиње да утовара камион у неком просјечном времену утовара, или да је багер заузет што изазива стварање редова на мјесту утовара. Ако је багер у стању мировања, нема времена чекања за камион и багер почиње утовар истог тренутка. Али, ако је багер заузет, камион чека у реду док не дође на ред. Осим тога, сви камиони долазе до багера у ред и чекају свој ред на багеру. Када је вријеме чекања нула, то значи да је камион позициониран и спреман за утовар и багер је завршио утовар на претходном камиону. Позитивно чекање значи да камион чека на ред код багера који се и даље врши утовар у други камион. Ту може или не мора бити осталих камиона у реду. Међутим, негативно чекање значи да је багер био у стању мировања за вријеме прије него што стигне камион. То заправо показује вријеме чекања багера на камион. У овој политици диспечинга, диспечер процјењује спремност багера за камионе и спремност багера да започне утовар камиона када исти пристигне. Диспечер затим врши избор багера са најмањим оптерећењем односно најмањим временом чекања.



Слика 3.5: Примјер гантограма утовара багера [19]

4.Минимизација врмена чекања багера (Minimizing Shovel WaITing Time MSWT) [19] - У овом систему, празан камион диспечер шаље ка багеру на којем ће чекати дуже вријеме или гдје се очекује да ће бити први следећи у реду код неког багера на мјесту утовара. Циљ овог критеријума је да се повећа искоришћеност багера смањењем његовог времена чекања. Једна од предности овог критеријума је да има тенденцију да избалансира капацитет багера равномјерно и даје резултате ближе циљевима побољшања. Али, овакав критеријум доводи до смањења укупне производње због дугог времена циклуса потребног да камион дође до наудаљенијег багера. Ова политика се препоручује у рудницима који имају строге захтјеве за квалитетом сировине/материјала чак иако је се не оптимизује производња. Осим тога, примјенљивији је код великих копова/рудника. Ако багери ријетко чекају на камионе у камионским подсистемима, ако се жели упросјечити вријеме застоја оваквим диспечерским одлукама потребно је користити:

$$k : \arg\min_i \{TR_i - SR_i\},$$

Гдје је:
k - број багера којем је додијељен камион,
SRi - вријеме спремности багера за утовар тог камиона,
Tri- вријеме расположивости камиона за утовар код багера.

Мора се истаћи да се вријеме вожње до мјеста утовара не узима у обзир код ове политике диспечинга. Такође, треба напоменути ако (Tri - SRI) је веће од нуле, значи да то вријеме одговара времену чекања багера на камион

5.Минимизација врмена циклуса камиона (Minimizing Truck Cycle Time MTCT) [19] - У овом критеријуму, празан камион се диспечерски шаље према багеру тако да се минимизује његово вријеме трајања циклуса. Циљ овог критеријума је да се повећа број циклуса камиона у току једне смјене. Вријеме циклуса камиона обухвата (TCT) вријеме потребно камиону да дође на мјесто утовара, вријеме чекања на мјесту утовара, вријеме утовара, вријеме вожње камиона до мјеста истовара и средње вријеме истовара камиона. Критеријум за доношење одлука је:

$$k : \arg\min_i \{TCT_i\},$$

Гдје је:
k – број багера коме је додјељен камион,
TCT_i: вријеме циклуса камиона за багер i.

На овај критериј снажно утиче вриједност циклуса камиона и укупни резултат (ефекат) је да је више камиона упућено ка багеру који је најближи камиону.

6.Минимизација засићености или покривености багера (Minimizing Shovel Saturation or Coverage MSC) **[19]** - У овом критеријуму, празан камион се шаље ка багеру који има најмањи степен засићености међу доступним багерима. Циљ овог правила је да се камиони шаљу ка багерима тако да се постиже рад багера без чекања на камионе. Степен засићења је дефинисан као однос између броја камиона који су додијељени багеру и жељеног број камиона који је требао бити додијељен багеру. Жељени број, познат и као број засићења, је однос броја просјечног времена кретања камиона са тачке у тренутку када се усмјерава ка багеру и просјечног времена утовара у камион. Критеријум за доношење одлука је следећи:

$$k : \arg\min_i \{(SR_i - TNOW) / TT_i\},$$

Гдје је:
k - број багера којем је камион додијељен,
SR_i - вријеме спремности багера за утовар одређеног камиона,
TNOW - вријеме протекло од почетка смјене,
TTi - средње вријеме вожње од диспечин тачке до багера који се додјељује.

Овај критеријум диспечинга покушава да искористи све багере у систему равномјерно и истовремено, те да се одржи равнотежа између захтјева појединих камиона. Ова политика диспечинга би била пожељна у рудницима са довољним бројем расположивих камиона а да би се испунили захтјеви багера.

7.Багер који се најприје може утоварати (Earliest Loading Shovel ELS) [19] - У овом критеријуму, празан камион се шаље ка багеру на којем ћа најраније бити утоварен. Ово правило има тенденцију да се смањи вријеме чекања камиона и спријече дуги редови на багеру на утовару. То би могло довести до неуравнотежених производњи различитих багера, јер се увијек камион шаље ка ближем багеру. Ово би могло довести до потешкоћа ако систем нема довољан број камиона. Критеријум за одлучивање је следећи:

$$k : \arg\min_i \{\max\{TR_i, SR_i\}\},$$

Гдје је:
k - број багера којем је камион додијељен,
SR_i - вријеме спремности багера за утовар одређеног камиона,
TR_i - вријеме расположивости камиона за утовар код багера.

У овом критеријуму диспечинга, удаљености између тачке са које се шаље камион диспечингом до багера има значајан утицај на резултате диспечинга.

8.Најдужа чекања багера (Longest WaИTing Shovel LWS)**[19]** - У овом критеријуму, празан камион се са неке тачке на траси шаље ка багеру који чека на камион најдуже. Циљ ове политике је балансирање производње међу свим багерима. Критеријум за одлучивање је:

$$k : \arg\max_i \{\max\{TR_i - SR_i\},0\}\},$$

Гдје је:
k - број багера којем је камион додијељен,
SR_i - вријеме спремности багера за утовар одређеног камиона,
TR_i - вријеме расположивости камиона за утовар код багера.

Мора се напоменути ако је (TRi- SRI) већи од нуле, што одговара времену чекања багера на камион. Ово правило се углавном преферира ако је мали број камиона који су систему.

Ако је број камиона у систему велики, важиће друга правила и одлуке у диспечингу.

9. Правило адаптирања (Adaptive Rule AR) [19] **-** Основни комбиновани критеријум је развијен након свеобухватне анализе и упоређивања различитих основних критеријума диспечинга који су раније наведени. У комбинованом критеријумима, који се називају као адаптивна правила, примјењује се правило да се камиони шаљу са тачке дипечинга узимајући у обзир стандардно коришћење и камиона и багера. Стандардизовано коришћење камиона се дефинише као однос разлике између тренутног коришћења камиона и средњег коришћења камиона подијељена са стандардном девијацијом коришћења камиона. Слично томе, стандардизовано коришћење багера се дефинише се као однос разлике између тренутног коришћења багера и средњег коришћења багера подијељено са стандардном девијацијом коришћења багера.

$$STU = \frac{TU_{cur} - TU_{mean}}{SDTU},$$

Гдје је:
STU - стандардно коришћење камиона,
TU_{cur} – тренутно коришћење камиона,
TU_{mean} – средње коришћење камиона,
SDTU – стандардна девијација коришћења камиона.
и

$$SSU = \frac{SU_{cur} - SU_{mean}}{SDSU},$$

Гдје је:
SSU - стандардно коришћење багера,
SU_{cur} - тренутно коришћење багера,
SU_{mean} - средње коришћење багера,
SDSU - стандардна девијација коришћења багера.

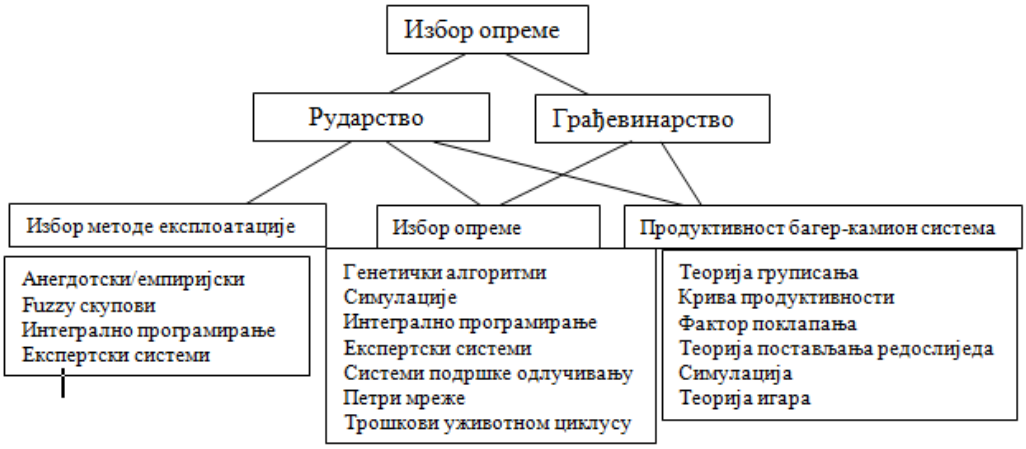
Ово адаптивно правило настоји постићи равнотежу између двије динамичке мјере перформанси система, (тј. коришћење камиона и коришћење багера). Критеријум одлучивања бира један од два основна правила диспечинга који имају најбоље перформансе за дату мјеру учинка. Два најбоља основна правила се бирају помоћу

резултата статистичке анализе симулације експеримената од наведених осам основних хеуристичких политика напријед.

Комплексно моделовање захтијева детаљно познавање програмских језика за симулације који се користе. У креирању модела диспечинга камиона, најважнији дио је симулација система. Када се врши симулација рада система багер/камион, битно је да метода буде прецизна и поуздана. Моделирање кретања камиона у комбинацији с продуктивношћу багера је најкритичнији аспекат симулације програма. Читав процес одлучивања је повезан са очекиваном продуктивношћу опреме. Софтвер за симулацију треба изабрати на основу тога колико је погодан за обим и ниво детаља специфичног система рада на копу које треба развити. Постоји много софтверских алата, као што су SIMAN (Arena), SLAM II, GPSS/H, AutoMod, који су доступни на тржишту који омогућавају развијање модела веће сложености. Они пружају одличан оквир за симулацију модела тако да сваки комплексни модел може да се развије и лако програмира уз већу флексибилност и у кратком временском периоду.

У процесном-интеракционом приступу, модели су изграђени као блок дијаграми у облику линеарних графикона протока *top-down* и описују проток субјеката у систему. Појам процес означава редослијед операција или активности према којима се субјекти могу кретати. Нпр. процес у систему рада багер-камион се може састојати од операције утовара, транспорта, истовара и кретања од мјеста истовара до мјеста утовара. Ентитети у моделу се користе за представљање карактеристика багера, камиона, информација о кваровима на опреми, система диспечинга и др. који се могу појавити у раду система багер-камион. Тако нпр. у GPSS/H симулационом језику заступљеност субјеката у GPSS/H се зову трансакција. GPSS/H модели садрже обично најмање један блок GENERATE који ствара трансакције у моделу и један или више блокова TERMINATE које модел ствара. Једна трансакција је створена за сваки камион у GENERATE блоку и нема одступања са цикличним кретањем. Трансакција тј. кретање камиона од једног до другог блока у дијаграму представља редослијед догађаја који може промијенити стање система за обављање посебних послова. Када се камион креће нпр. у SEIZE блоку то ће довести до промјене стања реда и ресурса и у том случају се камиони шаљу на нове дестинације у диспечерском тренутку након истовара материјала.

Друга питања оптимизације рада система багер-камион кажу да постоје многа истраживања везана за избор опреме у циљу оптимизације њеног рада а везана и за друге специфичне аспекте рада у рударству. У овој дисертацији се неће толико обрађивати питање избора опреме унутар избора методе експлоатације, параметара површинског копа и др.. Многи аутори у рјешавању таквих питања имају различитие приступе, сложеност у успјех [13].



Слика 3.6. Дистрибуција литературе и примјењених техника за проблем избора опреме

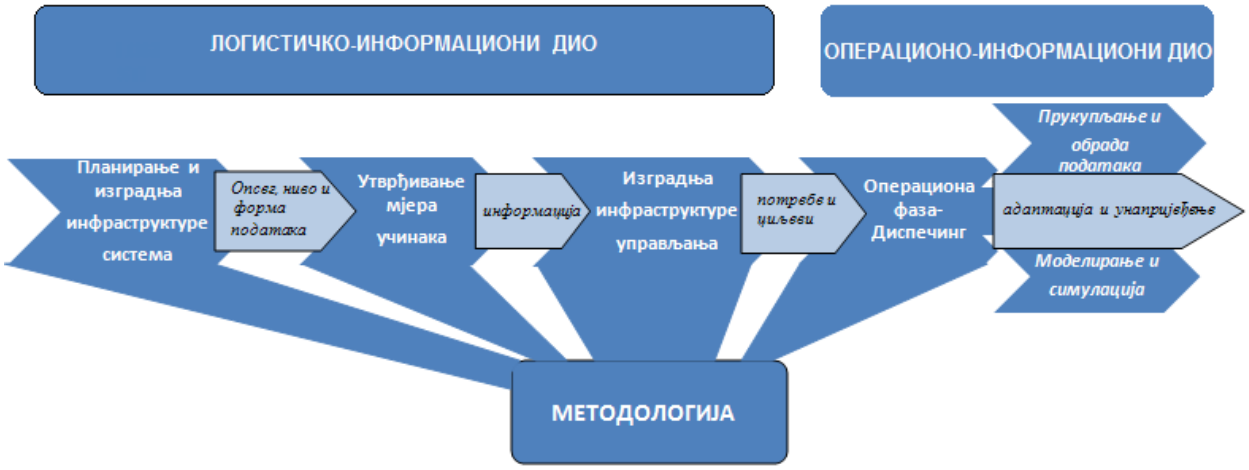
4. МЕТОДОЛОГИЈА УПРАВЉАЊА ДИСКОНТИНУАЛНИМ СИСТЕМИМА ЕКСПЛОАТАЦИЈЕ НА ПОВРШИНСКИМ КОПОВИМА

Истраживање оправданости и развоја методологија за развој модела управљања дисконтинуалним системима системима површинске експлоатације и уопште рударске производње је приказано у претходним погављима. Тако су дати прикази и описи историјског и техничког развоја производног управљања а посебно у рударству пошто су оперативна ограничења, циљеви али и „култура“ различити. Информациона технологија (ИТ) је идентификована као алат за управљање који се много више користи можда у другим индустријским гранама али који се исто тако може у великој мјери користити и у рударству.

У овом поглављу се даје приказ теоретских основа, начини размишљања при реализацији те саме процедуре и предметне методологије формирања модела управљања. Циљ ове методологије је максимално могуће коришћење информационих технологија, савремених техника управљања уз уважавање свих специфичности рударске индустрије и сваког појединог рудника. Предложени модел треба да буде флексибилан са значајнијим утицајем менаџмента рудника на сам производни систем рудника. Такође модел треба да идентификује подручја односно основне фазе саме методологије:

- **Планирање и изградња инфраструктуре система:** овом фазом је потребно обезбиједити прилагодљивост система у будућности тако што би се израдио нацрт система управљања, а узимајући у обзир предвиђену технологију и корпоративне циљеве. Ограничења која би се уградила у систем управљања могу се избјећи сагледавањем дугорочног развоја ИТ и система управљања.Приликом изградње инфаструктуре система се моделују подаци и организују различити извори података што је релативно комплексно питање у рударској индустрији
- **Утврђивање мјера-начина вриједовања и учинака:** мјерење је кључ за остаривање продуктивности али и камен темељац за креирање информација које се користе приликом оперативног управљања. Обрачунска мјерења стварају услове за адаптацију и побољшање резултата унапријеђења производних и технолошких процеса. У овој фази се развијају начини мјерења и обрачуна.
- **Изградња инфраструктуре управљања:** за коришћење и одржавање било којег система управљања потребна је организациона шема. У овој фази се развијају (пројектују) и примјењују одговарајући процедурални механизми како би се обезбиједило ефективно управљање над системом рударске производње.
- **Операциона фаза-Диспечинг:** у овој фази се обрађују питања која се односе на начин коришћења, одржавања и будућег развоја система управљања , при чему се значај придаје што ефектнијем ***Прикупљању и статистичкој обради података*** из самог производног процеса те ***Коришћењу симулационог модела*** који даје естимације понашања система у будућем периоду, што умногоме олакшава менаџменту доношење одлука у смислу оптималног коришћења опреме у самом производном процесу.

На слици 4.1. је приказана структура овог поглавља и свака фаза се обрађује посебно, тако што је приказана теоретска основа за сваку од њих. Ове основе се могу прихватити као опште смјернице, процедуре и методологија за лица која се баве управљањем рударским производним процесима.



Слика 4.1. Методологија формирања модела управљања дисконтнуалним системима површинске експлоатације

4.1. Фаза планирања и изградње инфраструктуре система

Стартешки план развоја модела за управљање дисконтинуалним системима површинске експлоатације, посматраног у цјелокупном систему пословања рудника, је од кључног значаја за дугорочну ефективност ових система. Допунски корак у системском планирању је неопходан због значајне комплексности ИТ-а и пословних питања. Систем пролази кроз свој животни циклус од врха ка дну, при чему су, на сваком нивоу, основни елементи људи, подаци, активности, мреже и технологија. Уз дефинисање пословних питања и њихов развој у функционалан технички систем, сам систем се све више усложњава. Пошто је сврха овог рада да се дефинише нов модел управљања овим видом површинске експлоатације, планирање развоја вијека система је од великог значаја.

Циљ системског планирања је свеобухватно сагледавање система менаџмента рудника, који аутоматски ствара потребу за унапређење оперативних процеса. При експлоатацији минералних сировина не може се утицати на низ фактора као што су геолошке карактеристике лежишта, цијена минералне сировине на тржишту, метеоролошки услови, постојећа инфраструктура или законска регулатива. Побољшавање пословних перформанси постиже се активностима усмјереним на смањење трошкова, оптимизацију производних процеса и већем искоришћењу постојећих ресурса. Самим тим је циљ планирања стварање процедура, ИТ инфраструктуре, мјерења и обрачуна који би институционализовали и омогућили такве оперативне и управљачке процесе који би се могли унапређивати. У циљу покретања овог развоја, потребно је сагледати општи смјер развоја система. У овом поптоглављу се дају начини сагледавања, алати који се могу користити, форма излазних података и шта се са истим може радити а све на примјеру површинског копа угља "Богутово Село" Угљевик.

4.1.1. Припремна фаза

Припремна фаза подразумијева формирање тима за израду који се састоји од оперативних и сервисних менаџера односно запослених у самом предузећу са једне стране и представника који користе ИТ технологије из самог предузећа и конструктора самог система као екстерних учесника у тиму. Дефинисање система управљања треба да буде резултат тимског рада, као и у случајевима редизајнирања истих а "типични" чланови тима треба да су представници: оперативе (надзорници, смјеновође), инжењеринга (главни инжењер производње), одржавања (управници), припреме и прераде (управници и потенцијално клијенти/потрошачи), ИТ одсјека али и спољни сарадници (консултанти, научни радници за експертизу система управљања и ИТ програмери).

У овој фази се налази такође и процес обуке учесника и упознавање са ИТ и техникама управљања. При томе вођа тима, као наисјкуснији члан разматра и образлаже предности и користи самог процеса креирања информационог система.

4.1.2. Визуелно приказивање

Као следећи корак у овој фази јесте поставка изгледа система управљања са описом истог, који је прихватљив и разумљив менаџменту. Процес постављања изгледа и структуре систма управљања чини дефинисање визије управљачких улазних података потребних за оперативу и поједине операције. Визуелни приказ се може радити сликовито помоћу познатих алата који сликовито представљају дијелове система и њихове међусобне везе.

Алати за визуализацију - Примијењени метод има могућност да се процеси у рударском систему ефикасно представе. Постоје различите технике за опис процеса, а неке од њих су:

- Шема тока (Flowcharting);
- Мапирање процеса;
- Унакрсно-функционално мапирање;
- Методологија меких система (SSM);
- Анализа сценарија;
- Системско размишљање (Senge's);
- Објектно оријентисано моделовање на језику UML (Unified Modeling Language)

Помоћу ових алата треба оквирно скицирати мапу тренутних процеса у оперативним и сервисним системима. Недостатак сличности ових алата са процесима у рударству највјероватније ће резултовати примјеном најједноставнијих метода, као што су мапирање процеса и израде шеме тока (flowcharting).

Графичка презентација система помаже да се схвати начин на који систем функционише и потребно је постићи консензус у тиму за израду. У овој фази потребно је кроз састанке и дискусије сагледати и окарактерисати рударски производни систем, сагледати сву документацију везану за фунцкионисање система у циљу разумијевања свих ограничења и начина понашања појединих технолошких цјелина. Уз то је потребно документовати и техничке и социјалне специфичности система, што је могуће урадити одговорима на

одређену листу питања. До одговора се долази консензусом а исти практично откривају кључне системе и рударске процесе а питања могу бити:

- Како рудник контролише друштвену/радничку компоненту?
- Шта желе унутрашњи и спољашњи клијенти - шта и како они мјере на својим улазима?
- Који су кључни технолошки процеси у руднику (како изгледа ланац вриједности рада)?
- Како се стратешке директиве спроводе у акцију?
- Колико су ефективни рударски руководиоци?
- Да ли су одговорности у тактичкој управљачкој структури јасно дефинисане и схваћене?
- Које су кључне позитивне и негативне културолошке карактеристике рудника?
- Колики је повраћај вриједности и јединична цијена?
- Предвидјети технолошки развој у наредних десет година у области рударских метода експлоатације и начина њихове примјене.

Пошто се утврде одређени циљеви, може се заузети проактиван став. Почетни кључни аспекти који се морају анализирати код пројектовања модела управљања су:

- Разумијевање и мјерење улаза и излаза оперативних и менаџерских процеса;
- Разумијевање потреба радника у смислу надзора, мотивације и учествовања;
- Разумијевање тренутне културе рада и менаџерског система који би био потребан за постизање жељене културе рада;
- Разумијевање утицаја менаџерске структуре на квалитет и ефективност различитих функционалних организационих целина;
- Разумијевање улаза и излаза стратешког система менаџмента.

Резултат визуелизације је општи план развоја (еволуције) система менаџмента. Када се одреде дугорочни захтјеви, као и кључни захтјеви тактичког управљања, практично је задат план примјене специфичних менаџерских елемената. Потребни кључни елементи било ког модела су четири дијела, већ наведена у овом поглављу (план, подаци, мјерења и инфраструктура менаџмента), али специфични механизми са којима би се остварио резултат се разликују од рудника до рудника. Поново треба нагласити да горе предложени модел управљања дисконтинуалним системима површинске експлоатације и његов развој није примјењив за сваки рудник. Различити рудници могу одредити различите путеве развоја пошто се могу разликовати по технологији рада и примијењеној опреми, методама, рударској култури и по другим важним факторима.

Фаза планирања система представља процес мапирања развоја модела. Због тога је потребна припрема овог процеса, током које се врши избор тима и његова обука. После припреме, приступа се процесу визуелног приказа током којег се дефинишу и документују циљеви и развој (еволуција) оваквог модела са предвиђањем будућих потреба за подацима и ресурсима модела управљања. Након ових активности слиједи изградња инфраструктуре система.

4.1.3. Изградња инфараструктуре система

При одређивању инфраструктуре података у систему треба направити разлику између обавеза које ће на себе преузети тактички менаџмент рудника и обавеза добављача информационих технологија (ИТ). Менаџери треба да буду упознати са неким теоријама о моделовању података, а како би се кључни подаци сакупили у формату који се може користити у релационим базама података. Због тога је потребан кратак осврт на релационе базе података. Такође, биће наведен и приједлог потребних података за попуњавање одабране базе података.

4.1.3.1 Релационе базе података

Коришћен је модел података за избор одговарајућих података за релациону базу података да би се постигла флексибилност за давање информација планираном систему управљања подацима. Теорија релационих база података пружа механизам за опис података. Нема потребе да менаџери рудника буду стручњаци у пројектовању база података, али је међутим од значаја да разумију основе пројектовања базе података, а како би се избјегли одређени недостаци. Основни концепти о моделирању података су наведени у наредним поглављима.

Основна номенклатура података - Током пројектовања базе података, подаци се описују на три различита апстрактна нивоа: реалност (стваран свијет), мета-подаци (информација о подацима) и стварни подаци.

Реалност је организација сама по себи, по правилу скуп људи, објеката, постројења и процедура организованих на начин да се испуне одређени циљеви. ***Ентитет*** је појединачан објект, концепт или догађај о коме организација жели да прикупља податке. ***Класа*** ентитета, такође позната и као скуп ентитета или типова, је колекција ентитета које имају заједничке карактеристике. ***Атрибут*** је особина ентитета који се жели пратити. Сваки ентитет мора имати јединствени атрибут који се зове идентификатор ("кључ"). Асоцијација је однос између различитих ентитета у истој класи или између ентитета двије или више класа.

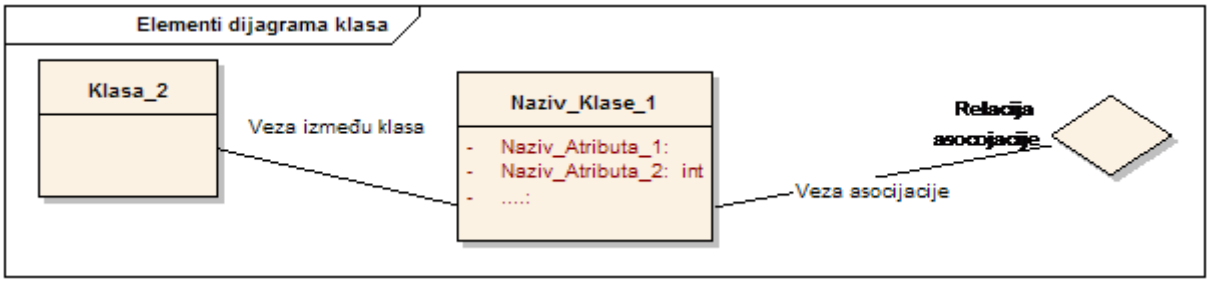
Мета-подаци су информација о подацима који се сакупљају. Мета-подаци се складиште у "архиви о организационим подацима". За сваку класу ентитета у стварном свијету, по правилу постоји један тип записа (*record*) дефинисан у оквиру мета-података. Атрибут је најмања јединица података у бази података која има значаја за корисника. Примјер атрибута би био Радник-Име или Радник-Број. Примјер употребе појединих синонима у рударским предузећима су карактеристични за поједине технолошке цјелине. Скуп података је колекција појединачних података који су повезани релацијом асоцијације. На примјер, Презиме и Име су појединачни атрибути који могу бити у скупу. Запис (*record*) је колекција појединачних података и/или скупова података. На примјер, за класу ентитета под називом "Камион" може се одабрати тип података који се зове "Податак Камиона". Кључ је податак који се користи за избор једног или више рекорда. Примарни кључ је појединачни податак који на јединствени начин одређује рекорд и његов еквивалент према идентификатору у реалности. Секундарни кључ је појединачни податак који одређује

неколико рекорда који имају исту особину. У домену података, подаци се појављују у рекордима који садрже вриједности података, са којима се описује одређени ентитет. На примјер, у неком руднику постоји 100 мобилних машина и то у класи ентитета мобилне машине. Ово значи да постоји 100 записа (рекорда) о мобилним машинама у бази података, али само једна дефиниција овог типа рекорда у мета-подацима (само једна дефиниција мобилних машина). Датотека (фајл) је именована колекција свих појава одређеног типа рекорда. На пример, фајл мобилних машина састоји се од 100 података о мобилним машинама. Фајл може бити представљен која се тове још и "раван фајл" ("flat file").

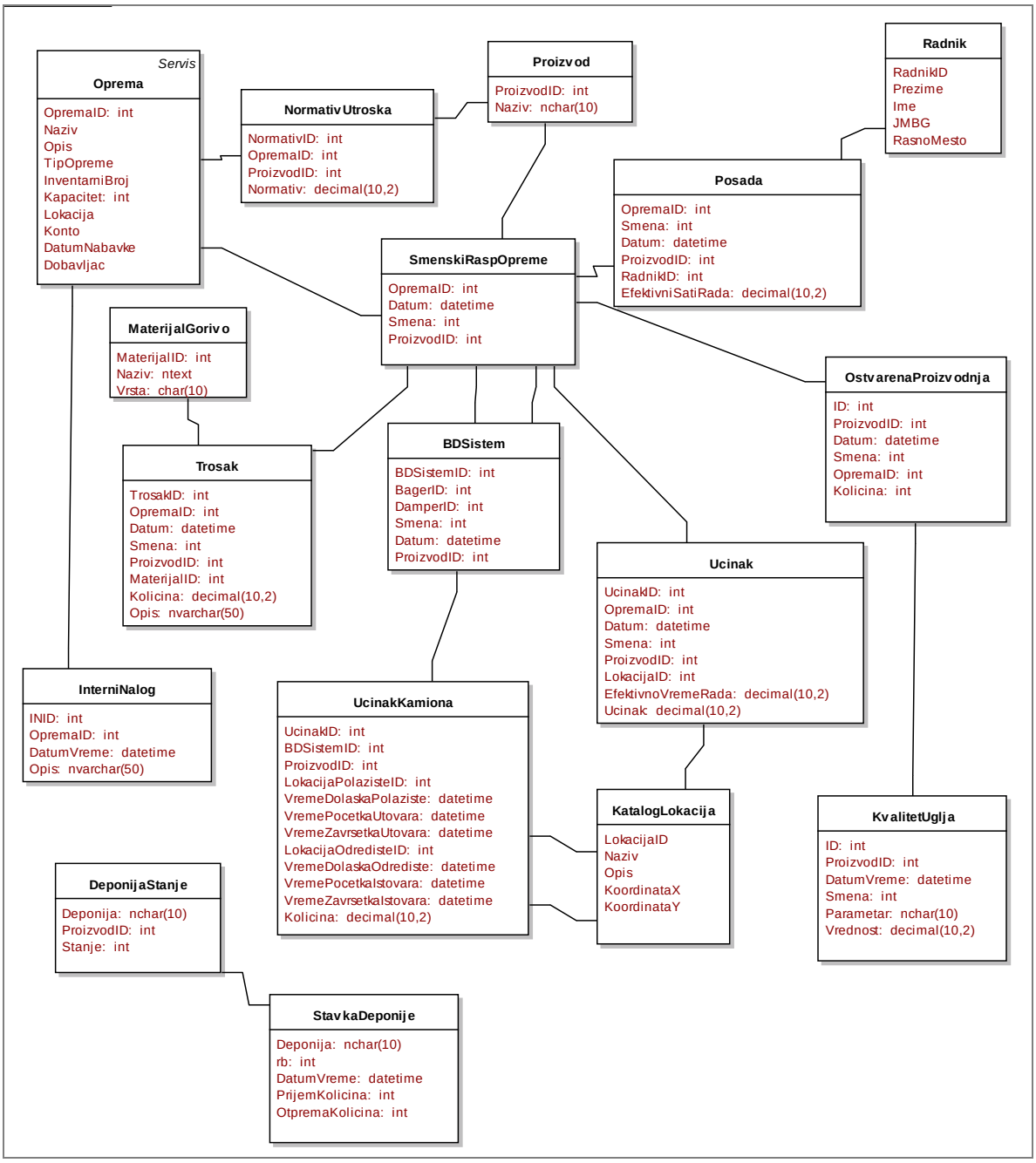
4.1.4. Модели података

Веома је важно уочити разлику између модела података и протока података. Модел података су унутрашњи, логички односи између података, без обзира ко управља подацима или шта се са њима ради. Проток података приказује начин на који се са њима рукује у самом руднику, односно ко рукује подацима, гдје се складиште и како се њима управља. За приказ модела података користи се шематска номенклатура, при чему су многе развијене као алати за софтверски инжењеринг примјеном рачунара – "Computer Assisted Software Engineering" (CASE). На слици 4.2. приказани су основни елементи дијаграма класа из UML-а. Ово је приказано како би се могао разумјети примјер модела рудничких података. UML дијаграми ће се искористити за опис начина на који се интегришу подаци, а у циљу формирања информације. На слици 4.3. приказан је модел података производње, односно записа производње, појединачне производње и на ком радилишту је она остварена. Остварена производња се додјељује руковаоцу и израчунава повезивањем са записом о производњи са радним мјестом гдје је рад обављан, опремом коју је руковалац користио током производње али и свим другим релевантним подацима.

Постоји много више теоријских аспеката који се тичу пројектовања базе података, конструисања и управљања него што је претходно приказано. Хијерархијске и мрежне базе података такође су у широкој употреби, а теорија веза база података много је комплекснија него што је овдје описано. Излагањем се хтјело да покаже како улазни подаци треба да буду идентификовани и од управе рудника и од пројектаната базе података. Важно је схватити да компјутерски стручњаци за базе података не морају да буду експерти за рударство, док се за руководиоце у руднику не очекује да су стручњаци за базе података.



Слика 4.2 Елементи дијаграма класа из UML-а-уопштено



Слика 4.3. Примјер Модел података производње на ПК "Богутово Село"

4.1.4.1. Релациона база података производних процеса

При конструисању повезаних релационих база података стварају се модели података. Рудник који је отворен и ради, већ посједује базе података развијене за посебне намјене, као што су:

- одржавање документације радних налога;
- документација о набавкама;
- производна документација;
- рачуноводствене трансакције;
- географски и геолошки информациони систем (GIS);
- докуметација о запосленима и обуци.

Ове базе података се пројектују за њихове очекиване кориснике а изведени модели података се интегришу како би се текућем задатку односно податку о производњи могао придружити податак о рачуноводственим трансакцијама којима се плаћа за обављени посао. То је практично формирање производне базе података, па данас већина рудника захтјева образовање производне и трошковне базе података, и у том циљу се формирају релациони модели података (слика 4.4.).

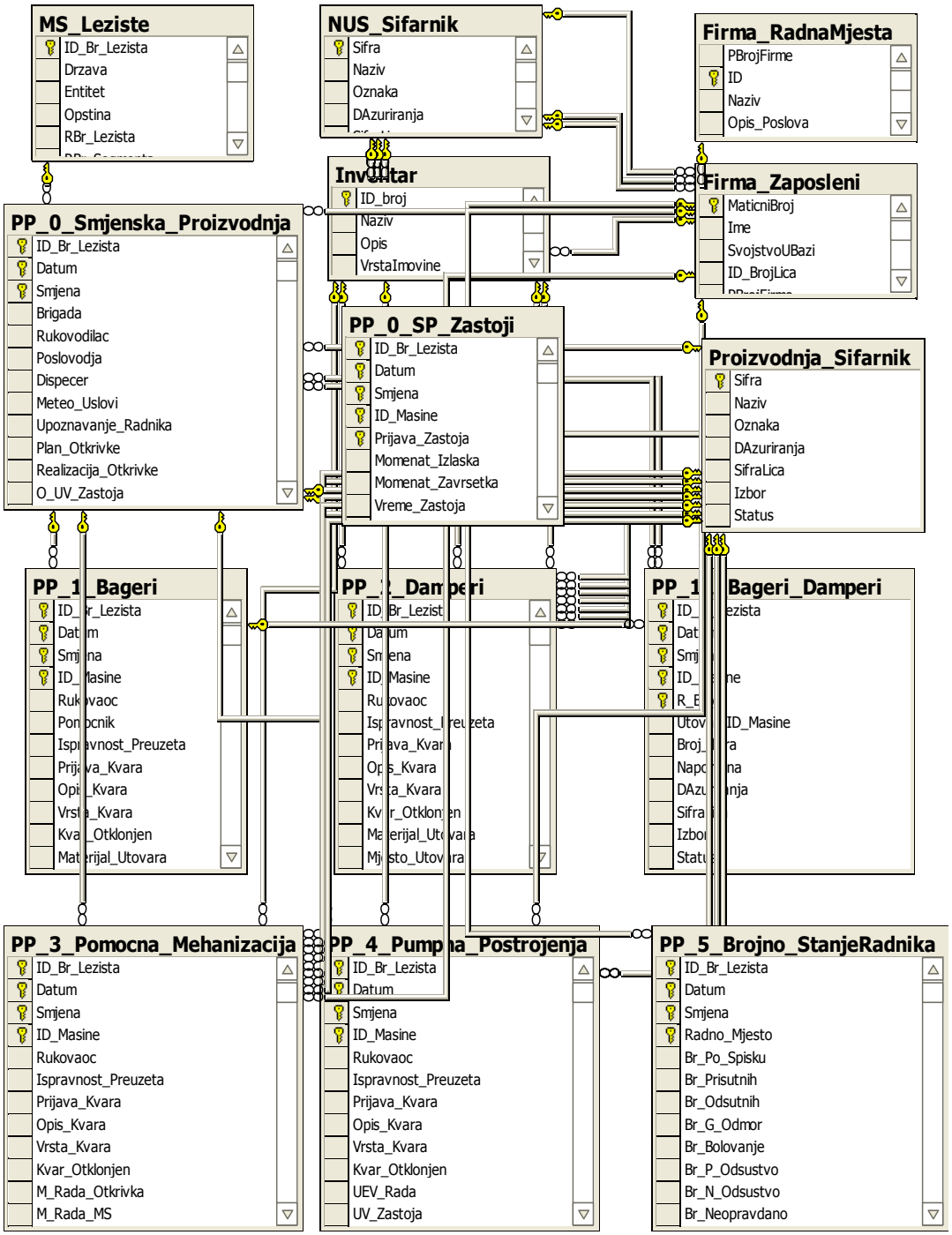
Централизоване базе података о производњи могу постојати тамо гдје је примијењен аутоматски надзор и контролна технологија, односно гдје постоје диспечерски системи. Проблем у таквим случајевима јесте да рудници често одржавају податке, али ријетко пројектују производне податке онако како је потребно повезаним базама података. Овај недостатак стандарда резултује се у обради података која варира са временом те је отуда непоуздана.

Кључни дио који је неопходно ријешиити јесте ставарање базе података о производним процесима са статистичким подацима заснованим на процесу рада. Производну базу података засновану на процесу треба пројектовати коришћењем основне теорије, раније поменутих, спрегнутих база података. Будући да је сваки рудник јединствен, и номенклатура рудника је промјенљива, за сваки се мора формирати специфична производна база података. Може се претпоставити да како производне базе података буду постајале значајније у рударству, могле би у будућности бити створени и стандардни поступци. Ово би могло донијети корист рудницима пошто би се статистика о процесима и продуктивности процеса рада могла ефективно упоређивати.

Спрегнута база података заснована на процесу ствара се чврстим повезивањем улазних података о процесу, из рачуноводства и одржавања, са излазним подацима о производњи у тонама или трошковима произведене тоне. Повезивање трошкова са производњом традиционално је било спровођено на вишем нивоу, гдје су укупни резултати у руднику као што су произведене тоне били упоређивани са укупним улазом као што је укупни трошак у еврима. Могућност повезивања излаза и улаза на нижим нивоима омогућава већу разноврсност анализе и видљивост успјешности процеса производње.

Интеграција се може остварити у току фазе пројектовања производне базе података. Осигуравши да се производне цјелине могу одговарајуће повезати, омогућава се анализа различитих података улаза и излаза у процес. На примјер, трошкови утоварно-транспортног система могу бити повезани са појединачном опремом у систему. Са своје стране, опрема може бити повезана са реализованом производњом, тако да се једноставно може одредити дио трошка по јединици производње. Из базе података, на овај начин повезане, може се упоредити продуктивност опреме са трошковима одржавања исте.

Modul: PROIZVODNJA



Слика 4.4. Релациони модел података Производња

4.1.4.2. Могућности коришћења готових система

Данас на тржишту постоји одређени број компанија које нуде своје системе рудницима- Microsoft Access™, модуларни систем MINCOM™, интегрални систем SAP™. Ваља уочити да су многи неадаптибилни, тешко се интегришу, тешки за учење, прескупи и компликовани за употребу. Најбољи понуђач са одговарајућим системом још увијек може бити промашај уколико рудник и његов менаџмент није вољан да предузме значајне промјене које се траже да би се очекивали задовољавајући резултати од примјене истих.

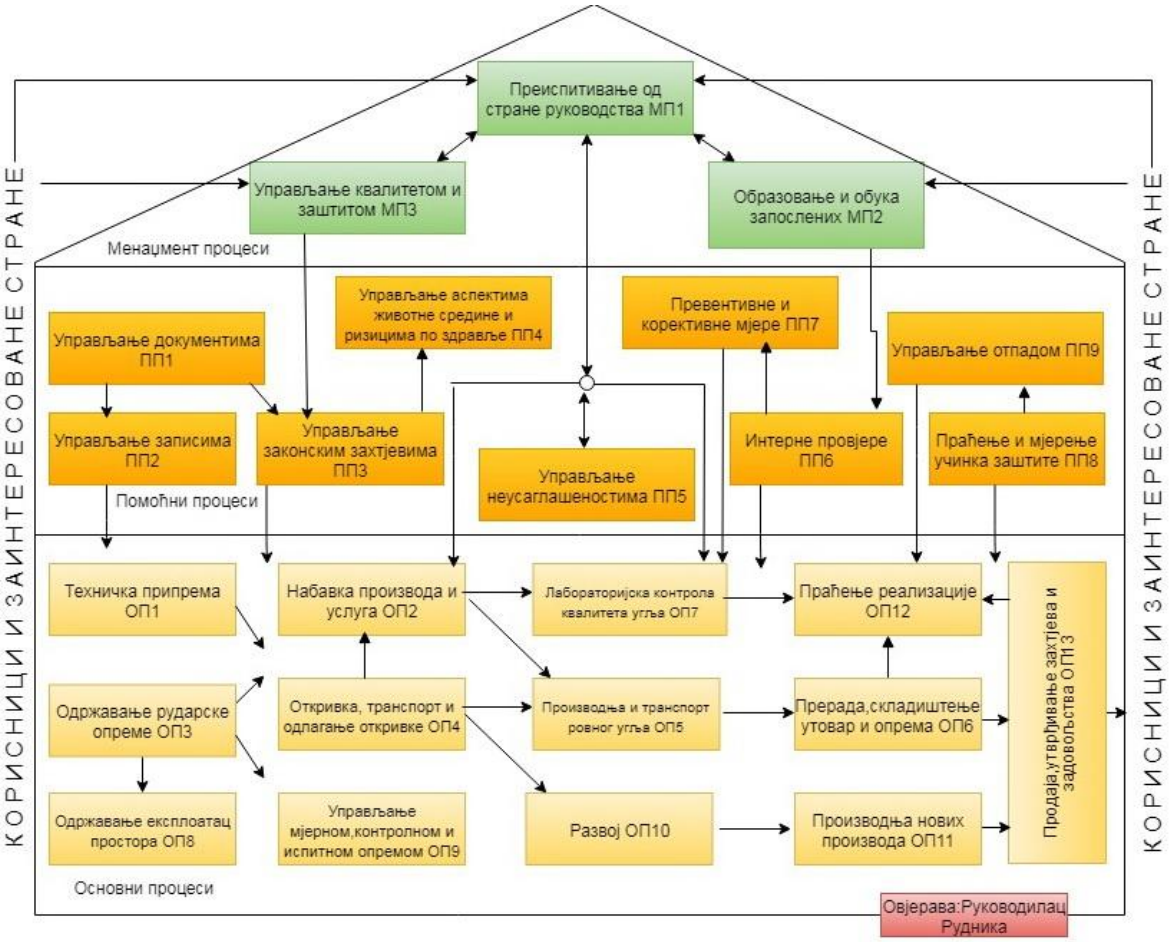
4.1.4.3. Подаци за праћење и прикупљање

Као што је раније поменуто, план система и детаљне мапе процеса су основа потребна да се дефинише који су подаци важни те их треба унијети у инфраструктуру ИТ. Пошто је сваки рудник различит а планови система могу се мијењати, нису све ставке података потребне или расположиве. Слично, нису ни све мапе процеса исте. Процесна мапа приказана је овдје да се покаже како улази и излази за инфраструктуру података могу бити идентификовани.

4.1.5. Мапа процеса

Мапа процеса може помоћи да се идентификује радни ток, компоненте улаза и излаза и интеракција између процеса. Пошто је сваки рудник различит, генеричке рударске мапе процеса не могу бити примјенљиве на сваку дјелатност. На слици 4.5. је приказан процесни модел комплетног Рудника Угљевик који представља модел међусобно зависних процеса. Модел описује све процесе система везане и за остваривање квалитета и заштите животне средине, здравља и безбједности на раду, чиме се осигурава хоризонтална и вертикална интеграција пословних процеса, и омогућује организацији стално побољшање QMS, EMS i OHSMS система. Приказују се матрице управљачких, помоћних и основних процеса из којих се могу утврдити власници процеса, метрика, документа процеса и други релевантни параметри процеса. Поред матрица процеса могу се дефинисати и матрице посебних одговорности по појединим процесима и фунакционалним цјелинама.

На слици 4.6. је приказана структура модела везана за сам површински коп Богутово Село као основни производни ентитет са основним процесима - фунционалним цјелинама на површинском копу. Приказани су кључни процеси у дисконтинуланим системима површинске експлоатације којима се управља са циљем максималне продуктивности система. Мапе капацитета могу такође помоћи да се идентификују као ставке података значајне за праћење у циљу управљања капацитетом (анализа капацитета наведена је као једна од компонената у развоју).

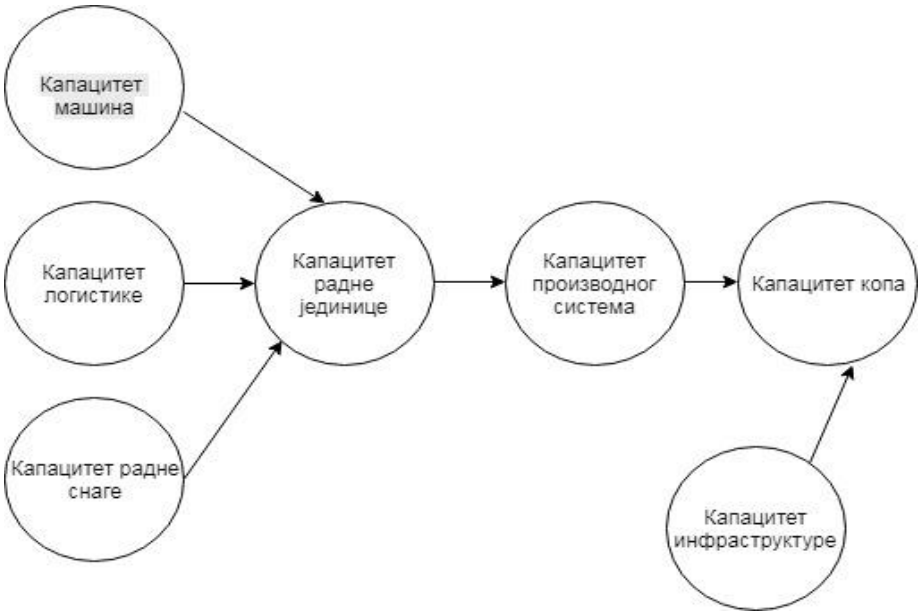


Слика 4.5. Процесни модел Рудника Угљевик

Слика 4.6. Модел процеса на ПК "Богутово Село"

Оваква мапа процеса показује на примјер како везе ентитета Производња и свих аспеката/утицајних фактора као што су одржавање, природни услови/радна средина, локација, радна мјеста и производне јединице могу бити успостављене. Повезивање ентитета, као што је дио механизације и радилиште, може се учинити значајним ако се база података користи за израчунавање капацитета производне јединице.

Принципијелно обим улазних података као што су механизација (капацитет), минерлана сировина/материјал (обим производње) и рад (обим људских ресурса) утичу на излаз сваког посебног радног мјеста и то је приказано на слици 4.7. Различите производне јединице у рудницима имају различита ограничења као што су: карактеристике радне средине, стабилност радних косина, заводњеност радне средине итд. На примјер, може се уочити да излаз једног процеса као што је санација клизишта, представља ново радилиште - непланирано, отуда производна база података мора укључити све ставке података о радилишту. На овај начин се трошкови санације клизишта могу евидентирати и повезати у бази података са производном јединицом.



Слика 4.7. Уопштена хијерархија/мапа капацитета у систему

4.1.5.1. Ставке података/информација

По искуству неке информације су већ интегрисане у извјесном степену. На примјер, производне јединице су често придружене уз посебне датуме. Знајући датум и број људи запослен тога дана, могу бити познате рачуноводствене трансакције којима су плаћени рудари тога дана. Отуда се број радних часова приближно потребан за дати ниво производње може одредити за тај дан. Нажалост, ниво ових информација је превише уопштен да обезбиједи сазнања о нивоу производње. Због тога је потребно прикупити податке о процесу производње, а довољно детаљне улазне и излазне податке удружити једне с другима. То би дало ИТ инфраструктуру подесну за модеран рударски управљачки систем. Препоручује се да се користе опште ставке, као што су поступци и датуми, да би се интегрисали подаци унутар и између улаза и излаза.

Ту се могу дефинисати ставке које би ваљало сакупити. Многе од ових ставки података могу већ бити сакупљене у рудницима. План система и мапа процеса у руднику могу се користити да се идентификују подаци који недостају а ти изостављени елементи комплетирају инфраструктуру података. Овдје се наводи примјер информација које се сакупљају у склопу интегрисаног информационог система везане за дисконтинуални прозводни систем багер-камион - Табела 4.1.

Табела 4.1. Могуће ставке података/информација које се сакупљају

Основне информације	Остале базне информације	Изведене информације/ показатељи рада	Додатне информације
- Ознака камиона, - Ознака багера, - Носивост камиона по циклусу, - Врста материјала за утовар, - Вријеме доласка камиона на утовар, - Вријеме доласка камиона на истовар.	- Брзина кретања камиона, - Потрошња горива, - Застоји камиона у току циклуса, - Вријеме утовара камиона, - Вријеме истовара камиона, - Вријеме чекања камиона, - Промјена дужине трасе камиона (на радилишту багера и одлагалишту), - Упозорење о кваровима, - Дијагноза кварова и сл.	**1. За багер:** - Вријеме почетка смјенског рада багера, - Вријеме завршетка рада багера у смјени, - Ефективно вријеме рада багера, - Коефицијент искориштења смјенског времена, - Укупно утоварена маса у смјени, - Утоварена маса по врсти минералне сировине, - Процентуално испуњење смјенског плана, - Смјенска зарада руковаоца багера. **2. За камионе:** - Вријеме почетка смјенског рада камиона, - Вријеме завршетка рада камиона у смјени, - Ефективно вријеме рада камиона, - Коефицијент искориштења смјенског времена, - Претранспортована маса, - Трајање циклуса камиона, - Вријеме кретања пуног каиона, - Вријеме кретања празног камиона, - Врста протранспортоване масе, - Број циклуса у смјени, - Број циклуса на сат, - Превезена маса у току смјене, - Коефицијент искориштене носивости камиона, - Процентуално испуњење смјенског плана, - График истовара камиона и - Смјенска зарада руковаоца камиона	-Производну статистику превезених маса, -Дијаграме укупне масе и по врстама, -Број транспортних циклуса по свакој врсти превезене масе, -Број циклуса при малим и великим оптерећењима камиона, -Статистику различитих радних режима камиона, -Вријеме наредног превентивног одржавања и сл.

Изведене информације - Изведене информације на основу регистрованих информација су основа савременог управљања дисконтинуалним системима на површинским коповима. На основу традиционалних регистрованих показатеља/информација могу се изразити показатељи рада дисконтинуалних система. Уз то савремено опремљени камиони и опрема може давати и додатне информације.

Информациони систем, односно његова инфраструктура, се успоставља на основу идентификације утицајних фактора на рад система као и по критеријуму минимално неопходног број регистрованих информација потребних за рјешење максималног броја разних задатака везаних за планирање и управљање системом. Информациони систем обезбјеђује информације за управљање важних процеса а по различитим нивоима руковођења и менаџмента (макро процеси, подпроцеси и функциони процеси). Број и садржина регистрованих и изведених информација и њихова периодичност требају одговарати захтјевима статистичке обраде података и њихове даље обраде а према потребама компанија.

Основни фактори са аспекта радних услова који могу утицати на рад система багер-камион и информације које се сакупљају:

17. Услови саобраћајнице (промјенљиви и стални)
- Промјенљиви (коефицијент адхезије, стање путне подлоге, видљивост, интензитет, густина и режим кретања камиона).
- Стални (конструкција пута: уздужни профил, ширина, укрштања и сл.).
18. Атмосферско – климатски услови (температура ваздуха, притисак и влажност).
19. Карактеристике транспортне мреже (елементи система, багери-камиони, врста и обим транспорта, нагиби, претоварна мјеста и сл.).
20. Приступачност система.
21. Удобност система (везе, исхрана и сл.).
22. Социјална брига о систему (награде и сл.).
23. Расположивост елемената система.
24. Технолошке операције.
25. Информације о условима рада.
26. Безбједност.
27. Заштита животне средине.
28. Радна средина.
29. Радни амбијент система
30. Организациони ниво рада (опрема, алат, р/д и сл.).
31. Поузданост система.
32. Веза са другим техничко-технолошким системима (складишта, сепарације, букери и сл.)

Поред ставки које сакупљамо могуће је дефинисати и ставке корисних излазних података у случају интегрисаног информационог система везаних за дисконтинуални прозводни систем багер-камион. Табела 4.2. приказује примјер излазних података приликом праћења рада и застоја механизације. Сви подаци могу бити шифрирани а могуће је све излазне податке груписати у основне ставке података као на примјеру производног система багер-камион на површинском копу "Богутово Село". Дефинитивно структура улазних и излазних ставки треба да инфарструктуру система учини подеснијом и лакшом за руковање и попуњавање информација.

Табела 4.2. Излазне ставке/ подаци Праћења рада и застоја механизације

Праћење рада и застоја механизације		
Шифарници	Фунције и документи	Извјештаји
- Врсте локација - Локације на копу (шифра, назив, врста локације, шифра надредјене локације, удаљеност од надредјене локације) - Врсте механизације (утоварна, транспортна, булдозери ....) - Ресурси – Механизација Интерни ID број (два нивоа) Каталошки назив Носивост/капацитет по јединици Врста машине Тренутна локација на копу Потрошња горива по сату Тренутно стање У експлоатацији Застој-врста Датум и вријеме застоја (ажурира се на основу пријаве квара или застоја код диспечера) Период за ремонт Датум задњег ремонта (ажурира се затварањем налога за ремонт) Машине којој припада (распоред по машинама ажурира се на бази акција евидентичара) - Врсте кварова(Машински, Електро) - Кварови (ID квара, Назив – за формирање каталога кварова и стандардизацију догадјаја) -Врсте застоја машина -Врсте производа(Откривка, Угаљ ....)	- Праћење стања машина (Графички приказ – диспечер, технички руководиоци) Радно стање Активан Застоји по врстама (машински, електро, технолошки) Распоред машина. - Евидентирање застоја машина (Диспечер) Врста Датум и вријеме - Захтјеви за рад (Диспечер) Груписање кварова Опис квара Датум и вријеме издавања захтјева за рад - Смјенски план распореда машина (Диспечер-пословодја) Формира се на бази тренутног распореда Корекције постојећег стања по захтјевима за ту смјену Штампа се и проследјује пословодјама на почетку смјене - Дефинисање локације машина/Одредјивање локације (Технички руководилац) - Евиденција пролаза машина Машина Вријеме Багер (нуди претходно стање) Врста производа (нуди претходно стање) -Код евидентирања евидентичару се нуде информације из претходног догадјаја које он мијења на основу информација од руковаоца машина. На тај начин се формира тренутна слика распореда машина.	- Смјенски извјештај Тренутно стање машина Сумарно по врстама машина - Извјештај о исправности јединица на бази захтјева за рад и незатворених радних налога са описима квара - Извјештај о тренутном распореду јединица - Дневни извјештај о раду машина - Праћење пролазака машина у времену према локацијама одлатгалишта - Праћени колометри на бази броја пролазака и растојању багера од одлагалишта по машинама - Израдјени мото сати на основу застоја - Потрошња мазива, горива и резервних дијелова по машинама у периоду - Упоредна анализа учинака машина по параметрима: Мото сати Предјени километри Остварени учинак (количина Потрошени материјал (гориво, мазиво, резервни дијелови)

4.1.6. Идентификовање извора података

Систем за праћење експлоатације и припреме угља треба да прикупља, региструје и ставља на увид онима који управљају производњом, све најважније параметре производње, производне догађаје и стања, која битно одређују праћење и могућност управљања производним системом - експлоатацијом угља. Са аспекта мјеста настајања података и њихових токова у Руднику објекти на површинском копу могу се сврстати у две категорије:

- Стационарни објекти;
- Нестационарни - портабилни објекти.

Пошто се идентификују захтјеви за подацима, потребно је истражити изворе података. Повољније је да се сви необрађени подаци одмах унесу у базу података и у одговарајуће структуре веза. Многи рудници већ имају вишеструке изворе података, неке од њих за једнократну употребу. Заједнички извор података би елиминисао несагласности између планера-менаџера и директних извршиоца на терену, скратио вријеме манипулације података између ова два физички одвојена система. Уобичајени извори података укључу-

ју: финансијске трансакције; отпремнице; дознаке; извјештаје; PLC податке; податке сталног мониторинга; извјештаје руковаоца.

У савременим условима пословања уско грло представљају активности везане за прикупљање података у електронском облику. Потребно је доста времена да се подаци прикупе на терену, затим је потребно унијети те податке у систем. Поред трошка за ангажовање људи на овим пословима, проблем може бити и поузданост таквих података. Такође, индиректан трошак јесте и временска компонента, односно протекло вријеме од настанка потенцијалног проблема до стизања информације на циљно мјесто и реакције на проблем. У условима рудничког пословања прикупљање података се додатно усложњава због средине у којој се производња обавља и великог броја машина које су нестационарног карактера.

Ови проблеми се могу превазићи употребом система за аутоматско прикупљање података који раде на принципима сателитских трансмитера (Global PosИTioning System - GPS), електромагнетних технологија (Radio Frequency Identification - RFID), бежичних технологија итд. Уређаји за аутоматско контролу уграђују се у опрему (багери, камиони, булдозери, дробилица), преко својих сензора у електро-машинским дјеловима машина прате параметре везане за неометани и исправан рад опреме и сигнализирају у случају нерегуларних стања. Њима се такође мјере и производно-технолошки параметри рада машина.

Разрођеност локација и објеката на којима подаци настају и на којима се они приказују као извештаји за потребе управљања условљава израду дистрибуираног информационог система. Према специфичностима по начину преноса података разликују се три врсте учесника:

- Систем за аутоматско прикупљање података-SAP, који се путем GSM (Глобални систем за мобилну комуникацију) мреже повезује за интегрални информациони систем - IS.
- Диспечерски центар, који прима али и генерише информације и сигнале ка SAP-у,
- Радне цјелине и службе и управа Рудника који су повезани преко својих рачунара у класичну интранет мрежу. Поједине локације се могу повезати између себе путем бежичног интернета.

4.1.7. Механизам за уношење података

Пошто је база података пројектована, дефинисани модели података, а различити извори података идентификовани, пројектује се поступак који обезбјеђује да се информација уноси тачно и на вријеме. Уколико је податак унијет у систем коришћењем сензора, бежичних технологија, или компјутерских система, рудници ће захтијевати електроинжењере или електроничаре и ИТ професионалце. ИТ снабдијевачи као Modular Mining Co. (Dispatching - Fleet Managenet), Caterpillar (GPS-Star), Lesica Geosystems (ShovelPro, Fleet Management System, DrillNav Plus, Dragline Monitor 9000) имају технологију са опремом за мониторинг механизације на површинским коповима, унапријед програмирану тако да региструје податке о раду (додатне излазне ставке из

поглавља 4.1.5.1. се добијају овом опремом). Ако се користе руком писани папири - извјештаји о раду, тада прикупљање података захтијева формализам који обезбјеђује реализацију а који се састоји из:

- обуке руковаоца како да испуне радни налог за дату машину;
- сакупљање радних извјештаја на крају сваке смјене;
- ревизије информација и на крају;
- уношења информација (података) у систем на вријеме и тачно.

4.1.8. Закључна разматрања о инфраструктури података

Као што је претходно размотрено, важно је прикупити и интегрисати што је више могуће информација ради максималне прилагодљивости система у дугом времену. Одређивање извора података, потом мијењање излаза да се усагласи са пројектом повезаних база података, представљају кључни корак ка успостављању инфраструктуре података. Осигуравање уношења података на вријеме, тачно и у коректном формату представља операциона питања за која је потребна промјена досадашњег начина рада. Из истраживања у РиТЕ Угљевик- РЈ Рудник, ова питања су се показала најзначајнијим у изградњи инфраструктуре података. Корисност и употребљивост података зависи од дефиниције и поузданости са којом подаци одговарају моделу. Трошкови прикупљања података представљају тему која још преостаје да се размотри. Трагати за јефтиним алтернативама прикупљања података значајно је када се развија ИТ инфраструктура. На примјер, трошкови директног праћења активности сваког рудара били би много већи због комплексности него праћење активности једног дијела механизације која је снабдјевена сензорима и бежичном комуникацијом (GPS системи). Политичке и културолошке последице праћења активности појединца морају се такође размотрити. Компромис између поузданости података, тачности, трошка и стабилности радне снаге, без сумње треба учинити.

Интеграција података је кључна за савремен информациони систем а модели података и мапе процеса представљају средства која допуштају дизајнерима ИТ инфраструктуре да обезбједе интеграцију података. Комплексност ових система увећава значај обуке службеника да прибаве, рукују и користе се подацима. Права корист од ИТ може услиједити једино ако се учини значајна инвестиција у обуку. Јасан пакет стандарда је такође значајан за обуку и интегрисање, пошто ови системи захтијевају одржавање, а увећавају се са временом.

Анализа тренда, компримовање података, вријеме коришћења и излази процеса поменути су у горњој листи. Прегледање и анализа сирових података је дуготрајно и често бескорисно, због тога је у овом поглављу посебно наглашен значај интегрисања података кроз повезивање. Коришћење и приказивање интегрисаних података постаје моћно када су мјере дефинисане за одговорно управљање и када су подаци претворени у разумљиве информације према којима се може дјеловати.

Фаза "Изградња инфраструктуре система података" укључује неколико корака у којима се процес мапира, модел података креира, дефинишу релационе базе, разоткривају захтјеви

за подацима, а извори података организују и њима рукује. Поступак мапирања користи се да се одреде захтјеви за подацима и дефинише рјечник података из кога се модел података може изградити (другим ријечима дефинисање шифарника). Када се знају захтјеви за подацима, могу се наћи извори података. Потом се пројектује и рукује поступком за прикупљање података и испуњавање базе података. Разматрају се трошкови одржавања инфраструктуре. На примјер, ако је далеко јефтиније добити руком испуњене папире од оператера него управљати свим дијеловима опреме са сензорима, тада се губитак на тачности у хумано прибављеним подацима може толерисати. Даље се разматра процес одређивања специфичних мјера, као што се види на слици 4.8..

Слика 4.8. Завршетак Фазе Планирања и изградње инфраструктуре система

4.2. Фаза утврђивања мјера учинака

Запослени у рударству су упознати са двије традиционалне мјере учинака: производња (т или $м^3$) и рударски трошкови (КМ/t ili КМ/m^3). Већина рудника има системе за утврђивање трошкова и мјерење учинка. Мјерење је један од најважнијих алата тактичког управљања, пошто се одлуке о повећању или одржавању производње требају заснивати на тачним и одговарајућим информацијама. Традиционални систем рачуноводства је и даље неопходан у већини рудника у циљу израде финансијских извјештаја за плаћање пореза и праћење продаје.

Проблеми везани за одређивање мјерења учинака у већини случајева у рударској пракси могу имати тешкоће у препознавању индикација узрока или посљедице, нејасно дефинисаним кључним питањима везаним за учинке услијед различитих извора информација, постојању непоузданих или нетачних информација, трошењу времена у прикупљању података и изради извјештаја, филтрирање података од стране појединаца, непостојању праве везе-информације између учинка и онога што се стварно десило.

Основни разлог постојања ових проблема потиче из прошлости када су се рачуноводствени системи и управљачки систем учинцима у рударској индустрији

ставарали прије интензивног развоја информационе ере. Систем одређивања трошкова је прво коришћен у сврху израде финансијских извјештаја и по својем карактеру менаџменту није пружао ефективну информацију, а форме производних извјештаја се нису мијењале значајније у последњих 30-так година.

На основу тога је могуће констатовати да неодговарајући систем мјерења учинка може довести или доводи до:

- Претпоставке да је искључиво начин стимулације довео до жељеног понашања запослених;
- Традиционални систем одређивања трошкова не мора пружити тип информација који је потребан за доношење менаџерских одлука, пошто је овај систем развијен првенствено у циљу израде финансијских извјештаја;
- Информација о учинку се подноси дуж вертикалне организационе структуре, умјесто по системско-процесном начину;
- Информација о учинку може бити филтрирана, са мало усмјерења које менаџер може искористити за унапређење процеса производње.

На основу горе наведеног може се констатовати да се информације о учинку сакупљају кроз информационе системе ради ефикаснијег формирања система тактичког управљања, а то се постиже кроз јасно и ефикасно изграђену инфраструктуру података и мјере учинака. Менаџмент често превиђа утицај понашања, пошто се претпоставља да систем стимулације осигурава одговарајуће понашање људи. Од значаја је такође и период оцјене ефективности ових система. Рудници обично предност дају прописима који се односе на безбједност рада рудника, међутим, јавни докази (или њихов недостатак) сугеришу да систему менаџмента производње није била посвећена велика пажња.

4.2.1. Трошкови као мјера учинака

Како је напријед наведено пројектовање мјера учинака за управљачки систем прво захтијева јасан план система и ИТ инфраструктуру. План производног система усмјерава врсте мјера које се изводе, а ИТ инфраструктура обезбјеђује основне податке за прорачун мјера. Методолошки утврђена фаза мјера значи упутство и теорију потребну да се успоставе мјере. У принципу се захтијевају три врсте мјера у развоју модела управљања које подразумјевају:

- мјере учинака повезане са одговорношћу управљања;
- дијагностичке мјере којима се идентификују субоптимални процеси и
- мјере које су специјално развијене ради иницијатива за унапређење специфичне производње.

Трошкови као мјера рада (*Activity Based Costing* - ABC) су основне процесне мјере које се изводе из ИТ инфраструктуре засноване на процесу проозводње. Фаза изградње инфраструктуре система података о којој је било ријечи раније препоручује стварање интегралног информационог система IS који интегрише улазне податке процеса са процесним излазним подацима. Ово је слично процесима у којима су улази директно

спојени са процесним излазима а АВС мјере се користе као основне мјере из којих се изводи већина мјера учинака. Информација појединим процесима се компилира и процесуира и што је битно јасно, једноставно, досљедно и упоредиво приказује.

Питања пројектовања, теорије и примјене АВС и преостала три типа мјера детаљније се разматрају у овом поглављу. Мјере су пројектоване са специфичном намјером а оне које су важне једној групи људи који се баве тактичким управљањем или намијењене једној примјени могу бити неупотребљиве другој групи менаџера или у другим примјенама. Овдје се разматрају наведена питања у контексту АВС мјера, дијагностичких мјера, мјера учинка и ефективног мјерења комуникационих стратегија.

АВС се може користити за процесно управљање и тачно буџетирање. АВС је данас прихваћен као метода за мјерење учинка, дијагнозу субоптималних процеса и доношење одлука. Трошкови процесних активности (АВС) јесте управљачка техника која организује трошкове у сагласности са процесима у којима су трошкови настали.

Према АВС -у, трошкови се сабирају јер су општи трошкови распоређени на радне задатке у сагласности са цјеновником који одговара учешћу трошкова појединих задатака у укупним трошковима процеса. Основна инфраструктура система дефинише и развија систем трошкова услијед неке активности. Информације о трошковима и задацима који им доприносе морају бити повезани.

4.2.2. Дијагностичке мјере за унапријеђење процеса

Дијагностичким мјерама се установљава стабилност и конзистентност процеса, при чему се коришћењем математичких алата (статистичка контрола процеса) креирају методе које се користе при одређивању да ли процес функционише субоптимално. Стохастичка природа рударских процеса редукује ефективност ових алата, међутим, коришћењем детаљнијег процесног информисања, ефективност се може поправити. Дијагностичке мјере прдстављају и процесни показатељи који контролишу кључне улазне промјенљиве величине које имају утицај на даљи развој процеса. Коришћењем математичких дијагностичких алата и индикатора процеса надгледају показатељи, што омогућава предузимање интервентних акција у циљу оптимизације процес у оба правца: навише и наниже.

У рударству, мјерење сталности и квалитета производа могло би бити коришћено као дијагностичко средство. Процесни показатељи су дијагностичке мјере које се употребљавају за оптимизацију процеса у току рада, или превентивно, унапријед. На примјер, фрагментациона анализа материјала из дробилице на угљу могла би бити процесни индикатор који би могао омогућити руковаоцу дробилице да усагласи радне технолошке услове за оптимално дробљење, што би даље позитивно утицало на транспорт тракама.

Данас, развијене аутоматизоване технологије на рударској опреми могу регистровати промјене у условима радне средине гдје се одвијају одређени рударски процеси и предложити промјене да би се оптимизовао резултат. На примјер, на површинским

коповима, сензори на бушилицама могу прибавити информације о материјалу који се буши (о посебности локације, чврстоћи и геолошким структурама). Ови подаци се тада могу користити да се оптимизује план минирања или процес дробљења. Бескорисно је мјерити процесе без разумијевања шта је оптимална мјера. Отуда се циљеви или одговорности морају успоставити. Наука о управљању процесима може помоћи да се пројектују циљеви ради којих ће управљање поправити реализацију.

Да би се олакашао процес утврђивања дијадностичких мјера у приказаном моделу управљања управо у *Операционој фази* се раде послови који омогућавају оцјену тренутног рада багер-камион односно дисконтинуалног система експлоатације система и вршење упоредне анализе, оптимизације а на крају утврђивања мјера за будући рад тог система. То значи да се операционом фазом и коришћењем математичких дијагностичких алата и индикатора процеса у моделу практично користи комбинација "емпиријског" и "теоретског" надгледања и управљања показатељима.

4.2.3. Организација и управљање производњом

Управљање производњом мора имати пажљиво пројектоване циљеве, честу анализу резултата рада, стимулативне награде и мјере које варирају од лица која врше тактичко управљање и менаџерског нивоа. Управљање производњом је област у којој се мијења организација рада у циљу унапријеђења перформанси система и организују и примијене механизми са циљем унапријеђења. То је систематичан, према прикупљеним подацима усмјерен приступ управљања људима који разјашњавају правила, обезбјеђује повратну спрегу, поставља питања одговарајућег тренинга и подстиче резултате према организационим потребама. Двије кључне компоненте које контролишу перформансе модела управљања су ***мјерење учинака и системи управљања***.

4.2.3.1. Управљање производњом на основу активности

Први корак у развоју мјерења учинака је дефинисање правила и објеката. Мјерење успјеха у управљању на површинском копу засновано на обиму производње или компанијим циљевима је неефективно, пошто не постоји препознатљива веза између акције на лицу мјеста и произведеног угља. Повезујући мјерење учинака, такође познато као метрика, са трошковима рада, непосредном управљачу даје могућности да укаже на учинке кроз анализу продуктивности, анализу профитабилности и анализу донијетих одлука.

Рудници са традиционалним приступима управљања производним системима су несвјесни знања о својим правим производним границама усљед лоше алокације директних и индиректних трошкова производње. *Corkins* тврди да трошкови засновани на активности или управљање засновано на активности (Activity Based Management - ABM) увећава јасност система мјерења учинака и може помоћи организацији да отклони нејасноће, ојача осјећај профита и вриједнује производне капацитете. Отуда је *ABC кључна техника менаџмента за процјену перформанси система*. Међутим, како одговорности тактичког менаџера у руднику варирају, тако се и мјерење процеса тиче сваког посебног менаџера. Отуда они менаџери који су одговорни за резултате посебних процеса треба да буду

оцијењени на тим процесима. Одговорност је дефинисана као обавеза према некоме или неком процесу [22].

4.2.3.2. Разумијевање и контрола понашања

Као што је већ речено, основно разумијевање понашања на радном мјесту - радилишту треба окарактерисати током фазе планирања система, док се детаљнијом анализом изграђује систем који би непосредно мијењао понашање. Двије кључне компоненте у креирању модела управљања контролишу понашање и то су **мјерење учинака** и **системи управљања**. Данас прихваћене стратегије за усмјеравање (контролу) понашања предлажу слиједеће:

- јасну одговорност, производне циљеве и награде;
- недвосмислено мјерење учинака;
- стално образовање и обуку;
- морално подстицање и тимски рад;
- формалну и неформалну прилагодљиву управљачку структуру;

Одговорност и мјерење учинка за менаџере и раднике може се разликовати усљед њихове супротстављене природе. На пример, инжењери захтијевају ред док радници траже сигурност. Јасна одговорност и управљачка структура обезбјеђује ред. Мјерења би се могла користити подстицајно за побољшање перформанси, а често уочена "такмичарска и индивидуалистичка природа" појединаца који учествују у управљању могу бити особине од интереса у систему рударског управљања. У сваком случају менаџери једнаког нивоа управљања требају имати заједничке мјере на основу којих се могу њихови учинци рангирати.

4.2.3.3. Одговорност у послу

Одговорност је најзначајније питање у пројектовању мјерења учинака. Формална управљачка хијерархија и дужности су главни елементи од којих се одговорност може дизајнирати. Временски редослијед управљачких одлука и обим захтјева такође варирају са управљачком хијерархијом.

Процесна управљачка структура - Традиционална вертикална хијерархија управљачке структуре обично не дозвољава јасну одговорност за процесе. На примјер, менаџери одржавања обично су изненађени ако су мјере усмјерене на производњу руде док је циљ одржавања да обезбједи расположивост и поузданост опреме. Ово су често супротстављени захтјеви. Хоризонтална организација има менаџере који су одговорни за читав процес и његове подржавајуће дјелатности.

Предложена структура одговорности - будући да сваки рудник тежи јединственој култури и радним параметрима пројектовање стандардне структуре одговорности није предмет ове дисертације. Опис послова може се пројектовати да одговара траженој одговорности и потребама а јасна и добро дефинисана одговорност менаџера унутар извршног система је веома значајна и суштинска. Овдје треба нагласити да се одговорност може разјаснити коришћењем: описа послова; постављањем циљева на радном нивоу; и

обуком. Сваки ниво управљања има различите одговорности - функцију и функционални опис те позицију у реалном систему. Табела 4.3. приказује уобичајене одговорности и позиције у реалном систему за сваки ниво управљања у Руднику Угљевик. Повратна спрега резултата треба да се обезбједи сагласно временском оквиру управљачког нивоа.

Концепцијски, функционисање надзорно информационог система - НИС заснива се на обезбјеђењу оперативног надзора, ради прикупљања потребних података из процеса и повратног дејства ради управљања технолошким, логистичким и пратећим процесима на површинском копу у циљу постизања максималних производних ефеката, високе безбједности рада и поузданости производње.

Табела 4.3. Нивои одговорности и позиције

Ниво	Функција нивоа	Функционални опис нивоа	Позиција у реалном систему
IV	Извршно управљање Одвијање производних, логистичких и пратећих процеса експлоатације минералног ресурса	Мјерење, праћење и аквизиција података из производних, логистичких и пратећих процеса, Пренос података и непосредна управљачка дејства на процесе	Опрема, машине, руковаоци машина у on/line режиму -PLC, у off/line режиму - оператери
Диспечерски центар			
III	Оперативно управљање	Обезбјеђивање да оперативни планови и програми буду успјешно реализовани	Управници, Специјализоване службе
II	Тактичко управљање	Подршка функционалним цјелинама, Обезбјеђивање ефективног и ефикасног коришћења система и активности служби за праћење процеса и подршку одлучивању.	Руководилац РЈ, Главни технички руководилац, Технички руководиоци радних цјелина
I	Централни менаџмент Стратегијско управљање	Постављање циљева, Избор стратегија, Дефинисање визије, Дефинисање мисије, Дефинисање планова, развојна политика	Директор и менаџмент Р и ТЕ

Обим информација - Волумен информационих захтјева варира сагласно менаџерском нивоу. На дневном нивоу, рудари траже једино податке о производњи и стању радилишта. Предрадници захтијевају више информација будући да морају алоцирати рударе на одређена радилишта, упоредити рударску и тимску продуктивност и дефинисати захтјеве за ангажовање опреме. Главни предрадници и управници захтијевају много више информација од било ког другог менаџера пошто морају оптимизовати процесе и све њихове улазе и излазе. Како се управљачки ниво наставља да пење у стратешке зоне, захтјеви за обимом информацијама слабе. Старији тактички менџери захтијевају само уопштене информације као профитабилност рудника и тржишне перспективе.

Анализа производно-пословних функција и класа података реалног система на примјеру површинског копа "Богутово село", идентификује број класа и број података. Ако се изузму могуће ексцесне ситуације, прије свега у производним подсистемима, заједничко за све класе података, је да су процеси освјежавања података у стационарном режиму рада спори или веома спори. У ексцесним ситуацијама брзине освјежавања података из класа

техничког надзора рада машина и опреме на копу, могу достићи одређене интензитете промјена у минути. Укупну структуру података чине: сигнали (два стања), on-line мјерени подаци и обрађени подаци са on-line или off-line обрадом.

4.2.4. Закључна разматрања фазе доношења мјера

Када се ИТ инфраструктура организује у сагласности са производним процесом релативно једноставно је успостављање АВС мјера. Управљање производњом је најзначајнија и најнепосреднија корист од мјера при чему стварање једног АВС мјерног система ствара услове за планирање управљачког система. Планирање управљачког система заснованог на процесима може такође дати могућност да се јасно утврди (придружи) одговорност процесима, која представља основу извођачких мјера свих врста и нивоа управљања. Приказани модел одговорности у овом поглављу идентификује менаџера другог нивоа, који је одговоран за оптимизацију рударских процеса, као главног тактичког менаџера са директном одговорношћу за трошкове. Упоредо са мјерама за обим производње, мора се установити јединица коштања, при чему буџетиране величине производње омогућавају менаџеру да испуни захтјеване квоте, док јединица коштања обезбјеђује да посао буде ефикасно обављен. Друге мјере могу такође бити развијене уколико се питања квалитета учине значајним.

Изазовни и достижни циљеви могу бити коришћени за директну акцију, али се прије свега употребљавају ради увођења позитивног понашања и психолошки чине запослене жељним изазова и успјеха. Награде су такође ефикасни позитивни стимуланси који су дио успјешног система извршног управљања. Читаве дисциплине посвећене су проучавању извршног управљања. Рударски менаџери треба бар да буду свјесни основних питања повезаних са мотивацијом запослених и извршним управљањем.

Последње врсте мјера учинака које се разматрају у овом поглављу су мјере доношења конкретних рјешења, које се формирају на основу потреба у току реализације иницијатива за побољшање. Мјере извођења пред изградњу су базиране на краткорочним анализама које користе било информације о трошковима (АВС) или основне податке унутар ИТ структуре.

Слика 4.9. приказује предвиђене поступке који треба да буду спроведени у току одређивања и развоја мјера. АВС мјере користе се као основа са које се гради извођачко управљање, дијагностика и мјере специфичних одлука. Поступци извођачког руковођења заснивају се на пословној одговорности и потврђују одговорност менаџмента на различитим нивоима посла. Циљеви се успостављају ради мотивације ових менаџера да унаприједе своје врлине, а награде да промовишу оне који то успијевају. Да би се осигурало партиципирање менаџера у тактичком управљачком систему захтијевају се структурна правила, процедуре и временски редосљед, обично у форми састанака. На овим скуповима, сумира се напредак у правцу циља, идентификују предузете иницијативе за побољшања и додјељују и примају награде.

Слика 4.9. Завршетак Фазе утврђивања мјера учинака

4.3. Фаза изградње управљачке структуре

Планирање инфарструктуре модела трасира развој могућности тактичког управљачког система и њен развој обезбјеђује сирове податке потребне управљачком систему. Мјере и њихово утврђивање обезбјеђују захтјевану информацију. У циљу коришћења модела управљања, менаџери имају обавезу прегледа информација, доношења одлука које доносе одређена рјешења. Организације самих предузећа-Рудника умногоме "одређују" развој процедуралне инфраструктуре управљања. У смислу развоја и одржавања модела послови се дијеле, па тако ИТ одјељење обавља прикупљање података, одржавање ИТ инфраструктуре и софтверских апликација које спроводе поступке. Од тактичких менаџера се очекује да проводе вријеме пратећи извршења и трошковне информације, надгледају задатке подређених и сами буду надгледани.

"Фаза изградње управљачке инфраструктуре" модела зависи од планираних активности појединих менаџера (дијелом дефинисано и у табели 4.3.) те је неопходно организовати одређене врсте састанака и активности које доприносе продуктивности у првој линији и оје представљају дио менаџерских функција. Као што је раније наглашено, сви рудници су различити па постоје специфични механизми на свим рудницима. У том смислу постоје и различите врсте састанака, поступци и процедуре на истим што све носи специфичне примјере инфраструктуре руковођења. Веома је битна правовременост пројектовања и примјене усвојене инфрастукруте руковођења у смислу што реланијег и адекватнијег планирања цијелог система.

4.3.1. Правовременост развоја управљачке инфраструктуре

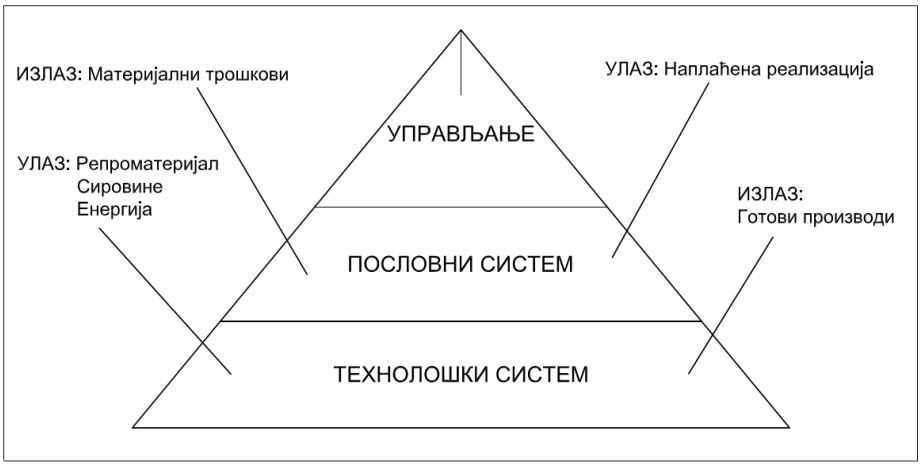
Успостављање управљачке инфраструктуре директно је повезано са планирањем система као што је раније изложено а на примјеру Рудника Угљевик (слика 4.5.) уочљиво је да планирани систем може имати више управљачких компоненти уграђених у модел.

Потребно је за сваку развијену и примијењену компоненту, прије успостављања саме компоненте, развити и захтјевану управљачку инфраструктуру. Фазе инфраструктура података и фаза извођачких поступака, претходе успостављању управљачке инфраструктуре захтијеване за сваку компоненту.

На примјеру Рудника Угљевик предузеће функционише тако што се троше различити ресурси да би се остварили постављени циљеви. Ови ресурси пристижу из окружења и представљају улазе у технолошки процес предузећа. Планирањем инфраструктуре система управљања уважава се чињеница да предузеће путем одређених пословних процеса остварује своје циљеве при чему се као његови излази јављају одређени резултати, односно нове употребне вриједности (производи и/или услуге). У том процесу репродукције може се уочити да предузеће остварује следеће репродукционе функције:

- управљачки систем,
- пословни систем,
- технолошки систем.

На слици 4.10. шематски су приказани токови и односи репродукционих цјелина предузећа. Са шеме се јасно види да су пословни систем и технолошки систем у односу на ток повезани тако да оно што је улаз технолошког система (репроматеријал, енергија, радна снага итд.) представља излаз пословног система (трошкови), а оно што је излаз технолошког система (произведена роба), представља улаз пословног система (наплаћена реализација).



Слика 4.10. Шематски приказ токова и односа репродукционих цјелина Рудника Угљевик

У сагласности са теоријом управљања, комплексни системи управљања треба да се примјене поступно и у складу са том фазом развоја управљачке инфраструктуре присутна је током читавог развоја модела управљања. Тако је надаље неопходно да се у управљачкој структури дефинишу процеси, места одлучивања и одговорности у истом.

4.3.2. Утврђивање матрица процеса и матрица одговорности

У циљу правовремености дефинисања управљачке инфраструктуре је неопходно што јасније и што прије дефинисати одређене матрице управљачких, основних и помоћних процеса у цјелокупном процесу. Истима се дефинишу задаци, одговорности свих ниова управљања, свих значајнијих учесника у процесу одлучивања и саме реализације

производног процеса. Поред тога се могу дефинисати и сви документи који улазе и који излазе са сваког мјеста одлучивања и звјештавања. На примјеру Рудника Угљевик се дају поменуте **Матрице управљачких, основних и помоћних процеса** у систему (слика 4.6.):

-Назив/Процес
-ID
-Власник процеса
-Испоручилац
-Улази
-Излази
-Корисници: интерни/екстерни
-Метрика
-Документ са којим је описан процес: Пословник/Процедуре/Упутства/Остало
-Записи

Поред горе наведених матрица процеса потребно је дефинисати и ***Матрица посебних одговорности*** на примјеру Рудника Угљевик, гдје се исте израђују за све цјелине: Рударски радови (*Откривка и производња угља, Пријем, прерада, утовар и отпрема угља, Контрола квалитета угља*), Радови на одржавању (*Радови на машинској опреми, Радови на електро одржавању, Управљање опремом за мерење и испитивање, Управљање опасним материјама*), Заштита здравља и безбедност на рад (*Безбједност од пожара*) и Заштита животне средине (*Рекултивација одлагалишта и копа, Управљање отпадом*).

Матрица посебних одговорности:

-Законска основа,
-Одговорно Лице,
-Назив и резиме задатка одговорног лица.

4.3.3. Врсте састанака и активности менаџера

Менаџери морају учествовати у развоју инфраструктуре модела припремајући и учествујући у групним састанцима типа инструкторских сједница, сједница са утврђивањем рјешења, сједница за планирање и информисање (ревизија). Група менаџера утврђује рјешења, оцјењује реализацију, поставља циљеве који ће доводити до унапријеђења. На састанцима се утврђују евентуална неизвршавања наложених циљева и неопходне исправке путем интервенције кроз управљачку инфарструткуру. Када је рјешење идентификовано, планира се поступак исправке и пројектују процјењиве мјере да би се регистровале посљедице подухвата. Једном достигнути унапређени циљеви, ослобађају обавезе даљег надзора. Отуда се закључци једне врсте састанака/сједница користе као полази других.

4.3.3.1. Праћење производње (учинака) - Инструисање

Као што је разматрано у поглављу о управљању производњом, мјерљиво извршење треба надзирати често односно пратити у реалном времену. Основна сврха инструкторског састанка је да менаџер провјери извршење једног или групе подређених. Неопходно је дефинисати временске оквире извођења послова прорачуна и прегледа изведених радова:

евидентирање кашњења, евиденције кључне метрике, разматрање трошкова кључних процеса и производње и др..

Састанак не служи само презентацији резултата него и разматрању услова и начина рада, потенцијалних нерегуларности и сл.. Дугорочнији проблеми могу се такође појавити током састанака посвећених идентификацији рјешења.

4.3.3.2. Идентификација рјешења и планирање

Састанци посвећени идентификацији рјешења одржавају се када су задаци, активности, процеси и системи унапријеђени. Састанци се одржавају тамо гдје је регистрована иницијатива али напредак остварен истом. Основу ове врсте састанака чине претпоставке да постоје тешкоће у реаизацији послова и активности, потребе дефинисања стварног узрока потешкоћа, потребе да што већи број радника учествује у иницијативама за побољшања, руковаоци треба да дјелују охрабрујуће и дјелотворно у систему управљања.

Ови састанци могу се планирати много слободније и у зависности од потреба динамике имплементације редизајнирања система. ИТ стручњаци или други чланови за техничку подршку треба да су дио највећег броја дизајн тимова за унапријеђење.

4.3.3.3. Планирање

Састанци посвећени планирању у рударству обично се држе са оперативним менаџментом (пословођа, смјеновођа) и техничким менаџментом (инжењери, руководиоци одржавања, итд). Основна сврха састанка је да предвиди и планира тактичка питања у ближој будућности. Дијелови састанка могу укључити ***анализе капацитета*** и ***усмјерења процеса*** и ***предвиђање извршења***. У рударству, скупови о планирању добро су организовани будући да је инжењерски тим обично у честом контакту са руководиоцима прве производне линије. Основни примјер је састанак предрадника са окупљеном посадом којој се саопштавају директна упутства за смјену.

4.3.3.4. Верификација (ревизија)

Информативни састанци су начин на који тактички управљачки систем одржава а његова еволуција прати. Периоди одржавања ове врсте састанака могу се квартално дефинисати и на њима руководиоци оцјењују успјехе и пропусте у моделу управљања. Идентификују се и планирају рјешења за недостатке и потписују обавезе њихових рјешавања од стране извршних менаџера или ИТ подржавајућих службеника. Као и за друге системе, одржавање овога не смије бити занемарено. За управљачки систем, системски план је нацрт. Утицај примјене дијелова модела управљања треба оцијенити на информативним састанцима. На њима се могу донијети и одлуке о даљем развоју модела.

4.3.4. Пројектовање модела управљачког система Рудник Угљевик

У овом потпоглављу разматра се модел међусобно зависних процеса и описује све процесе система везане за остваривање квалитета и заштите животне средине, здравља и

безбједности на раду, чиме се осигурава хоризонтална и вертикална интеграција пословних процеса, што омогућује организацији стално побољшање QMS, EMS i OHSMS. Интегрисани систем има три основне заједничке компоненте, као што је приказано на слици 4.5. То су:

Процеси управљања

МР1-Преиспитивање од стране руководства,
МР2- Образовање и обука запослених;
МР3-Управљање квалитетом, заштитом животне средине, здравља и безбједности на раду.

Помоћни процеси

РР1- Управљање документима,
РР2 - Управљање записима,
РР3-Управљање законским захтјевима
РР4 - Управљање аспектима животне средине и ризицима по здравље
РР5-Управљање неусаглашеностима,
РР6 - Интерне провјере,
РР7 - Превентивне и корективне мјере,
РР8- Праћење и мјерење учинка заштите,
РР9 - Управљање отпадом.

-Основни процеси

ОР1 - Техничка припрема,
ОР2 - Набавка производа и услуга,
ОР3- Одржавање рударске опреме,
ОР4-Откривка, транспорт и одлагање откривке,
ОР5-Производња и транспорт ровног угља,
ОР6-Прерада, складиштење, утовар и отпрема,
ОР7- Лабораторијска контрола квалитета угља.
ОР8- Одржавање експлоатационог простора,
ОР9-Управљање мјерном, контролном и испитном опремом,
ОР10 - Развој,
ОР11-Производња нових производа,
ОР12 - Праћење реализације,
ОР13 – Продаја, утврђивање захтјева и задовољства корисника.

Поред тога су дефинисане и *матрице управљачких, помоћних и основних процеса* из којих се могу утврдити власници процеса, метрика, документа процеса и други релевантни параметри процеса као и *матрице посебних одговорности* на Руднику Угљевик. Детаљнији приказ матрица ће бити презентован у наредним поглављима рада.

Табела 4.4. Матрица управљачких процеса

Назив Процес	ИД	Власник процеса	Испоручилац	Улази	Излази	Корисници		Метрика	Документ са којим је описан процес			Записи
						Интерни	Екстерни		Пословник	Процедуре Упутства	Остала документа	
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11	12.	13.
Преиспитивање од стране руководства	МП 1	Руководилац Рудника	-Представници руководства за квалитет и заштиту	•Извештај о интерним и екстерним проверама •Жалбе корисника и окружења •Перформансе процеса •Реализација програма заштите	• Смјернице за унапређење рада Организације • Корективне и превентивне мјере	Сви процеси који чине обухват Организације	Захтеви и резултати мјерења задовољства	Реализовани индикатори			Законски прописи	Извештај о преиспитивању Интегрис. система QMS,EMS и OHSMS-а
Образовање и обука запослених	МП 2	Руководилац фин.комерц.и општих послова	-Представници руководства за квалитет и заштиту -Спољни консултанти	•План и програм обуке	• Обучени и оспособљени запослени	Сви пословни процеси који чине обухват интегрис. система QMS,EMS и OHSMS-а		Оцена успјешности обуке и усавршавања				Годишњи план обуке Програм обуке Извештаји и евиденција о извршеној обуци
Управљање квалитетом, заштитом животне средине, здравља и безбедности на раду	МП 3	Руководиоци за квалитет и екологију, и за ЗНР и ППЗ	-Главни технички и руководиоци организационих јединица производње и прераде угља и одржавања рударске опреме и машина	•Извештај о реализацији програма заштите животне средине, здравља и безбедности на раду	• Смањење опасних утицаја на животну средину • Смањење броја повреда на раду	Сви пословни процеси који чине обухват заштите	Захтјеви и резултати мјерења задовољства	Реализовани индикатори			Извештаји и налази инспекцијских служби	-Аспекти животне средине и процјене ризика, -Општи и посебни циљеви, -Програм и реализација

Табела 4.5. Матрица помоћних процеса

Назив Процес	ИД	Власник процеса	Испоручилац	Улази	Излази	Корисници		Метрика	Документ са којим је описан процес			Записи
						Интерни	Екстерни		Процедуре	Упутства	Остала документа	
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.
Управљање документима	ПП1	Представник руководства за квалитет	Лице одговорно за израду новог издања или ревизије	Иницијатива за израду новог издања или ревизије	-Ново издање или ревизија документа -Дистрибуиране копије документа	Сви пословни процеси		Вријеме израде документа Време потребно за имплементацију документа			Повучена архивирана документа	• Захтјев за израду новог документа • Листа докумената • Дистрибуциона листа • Листа ревизија и издања
Управљање записима	ПП2	Представник руководства за квалитет	Сви пословни процеси	Записи генерисани у процесима и активностима	-Означени и архивирани записи	Сви пословни процеси	Захтјеви	Рок чувања записа			Лабораторијске свеске И евиденција о узорцима	Листа записа о квалитету
Управљање законским захтевима	ПП3	Руководилац за квал., екол И ЗНР	Руководилац правне службе	Измене законских прописа	Ажурирање записа ФФ.4.3.2.0.1 и ФЗ.4.3.2.0.1	Основни процеси	Инспекцијски органи	Оцјена спроведених законских прописа		Упут. за управљ. отпадом		Записи о спроведеним законским прописима
Управљање аспектима животне средине и ризицима по здравље	ПП4	Руководилац за квал., екол И ЗНР	Власници основних процеса	Значајни аспекти И процене опасности И ризика	Програми управљања заштитом	Основни процеси	Инспекцијски органи	Идентификација степена реализације програма			Законски прописи	Извештај о реализацији програма заштите
Управљење неусаглашеностима	ПП5	Власник неусаглашеног процеса	Лице одговорно за идентификацију	Утврђена неусаглашеност	Извештај о идентификацији неусаглашености	Власници неусаглашеног процеса	Рекламације	Обим неусаглашености				Налог И извјештај о извршеној идентификацији
Интерне провере	ПП6	Представник руководства за квалитет	Вођа тима за интерну проверу	План интерне провере и формализован и обрасци	Извештај о интерној провери	Менаџмент		Оцјена спроведених корективних мера				Записи о интерној провери, извејштај и корективне мјере
Превентивне и корективне мјере	ПП7	Власник неусаглашеног процеса	Лице одговорно за спровођење КМ/ПМ	Извештај о неусаглашеним испитивања Захтев за покретање КМ/ПМ	Извештај о спроведеним мерама	Власници неусаглашеног процеса	Рекламације	Ефекат спроведених мјера				Налог и извејштај о спроведеним мјерама
Праћење и мјерење учинка заштите	ПП8	Руководилац за квал., екол И ЗНР	Власници основних процеса	Програми заштите	Извештаји о реализацији заштите	Менаџмент	Заинтересоване стране	Надзор И контрола стања				Записи мониторинга
Управљање отпадом	ПП9	Руководилац за квал., екол	Власници основних процеса	Записи о отпаду	Испоручени отпад	Корисници тех.дир. директор одржавања	Комунално организације и организације за рециклажу	Количина И вриједност отпада за рециклажу			Правилници о управљању отпада	Записи о испорученом отпаду

Табела 4.6. Матрица основних процеса

Назив Процес	ИД	Власник процеса	Испоручилац	Улази	Излази	Корисник		Метрика	Документ са којим је описан процес			Записи
						Интерни	Екстерни		Процедуре	Упутства	Остала документа	
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11	12.	13.
Техничка припрема	ОП 1	Главни технички руководилац	Руководилац развоја и плана	Налог за припрему	-Извештаји -Планови -Профили д.р.	-ОП-4 -ОП-5 -ОП-6		Геодетско снимање			-Геолошке карте -Рударски пројекти -Геодетски планови	Захтев за техничку припрему, извештаји о техничкој припреми
Набавка производа и услуга	ОП 2	Овлашћена лица за набавку	Референт набавке	Захтев за набавку	Отпремница/ Пријемница	Сви процеси		Улазна контрола			Требовања, Извештај улазне контроле, Издатнице	Спецификац а за набавку и извештај улазне контроле
Одржавање рударске опреме	ОП 3	Руководила целектромашинског одржавања	Сви запослени у одржавању	План одржавања	Исправно стање	Сва опрема, транспортна средства, површински коп и одлагалиште		Надзор И контрола стања		Упутства за одржавање опреме и машина	Сервисне књижице И упутства за одржавање	Списак опреме и машина услови радне средине
Откривка, транспорт и одлагање откривке	ОП 4	Главни технички руководилац	Технички руководилац	Налог за производњу угља	Извештаји о извршеним радовима	-Руководилац смјене -Диспетер -Рударски пословођа -Руководилац припремних радова		Количина откопаног угља			Упутства за руковаоце машина и транспортних средстава	Налог за производњу, извештај о извршеним радовима
Производња и транспорт ровног угља	ОП 5	Главни технички руководилац	Технички руководилац	Налог за откривку, транспорт откривке и одлагање	Извештаји о извршеним радовима	-Руководилац смјене -Диспетер -Руководилац припремних радова		Количина откопаног материјала			Упутства за руковаоце система и машина	Налог за откривку, извештај о извршеним радовима
Прерада, складиштење, утовар и отпрема	ОП 6	Главни технички руководилац	Технички руководилац прераде угља	-Налог за прераду -Налог за утовар и отпрему	Извештаји о преради, утовару и отпреми	-Пословођа прераде угља	Корисник	-Количине прерађеног угља -Количине утоварског и складишног угља			Упутства за руковање опремом за прераду	Налог за прераду угља извештај о извршеној преради и извештај о отпреми
Лабораторијска контрола квалитета угља	ОП 7	Руководилац лабораторије	Сви запослени у лабораторији	Узорци угља за испитивање	Лабораторијски извештаји	Главни технички руководилац	Корисници	Калорична вредност, садржај пепела и влаге			Стандарди, метода лабораторијских испитивања	Лабораторијске свеке, евиденција о узорцима И извештај лаб. испитивања

Наставак табеле 4.6.

Одржавање експлоатационог простора	ОП 8	Главни технички руководилац	Шеф припремних радова	Налог за одржавање радне средине	Извештај о црпљењу и одржавању локалне путне мреже	Руководиоци смјена		Количине испумпане воде из копа у m^3				Извештаји о црпљењу и одржавању пута
Управљање мјерним, контролним и испитним опремом	ОП 9	Главни технички руководилац	Руководиоци одржавања и Руководиоци лабораторија	Руководиоци опремом	Листа о еталонирању и пријава неисправности	Извештај о еталонирану, евиденција о поправци	Сви руководиоци опремом		План и рокови еталонирања и одржавања опреме			
Развој	ОП 10	Главни технички руководилац	Руководиоци развоја и плана	Пројектни задатак	Пројектна документац.	Менаџмент		Вредност пројекта			Технички стандарди и законски прописи	Записи о преиспитивању и верификацији пројекта
Производња нових производа	ОП 11	Главни технички руководилац	Технички руководилац	Налог за производњу	Извештај о производњи	Руководиоци смјена	Корисних производа	Количина производа			Пројекат развоја	Налог за производњу и извештај о производњи
Праћење реализације	ОП 12	Главни технички руководилац	Технички руководиоци припреме производње И прераде	Налози за производњу И прераду	Извештаји о производњи о преради	Менаџмент		Количина отпремљених производа				Извештаји о праћењу реализације
Продаја, утврђивање захтева и задовољства	ОП 13	Руководилац за еконо. финансијске и правне послове	Референт продаје Технички руководилац прераде угља Руководилац Лабораторије	Налог за утовар	Извештај о техничкој анализи угља	Менаџмент	Корисник	Количина отпремљеног угља				Понуда, Уговор, ценовник, Налог за утовар Налог Отпремница

4.3.5. Завршна разматрања и фазу развоја ианфраструктурног управљања

Иако то до сада није био случај на великом броју рудника, развојем ИТ технологија, истраживањима и конкретним увођењем истих у рударски производни систем непосредни менаџери добијају императив употребе средстава за унапређења кроз континуалне анализе и јасно квантификоване извјештаје које сачињавају. Добра свјетска искуства у примјени информационих модела управљања рударским производним процесима указују на потребу дефинитивног културолошког и техничког помака у образовању управљачких структура. То неће ићи брзо али на крају крајева рударска производња ријетко захтјева ад. хоц рјешења и некада примјена најбољих искуства у другим индустријама не дају довољно добре резултате у рударству.

На примјер, при евидентирању резултата, може се захтијевати јавно говорење, а познато је да је *Fred Edward Fiedler* констатовао како надзорници из прве радне линије, поготово у рударству, по правилу не воле излагање публици. Ово указује да за сваку управљачку активност или управљачку одлуку, треба размотрити и планирати друштвене импликације. Као и у свим другим корацима у развоју управљачког система рудника, еволуција је најбоља стратегија. Инфраструктура управљања треба да се развија упоредо са компонентама онако како су оне смјештене у плану система.

Управљачких активности треба развијати онолико брзо и динамично колико се може толерисати од стране стратешког менаџмента а у складу са потребама система. Слика 4.11. показује како ваља разматрати фазе Планирања и изградња инфраструктуре система, Утврђивања мјера-начина вриједовања, учинака и поступака и Изградње инфраструктуре управљања: На слици су такође наведене кључне компоненте организационог пројекта који обезбјеђује да се реализација надгледа, системска питања идентификују и рјешавају, циљеви реализације остварују, планирана питања постављају, а да се модел развија и одржава. Коначан резултат модела управљања треба да буде много активнији и информисанији менаџмент производње и мјерљиво увећање производње рудничког

система. Прве три наведене фазе су кораци који се предузимају и питања која се разматрају када се развија модел управљања. Међутим, у циљу расвјетљавања како би систем радио, четврти сегмент методологије - Операциона фаза описује како модел може функционисати користећи се једним хипотетичним примјером.

Слика 4.11. Завршетак фазе изградње инфарструктуре управљања

4.4. Операциона фаза методологије

Операциона фаза-Диспечинг: у овој фази се обрађују питања која се односе на начин коришћења, одржавања и будућег развоја модела управљања, при чему се значај придаје што ефектнијем ***Прикупљању и статистичкој обради података*** из самог производног процеса те ***Коришћењу симулационог модела*** који даје естимације понашања система у будућем периоду, што умногоме олакшава доношење одлука у управљању.

Три прва дијела овог поглавља баве се прегледом поступака које треба слиједити и питања која треба размотрити када се развија модел управљања са могућношћу што бржег, актуелнијег прикупљања података са терена у реалном времену. У овом примјеру претпостављено је да постоји слиједеће:

- **План и инфраструктура система података:** са основном структуром модела и инфраструктуром података, јединицама производа, показатељи њиховог квалитета, подацима о трошковима организовани у сагласности са процесом рада;
- **Производне мјере:** расположиве су информације и разлози који се тичу производних мјера и циљева сваког менаџера;
- **Инфраструктура управљања:** организована је серија активности путем којих менаџери из оперативе презентују своје производне поступке, идентификују

потенцијална рјешења и планирају унапређења или предвиђају будућа производна ограничења.

Рјешења која доносе унапређења у раду дисконтинуалних ситема експлоатације на површинским коповима рјешавају различите проблеме употребом информационих технологија а могу да представљају избор опреме (Equipment Selection), мрежни дизајн (Network Design), усмјеравање возила (Vehicle Routing), лоцирање главне тачке/уског грла (Hub Location), распоред и алокација опреме (Scheduling and Allocation). У табели је дат преглед литературе у подкатегорије за моделовање и приступ рјешењима како би илустровали успјех неких приступа (у неким апликацијама) и нагласили појављивање, у неким случајевима и унапријеђења везана за избор опреме у површинској експлоатацији минерланих сировина.

Када говоримо о проблему избора опреме у рударству то представља разматрање скупа политика набавке опреме који су изводљиве у погледу вијека експлоатације, захтјева за балансирање продуктивности између камиона и утоварне јединице и ограничења компатибилности (са окружењем и између врста опреме). Проблем избора опреме (Equipment Selection Problem ESP) је да изаберете политику минималних трошкова из овог изводљивог скупа.

Са друге стране проблема диспечинга и алокација-додјеле локација јединицама опреме су питања и проблеми који су доста истраживани у рударству што је приказано у прегледу литаратуре у претходном поглављу. Проблем додјељивање задатака опреми, што је компонента у цјелокупном процесу избора опреме, јесте рјешив и кроз адекватно постављање претходних фаза овог модела и активности у њима. У оквиру временских оквира додјељивање задатака опреми постаје проблем диспечинга - правовременог усмјеравања и коришћења опреме. Кључна разлика између проблема диспечинга и избора опреме је у томе што се диспечинг односи на стварање изводљивог директног - on line распоређивања за дневне оперативне одлуке, док се избор опреме тиче стварања политике куповине и реизбора опреме у циљу унапређивања што су питања за више нивое управљања и одлучивања (најчешће тактички ниво планирања). Литература о диспечингу-распоређивању се фокусира на задовољавање захтјева за продуктивношћу, често са сложеним особинама као што је превенција уског грла док истраживања о оптимизацији отпреме настоје максимално повећати ефикасност флоте.

Линеарно програмирања, вјештачка интелигенција, симулације и животни циклус трошкова, су технике које доминирају у истраживањима а неки модели су развијени коришћењем теорије чекања. У сваком случају анализа и истраживање оптимизације рада система багер-камион постоје и преглед је дат у ранијим поглављима. Овдје се приказује методолошки приступ симулационом моделирању у рударству, што подразумијева свакако и моделовање диспечинг система о чијим концептима израде смо говорили у претходном поглављу.

4.4.1. Симулационо моделовање у рударству

Планирање, пројектовање, праћење и управљање производним системима интензивно се ослања на коришћење математичко-логичких модела реалних система. Модели реалних система се заснивају на знањима о карактеристикама појединих технолошких операција и на правилима њихове међузависности. Развијањем неког симулационог модела ми покушавамо да обухватимо релевантне карактеристике система и да адекватно опишемо њихове промјене у зависности од промјена стања система.

Ако је модел једноставан, просто коришћењем функционалних зависности, можемо да прорачунамо тачна аналитичка решења. Са друге стране, нека аналитичка решења математичког модела захтјевају велики број рачунања коришћењем матрица и великог броја образаца што их чини знатно сложеним. Теоретски посматрано, аналитички до рјешења би могло да се дође али практично су она далеко од тривијалних, понекад временски и неизводљива без примјене брзих рачунара. У тим случајевима модел треба да се проучава техником симулације.

Општа дефиниција појма симулација не постоји мада се из бројних научних радова могу примјетити основне, опште прихваћене, теоријске поставке. Симулација се може дефинисати као нумеричка техника за обављање експеримената користећи одређене типове математичких и логичких модела којима се описује понашање пословног система (или неких његових дијелова) у датом временском периоду, а посредством рачунара. Симулација описује значајне аспекте система као серију једначина стандардно уврштених у рачунарски програм. Исто тако неки истраживачи под симулацијом подразумевају опонашање операција реално постојећег процеса или система током времена. Поједине дефиниције указују на различите приступе аутора, а разлике се могу објаснити веома широким дјелокругом примјене симулације.

Симулација дискретних догађаја и континуална симулација су технике које се данас широко примјењују за детаљне анализе, планирање и пројектовање рударских производних система. Има више корисних разлога за то, а најважнији је да се овим приступом можемо лако прилагодити строго динамичком и стохастичком карактеру рударских технолошких система. Даље, висок ниво детаља се једноставно уграђује у симулационе моделе. Ако се погодно примјени, сваки детаљ може да обезбједи валидно представљање дијела реалног система без нежељених апстракција.

Техника симулације је једна од једноставнијих метода за учење а конструисање модела је обично концептуално једноставан процес. Сложенији проблем у техничком смислу је анализа симулационих резултата на одговарајући научни начин. Стварни објекти или процеси, названи системи, се на различите начине могу мијењати, мутирати или симулирати, користећи различите рачунарске технике. У складу с тим неопходно је научно проучити систем или често правити читав сет претпоставки како раде и функционишу.

Те претпоставке, које обично имају математичку форму или форму логичких релација, граде модел који се користи у покушају разумјевања како се систем понаша у раду и

коресподенцији. Ако су односи, који граде модел, довољно прости, могуће је употријебити математичке методе (као нпр. алгебру, калкулације или теорију вјероватноће) за добијање егзактне информације, и то се назива *аналитичко рјешење*.

Ипак, највећи број стварних - реалних система су превише комплексни да добију реалистични модел при аналитичкој евалуацији, па се ти модели морају проучавати при *симулацијама*. У симулацији се користи рачунарска техника за разаду нумеричког модела, а подаци се сакупљају при процјени жељених и стварних карактеристика модела.

Основни циљ коришћења рачунарског симулационог моделирања је опонашање процеса реалних система у времену. Систем представља збир ентитета, нпр. људи и машина, који раде и међусобно функционишу до добијања неког логичног завршетка. При томе треба разликовати:

- *моделовање* као поступак којим се успоставља веза између реалног система и модела, док је
- *симулација* процес који се односи на везе између модела и средства за симулацију (рачунара).

Дефинисање стања система се врши сакупљањем промјенљивих, неопходних за опис система у појединoм тренутку, у односу на објективе посматрања и студирања истог. Постоје два типа система - дискретни и континуални.

- *Дискретни систем* – је за свако стање промјенљиве, која се тренутно мијења у појединoм тренутку, а
- *Континуални систем* – је за стање промјенљиве која се континуално мијења у времену.

Физички модели - нису интересантни у истраживању и анализама система. Углавном служе за проучавање инжењеринга и менаџемнта система (одржавање опреме и сл.)

Математички модели – већина модела су математички и углавном репрезентују системе као логички и квантитативни однос који се мијења и показује како модел реагује и како би модел реаговао (ако вриједи математички модел " шта ако").

Код једноставнијих система може се употријебити егзактно *аналитичко рјешење* и може се лако изразити формулом. Међутим код компликоанијих и комплекснијих систма, који су у природи застпљенији, добијају се комплекснији матматички модели и студирају се кроз симулације. Прихватљивост и вјеродостојност резултата симулације није нешто што се добија послије симулације већ представља резултат процеса креирања симулационог модела са одређеним структурним корацима:

Дефинисање проблема - настали проблем у систему увијек се много касније уочи или представља посљедицу неког дубљег узрока који је обично дуго присутан у систему. Када се проблем препозна, доносилац одлука (руководећа структура) започиње истраживања повезујући се прво са аналитичарима (групом за консалтинг или истраживања). Свако истраживање би требало да почне са поставком проблема. Ако поставку проблема даје аналитичар, важно је да наручилац анализе (онај који има проблем) разуме формулацију проблема и слаже се са њом. Формулисан проблем мора да буде довољно добро одређен

како би обезбједио потребан ниво наредних корака истраживања. У току истраживања јављају се случајеви када је неопходно преформулисати проблем.

Разматрање могућих техника рјешавања проблема - потребно је одредити све методе са којима је могуће ријешити постављени проблем. Затим се избацују сувише скупе методе или оне методе за које се процјени да неће дати довољно тачна и дјелотворна рјешења у оквиру посматраног проблема. Мишљење да је симулацију могуће користити и у оним случајевима када ниједна друга метода анализе није погодна је варљиво, ако не и потпуно нетачно. Основно питање које се поставља није да ли је могуће добити рјешење него да ли је рјешење које се добија довољно добро и прихватљиво од стране доносилаца одлука (наручилаца анализе).Понекад се формулација уоченог проблема обавља под утицајем унапријед изабране методе рјешавања што доводи до беспотребно скупих решења, понекад за погрешне проблеме. Када се као резултат разматрања могућих метода рјешавања постављеног проблема изабере симулација, одговорност за верификацију формулисаног проблема и одређивање изводљивости симулације, прије уласка у следећи корак истраживања, препушта се тиму стручњака за симулационо моделовање.

Дефинисање оквира реалног система - да би проучили реални систем који садржи формулисани проблем потребно је прво да одредимо оквир посматрања (обсерватион фраме) чија структура садржи временску базу (тиме басе), улазне (инпут валуе) и излазне вриједности (оутпут валуе). Систем обухвата скуп елемената повезаних у цјелину ради остваривања циља, коришћењем, претварањем и размјеном енергије, материје и информација. Ово је само једна од многобројних дефиниција система али у пракси значење система зависи од тога шта нас интересује при испитивању односно какав је наш оквир посматрања. Скуп елемената који чине систем за једно проучавање у другом су само дјелић другог система који се проучава. На примјер, ако неко проучава величину кашике багера и њен утицај на вријеме утовара у камион под системом можемо да подразумијевамо само багер, камионе и њихове међусобне везе. Ако нас пак, интересује утицај величине дробиличног бункера на број потребних камиона систем поред багера и камиона мора да укључи дробилицу и транспортере са траком.

Израда концептуалног модела - Скоро да није могуће дати прецизне смјернице које воде ка успјешном креирању симулационих модела реалних система. Увијек је боље почети разраду система са једноставним моделом и касније вршити његово дограђивање до жељене сложености. У сваком случају, усложњавање модела треба да се обавља све док се тражена сврха поступка израде и разраде модела не задовољи. Треба успоставити равнотежу између нивоа детаља уграђених у модел и жељених циљева истраживања. Превише детаља непотребно троши вријеме аналитичара, а такође може да отежа изналажење поузданог решења за модел или постизање ширих аналитичких циљева као што је математичка оптимизација. Са друге стране, премало детаља може довести до модела реалног система који је апстракција од малог значаја за задати проблем. У овом кораку препоручује се укључивање наручиоца анализе система у ток креирања концептуалног модела или коришћење поузданих снимљених рзеултата и услова рада путем информационог система, као што је то случај приликом израде ове дисертације.

Тиме се постиже побољшање квалитета коначних резултата анлизе система и повећава поверљивост самог корисника у могућности симулационог модела.

Прикупљање података о реалном систему - прикупљање података се стално прожима са поступком израде модела. Са разрадом и усложњавањем модела јавља се потреба за новим подацима који морају да се прикупе у реалном окружењу. Како овај корак у оквиру истраживања техником симулација обично узима велики дио времена пожељно је да се што је могуће раније почне са прикупљањем података, обично истовремено са раним фазама развоја модела. Оквир посматрања реалног система и поставка проблема који треба да се ријеши у многоме утичу на врсту података које је потребно прикупити на реалном систему.

Израда програмског модела - како већина реалних система који се анализирају захтјевају сложене симулационе моделе за анализу са великом количином похрањених информација и броја прорачуна, модел је потребно превести у облик препознатљив рачунару. Обично се користи израз „програмски модел" указујући на потребу писања програмског кода за рачунар, мада у многим случајевима потребан резултат са рачунаром може се постићи без икаквог или са веома мало програмског кода. Креатор симулационог модела обично бира између симулационих језика и општенамјенских програмских језика онај програмерски алат са којим најбрже, најлакше и са жељеним нивоом детаља може да напише симулациони програм. Програмирање дискретних симулационих модела захтева да се са задовољавајућим нивоом тачности и квалитета модела задовоље следеће особености:

- генерисање случајних вриједности са вјероватноћама појављивања од 0 до 1,
- генерисање случајних вриједности варијабли са одређеном функцијом расподјеле (на пример: Нормална, Weibull, ИТd),
- напредовање симулационог времена,
- одређивање наредног догађаја са листе догађаја и препуштање контроле одговарајућем блоку у програмском коду,
- додавање нових и брисање старих догађаја са листе догађаја,
- прикупљање и анализа улазних података за симулациони модел,
- анализа и презентација резултата симулације, и
- проналажење грешака у моделу.

Ове особености су уствари основни покретач развоја специјализованих софтвера, а посебно програмских језика из области симулација.

Верификација и валидација модела - верификација се односи на припремање рачунарског програма за симулациони модел. Верификација даје одговор на питање да ли се програм извршава правилно? Код сложених модела је потребно доста времена за отклањање свих грешака у програмској структури. Када је модел преведен у програмску листу са правилно унесеним улазним параметрима, логичком структуром модела и када се програм извршава без грешака сматра се да је верификација програмског модела завршена.

Под валидацијом подразумијевамо поступак којим одређујемо тачност представљања реалног система симулационим моделом. Валидација се обично постиже итеративним поступком упоређивања модела са стварним понашањем система и коришћењем неслагања између њих за побољшање структуре модела. Поступак итерације се обавља све док се не установи задовољавајући ниво тачности модела, када се он сматра валидним.

Планирање и извођење експеримената - случајеви који желе да се симулирају морају претходно да се утврде. Често, одлука којом се одређују ти случајеви за симулацију су у функцији броја промјена улазних величина и покретања програма као и анализе резултата сваког симулационог пролаза. За план експериментата је битна дужина периода загријавања симулационог пролаза, тип симулационог пролаза (дуг симулациони пролаз стабилног стања или више мањих симулационих пролаза) и њихов број.

Документација и извештаји о резултатима симулације - уопштено гледано можемо да разликујемо двије врсте документације:

- програмска документација,
- документација о историји симулације.

Програмска документација је неопходна из више разлога. Ако ће програм да се користи касније од стране истог или другог аналитичара, потребно је да он разумије како програм функционише. Програмска документација даје опис програма и његову логику рада тако да омогућује коришћење програмског модела много касније као и могућност накнадне дораде програма од стране другог аналитичара. Други основни разлог у корист прављења добре програмске документације јесте могућност да аналитичар мијења улазне параметре модела и тако обавља експерименте са моделом тражећи решења за постављени проблем.

Документација о историји симулације даје хронологију рада са симулационим моделом и хронологију донешених одлука у току експериментисања. Неки аутори предлажу честе извјештаје о симулационим експериментима који укључују свакодневни опис активности везаних за истраживања. Оваквим приступом се омогућава рано проналажење неспоразума и неразјашњених проблема и њихово отклањање.

Извјештај о коначним резултатима симулације треба да обухвати опис модела, симулациони примјер, анимацију симулационог пролаза, резултате валидације, међурезултате у току експеримената, програмску документацију, документацију о историји симулације и коначно презентацију анализе резултата симулације. Коначни извјештај мора да буде једноставно и прецизно написан тако да може да омогући доношење одлука од стране руководеће структуре која није увијек упућена у технику симулација и све термине који се користе у њеној примјени.

4.4.1.1. Предности и недостаци симулационог моделирања

Предности коришћења технике креирања симулационих модела у условима рударске производње могу се сагледати кроз:

Тачан приказ система – како су симулациони модели засновани на статистичкој обради стварних или пројектованих системских величина, модели предвиђају понашање система према случајним вриједностима системских промјењивих које се јављају по одређеној статистичкој расподјели.

„Шта ако?" анализу – нове ситуације, о којима немамо довољно знања или искуства, могу да се креирају за опонашање теоретски нових догађаја у будућности. Велика предност симулација лежи у њиховој могућности да истражују и дају одговоре на питање „шта ако?".

Пробно вођење система – нова политика предузећа, нове технике рада, нова правила одлучивања, организационе структуре, нови токови информација итд. могу бити испитивани без ремећења процеса који су у току. Нови хардверски дизајн, физички изглед, софтверски пакети, транспортни системи итд, могу бити тестирани пре стварне набавке и/или имплементације.

Разумијевање система – може се лако добити увид у битне величине система и њихов међусобни утицај. Проучавање симулационог модела непроцјењиво помаже бољем разумијевању како систем стварно функционише у односу на то како неко мисли да систем функционише.

Комуникациона алатка – сви који су укључени у доношење одлука могу лако да разумију симулациони модел тако да он постаје општа основа за описивање процеса у сложеним системима.

Проналажење „уских грла" – често је тешко да се пронађу мјеста постојећих ограничења у сложеним технолошким системима. Симулација је у тим случајевима моћан алат којим се проналазе критична мјеста која ограничавају рад система и анализира њихов утицај на понашање система. Као и са многим другим новим техникама код којих увијек постоје и бројне тешкоће, при примјени симулационих модела у рударској пракси, уочено је пар основних проблема. Неки од њих су:

- **Симулациони модели рудника су доста сложени** - већина симулационих модела из области рударске проблематике је значајно сложенија од модела из других, традиционалније везаних, области са симулацијама. У рударству постоје сложена правила при транспорту, складиштењу, одлучивању или из области безбједности људи и механизације од којих зависе процеси у производњи, тако да инжењери морају да креирају симулациони модел са доста детаља.
- **Потребно вријеме моделовања** - потребна сложеност значајно продужава вријеме развијања модела.
- **Разноликости у рударском окружењу** - постоји пуно различитих примјена симулационих модела као код, на пример, резања камених блокова, напредовања са откопним радовима, транспорта материјала, система за одводњавање рудника и површинских копова, пројектовања рудничких окана итд. Жеља сваког рударског инжењера је да има један симулациони модел за разматрање свих наведених подсистема рудника, међутим тако комплексни симулациони модели још увек се тешко реализују.

4.4.1.2. Симулациони модели у рударству

Симулациони модели се разликују у зависности од начина и алата са којим се изводе. Такође, симулациони модели се разликују од других модела по томе што је основа за конструкцију модела и тражено рјешење симулациони експеримент. Симулационим експериментом се генерише вјештачка историја реалних процеса, при чему се појединачно даје како се промјенљиве стања мијењају било у времену или кроз низ стања. Историјски подаци као цјелине или једним својим дијелом пружају информације корисне за анализу карактеристика и перформанси реалних система.У односу на методске приступе при креирању модела разликујемо слиједеће типове симулационих модела у рударству:

- **статички/динамички модели;** *статички модели* се користе за разматрање система у којима време не игра никакву улогу – представљају систем у одређеном тренутку који представља модел (нпр. Монте Карло метода). Са друге стране *динамички симулациони модели* разматрају систем у времену. Транспорт материјала на површинским коповима камионима или тракама представља примјер система који се разматрају динамичким симулационим моделима.
- **детерминистички модели;** вриједности промјенљивих стања и улазних промјенљивих у једном тренутку једнозначно одређују вриједности промјенљивих стања у следећем тренутку. Модел нема неку од могућих компоненти. Често се средње вриједности улазних промјенљивих убацују у математички израз који представља особину система, као што су обрасци за рачунање циклуса транспортног система. На примјер средње вриједности времена превожења, постављања, циклуса утовара, средње вриједности оптерећења возила, запремине возила и дугорочне просјечне расположивости возила уносе се у математичке обрасце који представљају продуктивност система за превоз и утовар. Оваквим поступком је дефинисан један детерминистички модел.Такви модели не садрже случајне променљиве.
- **стохастички модели;** у овим моделима постоји бар једна случајна промјенљива. Већина проблема у реалном свијету посједује особине стохастичности. Треба примјетити да је улаз код стохастичких модела описан у виду одговарајуће расподјеле вероватноће (нпр. расподјела времена вожње камиона добијена кроз снимање транспортног циклуса на копу). Улазне расподјеле су познате: како њихова форма (нормална, експоненцијална, гама) тако и њихови параметри. Тежња код моделовања је да се види какав је одзив система за дате вриједности улаза. Овај одзив је по природи такође стохастички. Креирањем модела и симулацијом се покушава закључити или извести расподјела одзива са важнијим особинама ове расподјеле, као што су средње вриједности излаза. Ови модели практично производе и дају процјену правих карактеристика модела и то је један од главних недостатака такве симулације.
- **дискретни - континуални модели;** у динамичким моделима дискретних догађаја промјенљиве стања се мијењају само у пребројиво много временских тренутака. Догађаји су они дискретни временски тренуци који резултују променом стања промјенљиве, а што утиче и на промјену у цијелом систему. График променљивих стања по времену изгледа као степ функција. Систем камионског превоза нпр. може да се представи моделом дискретних догађаја - дискретних стања. Долазак камиона

на мјесто утовара мијења број возила која чекају на утовар и може да промјени статус багера са “незаузет” на “заузет”.

Примјер у коме се може примјенити модел са континуалним стањима је одређивање капацитета одводњавања тако да се испумпавање воде обавља изван шпицева потрошње струје (у периоду ниже тарифе) ради смањења трошкова. Ниво воде у копу мијења се континуално у времену као функција брзине дотока и испумпавања. Из континуалног модела може да се пређе у дискретни, одговарајућим избором промењљивих стања. У општем случају системи дискретних догађаја су лакши за моделовање од континуалних. Неки реални системи захтевају коришћење дискретно/континуалне интерпретације.

Континуална симулација обрађује моделрање система кроз вријеме са представљањем промјенљивих, које се континуално мијењају у времену. Типични континуални симулациони модел укључује диференцијалне једначине са релацијама за односе промјена промјенљивих са временом.

Комбиноване дискретно-континуалне симулације описују три основна три типа интеракције:

- дискретни догађај може узроковати дискретну промјену у вриједности континуално промјенљивих,
- дискретни догађај може узроковати вођење промјена континуално промјенљивих у одређном времену,
- стално промјенљиве, постизањем почетне вриједности, могу узроковати дискретни догађај, који се опажа или који се може распоредити.

4.4.1.3. Дискретни симулациони модели

Дискретни симулациони модел разматра системе код којих промењљиве стања мијењају своје вриједности засебно у времену. Математички би било тачније рећи да се стања симулационих модела дискретних догађаја мијењају у току симулације само пребројиви број пута. Тренутак када се мијења вриједност промењљивој стања представља појаву догађаја.

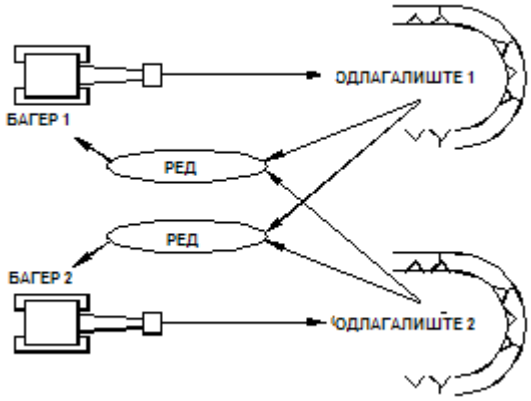
У следећем једноставном примјеру објанићемо и разјаснити симулацију дискретних догађаја: „Претпоставимо ситуацију у којој су два багера опслужена групом од четири идентична камиона, слика 4.12. Камиони се утоварују по принципу “први дошао - први утоварен” и чекају на ред, ако је багер заузет утоваром другог камиона. Материјал се, камионима од сваког багера превози на посебно мјесто. Приликом истовара камион не мора да чека на истовар возила испред њега“. Циљ развоја симулационог модела је да се генерише симулациони експеримент тј. вјештачка историја рада система утовар-транспорт кроз вријеме. У развоју модела овог система појављују се следећи улазни подаци:

1. вријеме утовара камиона,
2. вријеме кретања камиона од багера до његовог истоварног места,
3. вријеме вожње празног камиона од истоварног места до једног од багера.

Тренутак доласка камиона код багера представља догађај јер мијења стање багера од „слободан” на „заузет” или повећава број камиона у реду чекања за један. Слично овоме и

одлазак пуног камиона са мјеста утовара представља догађај. Кретање пуног камиона представља активност, а истовар опет догађај којим се мијења стање камиона. У моделу се појављују три типа дискретних догађаја: промјена стања багера, промјена стања камиона и промјена стања у реду чекања код багера.

У симулацијама дискретних догађаја, оне улазне промјенљиве чије је временско трајање одређено називају се активностима. У датом примјеру, сва три улаза - вријеме утовара, вријеме вожње празних камиона, вријеме вожње пуних камиона - су активности.



Слика 4.12. Дискретни модел транспорта

Промјенама стања током времена условљено је постојање догађаја и активности између њих при чему важе релације:

1. Сви догађаји се дешавају по завршетку активности. На примјер, кад год се активност "празна вожња" заврши, дешава се догађај у коме се дужина реда увећава за један и статус багера мијења на заузет уколико већ није био у стању заузетости.
2. По завршетку активности, може се понекад, коришћењем спољашњег улаза у модел, предвидјети завршетак неке будуће активности. У том случају, одређен је временски тренутак у коме ће се неки будући догађај десити. На пример, када се заврши активност утовара камиона, може се, коришћењем улаза у модел предвидјети када ће тај камион завршити активност „одвожење до одлагалишта". Ако су времена пуне вожње случајна, тада се највероватније вријеме, које је у складу са улазном, статистичком расподјелом времена вожње мора "генерисати" из ове расподјеле. При свему томе, предвиђање се може урадити само коришћењем улаза у модел.

Овдје треба нагласити да се будући догађај не може увијек предвидјети по завршетку неке активности. На примјер, ако камион стигне до багера који је заузет утоваром неког другог камионам ниједна активност није започета и никакав будући догађај се не може предвидјети. Ако камион стигне до нагера који је слободан, почиње активност утовара и улаз модела се може користити за предвиђање њеног завршетка. Ово показује да је могућност предвиђања будућег догађаја на основу текућег догађаја функција тренутног стања система.

Имена догађаја се обично изводе из активности које се користе за предвиђање њиховог настанка. У датом примјеру постоји пет догађаја: (1) долазак камиона код багера, (2) почетак утовара, (3) завршетак утовара, (4) почетак истовара и (5) завршетак истовара камиона на одлагалишту.

Почетни услови представљају стартно стање модела. Они, између осталог, одређују почетно стање система. У поменутом примјеру може се задати да пред сваким багером чека по један камион, док је утовар другог управо започео и оба багера су заузета. Вријеме се увећава и стање се на одговарајући начин ажурира. Затим се врши провјера да ли је вријеме да се пролаз заустави. Ово се може утврдити провјером тренутног стања у односу на неки услов прекида, или провјером да ли је прекорачено вријеме заустављања које је задао аналитичар. Уколико услов није задовољен, вријеме се увећава и стање се ажурира.

Кључно питање, код дискретних симулационих модела, је напредовање времена. Промјене вриједности промјенљивих стања за дати примјер, дешавају се само у дискретним временским тренуцима. У таквој ситуацији јасно је да је понашање система у потпуности познато, ако се може генерисати низ снимака система, у оним тренуцима времена у којима се мијења стање. Да би се пролаз ефикасно генерисао, вријеме би требало да напредује од времена једног догађаја до времена слиједећег догађаја.

Постоје два основна принципа за развијање симулације – односно помодносно помање симулационог сата:

- *Next event time advance* – померање времена од догађаја до догађаја, и
- *Fixed-incement time advance* – фиксно померање вријемена унапријед.

Тако можемо примјетити да неки симулациони модели рударских система увећавају вријеме у фиксним прираштајима кратког трајања. Догађаји и промјене стања могу се, али и не морају да дешавају на крају ових интервала времена. Иако ова техника одговара за систем код кога су за анализу потребне континуалне промјенљиве стања, она за већину дискретних симулација, губи не само на брзини извршавања него и на тачности, јер промјене стања нису дозвољене у произвољним тренуцима времена, као што се дешава у стварном систему.

Сада ћемо размотрити извршавање симулационе репликације користећи приступ распоређивања догађаја и напредовања времена на симулационом сату од догађаја до догађаја. Ово је један од два главна општенамјенска приступа за конструкцију дискретних симулационих модела. Слика 3.5. приказује општи дијаграм тока за овај приступ.

Идентитет и вријеме дешавања ових догађаја стављају се на „листу будућих догађаја” - LBD („future event list”-FEL). Догађаји на овој листи поређани су по редослиједу извршавања од најранијег ка најкаснијем. Рачунар скида први догађај са листе, увећава вријеме симулације до времена појаве тог догађаја и извршава потпрограм догађаја (постоји за сваки тип догађаја) . Тај потпрограм ради двије ствари:

1. ажурира стање,
2. предвиђа нове догађаје настале услед активности започетих у време текућег догађаја и ставља их на LBD.

Резултати обје ове операције су стриктно одређени типом догађаја и тренутним вриједностима промјенљивих стања користећи познате функционалне односе који се тичу понашања система. Никакве друге информације нису потребне.

Треба примјетити да је садржај LBD у сваком тренутку одређен текућим активностима. Нови догађај стављен на LBD не мора обавезно да иде на дно листе. На примјер, када камион 3 заврши утовар код багера 1 на LBD ће бити стављен догађај завршетка његовог истовара. Док он утоварен путује на место истовара, камион 4 је можда започео утовар са багером 2. У том случају се његов догађај завршетка утовара ставља на LBD и то би могао бити стављен испред догађаја завршетка истовара за камион 3. Даље, у општем случају, догађаји могу да се скидају са LBD прије него што се десе. Ово се догађа ако постоје активности које су пречe (пре-емпт) од текуће активности.

4.4.1.4. Избор симулационог језика

Прва и једна од најважнијих одлука коју треба да донесе аналитичар када жели да користи рачунарске симулације за анализу неког реалног система, јесте избор одговарајућег симулационог софтвера или програмског језика. Неприкладан избор симулационог софтвера може сам по себи да смањи успјешност студије или да онемогући њено завршавање у планираном року.

Већина производних система у рударству су примјери дискретних модела који се рјешавају симулацијама. Због тога се у овом поглављу даје преглед тако оријентисаних програмских пакета и симулационих језика. У свијету брзог напретка хардвера и софтвера, веома је тешко бити потпуно упознат са могућностима најновијих производа. Постојање више конкурентских произвођача резултирало је сталним усавршавањем и напретком симулационог и анимационог софтвера па ово поглавље можемо посматрати као опис тренутног стања симулационих програмских језика без жеље да предвиђамо даљи правац њиховог развоја, али са намјером да објаснимо наш избор софтвера за истраживања.

При креирању и анализи симулационих модела дискретних догађаја можемо да издвојимо три основна типа софтвера:

- класични програмски језици,
- специјализовани симулациони језици, и
- симулациони пакети са уграђеним модулима.

Први радови из области симулација рударских система помоћу рачунара урађени су коришћењем класичних програмских језика, посебно Fortrana. Овако развијени програми дали су добре резултате при анализиама рударских система али су захтјевали мјесеце, понекад и године рада на њиховом писању и касније отклањању грешака.

Симулациони језици или тачније комбинација језика и програмских пакета претражује модел система, користећи уграђене блокове, како би одредила ток процеса и логику система. Ови језици имају приступ познат као “event-to-event approach”. То значи да се симулациони сат помјера од нуле према раније формираној листи догађаја по временима

њихових извршења. Овакав приступ смањује потребно вријеме симулације на рачунару па га користе скоро сви језици овог типа као што су GPSS, SLAM, SIMAN, MODSIM, итд. Остварени напредак, стандардизација, и велика флексибилност симулационих језика представља основни фактор све веће популарности симулационог приступа рјешавању комплексних проблема из различитих области људске делатности.

Програми писани овим језицима изгледају на први поглед доста страно за оне који су навикли да користе класичне програмске језике као што су Fortran, Basic или C. Међутим, програми развијени помоћу симулационих језика су доста компактни и једноставни за разумијевање када се корисник упозна са основном структуром језичког приступа. Доста су брзи, лако се пишу и модификују.

SLAM/SLAMSYSTEM: SLAM (Simulation Language for Alternative Modelling) појавио се на тржишту 1979. године. Омогућавао је креирање континуалних, дискретних и комбинованих дискретно-континуалних модела. SLAMSYSTEM је софтвер кога је развила PrИTsker корпорација. Њиме могу да се симулирају три основна типа модела: мреже, дискретни системи и континуални системи (или њихов комбиновани рад). SLAMSYSTEM тежи да омогући кориснику графички приступ при изградњи модела и тако заобилази понекад компликоване команде симулационог језика. Он је уствари заснован на Windows приступу покретања SLAM II симулационих модела. Графичке подлоге могу да се убаце из AutoCad-а или неког другог програма. Корисник има могућност да повеже рутине писане у C-у или FORTRAN-у. У прозору програма истовремено може да се појави до 150 симбола.

SIMAN/ARENA: Dennis Pegden је 1982. године обелоданијо свој софтвер који је назвао SIMAN (SIMulation ANalysis). 1985. године на тржишту симулационог софтвера појавио се и CINEMA програм за анимацију који је заједно са SIMAN-ом чинио први симулационо/анимациони програмски систем. Овим пакетом је урађено више рачунарских симулација из области како површинске тако и подземне експлоатације минералних сировина. Насљедник овог језика SIMAN V појавио се 1993. године у оквиру програмског окружења под називом ARENA. Могућности SIMAN V укључују процесну интеракцију, “event-to-event” приступ и континуалну симулацију или њихову међусобну комбинацију. Основна предност Арене је могућност коришћења више готових примјера из различитих индустријских области. Arena 2.0 је већ потпуно прилагођена Windows окружењу са могућношћу коришћења базе података и OLE контрола. Алати за креирање модела су иконице и опције у падајућим менијима чијим избором се аутоматски генерише SIMAN програмски код тако да је могуће направити модел без и једне ручно написане линије кода. У оквиру њених подлога могу да се учитавају Auto Cad датотеке са наставком „.dxf”. Уграђени примјери се називају AST (Application Solution Templates). Поједини примјери су намјењени за производњу, пословање, паковање итд. Не постоји припремљени примјер из рударства али ипак корисник може да креира сопствени AST тако да то и није неко ограничење за коришћење овог софтвера у рударству. Напротив, у оквиру Арене се налази и програм за статистичку обраду улазних података и добијање карактеристичних расподјела са провјером помоћу тестова сагласности (Hi-kvadratni i K-S). Када разматрамо примену овог пакета у области проучавања рударских система морамо ипак да кажемо да

се Арена показала недовољно самостална, у смислу коришћења њених изворних алата без писања програмског кода, при креирању комплексних симулационих модела, и да је захтјевала велико познавање програмирања у SIMAN V.

AUTOMOD: AutoMOD је резултат десетогодишњих истраживања и развоја у оквиру AutoSimulation, Inc.. То је 3-D софтверски пакет који комбинује примјену језика и објектну оријентацију креирања симулационих модела. Аутомод аутоматски генерише излазни извјештај и дијаграме са подацима о искоришћењу машина, карактеристичним временима извршења појединих операција и осталом статистиком која може бити дата у табелама са дијаграмима. Овај софтверски пакет за симулацију је посебно моћан код опонашања транспортних ситема. AutoMod може да се инсталира на рачунару за рад под DOS, UNIX или Windows оперативним системима. У себи садржи AutoMod симулациони језик који је доста флексибилан са својим многобројним наредбама као што су рецимо If-Then-Else, While-Do, Do-Until и WaИT-For. Посебна атрактивност Automod-a је тродимензионална анимација симулираних процеса система што их чини лакшим за праћење и разумјевање. Она је често битан начин споразумјевања инвеститора и инжењера који пројектују неки систем. 3-D графика омогућује разгледање модела под било којим углом и размером. 1993. Automod-u је додат „Simulator” у чијем прозору може да се унесе логика модела без директног програмирања. Још један користан додатак Automod-у је „AutoStat”. Он одређује интервал загријавања симулационог пролаза, управљање експериментима, одређивање интервала повјерљивости резултата симулације. Постоје неки радови са примјеном Automod-a u simulaciji rada rudnika sa podzemnom eksploatacijom.

GPSS/H - PROOF Animation: GPSS (General Purpose Simulation System) представља најстарији симулациони језик оријентисан ка симулацији дискретних система. Њега је развио почетком 60-тих Џефри Гордон. Са даљим развојем технике компјутерских симулација појавиле су се многе побољшане верзије као GPSS II, GPSS/R, GPSS/360, GPSS IV, GPSS/H i GPSS PC. Тренутно су актуелне верзије GPSS/H и верзике за Windows назване SLX. GPSS/H је најчешће коришћен језик за симулације рударских система са даљим изгледима да задржи тај ласкави статус. Основни разлози његове популарности су: постојање одличне литературне подршке, успјешно коришћење при анализи различитих рударских проблема, има велику флексибилност с обзиром да је то језик, а не програмски пакет, одлична подршка произвођача.

GPSS/H користи концепт „трансакција” које се крећу кроз систем и тако симулирају рад динамичких елемената као што су на примјер камиони или шлепери. Већина недостатака ранијих верзија је отклоњена. Укључена је могућност коришћења нових наредби и исписивања података у оквиру блокова. Посебно је атрактиван велики број уграђених расподјела са којима се генеришу случајне вредности (има их укупно 23).

PROOF ANIMATION је програм који се најчешће користи за анимацију симулације GPSS/H-ом мада може да се користи са било којим симулационим софтвером који уме да креира ASCII датотеке. Овај програм посједује сопствене инструкције дате „резервисаним” енглеским ријечима појединих операција (TIME, CREATE, SET, ...).

Посебно је интересантна могућност лаког коришћења „.dxf”, Auto Cad-ом креираних, датотека као графичке основе.

Поменути језици и софтвери имају различит квалитет, могућност примјене у рударском окружењу и коначно цијену. При куповини лиценце за симулациони језик треба имати на уму више ограничења од којих ми овде наводимо најважније.

1. **Постојање пакета у PC верзији**. Моћ обраде података данашњих персоналних рачунара је довољна за већину (али наравно, не за све) апликација. OS пакети, који се сада појављују, повећавају величину модела који може да се истражује коришћењем микрорачунара. Цијена таквих софтверских пакета се креће од 5000$ do 30 000$.

Табела 4.7. Упоређивање неких симулационих језика и потребне основне особине

Особина	Симулациони језик				
	GPSS/H	SIMAN/ CINEMA	SLAM II	SIMSCRIPT II.5	AutoMOD
Оријентација ка догађајима (D) или процесима(P)	P	D,P	D,P	D,P	P
Дискретна симулација	+	+	+	+	+
Континуалан симулација	-	+	+	+	+
Број токова случајних бројева	Неограничен	Неограничен	10^7	10^7	Неограничен
Стандардне расподеле[1] вјероватноћа	Be, Er, Ex, Ga, N, L, P, U, W,...	Be, Er, Ex, Ga, N, L, P, T, U, W	Be, Er, Ex, Ga, N, L, P, T, U, W	Be, Er, Ex, Ga, N, L, P, T, U, W	Be, Er, Ex, Ga, N, L, P, T, U, W
Могућност анализе улазних података	-	+	-	-	+
Могућност анализе резултата симулације[2]	-	R,PS, SVS	(R,PS)[3]	-	+
Анимација модела[3]	PROOF	CINEMA	-	-	+

1. Be- бета расподјела, Ex-експоненцијална, Er-ерлангова, Ga-гамаа, L-логнормална, N-нормална, P-Поасонова, T-троугаона, U-униформна, W-Weibull-ова
2. R-репликације, PS-средње вриједности порција, SVS-стандардно вријеме серија
3. При коришћењу верзије SLAM II TESS

2. **Могућности моделовања које подржава језик.** Препоручљиво је да језик подржава интеракцију процеса, распоређивање догађаја и континуалну симулацију. Интеракција процеса је главни прилаз за симулацију дискретних догађаја. Корисникове рутине могу често да се повежу са процесним рутинама чиме се поправила флексибилност и повећава опсег језика; пакет треба да садржи помоћне субрутине које су на располагању кориснику код креирања програма. Ако је подржано моделовање система са континуалним промјенљивим стања тада је могуће представљање мјешовитих континуално/дискретних система.
3. **Оријентација језика ка специјалним апликацијама**. Неки језици су усмјерени специјално ка симулацијама система редова чекања, који су главни аспект многих симулација реалних система, укључујући рударске системе, неки пакети су намјењени за једноставну симулацију система руковања материјалом, итд.
4. **Модул за анализу резултата (излаза) симулације.** Треба да постоји систем извјештавања који на једноставан начин прикупља мноштво статистистичких података о излазима система. Многи програмски пакети су у стању да креирају

датотеке са детаљним подацима о излазима насталим током симулационог пролаза и да касније укључе софистифициране статистичке програме за анализу користећи ове датотеке.

5. **Могућност анимације.** Тиме се у симулациони пакет укључује графички интерфејс који омогућава динамички приказ стања система користећи симболе које је дизајнирао (осмислио) корисник. То пружа погодност да се постигне глобалан, динамички поглед на операције система бржим, односно, споријим кретањем у односу на оно што може да се види у стварном свету. Важност ове могућности зависи од потреба корисника. Она нам пружа средство за користан увид у операције система и представља ефикасан комуникациони алат при представљању резултата симулације руководству или клијентима. У данашњим условима трошкови анимације могу бити високи.
6. **Постојање добре документације са примјерима програма да би се илустровао поступак моделовања.** Добро написан приручник са илустративним примјерима може јако да убрза процес овладавања програмирањем.
7. **Квалитет алата за ”дебагирање” програма и отклањање грешака**. Језички пакет треба да садржи одговарајућа алате за отклањање грешака и поправку програма (дебагирање) са могућношћу избора пута кретања кроз програм, постављања зауставних тачака и тд. Напор при тестирању и отклањању грешака у симулационим језицима, за разлику од типичних рачунарских апликација, обрнуто је сразмјеран величини програма (броју програмских линија) због сложене природе наредби. Способност анимације може такође да помогне у процесу поправке (дебагирања) програма.
8. **Цијена софтвера.** Цијена симулационог софтвера је доста шаролика као и њен квалитет и креће се од 500$ do 10 000$. У зависности од могућности купца цијена софтвера може да утиче на коначни избор, а самим тим и на ток даљег истраживања. Можемо рећи да скуп софтвер не значи увијек и добар софтвер.

4.4.1.5. Анализа и моделовање улазних података

Комплексност и стохастичка природа експлоатације минералних сировина на површинским коповима, условила је анализу и планирање структуре производних система у реалном радном окружењу успостављањем веза између фаза технолошког процеса и случајних догађања у њему коришћењем случајних промјенљивих. Узмимо на примјер кретање камиона од багера до дробилице на површинском копу. Ми знамо трасу кретања камиона, али не и тачно вријеме за које ће камион прећи трасу јер постоје многи случајни утицаји у реалном времену које је тешко унапријед одредити (брзину вожње, препреке на путу, квар камиона, итд). Догађаји који се у датој појави могу остварити, а исто тако и не остварити, називамо случајним догађајима. Случајност појављивања ових догађаја „одређујемо” математичком вјероватноћом. Модели који се креирају оваквим приступом називају се статистички или стохастички модели. У симулационом поступку анализе реалних система стохастички модели дају случајни карактер улазним и излазним величинама симулационог експеримента.

Сваки статистички модел улазних величина симулационог модела је у тијесној вези са реалним системом, из чијег узорка се и одређује, и симулационим програмом у коме је потребно да се изврши његова интерпретација.

Утицај избора статистичког модела случајних улаза симулационог модела је од мањег или већег значаја прије свега за валидност самог симулационог модела. Не постоји начин одређивања значајности утицаја избора статистичког модела без примјене формалне методе валидације. Пошто одмах на почетку не знамо колики је тај утицај на валидност симулационог модела препоручљиво је да се претпостави његов велики значај.

Постоји четри основна корака које треба реализовати при дефинисању статистичких модела улазних података за симулациони модел:

1. *Прикупљање података из реалног система.* Овај корак обично захтјева значајно вријеме, ангажовање опреме и људи. У случајевима када не постоје информациони системи је потребно користити раније стечено знање стручњака о разматраним активностима производног процеса. У овој дисертацији је дата структура информационог система који чини веома важну ставку у формирању модела управљања
2. *Статистичка обрада података са циљем одређивања расподјеле вјероватноће која описује случајан улаз*. Када су подаци доступни, овај корак уобичајено почиње формирањем хистограма података и расподјеле учесталости. На основу њих и знања о структури посматране активности, математичком-статистичком обрадом података, бира се фамилија расподјела. Често се може изабрати више добро познатих расподјела које коректно описују разматрано појављивање активности.
3. *Одређивање параметара који су статистички обрађени и имају дефинисану криву из фамилије расподјела*. Када су подаци доступни ови параметри се оцјењују из тих података.
4. *Оцјена изабране расподјеле и њених параметара*. Ова оцјена може да се обавља неформално графичким методама и формално статистичким тестовима. Hi-квадратни и Колмогоров-Смирнов тестом. Ако аналитичар није задовољан нивоом апроксимације узорка одређеном расподјелом, враћа се на други корак, одабира слиједећу расподјелу из фамилије и понавља описану процедуру.

За брзо и прецизно извођење корака 2, 3 и 4 примјењују се статистички софтвери уграђени у програмске симулационе пакете као што је SIMAN-ov „Input Processor” или самостални (stand alone) статистички програми као што су UniFИТ II или ExpertFИТ, MathLab, Graph и др. Pri korišćenju ovakvih softvera treba imati na umu da oni ne mogu da analiziraju dvije grupe podataka koje su u međusobnoj vezi ili da daju rešenja u slučajevima kada podaci uzorka ne postoje.

4.4.1.6. Прикупљање података

Најтежи аспект моделирања симулационог улаза је прикупљање података са потребним квалитетом и квантитетом за жељену анализу реалног система. Оквир посматрања реалног система и поставка проблема који треба да се ријеши у многоме утичу на врсту података које је потребно прикупити.

У неким случајевима није могуће прикупити податке као рецимо при анализи новог система који је у фази пројектовања или постојећег система на коме се разматрају значајне промјене. У другим случајевима пак нема довољно времена или особља за опширније прикупљање података. Такви недостаци се надомјешћују доступним скупом постојећих података чија анализа и моделовање опет представљају изазов за себе. Већина рударских предузећа посједује службе које прате разне величине унутар производног процеса и систематично биљеже податке о њима. У тим случајевима неопходно је информисати се о врсти и квалитету тих података, начину њиховог прикупљања и на послијетку размотррити могућност њиховог коришћења у симулационом моделу. У овој дисертацији је управо дефинисан модел управљања који омогућава да се подаци сакупљени путем информационог система артикулишу управо према потребама процеса симулације и то у форми и обиму који се захтјева.

Пошто прикупљање података у оквиру симулационог моделирања захтјева већи дио времена пожељно је да се што раније почне са прикупљањем података, обично истовремено са раним фазама развоја модела симулације.

4.4.1.7. Статистичка обрада улазних података

Ако природа реалног система и изучаваног проблема омогућава прикупљање случајних вриједности величина улазних података које су од интереса за симулациону студију, тада се могу користити три приступа за одређивање расподјела њихових појављивања, и то:

1. Директно коришћење вриједности узорака у симулацији. На примјер, ако посматрана величина представља вријеме поправке багера, тада се користе редом прикупљене вриједности тих времена сваки пут када треба да се генерише вријеме поправке.
2. Прикупљене вриједности се користе за добијање емпиријских функција расподјеле на одређен начин. У поменутом примјеру са временима оправке багера, поједине вриједности се узимају из формиране расподјеле кад год је то потребно у симулационом пролазу. *Ово је рјешење које се користи у овој дисертацији са напоменом да се емпиријске вриједности уврштавају и упоређују и анализирају са теоретским функцијама вриједности параметара производње.*
3. Коришћење уобичајене технике статистичког закључивања ради одређивања теоретских функција расподјеле на основу мјерених података и провјера усвојених расподјела неким од тестова сагласности.

Први приступ има два озбиљна недостатка. Симулација по овом приступу репродукује само оно што се догодило у прошлости и тада се ријетко дешава да је број прикупљених података довољан за све симулационе експерименте који желе да се ураде.

Други приступ превазилази поменуте недостатке тако да се у симулацији могу појавити било које вриједности између најмање и највеће у прикупљеном узорку. Овдје треба нагласити да се први приступ препоручује за валидацију модела упоређујући излазне величине симулационог модела са одговарајућим величинама реалног система у прикупљеном узорку.

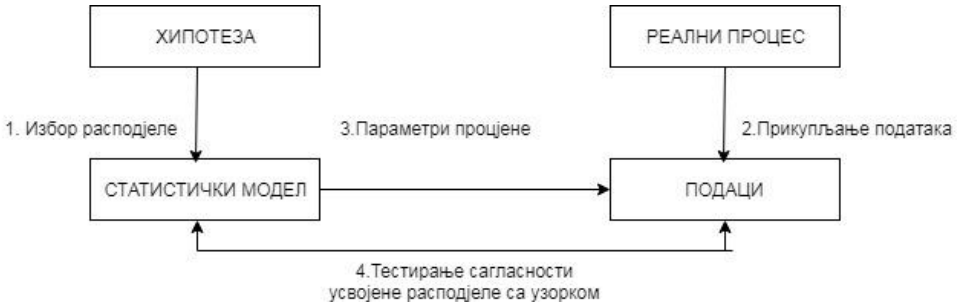
Ако је могуће дефинисати теоретску функцију расподеле која довољно добро описује мјерене вриједности у узорку, пожељно је увек примјенити приступ 3. Предности приступа под 3 у односу на друге приступе јесу да емпиријска расподјела у себи може да крије извјесне грешке, посебно када је број вриједности у узорку мали јер емпиријска функција, када се користи на уобичајен начин, некад не може генерисати случајну вриједност у симулацији ван интервала измјерених вриједности Теоретска расподјела са друге стране изравнава случајне вриједности и може да обезбједи обухватан поглед на активности које се појављују у узорку. Из тог разлога неки истраживачи су присталице коришћења теоретских фунскција јер оне генеришу и вриједности ван измјерених вриједности. Овај приступ је карактеристичан код рудника који почињу са радом али се ситуација свакако мијења код рудника који раде одређени временски период гдје се са сакупљањем великог броја информација и података у дужем временском периоду добијају велики интервали измјерених вриједности.

Понашање случајних величина у производним процесима може бити описано дискретним или континуалним дистрибуцијама расподјеле. Постоји велики број дистрибуција случајних варијабли које су дефинисане за моделовање различитих физичких процеса у производним техничким системима. Као полазни критеријум за избор дистрибуције узима се физичка основа могуће примјене одређене дистрибуције. Неке од најчешће коришћенх функција расподјеле за моделовање техничких система са описом и параметрима су: Логнормална функција расподјеле, *Beta* фунцкија расподјеле, Полиномна функција расподјеле, Нормална функција расподјеле, Експоненцијална функција расподјеле, Weibull функција расподјеле, Gamma функција расподјеле.

4.4.1.8. Избор и тестирање статистичких модела

При испитивању било каквих појава користимо претходно стечено искуство и логичке закључке које формулишемо у облику претпоставки. Истинитост претпоставки или хипотеза провјеравамо на основу мјерења, или на основу резултата мјерења у једном експерименту. Тестирање хипотезе представља поступак који нам помаже у одлучивању да ли подаци о узорку иду у прилог хипотезе или не.

Тестирање хипотезе се може обавити параметарским и непараметарским тестовима. Параметарски статистички тест провјерава хипотезу помоћу одређених претпоставки везаних за параметре или расподјеле популације из које је посматрани узорак извучен. Непараметарски тест је базиран на статистичком моделу који не укључује никакве предуслове у вези параметара популације из које је узорак извучен. Ови тестови не захтјевају тако прецизна мјерења као параметарски тестови. За креирање симулационог модела посебно су интересантни непараметарски тестови за један узорак којима провјеравамо хипотезу да ли је узорак извучен из популације са одговарајућом расподјелом. Дијаграм тока непараметарског теста приказан је на слици 4.12.



Слика 4.13. Дијаграм процеса тестирања статистичких модела

Основно питање које се намеће истраживачу при тестирању статистичких модела је избор статистичког теста (Hi-квадратни, K-S тест, A-D тест) сагласности. У зависности од врсте процеса или појаве и величине прикупљеног узорка зависи и избор теста. Узорци са преко 30 података и дискретне расподјеле се тестирају Hi-квадратним тестом. За узорке са мањим бројем података и континуалне расподјеле препоручује се K-S тест. Иако није намјењен тестирању дискретних расподјела K-S тест се са приличним успјехом користи и у тим случајевима. Према неким експертима тестови сагласности не разматрају сврху у коју ће улазни подаци да се користе (на примјер: квалитет модела, важност посматраних података у моделу, тражени ниво тачности резултата симулације, итд). Понекад превише података и прекомјерна „моћ" теста могу да проузрокују да расподјела која се разматра за усвајање буде одбачена. Са друге стране, мали број података и недовољно добар тест смањују сигурност у изабрану расподјелу која уствари није прави избор.

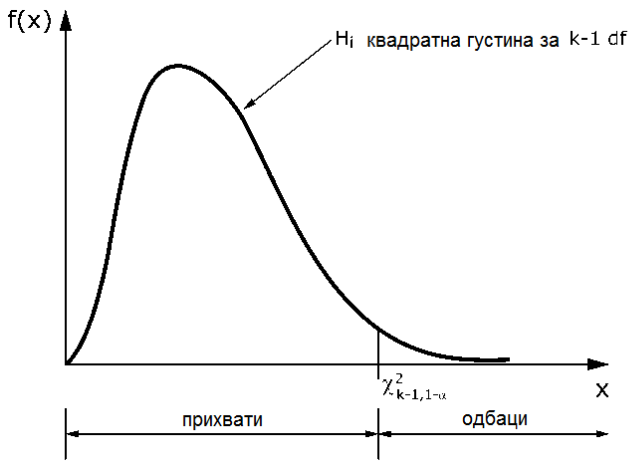
Дедуктивни алгоритам за примјену Hi-квадрат теста:

- **Почетна хипотеза H_0:** случајна пормјенљива X има расподјелу *F(X)*. Алтервативна хипотеза H_1: случајна промјенљива X нема расподјелу *F(X)*.
- **Подјела узорака на *k* интервала.** Из расподјеле *F(X)* одређујемо вјероватноће p_1, p_2, p_3,..., p_k, а из корака узорка број случајних вриједности n_1, n_2, n_3, ...,n_k које су се нашле у осматраним интервалима.
- **Одређујемо вриједност статистике** χ^2 и $\chi^2_{k-1,1-\alpha}$
- **Утврђујемо критичну област** из Hi-квадрат расподјеле (слика 4.13.)

Одређујући $\chi^2_{k-1,1-\alpha}$ тако да вјероватноћа нетачности закључка одговара жељеном нивоу значајности α (α = 0.1 за индустријске услове). Hi-квадрат расподјела са k-1 степени слободе представља гама расподјелу G:((k-1)/2,2) и као таква може да се нађе у литератури у табелама или да буде уграђена у софтверске пакете који се баве овом проблематиком.

- **Доносимо одлуку:**
  - одбацујемо H_0 ako je $\chi^2 > \chi^2_{k-1,1-\alpha}$
  - прихватамо H_0 ako je $\chi^2 < \chi^2_{k-1,1-\alpha}$

При примјени овог теста препоручује се избор интервала тако да важи да је $p_1 = p_2 = p_3 = ... = p_k$ и $n \cdot p_i > 5$ за скоро свако *i*. Такође је поželjno da broj intervala (*k*) буде мањи од 40. Основни недостатак овог теста је непостојање прецизног правила при избору броја интевала *k* што може да утиче на његову поузданост.



Слика 4.14.: Hi-квадрат расподјела

Избор статистичких модела у одсуству података - када се разматра нови, још непостојећи систем, или када постоји сувише случајних активности укључених у постојећи систем који се проучава није могуће одредити статистичку расподјелу из прикупљених података. У тим случајевима стручњаци из матичне области којој припада проучавани систем дају процјену минималних (*a*), максималних (*c*) и највјероватнијих вриједности (*b*) случајне величине за сваку активност редом. Помоћу процјењених вриједности могу да се формирају двије расподјеле: троугаона (T(a,b,c)) и beta (Be(α_1,α_2)) расподјела. Ако се претпостави и математичко очековање (μ) параметри бета расподјеле у том случају могу да се одреде према обрасцима:

$$\alpha_1 = \frac{(\mu - a)\cdot(2c - a - b)}{(c - \mu)(b - a)}, \quad \alpha_2 = \frac{(b - \mu)\cdot\alpha_1}{\mu - a}$$

Искуства аналитичара показују да већина расподјела које описују времена за извршење неке активности је постављена под углом у десно. Избором математичког очекивања (μ) ми можемо да утичемо на ову одлику расподјеле знајући да се искошеност расподјеле у десно јавља када је μ веће од *c*. У супротном крива расподјеле је нагнута у лијево.

4.4.1.9. Случајни бројеви и функције расподјеле у симулационим моделима

Случајни бројеви имају битну улогу у техници анализе система рачунарским симулацијама. Коришћењем симулационих софтвера, током симулације се не користе прави случајни бројеви већ „псеудо случајни бројеви”. Овај појам значи да се бројеви у току симулације добијају по неком алгоритму тако да се не понављају. За добијање случајног броја користи се детерминисан прорачун заснован на једном или више претходно добијених „псеудо-случајних” вриједности. Иако добијене вриједности на овај начин нису стварно случајне оне имају пожељне особине случајних бројева као и могућност понављања.Тако у случају да симулациони експеримент да необичан односно интересантан резултат, тај резултат може да се понови коришћењем исте групе случајних бројева.

Добијање случајне вриједности се обавља у два корака. Прво се случајни број добија из униформне расподјеле на отвореном интервалу (0.0, 1.0). Затим се добијени случајни број

памти и користи за добијање вриједности случајне варијабле према изабраној статистичкој расподјели.

Пошто се сви бројеви извуку из једног узорка генератора случајних бројева, низ тог узорка се понавља на исти начин. Тај узорак називамо период генератора. Унутар периода генератора може да се дефинише било који произвољан подузорак својим почетним бројем. Прва вриједност било којег низа случајних бројева узорка зове се сјеме (seed).

Генератор случајних бројева користи Lehmer -ов мултипликативни линеарни подударни алгоритам. Њиме може да се добије случајни број са периодом од *2 147 483 646*. Za Lehmer-ов алгоритам важи да се сви случајни бројеви рачунају генерисањем 31 битног узорка и његовим конвертовањем у облик потребан контекстом којим се извлачи случајна вриједност. Минимална вриједност која може да се добије 31 битним узорком је *1*, а највећа $2^{31}-2=2\ 147\ 483\ 646$. Од и-тог 31 битног узорка прорачунава се i+1 узорак по обрасцу:

$$X(i+1)=(X(i)\cdot 742\ 938\ 285)\ \mathrm{mod}(2\ 147\ 483\ 647)$$

Ако се захтјева цјелобројна вриједност у интервалу од 0 до 999, 31 битна вриједност се помјера десно 10 цифара и множи са 1000, затим тај резултат се помјера десно за 21 цифру. Помјерање за десет мјеста у десно се постиже дијељењем са *1024*, а помјерање у десно за 21 цифру дијељењем са *2 097 152*.

Одређивање почетних вриједности токова случајних бројева - у већини симулационих софтвера, почетне вриједности токова случајних бројева представљају сјемена. Недостатак оваквог приступа је у немогућности да се зна гдје тачно лежи вриједност одређеног сјемена унутар периода генератора случајних бројева. Симулациони модел може да користи онолико токова случајних бројева колико је потребно. Почетна вриједност за ток случајних бројева *n почиње 100 000·n* узорака даље од почетка периода генератора. Почетак периода генератора је тако изабран да почетне вриједности за првих 20 токова случајних бројева раде прилично добро.

Контролна наредба RMULT и блок наредба BRMULT се користе када желимо да промијенимо почетни узорак тока, на примјер, ако напишемо:

RMULT 1000000

ток случајног броја 1 почиње од милионитог узорка у оквиру периода генератора случајних бројева од 2 147 483 646 узорака. Ово не знаћи да смо користили вриједност сјемена од 1 000 000. Симулациони језици имају уграђене функције којима се генеришу случајни бројеви према 26 познатих расподјела. Приликом коришћења набројаних расподјела у моделу потребно је одабрати ток случајних бројева (tsbr) и унијети претходно одређене параметре функције расподјеле.

За дату породицу континуалних дистрибуција, постоји неколико начина одређивања, односно параметризације функције расподјеле вјероватноће. Ако су параметри коректни, могу се класификовати на бази њихових физичких особина или геометријске интерпретације, и то са три основна типа параметара:

γ - *Location* parameter - који одређује мјесто ранга дистрибуције на апсциси (x-оси). Уобичајено овај параметар је средња вриједност-тачка или нижа крајња тачка ранга дистрибуције. Код придружених дистрибуција-континуално дискретних параметар се зове и Shift и његова промјена помјера лијево или десно криву, без других промјена.
β - Scale parameter - одређује мјерило (јединицу мјерења вриједности) у рангу дистрибуције. Промјена овог параметра смањује или шири дистрибуцију без промјене њене основне форме.
α - Shape parameter - одређује основну форму и облик дистрибуције у датој фамилији дистрибуција. Промјена партаметра мијења особине дистрибуције (нпр. закошеност) више у основи.

Неке дистрибуције (експлоненцијална или нормална) немају овај параметар, а неке опет могу имати неколико (бета расподјела има на примјер 2).

4.5. Закључна разматрања о примјењеној методологији у формирању модела управљања

Циљ методологије за формирање модела управљања дисконтинуалним системима површинске експлоатације је максимално могуће коришћење информационих технологија, савремених техника управљања уз уважавање свих специфичности рударске индустрије и сваког појединог рудника. Приказана методологија истраживања у овој дисертацији представља примјену комбинације познатих информационих технилогија у рударству али уз сагледавање свих њихових предности и недостатака у специфичним условима управљања комплексним дисконтинуалним системима површинске експлоатације. Као што су у претходним потпоглављима наведене основне специфичности и потребе рударског производног система, многи истраживачи покушавају да одговоре на такве захтјеве, формирајући различите приступе рјешавања управљања таквим производним системима.

Тако се и у овој дисертацији користе многе предности информационих технологија у процесу надзора, сакупљања информација и управљања дисконтинуалним системима експлоатације и креира модел који може одговорити краткорочним али и дугорочним потребама планирања и управљања. Модел се састоји из два дијела:

- логистичко-информационог,
- операционо-симулационог.

Дефинисањем структуре интегралног информационог система на примјеру Рудника Угљевик и површинског копа "Богутово Село" се ствара алат за ефикасно и правовремено прикупљање актуелних, поузданих и прецизних информација постављених у јасно дефинисан комплет/сет информација, који даље омогућава вишекритеријумски приступ симулационом моделовању производног процеса дисконтинуалне експлоатације, диспечингу и управљању истим. То се може радити употребом теоретски или емпиријски дефинисаних функција расподјеле података за сваки физички процес у техничком систему производње. Завршетак и структура модела је приказана у свим фазама на слици 4.14.

Слика 4.15. Завршетак изградње Модела управљања

Овај рад представља допринос глобалним трендовима и настојањима да се информационе технологије користе у што већем обиму и циљу моделовања информационих система рударских производних процеса и управљању истим. У том смислу су вршена детаљна истраживања самог дисконтинуалног система експлоатације и специфичности и огромном броју утицајних паметара и варијабли које умногоме дефинишу начин тог процеса управљања.

Оригиналност ове методологије се огледа у настојању да се комплетан модел управљања подијели принципијелно на два дијела:

- логиситичко-информациони – који својом обимношћу надзорно-информационог система (НИС) повезује све производне, пратеће и логистичке процесе у јединствен систем токова информација, што омогућава потом издвајање појединих сетова информација најпотребнијих за поједине нивое управљања,
- операционо-симулациони – је дефинисан карактеристичном поставком комерцијалних рачунарских програма за статистику прикупљених информација те симлуацију дисконтинуланог система експлоатације чији резултати нису само погодни за директни диспечинг и алокацију опреме него и за саму валидацију важећих параметара управљања. То значи да је могуће у врло кратком времену извршити измјену диспечерских услова и вриједности што је веома битно у данашњим условима организације рада рударских производних процеса.

Поред напријед наведеног дефинисани модел даје могућност интерактивне двосмјерне везе између диспечерског центра (који представља извршни ниво управљања и има двосмјерну интеракцију са I и II нивоом управљања (директни извршиоци, пословође и руководиоци појединих проиводних цјелина) и III па и IV нивоа управљања (ниво техничког директора као тактичког па и директора као стартешког управљања) а то значи да је могуће много лакше управаљање и специфично прилагођавање стратешких и оперативних планова и циљева а не само код активности везаних за дипечинг и алокацију опреме.

5. ИНФОРМАТИЧКА ПОДРШКА УПРАВЉАЊУ ПРОИЗВОДЊОМ У ПОВРШИНСКОЈ ЕКСПЛОАТАЦИЈИ

5.1. Увод

Значај информационих технологија (IT) у свим областима људске дјелатности, а посебно у великим индустријским системима, већ неколико деценија расте експоненцијалном брзином. У савременим условима пословања све су ријеђи велики системи који се у свом пословању и управљању у мањој или већој мјери не ослањају на ИТ. Тако и у области рударства ИТ постаје незаобилазни елемент пословања, који отвара нове перспективе за унапређење производње. Рударска индустрија је тако препознала значај истражиивања и развоја нових рачунарских програма који се односе на пословање, надзор, контролу и управљање експлоатацијом минералних сировина и рјешавање реалних проблема.

При експлоатацији минералних сировина не може се утицати на низ фактора као што су геолошке карактеристике лежишта, цијена минералне сировине на тржишту, метеоролошки услови, постојећа инфраструктура или законска регулатива. Побољшавање пословних перформанси постиже се активностима усмјереним на смањење трошкова, оптимизацију производних процеса и већем искоришћењу постојећих ресурса.

Производња угља је специфична у односу на друге производе по томе што њен технолошки ланац за добијање крајњег производа од улазне сировине не чини велики број операција као у другим технолошким процесима, али се зато производња одвија у тешким природним условима експлоатације и користи се робусна и сложена опрема, што ову производњу чини веома комплексном. Продуктивност производног процеса у великој мјери зависи од међусобне усклађености и повезаности појединих дијелова процеса и опреме, а оптимизација процеса је тешко изводљива без рачунарске подршке управљачком систему.

Савремене тенденције у IT области фаворизују оријентацију на интегралне управљачке информационе системе, чија је основна карактеристика оријентација на пословне и технолошке функције реалног система и јединствена база података везана за догађаје који су релевантни за реални систем. Такав приступ обезбјеђује могућност контроле над цјелокупним реалним системом, при чему се информације за одређене подсистеме динамички изводе из података које генеришу остали подсистеми.

Реализација информационог система, захтјева познавање низа, често разнородних дисциплина, као и знања потребних за процјену и моделовање будућих понашања реалног система и његовог окружења. Увођењем информатичке технологије се:

- обезбјеђује тренутна ажурност података и смањује могућност грешке,
- смањује ангажовање људи на рутинским и мануелним активностима,
- успостављају се везе између планирања, оперативе и распореда послова,
- обезбјеђује брза селекција жељених информација и креирање разноврсних статистичких и других извјештаја о пословним догађајима за потребе на свим

нивоима управљања, како би се обезбедила правовременост и исправност одлука менаџмента,
- побољшава контрола трошкова, повећава укупна продуктивност и ефикасност пословања.

Имајући у виду да је реално очекивати пораст потреба за интегрисањем учинака и продуктивности, и то не само појединачних послова, већ и шире, уз остваривање везе између планирања, оперативе и распореда послова овдје је представљен интегрисани надзорно информациони систем на Руднику Угљевик. У овом поглављу се дакле презентује информатичка подршка управљању системом дисконтинуане експлоатације у Руднику Угљевик односно површинском копу "Богутово Село".

Цјелокупан модел управљања дисконтинуалним системом експлоатације представљен је са два основна дијела: надзорно-информационим системом (НИС) као логистичко-информационим дијелом модела и сетом рачунарских програма за статистику и симулација производног процеса као операционо симулациони дио модела.

5.2. Надзорно информациони систем НИС

5.2.1. ИТ инфраструктура НИС-а

Реализација сложених информационих система, посматрана кроз фазе пројектовања, извођења, увођења у експлоатацију и саме употребе, у општем случају захтјева познавање низа, често разнородних дисциплина, као и знања потребних за процјену и моделирање будућих понашања реалног система и његовог окружења, како у техничко – технолошком, тако и у економско – финансијском домену. Због тога пројектовање и увођење аутоматизованог, рачунарски подржаног, информационог система за одређени реални систем, у општем случају представља сложен мултидисциплинарни задатак, базиран на познавању савремених информационих метода и технологија и постојећег информационог и организационог система (реалног система).

Приликом рјешавања проблема изградње информационог система морају се обухватити разматрања везана за потребу да се директни резултати примјене информационог система добију у најкраћем року за кључне функције реалног система, а да се при том максимално искористе постојећи кадровски и други потенцијали реалног система. Због своје сложености и често пута наглог прелаза на најсавременију технологију коју треба примјенити, *препоручљиво је примјенити фазну реализацију увођења информационог система* у циљу поступног прилагођавања реалног система условима примјене врхунске технологије, како би се обезбиједила одговарајућа оперативна подршка функцијама информационог система.

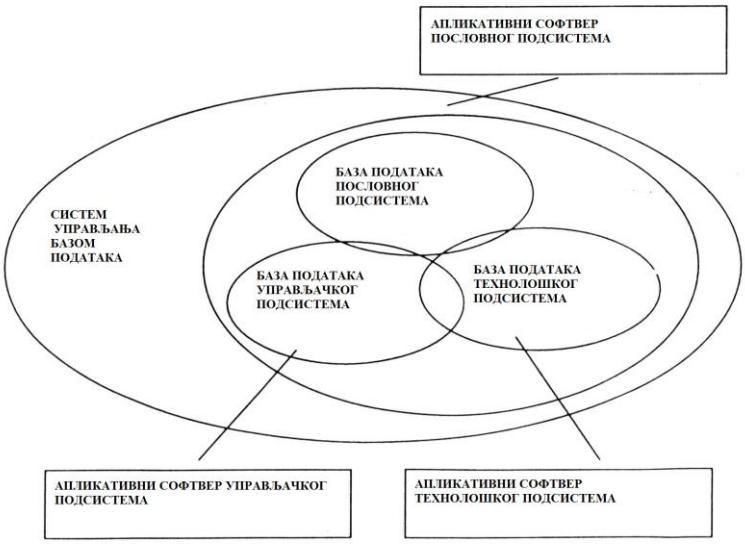
У циљу побољшања менаџмента и што бољег конципирања НИС урађена је анализа постојећег стања за процесе који се односе на производњу, одржавање и кадровску евиденцију и друге кључне процесе који се налазе у цјелокупном производном систему.

Размотрена су и укључена такође и свјетска искуства у означавању процеса производње. Развијена је нова шема, са током информација заснованим на рударским процесима, при чему су трошкови материјала, радне снаге и опреме за одређени процес задуживани на јединствени рачун заснован на пословном процесу. На Руднику је дефинисан јединствени систем класификације чинилаца пословања са одређеним ознакама/шифрама за опрему, материјале, трошковна мјеста и сл.. У склопу Надзорно-информационог система се врши класификација и означавање типова опреме, са увођењем јединственог начина означавања структурних саставница, што ће касније бити приказано кроз имплементацију система.

Функционисање предузећа се остварује на тај начин што се троше различити ресурси да би се остварили постављени циљеви. Ови ресурси пристижу из окружења и представљају улазе у технолошки процес предузећа. Предузеће путем одређених пословних процеса остварује своје циљеве на тај начин што се као његови излази јављају одређени резултати, односно нове употребне вриједности (производи и/или услуге). У том процесу репродукције може се уочити да предузеће остварује следеће репродукционе функције:

- управљачки систем,
- пословни систем,
- технолошки систем.

Јединствени надзорно-информациони систем (слика 5.1.) се у пракси најчешће реализује као скуп организациоих и апликативних рјешења уобличених у подсистеме који су развијени за потребе пословних, техничких или управљачких функција реалног система. У реалном систему често постоје додирне тачке између ових функција, па чак и преклапања код њихових појединих активности. У интегралном информационом систему се ова појава одражава као пресјек два или више скупова података који припадају одређеним информационим подсистемима, при чему се тај подскуп података равноправно користи у свим посистемима, али ажурирање сваког податка може бити у надлежности само једног подсистема.



Слика 5.1. Шематски приказ интегралног информационог система

Размотрена су и укључена такође и свјетска искуства у означавању процеса производње. Развијена је шема, са обрачунима заснованим на рударским процесима, при чему су

трошкови материјала, радне снаге и опреме за одређени процес задуживани на јединствени рачун заснован на пословном процесу. У овом контексту се под *пословним процесом* подразумијевају послови производње и типови тих послова, као и послови одржавања опреме и сл..

Организациона структура РЈ Рудник је пирамидално-хијерархијска, са строго дефинисаним надзорно-управљачким везама од највишег нивоа управљања до извршног нивоа и повратно. На врху пирамиде налази се Управа Рудника, која се бави пословима тактичког управљања. Оперативно управљање обавља се у оквиру радних цјелина и спроводе га управници копа и руководиоци служби. Непосредни извршни ниво надзора и управљања производним активностима припада пословођама и надзорницима у радним цјелинама.

Оперативно и извршно управљање координирано је из диспечерског центра. Диспечерски центар (DC) повезан је са активностима које се обављају у самој производњи, али и са осталим организационим дјеловима, односно са свим нивоима управљања у РиТЕ Угљевик

Слика 5.2. Шема организационе и руководне функционалне структуре

У организационој структури површинског копа "Богутово село" постоји 6 организационих цјелина:

- Радна јединица Рудник - Управа;
- РЦ Развој и план;
- РЦ Откривка;
- РЦ Производња угља;
- РЦ Припрема и отпрема угља;
- РЦ Електро-машинска служба.

Анализом надзорно-управљачких функција и дјелатности површинског копа "Богутово село", идентификоване су три групе функција производних и логистичких процеса (слика 5.3). Подјела је опциона и рационално и коректно, на глобалном нивоу, одсликава функционалне цјелине, односно подсистеме производног система. Функције производно-логистичког система систематизоване су у групе:

- ПРОИЗВОДНИ ПРОЦЕСИ - функционална цјелина која обухвата процесе производње: откопавање, транспорт и одлагање откривке; експлоатација, транспорт и дробљење угља; чишћење угља; припремни радови; помоћни радови; отпрема угља до ТЕ.
- ЛОГИСТИЧКИ ПРОЦЕСИ - функционална цјелина обухвата активности и процесе који пружају подршку производњи. Ову групу чине: геолошка подршка; геодетска подршка и експропријација; снабдјевање резервним дјеловима, одржавање опреме и машина; напајање електричном енергијом; снабдјевање нафтом; заштита површинског копа од вода; метеоролошка праћења; мониторинг косина копа; оперативни надзор и планирање.
- ПРАТЕЋИ ПРОЦЕСИ - функционална цјелина која обухвата активности и процесе: подаци о кадровима; рекултивација и ревитализација експлоатацијом угља деградираних површина; заштита на раду; законска регулатива, нормативи, прописи и стандарди; вођење и архивирање пројектне и техничко-технолошке документације.

Слика 5.3. Функционална структура НИС система ПК "Богутово село"

5.2.1.1. Информационо-управљачки токови реалног система

Информационо-управљачке активности, информациони токови и функције руковођења на површинском копу интегрисане су и оријентисане ка основној дјелатности - производња

угља. Интеграција ових активности се одвија на информационој и управљачкој платформи у јединственом производном амбијенту. Прикупљање података и информација о производњи, припремним и помоћним радовима, логистичким активностима, као и информација из окружења, остварује се информационим спрезањем на нивоу површинског копа.

Управљачка дејства на производне и логистичке функције, односно управљање реалним системом остварује се повратним спрегама преко управљачке платформе. Модел управљања производним системом површинског копа треба да обезбједи оперативни надзор над производним и логистичким функцијама, ради прикупљања потребних података о функционисању и догађањима у систему и ради повратног дјејства - управљања производно-технолошким процесом и пратећим активностима, у циљу постизања максималних производних ефеката, високе поузданости и сигурности рада. Са аспекта структуре реалног система, функција и веза подсистема и дјелова, издвајају се две надзорно-управљачке групе:

- Производно-технолошки процеси;
- Подршка производње.

Висока интеграција и јаке интерактивне везе ентитета унутар и између група, ову подјелу донекле релативизују. Циљ подјеле је пре свега да олакша анализу система и детерминацију надзорних и управљачких активности, токова и функција.

5.2.1.2. Производно-технолошки процеси

Са аспекта надзора и управљања на производно-технолошком нивоу одвијају се два процеса, синхронизовано се откопава јаловина и угаљ. Производни систем чине технолошки и информационо-управљачки ентитети: багери са једним радним елементом, камиони и булдозери (на одлагалиштима).

Информације о технолошком процесу, о стању и режиму рада електро-машинских склопова и агрегата на опреми и машинама, пристижу на координациона мјеста и на централни надзорно-управљачки пункт (DC). По значају за брзину управљачких реакција двије су групе информација, битне и оне које нису битне за дејства у реалном времену. Претежан број информација о стању и режиму рада машина, припада категорији значајних за дјејства у реалном времену. У овој класи приоритетан значај имају информације о могућим хаваријским стањима на опреми и машинама.Ако се изузму ексцесне ситуације, осцилације информација у принципу нису нагле и немају велике амплитуде. У том погледу, информациони токови производно-технолошког комплекса површинског копа "Богутово село", припадају спорим процесима.

Индикација података на нивоу машина одвија се преко мјерне опреме, уређаја (сензори, давачи, извршни органи,...) и на основу опажања. Обрада и дистрибуција података и информација обавља се на конвенционалан начин, ослањајући се на знања стручњака и детерминисана правила организације рада на Руднику.

Управљачка дјејства одвијају се мануелно преко управљачких и извршних органа и аутоматски преко регулационих уређаја на машинама и опреми. Аутоматска регулација претежно је постављена на нивоу заштите од прекорачења дозвољених стања и режима рада машина и опреме (нпр. прекорачење оптерећења, испад једне траке зауставља рад целог система). Управљачке одлуке у реалном времену доносе се на нивоу извршиоца на машинама, односно на нивоу производних цјелина и централно на диспечерском нивоу.

Производни процеси - Ова функционална цјелина обухвата производне и процесе који непосредно на копу стварају услове за одвијање производње. Процеси ове глобалне групе функција реалног система површинског копа "Богутово село" припадају једној од подгрупа, односно подсистема:

- Откопавање откривке;
- Експлоатација угља;
- Припрема минералне сировине - ПМС
- Отпрема угља потрошачима
- Припремни и помоћни радови;

Логистички процеси - Цјелина која обухвата процесе који су у функцији подршке циљног производног задатка. Различите су активности и облици подршке производњи, од пружања информација нпр. геолошка обележја лежишта, до конкретних оперативних активности у оквиру производних система нпр. снабдјевање електричном енергијом, одржавање машина или заштита површинског копа од вода. Процеси ове доста дисперговане функционалне групе површинског копа "Богутово село", припадају једној од подгрупа, односно подсистема:

- Геолошка подршка;
- Геодетска подршка;
- Снабдијевање резервним дјеловима;
- Одржавање опреме;
- Напајање електричном енергијом;
- Заштита копа од вода;
- Метеоролошка праћења;
- Геостатички надзор косина;
- Оперативни надзор, развој и планирање.

Пратећи процеси - Ова цјелина обухвата активности и процесе који прате производне функције реалног система. Функције пратећих процеса изузимајући људске ресурсе, директно не условљавају нити угрожавају основне производне токове на копу. Међутим, интегрисане у јединствени производни амбијент реалног система, дају заокруженост система и пружају подршку. Процеси и активности ове функционалне цјелине припадају једној од подгрупа, односно подсистема:

- Људски ресурси;
- Екологија;
- Нормативно уређење области;
- Инспекцијски надзор;
- Пројектна документација.

5.2.1.3. Подршка развоју модела управљања и оцјена стања

Увођење НИС-а са управљачким сегментом, односно успјешан прелазак са конвенционалног-класичног на савремен рачунарски подржан, Информационо иправљачки , могуће је у реалним системима гдје су испуњени услови:

- Спремност менаџмента за увођење нове информационо-управљачке технологије;
- Спремност кадрова за прихватање нове и промјене уходане надзорно-управљачке технологије рада;
- Адекватан техничко-технолошки и организациони ниво реалног система;
- Расположивост адекватне материјалне подршке;
- Успостављена функционална организација рада;
- Извршна дисциплина.

Иницијативу за израду модела управљања покренуо је менаџмент Рудника и термоелектране у сарадњи са стручњацима са површинског копа "Богутово село". Иницијатива је резултат сазнања о свјетским трендовима на овом пољу у области коју покрива експлоатација минералних ресурса и ефектима који се у производњи са увођењем НИС-а постижу. У РЈ Рудник испуњени су сви предуслови за увођење рачунарски подржаног модела управљања на површинском копу "Богутово село". Присутна је жеља и анимираност стручњака да се модел формира и заживи. Примјетно је да у структури високо-образованих кадрова нема специјализованих кадрова за рачунарске надзорно-управљачке и рачунарски интегрисане технологије. То је разумљиво када се има у виду досадашњи ниво примјене рачунарских технологија на површинском копу. О овој чињеници треба водити рачуна при доношењу одлуке о школовању сопствених и ангажовању нових кадрова.

Планира се фазна изградња модела управљања. Овакав приступ је изабран из два разлога. Један је, потреба за поступним овладавањем новим сазнањима и новом технологијом, а други је етапност у инвестирању. Један и други разлог имају упориште у логици учења "*од једноставнијег ка сложенијем*" и у економски рационалном принципу.

Систем ће се градити етапно, модуларно, што олакшава овладавање новим знањима и новом технологијом и омогућава лакши инвестициони ход. Ниво инвестирања у опрему и изградњу информационог система и модела управљања је мали у односу на инвестиције у капиталну опрему и машине на копу. Очекује се да ће кроз директне и индиректне производне ефекте, инвестиције бити отплаћене у доста кратком временском року. Тржиште је добро снабдјевено рачунарском, мјерно-регулационом и комуникационом опремом, те се не очекују проблеми у набавци потребне опреме.

За успјешну реализацију Пројекта, неопходна је и критична маса квалификованих кадрова. Површински коп "Богутово село" располаже са стручним инжењерским кадром, који додуше нема потребна искустава са рачунарским надзорно-управљачким и интегрисаним технологијама. Међутим, њихова знања из матичних инжењерских струка, њихова енергија и ентузијазам, жеља за овладавањем новим знањима и апсолутно присутно сазнање да се у будућност не може корачати без рачунарске подршке у

производњи, потврда је спремности стручних кадрова да уз одговарајућу едукативну подршку брзо овладају неопходним знањима за имплементацију и експлоатацију рачунарски подржаног НИС-а.

5.2.1.4. Анализа функционалности система за праћење проозводних процеса експлоатације и припреме и отпреме угља

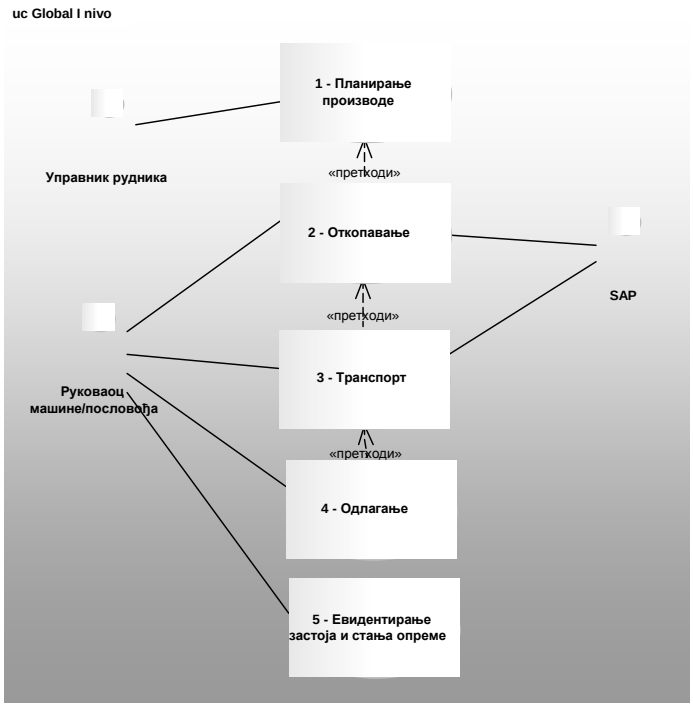
Систем за праћење експлоатације и припреме угља треба да прикупља, региструје и ставља на увид онима који управљају производњом, све најважније параметре производње, производне догађаје и стања, која битно одређују праћење и могућност управљања експлоатацијом угља.

Експлоатација угља обавља се континуално кроз карактеристичне фазе: припрему лежишта, откопавање откривке и угља, транспорт и припрему угља (сепарација).

Подаци производног система које треба обухватити информационим системом су:

- Дефинисање свих производних капацитета у технолошком ланцу производње и осталих релевантних објеката (откопно-утоварна механизација, транспортна средства, опрема за припрему угља, помоћна механизација и опрема, електро-енергетска постројења, депоније и сл.).
- Евидентирање података из производње у реалном времену. То су: произведене количине угља и откривке, остварени учинци опреме и степен њене искоришћености, остварене наднице, застоји у производњи, кварови, погонски догађаји, стање опреме и објеката, стање депонија, квалитет угља и отпадних вода, утрошци резервних делова, енергената, горива, мазива, репроматеријала и сл..
- Информисање које треба да обезбиједи тренутне упите као и смјенске, дневне и друге периодичне извјештаје и прегледе по различитим критеријумима на основу горе евидентираних података у реалном времену.

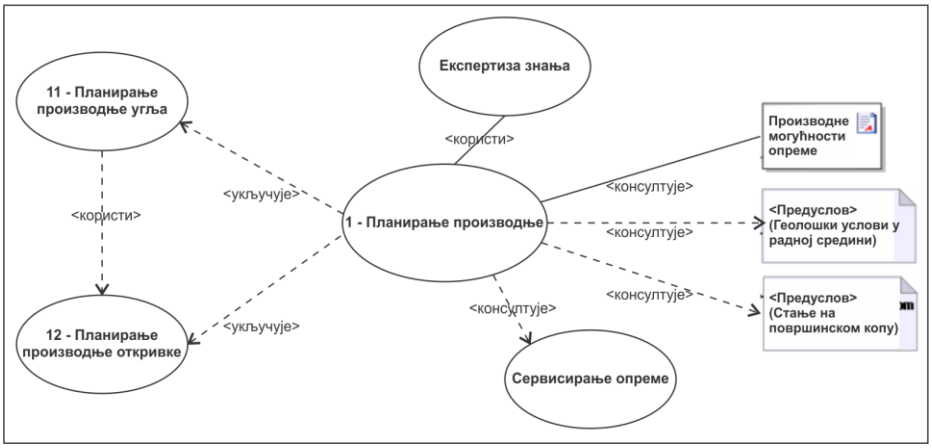
На основу описа производно-технолошког система код угља и откривке има исту врсту активности и да се код оба процеса генерише иста врста података, док се опрема која се користи за рад разликује. Тако да са информационог аспекта, можемо посматрати та два дијела технолошког процеса као један. Слика 5.4. илуструје основне активности производног система и актере који учествују у њима. Оперативно планирање производње спроводи се у сагласности са годишњим, кварталним и месечним плановима и извршава га управа површинског копа. Актери везани за откопавање, транспорт и одлагање су смјенски инжењер и руковаоц машине. За поједине техничко – технолошке параметре користе се системи за аутоматско праћење (SAP).



Слика 5.4. Основне активности у производњи

5.2.1.5. Планирање и управљање производњом

Дугорочни и оперативни планови и динамика откопавања угља дефинишу се на основу потреба ТЕ и тржишта, а планирање откривке условљено је плановима за производњу угља. За планирање на сваком нивоу релевантни унутрашњи фактори су стање на површинском копу, геолошки услови у радној средини, стање опреме, планиране активности на одржавању опреме и производни капацитети. На израду квалитетнијих планова треба да утиче и активност коју смо овде назвали *Експертиза знања*, а која представља повратну информацију из информационог система у виду степена извршења претходних планова и степена искоришћености производних капацитета. Овај сегмент је повезан, преко диспечерског центра и са другим дијелом модела који се бави статистичким обрадама прикуљених информација и симулацијама на основу истих, чиме се добија нова, квалитетнија димензија повратних информација које подижу квалитет управљања производњом.



Слика 5.5. Планирање производње

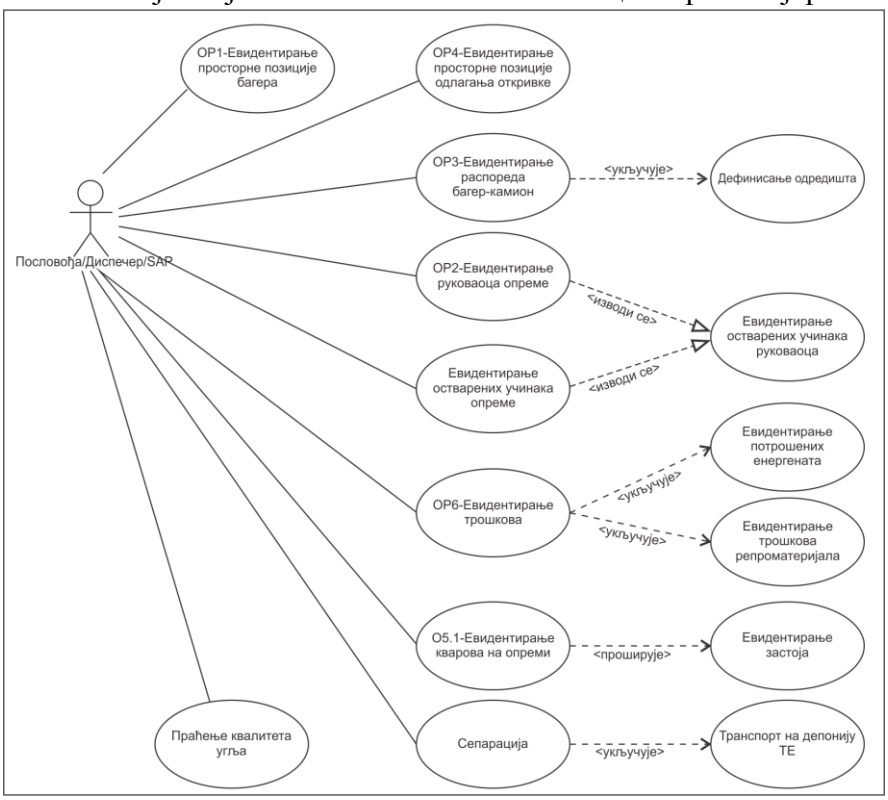
5.2.1.6. Систем за откопавање, транспорт и одлагање откривке и угља

На почетку смјене, а и касније током рада уколико дође до промјена, потребно је евидентирати опрему која је ангажована и руковаоце опреме. За багере и одлагалишта откривке, као и булдозере потребно је дефинисати просторне локације на којима се они налазе.

У оквиру транспорта врши се праћење кретања дампера и камиона и њихових учинака. Потребно је пратити податке о локацијама утовара и истовара и са којим багером је камион био у распореду. Такође је потребно евидентирати за сваку туру пређену километражу, трајање транспорта, времена чекања на утовар, односно истовара, као и количину превезеног терета.

Трошкови који се евидентирају везани су за репроматеријал, електричну енергију коју троше багери, гориво и уља за камионе и помоћну механизацију.

Учинци багера представљају изведени податак који се добија сабирањем количина које су превезли сви камиони којима је он био полазиште. Учинци опреме мјере се и временом



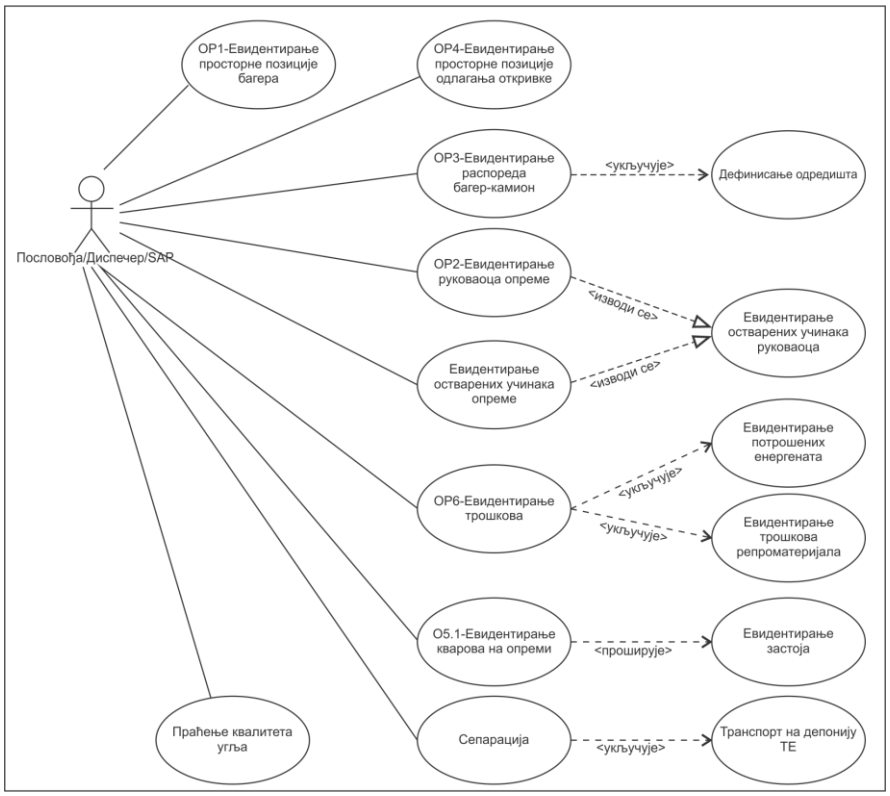
њиховог рада.

.6. приказује активности везане за откопавање, транспорт и одлагање откривке и угља. Актер активности може бити пословођа, диспечер и/или софтвер.

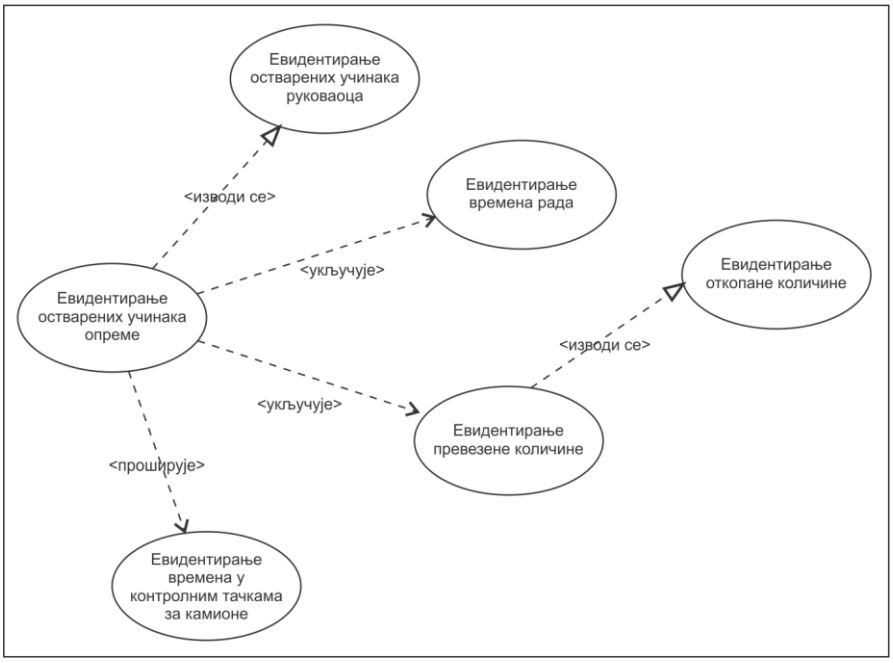
За отпрему угља са површинског копа до депоније угља ТЕ, користи се стационарни транспортер са траком. Његов надзор се своди се на: праћење напајања, мјерење активног оптерећења, радни статус, регистровање застоја, кварова и интервенција, праћење учинка и потрошње електричне енергије.

Процес техничког надзора рада дробиличног система обухвата податке о режиму рада дробилица, о функцијама електро и машинских склопова и погонских група дробилица, о потрошњи електричне енергије, регистровање, дијагностику и архивирање података о кваровима и застојима, о одржавању и извршеним поправкама и сервисним интервенцијама.

За процес технолошког надзора посебно значајно је праћење квалитета угља у реалном времену и остварена производња-капацитети (слика 5.7.)



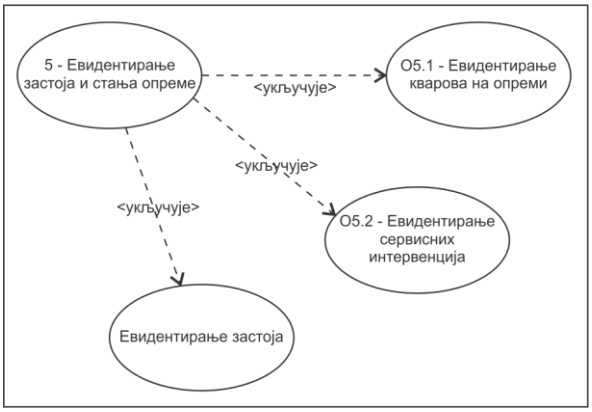
Слика 5.6. БТД систем



Слика 5.7. Остварени учинци

5.2.1.7. Евидентирање стања опреме и застоја

Технички надзор опреме обухвата сталан надзор електро и машинских функција опреме, регистровање, дијагностику и архивирање података о застојима и кваровима на опреми, одржавање и сервисне интервенције на машинама. Застоји могу настати и услијед других фактора, као што су неповољни метеоролошки услови или проблеми организационе природе.



Слика 5.8. Стање опреме и застој

5.2.2. Архитектура НИС-а

Вијек у којем живимо прадставља вијек технологије гдје се основни елементи рударске технологије, сами по себи, можда неће радикално промијенити у догледној будућности, али ће се постојеће конфигурације система све више замјењивати континуалним, интелигентним и аутоматизованим рударским системима, прожетим IT компонентама.

На основу анализе у којој су идентификоване производне и логистичке функције и класе података, утврђено је да се реални процеси и класе података могу груписати тако да чине

три функционалне цјелине, односно подсистема у оквиру реалног система. На слици 5.9. приказана је функционална архитектура Надзорно-информационог система површинског копа "Богутово село" и интеракције између подсистема. Уочљиве су тјесне процесне интерактивне везе између подсистема и њихових информационих функција. Сагласно овоме, произилази логичан закључак о потреби хијерархијске архитектуре надзорно-информационог система у склопу модела управљања на површинском копу "Богутово село".

Сви надзорни, информациони па и управљачки процеси одвијаће се централизовано и селективно на више хијерархијских нивоа. Централизованост подразумјева, цјеловитост, потпуну интегрисаност и конзистентност свих дјелова модела и надзорно-информационог система у оквиру истог. Поред тога цантрализованост омогућава ефикасност, технолошку дисциплину и одговорност. У информационо-управљачком смислу, централизованост обезбеђује ефикасну и ефективну контролу надређених рудничких структура над реалним системом.

Селективност подразумјева филтрацију података и информација у информационом току, по степену приоритета, важности и значаја за одговарајуће хијерархијске нивое у структури система, који се конципира као вишестепени дистрибуирани систем за надзор и управљање, са флексибилном и адаптивном интеграцијом хардверских, софтверских и информационих ресурса, са четверостепеном хијерархијском структуром.

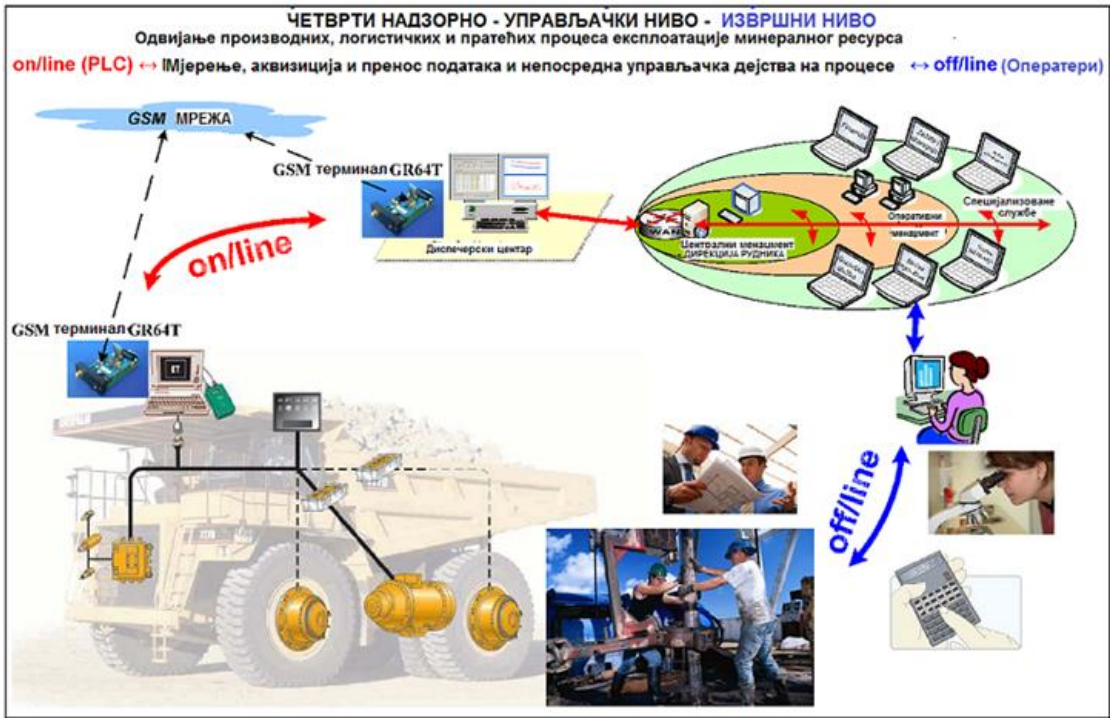
Концепцијски, функционисање система заснива се на обезбјеђењу оперативног надзора, ради прикупљања потребних података из процеса и повратног дејства ради управљања технолошким, логистичким и пратећим процесима на површинском копу у циљу постизања максималних производних ефеката, високе безбједности рада и поузданости производње. На слици 5.9. предочен је шематски приказ Организационе структуре са физичком топологијом НИС.

Слика 5.9. Организациона структура и физичка топологија НИС

Четврти надзорно-управљачки ниво:

Ниво мјерних уређаја (аналогни и дигитални давачи, сензори...) који прате стања и мјере параметре електромашинских сегмената на опреми (багери, камиони, булдозери, дробилица,...), производно технолошке параметре производње, логистичких и пратећих процеса. Предвиђено је за II фазу пројекта да се просторно позиционирање и навигација капиталне опреме обавља у реалном времену сателитском GPS мјерном технологијом, мјерења количина ископане откривке и угља обављаће се посредно мерењима притиска или силе притиска у реалном времену на камионима. За мјерења у реалном времену квалитативних карактеристика угља предвиђено је проточно гама-спектрометријско мјерење. На овом хијерархијском нивоу НИС-а (слика 5.9), налазе се и регулациони уређаји - регулатори, ограничавачи, заштите..., преко којих се корективно дјелује на техничке и технолошке процесе. У "online" режиму сигнали мјерења, односно регистровано стање се преноси до претпостављеног PLC нивоа, одакле путем GSM терминала преко GSM мреже, податак се просљеђује до диспечерског центра, односно у базу података информационо-управљачког система. Повратна управљачка дјејства на техничко-технолошке процесе ради спречавања ексцесних или хаваријских ситуација, обављају програмабилни логички контролери (PLC) опремљени одговарајућим рачунарским и улаз/излаз модулима. Програмабилни логички контролери аквизирају податке са праћених (осматраних) објеката, обављају примарну обраду података - сигнала, имају логерску функцију, и функцију трансмисије података ка вишем надзорном нивоу. Сви аквизирани или дјелимично обрађени подаци и информације, GSM мрежом се преносе до рачунара диспечерског центра (DC). У повратним управљачким дјеловањима

на техничке и технолошке ентитете система, програмабилни логички контролери, "наредбе" добијене из DC просљеђују регулационим уређајима са којима су спрегнути. У "off/line" режиму оператери одговарајућих служби врше мануелни систем уноса пристиглих улазних података у базу података информационог система.



Слика 5.10 (извршни) ниво надзорно-управљачког система ПК

Трећи надзорно-управљачки ниво:

Трећи надзорно-управљачки ниво је централно мјесто оперативног надзора и управљања производним, логистичким и пратећим процесима на површинском копу. На овом нивоу налазе се рачунари са PC платформама, под SCADA и пратећим софтвером и са одговарајућом периферном опремом. Хардвер и SCADA софтвер омогућавају оператору - диспечеру, ефикасан, ефективан, правовремен и садржајан приказ података са контролних пунктова у реалном времену и селектованих архивираних података. SCADA податке може представити у прикладном графичком облику (анимирани инструментални приказ, графикон,...), у табеларној форми, у облику текстуалне поруке, саопштења, у комбинованом облику графичког приказа и звучних сигнала, и слично. На овом нивоу постављена је оперативна инжењерско-експертска аналитика. На основу тренутних параметара као показатеља догађања у технолошким и техничким процесима реалног система, диспечер уз асистенцију експертских програма, доноси управљачке одлуке о евентуалном корективном повратном дјејству на процес. Трећи надзорно-управљачки ниво обезбеђује цјеловит интерфејс "човјек-машина-ефекат" и генерише податке и информације које се комуникационим каналима преносе до нивоа II и I.

Други надзорно-управљачки ниво:

Други ниво омогућава конекцију у надзорни процес техничких руководиоца радних цјелина, специјализованих стручних служби Рудника (геологија, геодезија, логистика, одржавање опреме, план и анализа, развој,...), руководиоца РЈ и главног техничког руководиоца површинског копа. На овом нивоу користи се мрежа РС рачунара комуникационо повезана са DC и подржана са одговарајућим софтверским алатима, за обраду и анализу података преузетих из датотека трећег нивоа, или прикупљених по другим основама. Обрађени подаци II нивоа доступни су претпостављеном I нивоу, а подаци и информације инструктивне природе преносе се на III ниво. На другом нивоу подаци егзистирају у свим расположивим облицима (нумерички, текстуални, графички, табеларни, картографски, техничка графика, скица, анимација, фотографија, видео запис, мултимедијална форма, звучни запис, хибридна комбинација,...).

Први надзорно-управљачки ниво:

Први надзорно-управљачки ниво лоциран је на врху хијерархијске структуре модела ушрављања али и информационог система Рудника Угљевик, омогућавајући непосредну конекцију генералног директора и менаџмента Рудника и Термоелектране у информациони амбијент НИС-а, ради увида у догађања, стања и остварене производне ефекте. Подаци се математичко-статистички обрађују, економски и инжењерски анализирају. Донијете извршне одлуке на I нивоу, преносе се ради извршавања на II ниво, у изузетним ситуацијама и на III ниво. Преко I нивоа остварује се веза са окружујућим и претпостављеним информационо-управљачким чвориштем у Електропривреди Републике Српске, са удаљеним мрежама, Информационим системима и Интернетом. Први ниво хардверски подржава РС рачунарска опрема одговарајућих перформанси, комуникационо ниво I је непосредно повезан са нивоом II, преко њега са нивоом III, а вертикално преко главне комуникационе капије са спољним окружењем.

Надзорно информациони систем површинског копа "Богутово село", конципиран је тако да омогућава са једног мјеста надзор (прикупљање и аквизиција у реалном времену), примарну обраду и презентовање техничко-технолошких параметара ентитета производног, логистичког и подсистема пратећих активности. Овако формирана поуздана информациона слика о стању и процесима у реалном систему, се може слати на операциону фазу модела односно статистичку обраду и симулацију процеса, одакле се повратно добијају резултати, којима се врше корекције, нова рјешења и унапријеђења рада производног система у диспечерском центру. На овај начин одређени број информација се може и директно послати вишим нивоима управљања а додатне анализе, обраде и симулације резултата врши тактички ниво менаџмента. Све то омогућава доношење правовремених и адекватних управљачких одлука, које се ради корективног дејстава на процес трансмитују до извршних нивоа, са истовременим обезбјеђивањем увида у ефекте истих.

Концепција НИС-а - Логичка архитектура, хијерархијска структура НИС-а са локацијским (просторним) елементима ентитета реалног система, дефинише дистрибуцију и физичку архитектуру система, односно физичку топологију и сегменте НИС-а. Осим прилагођености функционалним захтјевима реалног система, свакако уз потпуно уважавање његових специфичности, НИС треба да задовољи и следеће услове:

- Рационалност и функционална ефикасност;
- Модуларност у логичком, апликативном и егзекутивном смислу;
- Адаптивност према евентуалним промјенама у реалном систему;
- Компатибилност у функционалном, хардверском и у програмском смислу са будућим интегралним IS Електропривреде Републике Српске;
- Екстензибилност у функционалном и организационом погледу;
- Скалабилност апликација у оперативном смислу;
- Стандардизованост и интероперабилност са аспекта подршке различитим софтверским рјешењима, стандардним програмским пакетима за обраду података, вођење и уређивање база података и слично;
- Флексибилност у оперативном и развојном погледу;
- Постојеће стручне, информационе, рачунарске и комуникационе ресурсе РиТЕ, у границама техничке и технолошке прихватљивости, максимално укључити у рјешења НИС;
- Интегративност, систем треба да обезбједи потпуну функционално-надзорну-управљачку и комуникациону интеграцију свих ентитета НИС, комуникациону проходност до надређених нивоа Електропривреде Републике Српске и према Интернету;
- Рјешења морају бити на нивоу најсавременијих техничких и технолошких достигнућа у предметној области;
- Омогућена фазна изградња НИС, сагласно материјалним могућностима РиТЕ.

5.2.2.1. Конфигурација система даљинског управљања система НИС-а

Да би се створили неопходни услови за рад на реализацији увођења информационог система на руднику од кључног је значаја да постоје одговарајући хардвер и мрежна инфраструктура Сегмент надзорно-управљачкг рачунарски подржаног система површинског копа "Богутово село" везан за даљинско управљање, састоји се од следећих компоненти:

А. Мјерна опрема на објектима надзора:

- GSM терминалиі, GPS станице за одређивање позиције и навигацију машина;
- Сензори за мјерење неелектричних величина: притиска, силе, протока, температуре и сл..
- Тензиометријске мјерне ћелије.
- Мјерни претварач електричних величина: енергије, снаге струје и напона.

Б. Телеметријске PLC станице:

- Микропроцесорски програмабилни контролер (PLC), са одговарајућим бројем комуникационих портова и улазно/излазних модула за прихват мјерења, сигнализацију и команде.
- Локални операторски панел PLC-а.
- GPRS-GSM или Radio-модем са натеном за везу са DC,
- Напојна јединица за беспрекидно напајање UPS која обезбјеђује галвански одвојено напајање опреме спољне станице и командно сигнални напон 24(Vdc).

C. SCADA система у диспечерском центру, чине га следеће компоненте:

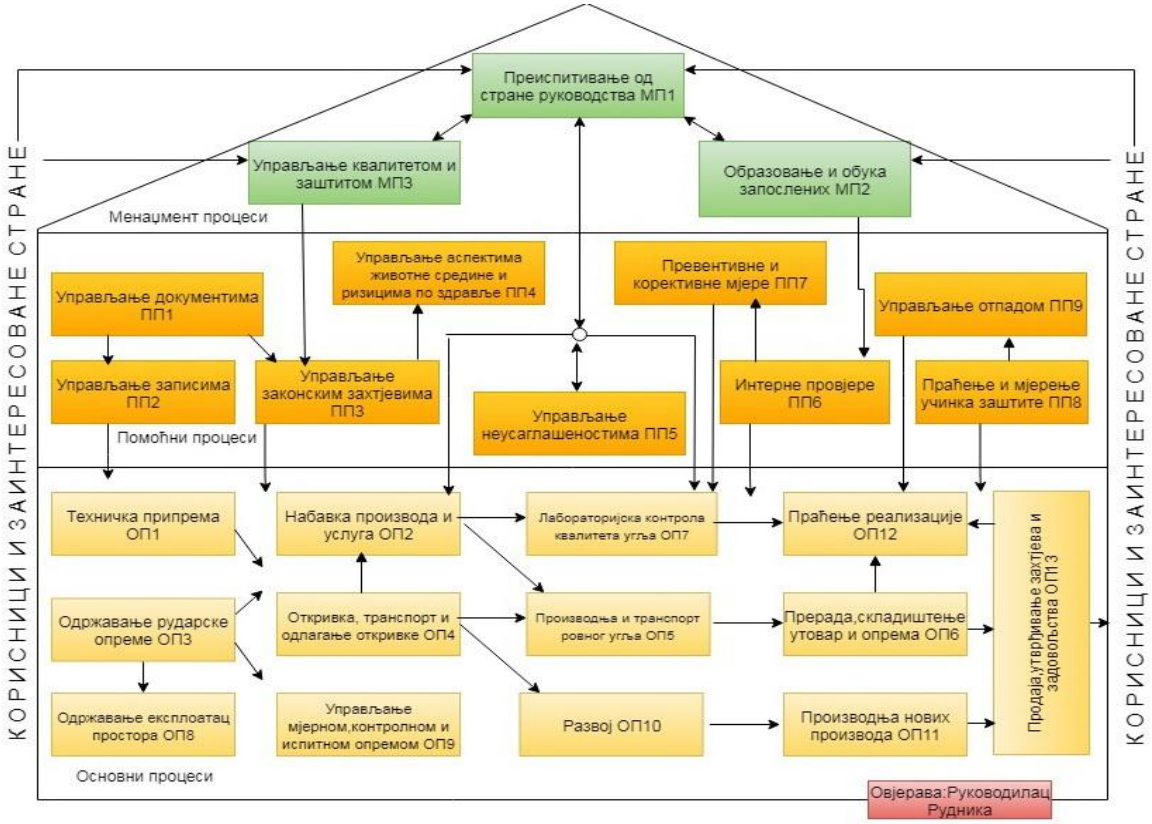
- Data Acquisition Station (DAS) са комплетом Радио модема, који обезбјеђује комуникацију са телеметријским PLC и GPS stanicama i prenos podataka u minutnoj rezoluciji u relacionu bazu, koja se arhivira na dnevnom nivou.
- GPS Station (GAS) са комплетом GPS h/w и s/w, који обезбјеђује комуникацију са спољним GPS станицама, пренос података у минутној резолуцији, обраду, архивирање и графичку презентацију GPS података,
- SCADA-Real Time Aplication and Data Server у редундантној конфигурацији, реализује стандардне функције имплементираног SCADA програма над релационом базом реалног времена и омогућава конективност SCADA система и размјену података са другим системима односно релационим базама података ради оптимизације даљинског управљања технолошким процесом,
- SCADA Web Server, који омогућава интранет/интернет приступ са других дислоцираних рачунара и/или GPRS мобилних уређаја-телефона,
- Локална мрежа *ethernet* мрежа NИS-а у контролно-командном центру, која обухвата сву потребну активну и пасивну мрежну опрему за повезивање SCADA рачунара,
- HMI операторске радне станице, реализује функције графичке презентације, мониторинг извјештавања и управљања/командовања помоћу имплементираних SCADA и GIS апликативних програмских модула,
- Експертска радна станица за технолошко-технички надзор и извјештавање (аналитика) у проширеном реалном времену.

Овакво рјешење конфигурације надзорно управљачког система се наметнуло као најсврсисходније са аспекта постојећег стање на Руднику, потребе да поједине функционалне цјелине имају аутономан рад, и висок степен поузданости и расположивости цјелог система. Стога је систем даљинског надзора и управљања површинског копа "Богутово село", условно издељен на функционалне цјелине, по објектима надзора и управљања.

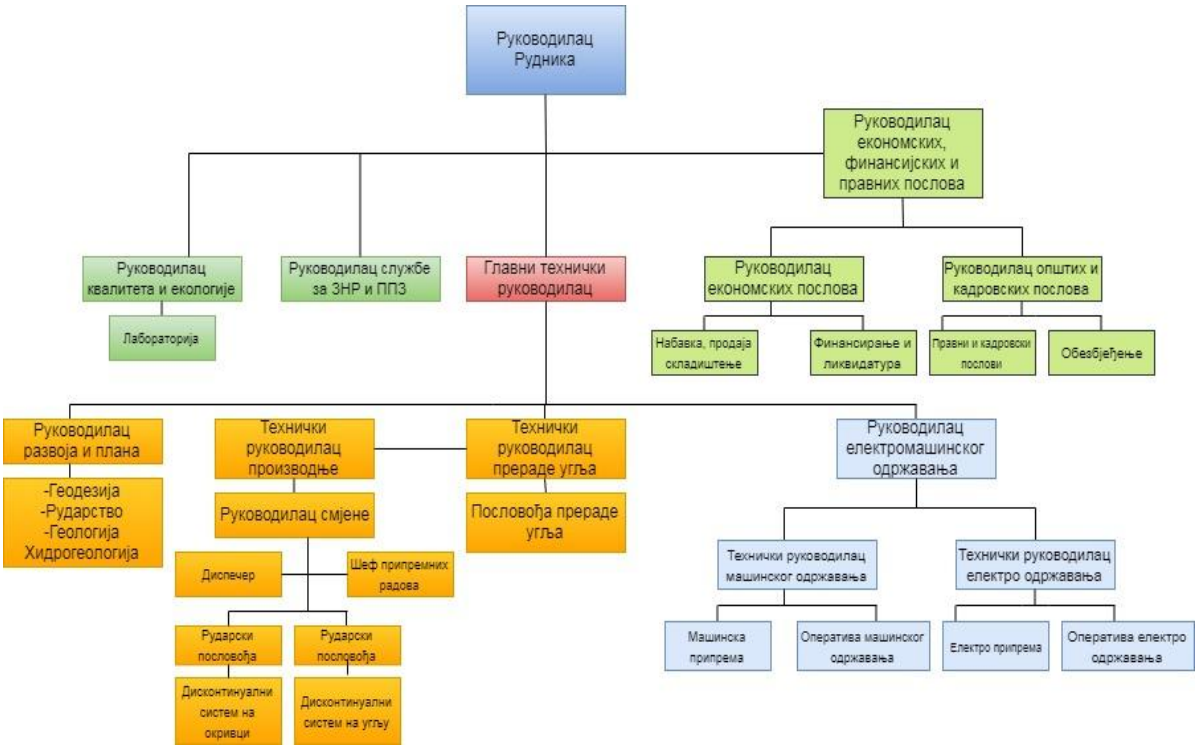
5.2.3. Инфраструктура података

Изградња инфраструктуре података се уопштено састоји од више корака. У фази израде претходног модела се стварају везе са процесом преко текстуалних и графичких објашњења. Пошто се излистају потребе података и одреде извори података, мора се установити механизам прикупљања података и менаџмента, а како би се подаци правовремено и прецизно унијели у систем. Процесни модел QMS у основи садржи све елементе интегрисаног система за континуалним побољшањем **Процесних модела** QMS, EMS i OHSMS-а, приказаног на слици 5.11. Модел представља модел међусобно зависних процеса. Модел описује све процесе система везане за остваривање квалитета и заштите животне средине, здравља и безбједности на раду, чиме се осигурава хоризонтална и вертикална интеграција пословних процеса, што омогућује организацији стално побољшање QMS, EMS i OHSMS.

Матрице одговорности појединих управљачких, помоћних и основних процеса су приказане у поглављу 4. У складу са организационом шемом Рудника слика 5.12. дат је такође и преглед Матрица подебних одговорности – табела 5.1



Слика 5.11. Модел процеса у производном систему Рудника „Угљевик“



Слика 5.12.: Организациона шема Рудника

Табела 5.1. Матрица посебних одговорности

Законска основа	Одговорно лице	Назив и резиме задатка одговорног лица

1. Рударски радови

Закон о рударству Закон о заштити животне средине Закон о заштити на раду	Одговорно лице: **Главни технички руководилац** Замјеник: **Технички руководилац**	**Главни технички руководилац** одговоран за примјену законских прописа из области рударства, заштите здравља и безбједности на раду, заштиту животне средине, за планирање, пројектовање и реализацију рударских радова откривке, производње и прераде угља.

1.1. Откривка и производња угља

Закон о рударству Закон о заштити животне средине Закон о заштити на раду	Одговорно лице: **Технички руководилац** Замјеник:	**Технички руководилац** одговоран за примјену законских прописа из области рударства, заштите здравља и безбједности на раду, заштиту животне средине, за обуку радника и израду техничких упутстава на радним мјестима са повишеном опасности од повреда и штетног утицаја на животну средину, за предузимање потребних мера у случају инцидента и акцидента, за обезбеђење прве помоћи и евакуацију у случају угрожености.

1.2. Контрола квалитета угља

Стандарди за утврђивање квалитета угља:	Одговорно лице: **Руководилац лабораторије** Замјеник:	**Руководилац Лабораторије за квалитет угља** одговоран за стриктну примјену стандарда за утврђивање квалитета угља лабораторијским испитивањем калоричне вриједности, пепела, влаге и осталих параметара према захтјеву корисника, за припрему узорака за испитивање и за издавање овјереног извјештаја о резултатима лабораторијских испитивања квалитета угља.

1.3. Пријем, прерада, утовар и отпрема угља

Закон о рударству Закон о заштити животне средине Закон о заштити на раду	Одговорно лице: **Технички руководилац прераде угља** Замјеник:	**Технички руководилац прераде угља** одговоран за примену законских прописа из области рударства, заштите здравља и безбједности на раду, заштиту животне средине, за обуку радника и израду техничких упутстава на радним мјестима са повишеном опасности од повреда и штетног утицаја на животну средину, за предузимање потребних мјера у случају инцидента и акцидента, за обезбјеђење прве помоћи и евакуацију у случају угрожености.

2. Радови на одржавању

Закон о рударству Закон о заштити животне средине Закон о заштити на раду	Одговорно лице: **Руководилац ел.машинског одржавања** Замјеник:	**Руководилац ел.машинског одржавања** одговоран за заштиту животне средине, за предузимање потребних мјера у случају инцидента и акцидента у току ремонта и отклањања кварова на системима, уређајима и опреми за рударске радове и транспорт.

2.1. Радови на машинској опреми

Закон о рударству Закон о заштити животне средине Закон о заштити на раду	Одговорно лице: **Технички руководилац машинског одржавања** Замјеник:	**Технички руководилац машинског одржавања – Технички руководилац** одговоран за примјену законских прописа из области рударства, заштите здравља и безбједности на раду, заштиту животне средине, за обуку радника и израду упутстава за радна мјеста са повишеном опасности од повреда и штетног утицаја на животну средину, за предузимање потребних мјера у случају инцидента и акцидента у току ремонта и отклањања кварова на системима, уређајима и опреми за рударске радове и транспорт.

2.2. Радови на електро одржавању

Закон о рударству Закон о заштити животне средине Закон о заштити на раду	Одговорно лице: **Технички руководилац електро одржавања** Замјеник:	**Технички руководилац електро одржавања – Технички руководилац** одговоран за примјену законских прописа из области рударства, заштите здравља и безбједности на раду, заштиту животне средине, за обуку радника и израду упутстава за радна мјеста са повишеном опасности од повреда и штетног утицаја на животну средину, за предузимање потребних мјера у случају инцидента и акцидента у току ремонта и отклањања кварова на системима, уређајима и опреми за рударске радове и транспорт.

2.3. Управљање опремом за мерење и испитивање

-Правилник о начину испитивања типа мерила -Упуство о начину прегледа мерила	Одговорно лице: **Руководилац лабораторије за квалитет угља** Замјеник:	**Руководилац Лабораторије за квалитет угља** одговоран за примјену законских прописа из области еталонирања мјерне опреме, за вођење евиденције о роковима еталонирања мјерне опреме.

Наставак Табеле 5.1.

2.4. Управљање опасним материјама

-Закон о заштити животне	Одговорно лице:	**Руководилац ел.машинског одржавања -** Одговоран за

средине - Правилник о транспорту опасног отпада, -Правилник о категоријама отпада и одлагање отпада	**Руководилац ел.машинског одржавања** Замјеник:	примјену законских прописа из области заштите животне средине, за праћење значајних аспеката животне средине, за обуку радника и израду упутства за радна мјеста руковање опасним материјама, за предузимање мјера у случају инцидента и акцидента опасним материјама.

3. Заштита здравља и безбедност на рад

Закон о заштити на раду Закон о рударству	Одговорно лице: **Руководилац службе ЗНР и ППЗ** Замјеник:	**Руководилац службе ЗНР и ППЗ** обавља послове одржавања и унапријеђења система заштите здравља и безбедности на раду. Одговоран за контролу спровођења мјера за заштите здравља и безбједности на раду, за обуку радника и контролу садржаја упутстав за радна мјеста са повишеном опасности од повреда и здравствених оштећења, за обезбјеђење прве помоћи и евакуацију у случају угрожености и сл.

3.1. Безбедност од пожара

Закон о заштити на раду	Одговорно лице: **Руководилац службе ЗНР и ППЗ** Замјеник:	**Руководилац службе ЗНР и ППЗ** одговоран за примјену законских прописа противпожарне заштите, за обуку радника и израду упутства за радна мјеста заштите од пожара, за израду програма против пожарне заштите.

4. Заштита животне средине

Закон о заштити животне средине	Одговорно лице: **Руководилац за квалитет и екологију** Замјеник:	**Руководилац за квалитет и екологију** обавља послове одржавања и унапријеђења система управљања квалитетом производа и услуга и система управљања заштитом животне средине. Одговоран за примјену законских прописа из области заштите животне средине, за утврђивање свих значајних аспеката животне средине, за дефинисање циљева и за израду програма заштите животне средине, за обуку радника и израду упутства за радна мјеста са повишеним штетним утицајем на животну средину, за предузимање мјера у случају инцидента и акцидента и сл.

4.1. Управљање отпадом

Закон о управљању отпадом	Одговорно лице: **Руководилац за квалитет и екологију** Замјеник:	**Руководилац за квалитет и екологију** одговоран за примјену законских прописа из области заштите животне средине, за праћење значајних аспеката животне средине условљених управљањем отпадом, за управљање, одлагање, складиштење и отпрему секундарних сировина и рециклажу опасног отпада.

4.2. Рекултивација одлагалишта и копа

Закон о рударству Закон о заштити животне средине	Одговорно лице: **Руководилац за квалитет и екологију** Замјеник:	**Руководилац за квалитет и екологију** одговоран за примјену законских прописа из области рударства и заштите животне средине, за праћење значајних аспеката животне средине условљених за рекултивацију одлагалишта откривке и површинског копа.

5.2.3.1. Дефинисање начина реализације информационог система

Стационарни објекти у Руднику су лоцирани на релативно малом простору у радијусу од 500 m, док се позиција нестационарних објеката мијења у опсегу од око 1,5 km. Диспечерски центар представља централно мјесто за оперативно и извршно управљање и надзор над производно- технолошким процесима који се одвијају на површинском копу. У DC се сливају све информације о догађајима на терену, али се и повратно врши слање инструкција непосредним извршиоцима. DC је такође повезан директно или индиректно са управљачко-надзорним инстанцама на свим вишим нивоима.

Основне функције сваког информационог система јесу прикупљање, складиштење, обрада и дистрибуција података и информација. Развој хардвера, односно појава меморијских јединица са великим капацитетима и брзих процесора, допринијеле су да проблеми везани за складиштење и обраду података практично нестану. Развој рачунарских мрежа, појава бежичног преноса података Wi-Fi (Wireless-Fidelity) и унапријеђење сигурносних

протокола за пренос података условили су пуну примјену дистрибуираних информационих система, гдје крајњи корисник може да буде удаљен хиљадама километара од извора података, битно је само да има приступ интернету.

У савременим условима пословања уско грло представљају активности везане за прикупљање података у електронском облику. Потребно је доста времена да се подаци прикупе на терену, затим је потребно унијети те податке у систем. Поред трошка за ангажовање људи на овим пословима, проблем може бити и поузданост таквих података. Такође, индиректан трошак јесте и временска компонента, односно протекло вријеме од настанка потенцијалног проблема до стизања информације на циљно мјесто и реакције на проблем. У условима рудничког пословања прикупљање података се додатно усложњава због средине у којој се производња обавља и великог броја машина које су нестационарног карактера.

Ови проблеми се могу превазићи употребом система за аутоматско прикупљање података који раде на принципима сателитских трансмитера (Global Positioning System - GPS), електромагнетних технологија (Radio Frequency Identification - RFID), бежичних технологија итд. Уређаји за аутоматско контролу уграђују се у опрему (багери, камиони, булдозери, дробилица), преко својих сензора у електро-машинским дијеловима машина прате параметре везане за неометани и исправан рад опреме и сигнализирају у случају нерегуларних стања. Њима се такође мјере и производно-технолошки параметри рада машина. Разуђеност локација и објеката на којима подаци настају и на којима се они приказују као извјештаји за потребе управљања условљава израду дистрибуираног информационог система.

Према специфичностима по начину преноса података разликују се три врсте учесника:

- Система аутоматског прикупљања *SAP*, који се путем *GSM* (Глобални систем за мобилну комуникацију) мрежеповезује за интегрални информациои систем,
- Диспечерски центар,који прима али и генерише информације и сигнале ка *SAP*-у,
- радне цјелине и службе и управа Рудника који су повезани преко својих рачунара у класичну интранет мрежу. Поједине локације се могу повезати између себе путем бежичног интернета.

Структура података - Анализа производно-пословних функција и класа података реалног система површинског копа "Богутово село", идентификовала је око 50 класа и преко 500 података. У наредној табели дата је структура података. Ако се изузму могуће ексцесне ситуације, пре свега у производним подсистемима, заједничко за све класе података, је да су процеси освежавања података у стационарном режиму рада спори или веома спори. У ексцесним ситуацијама брзине освежавања података из класа техничког надзора рада машина и опреме на копу, могу достићи интензитете до 300 промена у минути. Укупну структуру података чине: 35,5(%) сигнали (два стања), 14(%) су on-line мјерени подаци и 50,5(%) чине обрађени подаци са on-line или off-line обрадом.

Табела 5.2. Структура података

Категорија податка	извор	Настанак	Брзина освежавања	Број података
1. Сигнал	сензор	директно	спора	178
2. Мјерени податак	мјерни уређај	директно	спора	69
3. Обрађени податак	посредан	изведен	спора и веома спора	254
Укупно података:				501

Везе фунцкија система и података - За двадесет и пет функција реалног система и 47 класа података утврђене су следеће фреквенције међузависности:

Табела 5.3. Везе функција система и података

Категорија	*Учесталост [%]*
Ствара класу података	25
Користи класу података	75

Релативни однос између потреба за подацима и извора података у износу 3, који је постигнут о моделовању информационог система на Руднику Угљевик, указује на уравнотеженост између могућности стварања и потреба за информацијама у НИС. Поред тога постоји висок степен интеракције између производних процеса и класа података, што потврђује исправност у приступу развоја и увођења интегрисаног рачунарски подржаног НИС-а.

5.2.3.2. Моделирање података

Моделирање производних, логистичких и пратећих процеса се врши на основу особености сваког од подсистема а опис **Модела "Производња"** представља основу за реализацију информационог система за праћење експлоатације и припреме угља. На исти начин се врши модеирање и Модел је приказан кроз 4 цјелине:

- Производни капацитети
- Подаци из производње
- Застоји
- Планирање и праћење остварења плана

Производни капацитети - Основни производ (ентитет ПРОИЗВОД) Рудника је неколико врста угља, откривка, неметаличне минералне сировине и отпадне воде (отпадне воде су укључене да би се мјерио рад пумпи и утрошци).

Производни капацитети представљају опрему (ентитет ОПРЕМА). Опрема представља технолошки заокружену цјелину, која има свој капацитет производње, коју прате резултати, за коју се планира и одређује посада радника за опслуживање. Скуп свих опрема представља укупне производне капацитете Рудника. Пошто је производња угља континуална, транспорт дисконтинуалан и комбинован, опрема може бити међусобно повезана у технолошке ланце, који на крају избацују финални производ.

У ентитету КАТАЛОГ ЛОКАЦИЈА налазе се подаци о локацијама или објектима (подаци о копу, мјесту истовара, одлагалиште, депонија, етажа на копу, дробилана, сепарација и сл.) гдје се обавља производња и гдје се налази опрема која је у функцији производње.

Подаци из производње - Као дио припреме производње моделиран је смјенски распоред опреме, кроз ентитет СМЈЕНСКИ РАСПОРЕД ОПРЕМЕ и кроз који се евидентира ангажовање опреме у одређеној смјени одређеног датума за рад на одређеном производу. Кроз ентитете РАДНИК и ПОСАДА евидентира се ангажовање радника на опреми у току једне смјене. Кроз овај ентитет евидентира се број радних часова радника. Преко ентитета СМЈЕНСКИ РАСПОРЕД ОПРЕМЕ И БД СИСТЕМ (утоварно-транспорни систем, односно багер-дампер) се дефинише заједнички рад механизације. Резултат рада опреме се моделира ентитетом УЧИНАК за сваки распоред рада. За транспортна возила евидентирају се локације утовара и истовара откривке или угља, као и времена долазака и чекања на утовар, односно истовар.

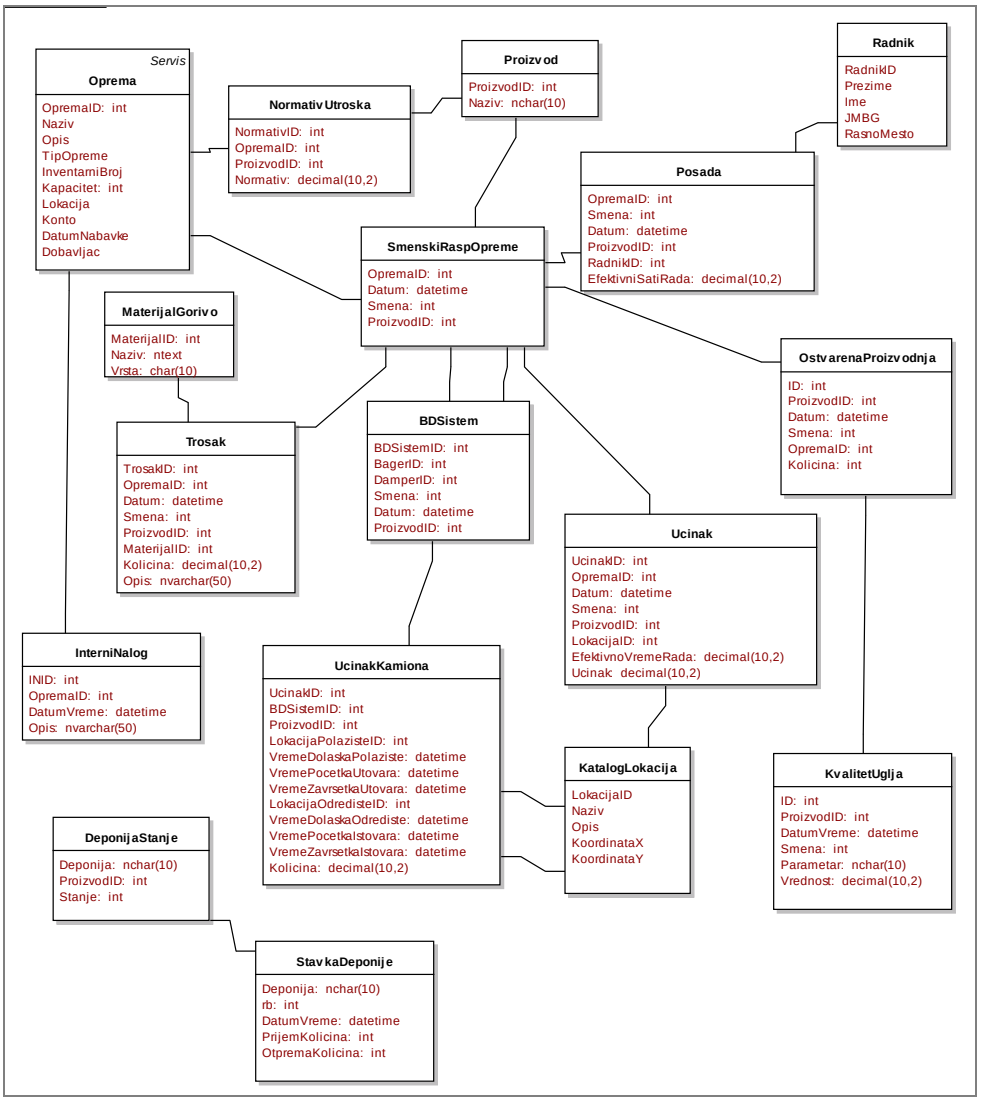
Кроз ентитете СТАЊЕ ДЕПОНИЈЕ и СТАВКА ПРОМЈЕНЕ СТАЊА ДЕПОНИЈЕ евидентира се одлагање, односно захватање са депоније. Ентитет ОСТВАРЕНА ПРОИЗВОДЊА садржи сублимиране податке по производу и производној јединици, смјени у којој је остварена. Контрола квалитета угља (углавном ДТЕ, али могу и остали параметри) се евидентира ентитом КВАЛИТЕТ УГЉА, а везан је за ентиитет ОСТВАРЕНА ПРОИЗВОДЊА а преко њега за ПРОИЗВОД и ОПРЕМУ, као и смјену на дан.

Трошкови репроматеријала и горива евидентирају се кроз ТРОШАК за сваку опрему у смјени, при чему се енергија такође мора дефинисати као МАТЕРИЈАЛ/ГОРИВО. НОРМАТИВ УТРОШКА (20а) евидентира нормативе утрошака материјала и енергената по опреми и производу. Сви ови подаци чине основу за израду смјенског извештаја.

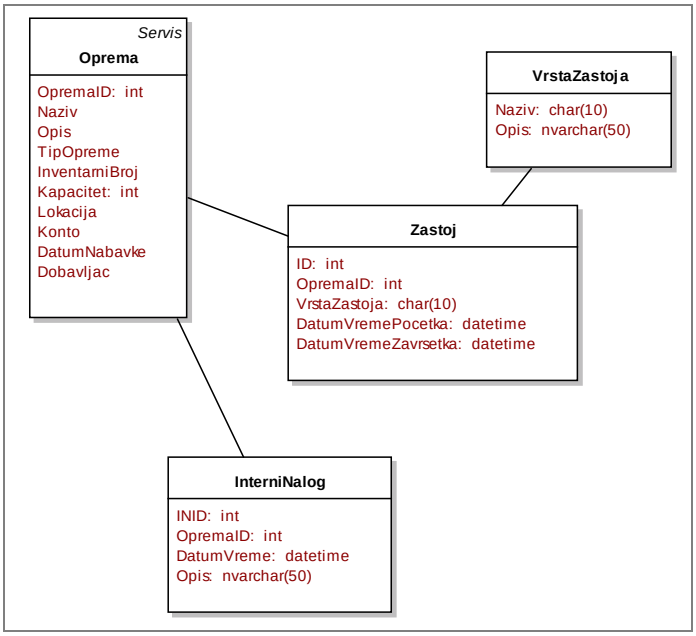
Систем за праћење експлоатације и припреме угља комуницира са осталим програмским системима помоћу ИНТЕРНОГ НАЛОГА (требовање, налог за набавку, захтјев за радовима одржавања и сл) који специфицира потребе Производње у фазама припреме и извршавања.

Застоји - Застоји могу бити изазвани метеоролошким или организационим узроцима или пак услед квара опреме. Евидентирање се врши кроз ентитете ВРСТА ЗАСТОЈА и ЗАСТОЈ. Уколико се ради о квару опреме издаје се ИНТЕРНИ НАЛОГ одржавању.

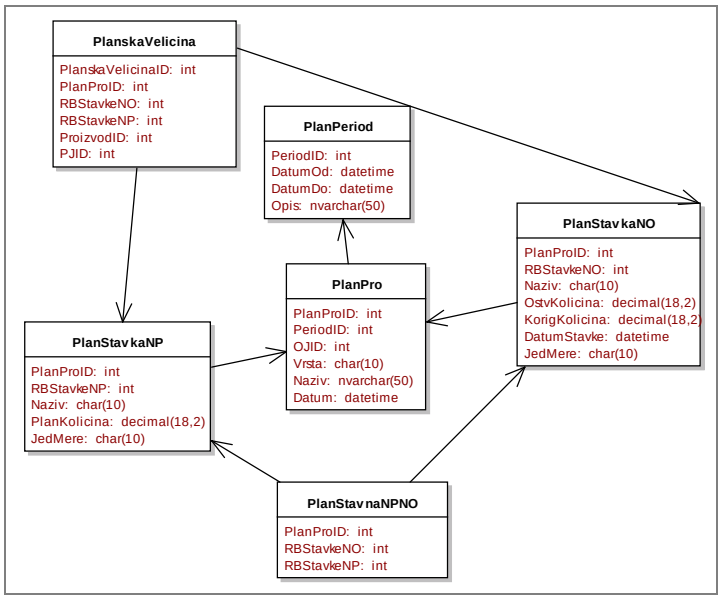
Планирање и праћење остварења плана - Планирање, а касније и праћење остварења плана се врши преко ПЕРИОД ПЛАНИРАЊА и евидентира се у ентитету ПЛАН ПРОИЗВОДЊЕ. Планске величине се дефиниши по ПРОИЗВОДУ и ОПРЕМИ чиме се добија ПЛАНСКА ВЕЛИЧИНА/СТАВКА ПЛАНА. Овим програмским системом се подржава прављење натуралног, али не и финансијског плана. Ставке плана се моделирају кроз следећи групу ентитета: СТАВКА НАТУРАЛНОГ ПЛАН, СТАВКА НАТУРАЛНОГ ОСТВАРЕЊА који су даље везани у ентитет СТАВНА НАТУРАЛНОГ ОСТВАРЕЊА/СТАВНА НАТУРАЛНОГ ПЛАНА.



Слика 5.13. Модел производње



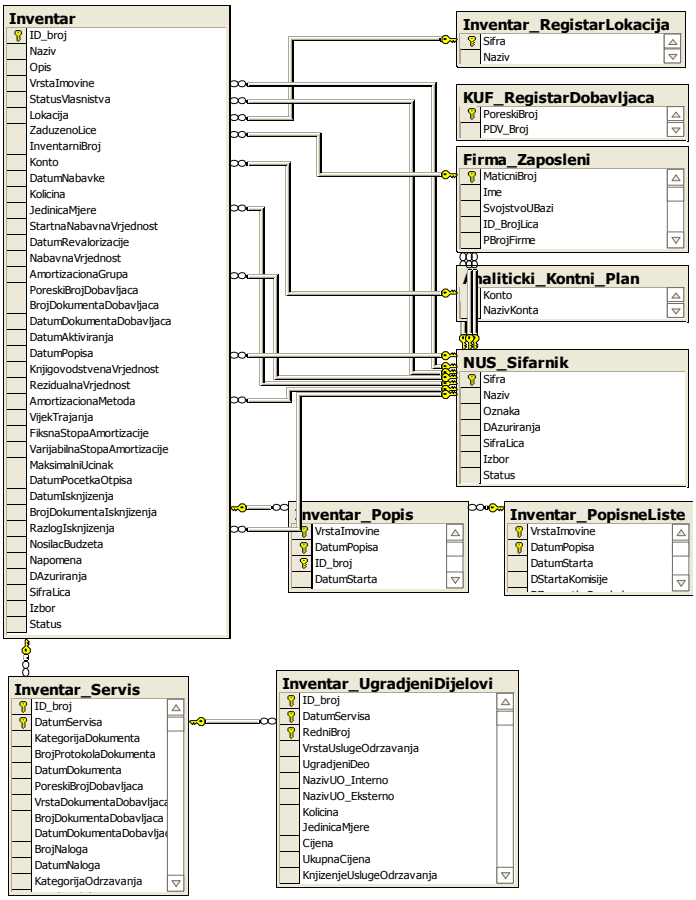
Слика 5.14. Застоји у производњи



5.15. Планирање производње

Овдје се даје примјер једног од основних модела података - релационих модела према конструианим модулима: Модул: **Минерални ресурси**, Модул **Материјални ресурси**, Модул: **Материјални ресурси-залихе**, Модул: **Производња**, Модул: **Производња-Нормативно уређење области, Документација**, Модул: **Екологија- Нормативно уређење области, Документација**, Модул: **Људски ресурси.**

Modul: MATERIJALNI RESURSI



Слика 5.16: Модел података-Релациони модел за примјер Модул Материјални ресурси

5.2.3.3. Извори података

Са аспекта мјеста настајања података и њихових токова у Руднику објекти на површинском копу могу се сврстати у двије категорије:

- Стационарни објекти;
- Нестационарни - портабилни објекти.

Стационарни су они објекти чија се локација, геометрија и габарит не мијења у времену. Овој категорији припадају:

- Управна зграда са пратећим објектима;
- Дробилично постројење;
- Parnaby постројење;
- Транспортна трака за отпрему угља до ТЕ;
- Стационарни путеви;
- Магацини;
- Сервисни објекти (радионице);
- Објекти за водоснабдијевање;
- Трансформаторске станице ГТС-1 и ГТС-2;
- Станица за нафту и нафтне деривате;
- Подстаница гријања;
- Аутобуска станица;

Категорији нестационарних објеката припадају:

- Површински коп са путном мрежом;
- Одлагалишта (сјеверно, велико западно и будуће унутрашње);
- Машине за откопавање, утовар и транспорт откривке и угља;
- Помоћна механизација;
- Објекти заштите површинског копа од површинских и подземних вода;
- Радио комуникациони систем;
- Друга опрема рудника;

Просторни размјештај стационарних објеката је са аспекта дистрибуираности врло повољан, лоцирани су на платоу изнад завршне косине копа у западном дијелу и концентрисани на релативно малом простору. Изван ове локације су транспортер за отпрему угља и Parnaby постројење.

У скупу нестационарних објеката разликујемо оне који су подложни честим, готово свакодневним промјенама позиције и оне код којих су те промјене ипак доста ријеђе. Прву групу чини опрема која је ангажована у производњи. Са напредовањем рударских радова на копу мијењаће се позиција, геометрија и габарит нестационарних објеката (површински коп, одлагалишта, путеви), међутим њихове промјене до краја вијека експлоатације нису од значаја са аспекта простора, комуникационе интеграције, функционисања и постављања мјерно-регулационе опреме.

5.2.3.4 Системи за контролу рада опреме и прикупљање технолошких параметара

GPS уређајима се у реалном времену прати просторно позиционирање стационарне опреме (багера) и кретање дампера и камиона. Дефинишу се контролне тачке на рутама камиона и биљеже времена долазака и одлазака са контролних тачака, мјери се пређени број километара, а могућ је и приказ тренутне локације камиона. Помоћу одговарајућих сензора мјери се количина транспортованог материјала и потрошња горива.За мјерења у реалном времену квалитативних карактеристика угља предвиђено је проточно гама-спектрометријско мјерење.

Регулатори, регулациони уређаји, ограничавајући елементи, заштите од прекорачења и слични елементи, омогућавају повратна, регулационо-управљачка дејства на техничке и технолошке токове реалног система, или имају функцију заштите од преоптерећења, прекорачења и сличних догађања која могу довести до ексцесних ситуација у систему. Уређајима се може пратити исправност појединих дијелова опреме, као што је режим рада мотора, тренутни ниво горива у резервоару. Сензори који су уграђени у електро-машинске дијелове машине се повезују за терминал или дисплеј у кабини, тако да руковаоц машине може имати аутоматски увид у исправност дијелова који се контролишу или одговарајуће упозорење када нешто није у реду.

Могуће је уградити уређаје за пријаву руковаоца машина, гдје сваки руковаоц има свој јединствени идентификатор и преко таквог система врши се контрола и евиденција радних сати руковаоца. Уз додатне сензоре могу се обезбиједити и сигнали у виду аларма које возач може послати у диспечерски центар-DC у случају неке непредвиђене алармантне ситуације, а такође и из DC се могу слати сигнали упозорења.

GPS уређаји могу привремено меморисати податке или путем GSM мреже вршити пренос података на удаљене локације у синхроном или асинхроном раду. Програмабилни логички контролери (PLC) аквизирају податке са праћених (осматраних) објеката, обављају примарну обраду сигнала и шаљу податаке на централни сервер.

На централном серверу треба обезбиједити софтвер и процедуре, које би аутоматски извршавале читање ових података из различитих формата у којима се они достављају, а затим и аутоматски увоз у централну базу IS, чиме се обезбјеђује потпуна интеграција са остатком информационог система. Податке из производње, за које није могуће успоставити систем за аутоматско прикупљање, оператери диспечерског центра мануелно уносе у базу података информационог система.

Диспечерски центар - За оператере DC су свакако најбитнији подаци који се добијају у реалном времену, како би они могли да интервентно дјелују повратно на догађаје у производњи. Подаци који се овдје презентују требају да имају прикладан графички облик (анимирани инструментални приказ, графикон,...), алфанумеричку презентацију у виду табеле или текстуалне поруке, комбиновани облик графичког приказа и звучних сигнала, и слично. На овом нивоу постављена је оперативна инжењерско-експертска аналитика. На основу тренутних показатеља догађања у технолошким и техничким процесима реалног система, диспечер уз асистенцију експертских програма, доноси управљачке одлуке о

евентуалном корективном повратном дејству на процес. Поруке се из DC преносе преко терминала, посебних сигналних табли или радио-везом до непосредних извршиоца послова на терену.

Систем извјештавања - Посебан дио информационог система јесте систем извјештавања који треба да обезбиједи подршку на свим нивоима управљања, од оператера у диспечерском центру, преко техничких руководиоца радних цјелина и специјализованих стручних служби до главног техничког руководиоца површинског копа. На различитим нивоима презентују се подаци са одговарајућим нивоом детаљности.

На вишим нивоима управљања систем треба да обезбиједи статистички обрађене и сублимиране податке о свим релевантним догађајима у производњи. Потребно је да се на одговарајући начин прикаже корелација између планираних и произведених количина угља и откривке, планираних и остварених учинака машина и руковаоца машина. Такође је потребно приказати остварене трошкове и њихово поређење са техничким нормативима.

Битан дио овог система јесте и приказ остварених застоја по категорији, гдје је потребно раздвојити застоје који су изазвани метеоролошким и сличним разлозима на које се не може много утицати од застоја изазваних организацијом посла, као што су нпр. чекања камиона на утовар или истовар или пак транспортних трака.

Презентација података треба да буде обезбијеђена у комбинованим облицима и форматима података, алфанумерички табеларни подаци треба да буду пропраћени адекватном визуелизацијом у виду графикона и дијаграма, картографски или мултимедијално. Потребно је обезбиједити "drilldown" систем за праћење производње, који омогућава кретање кроз податке од сублимираних вриједности ка подацима са већим нивоом детаљности и обрнуто, као што је на примјер приказ производње по мјесецима, а затим једноставан улаз из неког мјесеца у приказ по данима, даље по смјенама, опреми...

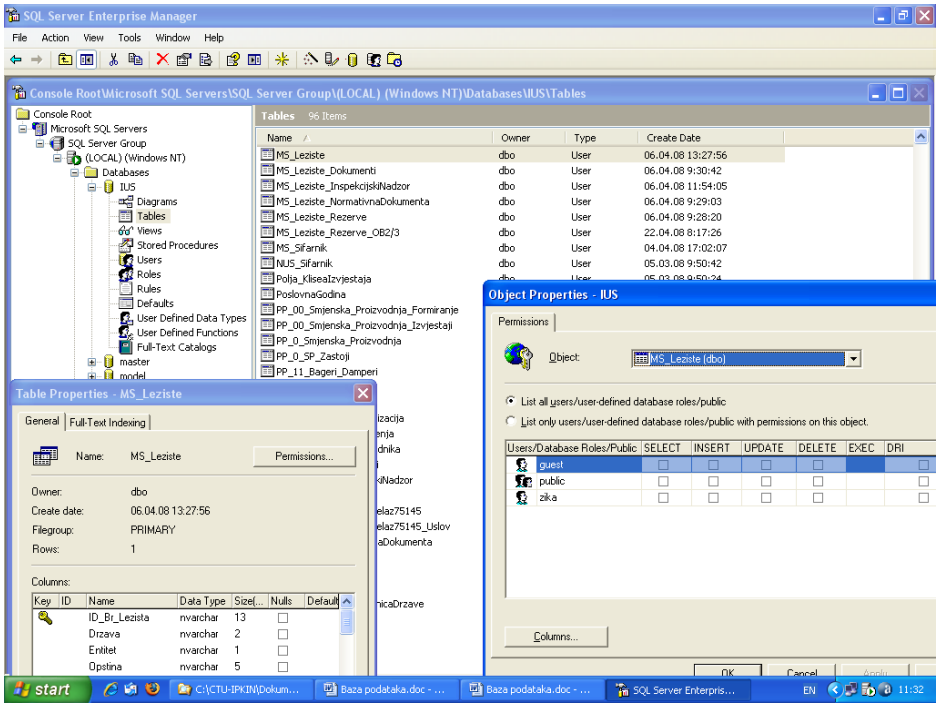
Ови подаци представљају и улазне податке за друге алате којима се пројектује оптимизација параметара производње ради постизања боље организације посла, а самим тим и веће продуктивности пословања. Сходно томе систем треба да подржи извоз података у стандардне формате, али и да буде адаптиван у складу са новим потребама.

5.2.3.4. Логички и физички модел базе

На основу концептуалног модела, којим су идентификовани ентитети и њихове релације, формиран је релациони модел базе података. Генерисање логичког модела, као другог нивоа имплементације база података, подразумијевало је *транслацију* концептуалног модела у специфичан технолошки оквир; *релациони* или *објектно-орјентисан* систем за управљање подацима.

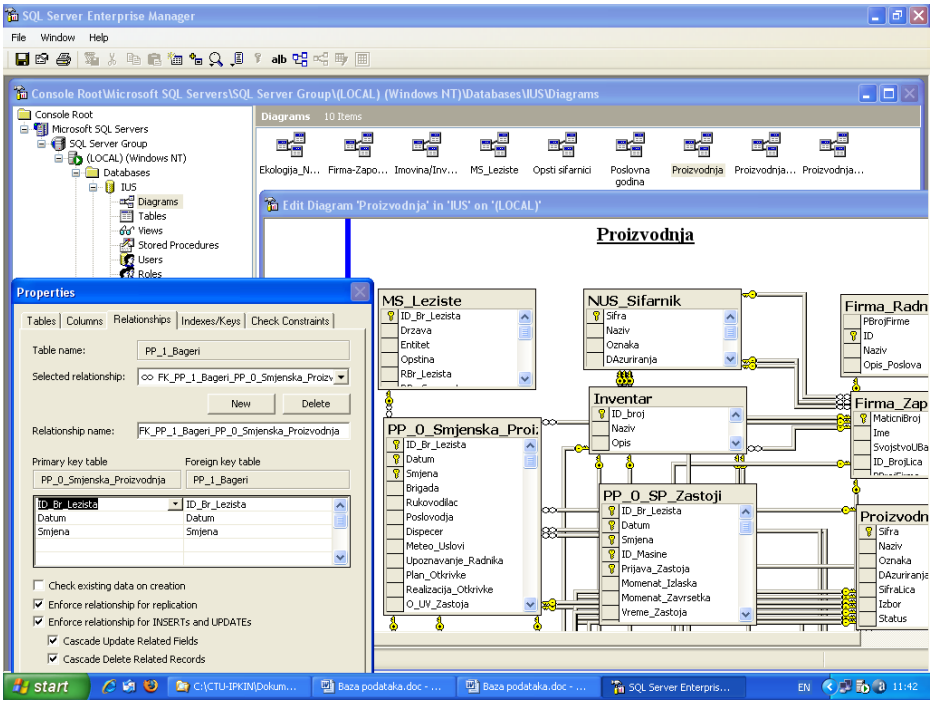
База података пројектована је у 32-битном систему управљања релационим базама података **RDBMS** (*Relation DataBase Management System*) - **SQL Server 2000,** који омогућава поред директне трансакционе обраде (*OnLine Transaction Procesing* - ***OLTP***),

тако и директне аналитичке обраде *(OnLine Analitical procesing* - ***OLAP***), као позадинска **клијент/сервер база података,** намјењена великом броју разнородних корисника.



Слика 5.17.: Улазни панел SQL сервера

Обзиром да ***Дијаграми*** базе података пружају погодан начин за визуализацију пројектоване ***структуре*** и ***релација*** у бази података - ***Шеме базе података***, то су они укључени у саму базу података и служе за документовање ***Шеме***, односно за визуелни приказ **<u>Рјечника података</u>**. Поред тога ***Дијаграми*** базе података су и погодан начин за визуелно приказивање пројектних рјешења везаних за одржавање ***Референцијалног интегритета*** базе података, ***Индекса*** и ***Ограничења***. **Рјечник података** је документован са свим ***Дијаграмима*** базе података:



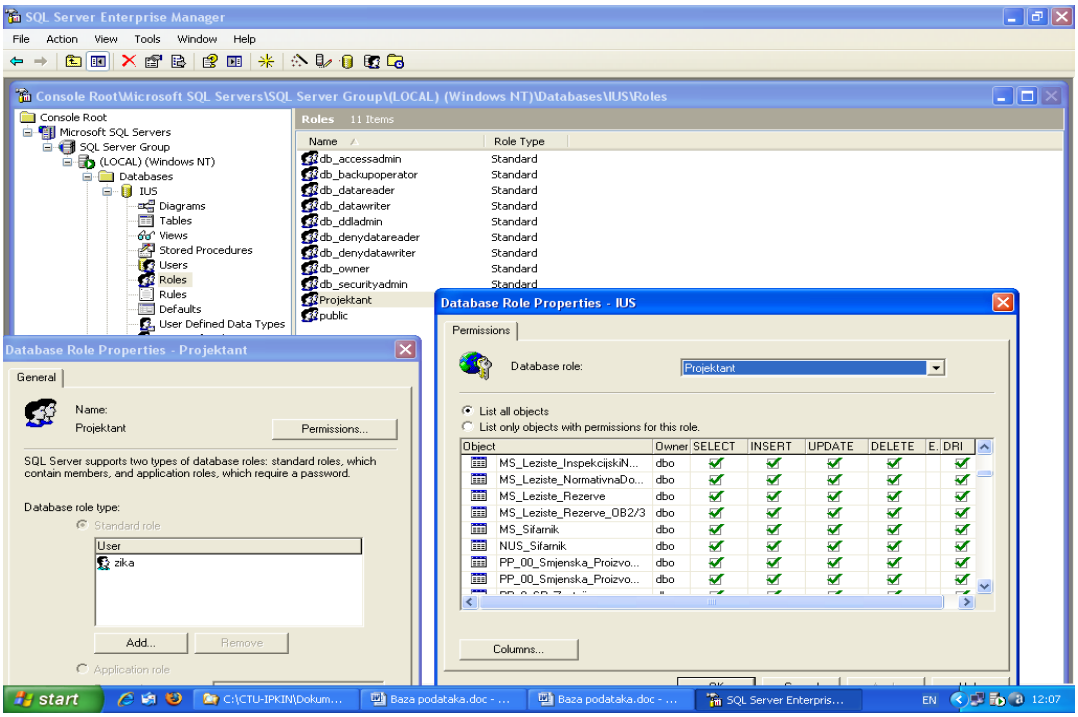
Слика 5.18. Дијаграмо базе података

Упројектовани безбједоносни систем одвија се путем: **DNS**-а (***Domain Name Server***-а), дефенисања **Серверских улога** (***Server roles***), **Пријавних налога** (***Logins***), **Корисничких улога** (***Roles***) и њима придодатих **Корисника** (***Users***), односно груписања **Корисника** по нивоима права и привилегија и тд.

У циљу нагласка важности одржавања тзв. не прекинутог ***ланца власништва*** (**dbo**) над објектима у **Бази података** (*Tables, Views, Stored Procedures* итд), формирају се Корисничке улоге (***Roles***). Дефинисање **Корисничких улога** умногоме се опредјељује потребама за динамиком употребе појединих видова података однсоно појединих модула ***Базе података - НИС-а***, и нивоима на којима се похрањују подаци.

Пројектним рјешењима **Базе података Надзорно информационог система,** као саставног дијела цјелокупног модела управљања, је омогућено поуздано и синхронизовано коришћење **RDBMS** система у функцији ***Базног система***, а **ODBMS** система у функцији ***Придруженог система*** са моћним алатима ***GIS техника.***

Значајан труд и напор је уложен у изналажењу адекватних пројектних рјешења ***<u>Структуре</u>*** ***Шифарских система*** ***<u>Модула</u>*** **Базе података - НИС-а,** обзиром да представљају ***Средство*** путем кога се врши ***Дигитализација*** података и тиме директно утичу на ***Структуру*** Базе података.



Слика 5.19. Примјер Базе података према Корисничким улогама

Усвојено и имплементирано пројектно рјешење ***Шифарских система*** у **Бази података - НИС-а**, омогућава веома једноставно ***Управљање*** огромним бројем њених ***Шифарника***, обзиром да су они похрањени само у неколико ***Објеката - Табела*** базе података.

ŠIFARSKI SISTEMI			
1	Šifra: Struktura ID broja šifre		
	Redni broj Šifarnika	Redni broj šifre	

Слика 5.20 Изглед централно шифарника у бази података

5.2.4. Опис Надзорно информационог система Рудник Угљевик

У овом поглављу биће приказана функционалност цијелог Надзорно инфромационог система Рдуника Угљевик кроз пет основних програмских система и два подсистема: **Минерални ресурси**, **Материјални ресурси** са подсистемом Материјални ресурси-залихе, **Производња** са подсистемом Производња-Нормативно уређење области и Документација, **Екологија**- Нормативно уређење области и Документација и **Људски ресурси**. Сваки од ових седам система се даље састоји од више својих компоненти, а опис ће се илустровати кроз приказ интерфејса неких од апликација по појединим.

Систем за одржавање базе техничких података реализује информатичку подршку за одржавање опреме и обухвата све предмете одржавања тј. све типове опреме, објеката и транспортних средстава и повезује их са одговарајућом графичком техничком документацијом. Дакле, овај програмски систем треба стално да дефинише и одржва ажурним основне техничке карактеристике о свим предметима одржавања. Предуслови за реализацију овог програмског система су доста сложени тј. мора постојати јединствени систем означавања (шифрирања) свих предмета одржавања као и њихова основна класификација. Такође извршенаи систематизација структуре сваког типа опреме и објеката у претходном тексту овог поглавља, за шта је потребно стручно познавање предмета одржавања и начина његовог одржавања (у складу са препорукама произвођача и сопственим искуством).

Механизми опште манипулације са подацима и системом: логовање (пријављивање на систем), учитавање, филтрирање, измјене, табеларни и детаљни поглед, снимање и брисање су имплеметирани у свим програмским системима на исти начин, што олакшава коришћење апликација. Панели за рад са подацима су структуирани тако да пружају лако позиционирање на жељени податак у бази или на панелу, што је нарочито важно код саставница опреме. Ради лакшег вођења података о опреми, направљен је каталог саставница који садржи прототипове хијерархијске структуре опреме. Наиме, саставнице по типовима опреме представљају прототипове опреме са свим њиховим саставним дијеловима. Сваки тип опреме који се додаје у саставнице мора имати своју позицију. Вриједност позиције мора бити јединствена. При додавању новог податка, софтвер аутоматски додаје нову позицију и ниво хијерархије у односу на тренутно активан податак, што корисник по потреби може да промијени.

Ова апликација представља радно окружење за рад са подацима о опреми са свим пратећим информацијама које ту опрему прате. То су јединице мјера, техничке

карактеристике, њихове дозвољене и конкретне вриједности које припадају одредјеном типу опреме.

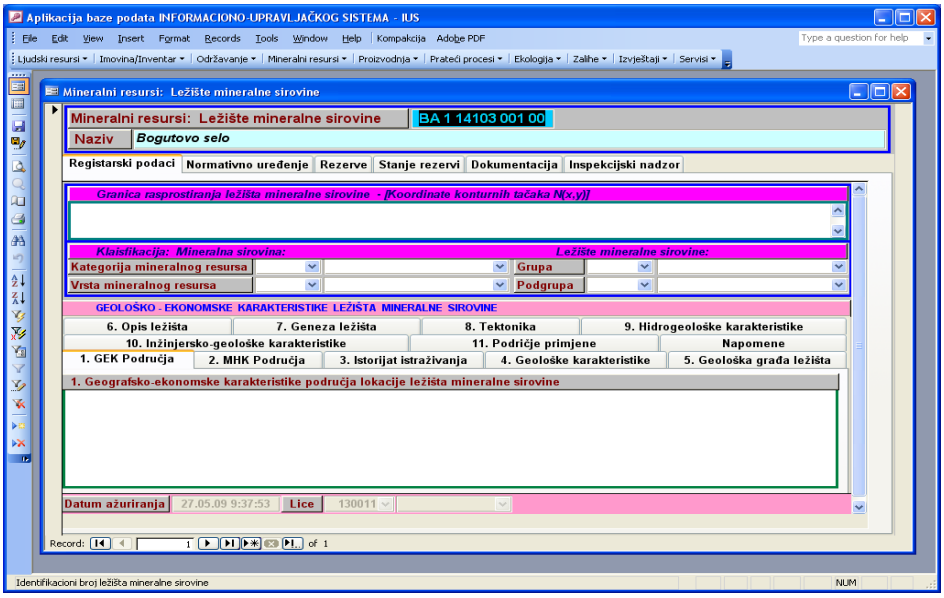
База техничких података, повезана са техничком документацијом и цртежима (монтажним, производним, радионичким и сл.) представља техничку основу за све остале пословне процесе, који се баве одржавањем, експлоатацијом, развојем и сл. Документи су груписани по врстама, а могу имати и везу са техничким цртежима. О опреми се може водити и евиденција локација техничких докумената и цртежа.

5.2.4.1. Систем за праћење стања минералних ресурса

Овај систем прати стање минералних ресурса у смислу:

- основних регистарских података - о појединoм лежишру, рудном тијелу, ревиру, категоризацији резерви, геолошко-економским, географско-еконосмким карактеристикама и др, релевантним подацима о минералном ресурсу
- нормативних уређења- у смислу дефинисања статуса према зконским регулативама: важење истражног права, геолошког елабората и сл
- резерве и стање резерви – са подацима о категоријама, количинама по категоријама резерви за свако рудно тијело, ревир, лежиште на које предузеће полаже извјесна права
- документација - врста документације, пројекти истраживања, елаборати о истраживањима, елаборати о класификацији, категоризацији, прорачуну резерви по појединим лежиштима и њихово важење/рок трајања
-инспекцијски надзор – са евиденцијом налаза и рјешења републичког геолошког инспектора

На тај начин се континуално води евиденција о свим пословима и потребама за извђење послова везаних за геологију, истраживања, испитивања и сл. На слици 5.21 се даје приказ почетног панела у Модулу Минерални ресурси са могућносшћу отварања и других поменутих подмодула и начина уношења података у исте.



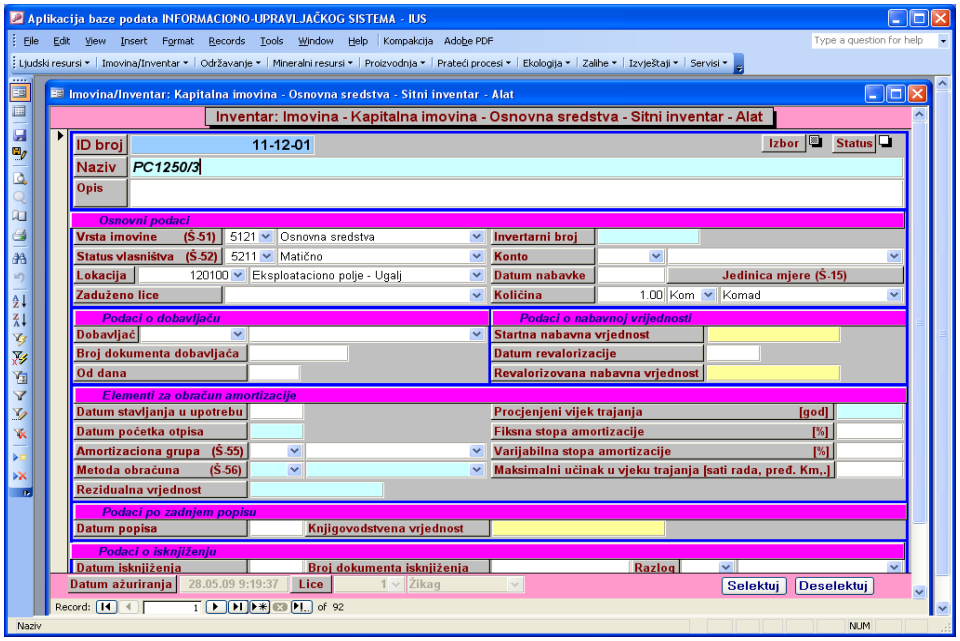
Слика 5.21 Екранска форма Обрасца Минерални Ресурси

5.2.4.2. Систем за праћење материјалних ресурса са подсистемом са стање залиха

У овом систему се даје даје могућност прегледа и уноса свих промјена у смислу инвентара Имовине, Капиталне имовине, Основних средстава, Ситног инвентара и Алата. Основни панел Материјални ресурси је приказан на слици 5.22.

Поред тога се у додатним апликацијама –екранским формама врши и евиденција и праћење стања:

Регистар Локација, Стање Пописа материјалних ресурса, Одржавање материјалних ресурса - Интерни систем, Екстерни систем, Управљања залихама; Регистар Складишта, Регистар Робе (Картице Материјалног и Робног књиговодства,) Регистар промета Залиха – Улаз, Регистар промета Залиха – Излаз, Регистар Пописа – Залихе, Регистар Банака, Регистар Добављача, Регистар Купаца са евиденцијом промета Залиха.

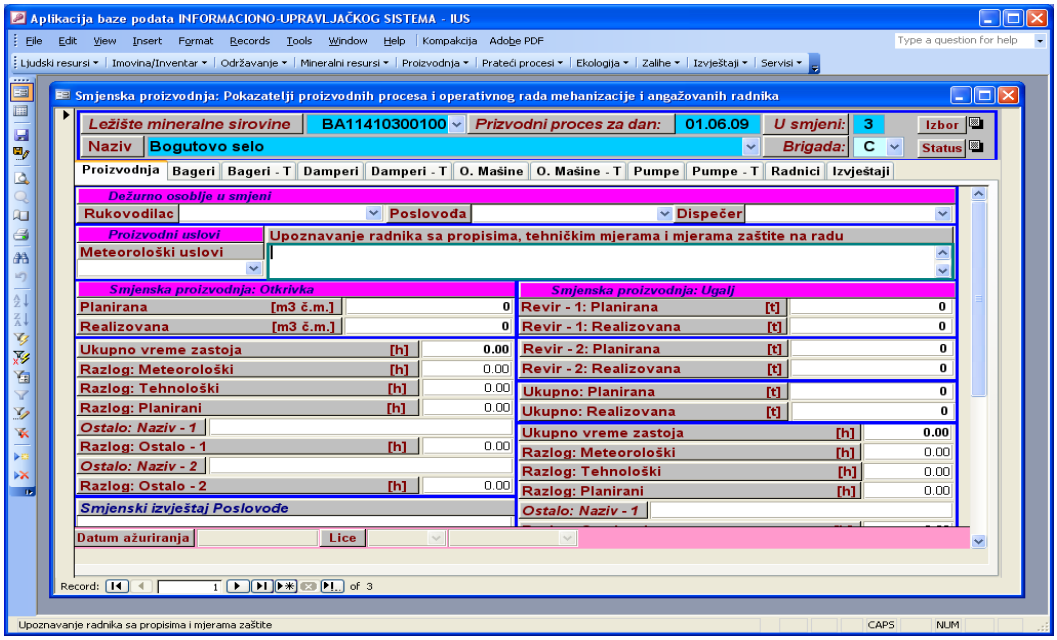


Слика 5.22. Екранска форма основног обрасца Материјални ресурси

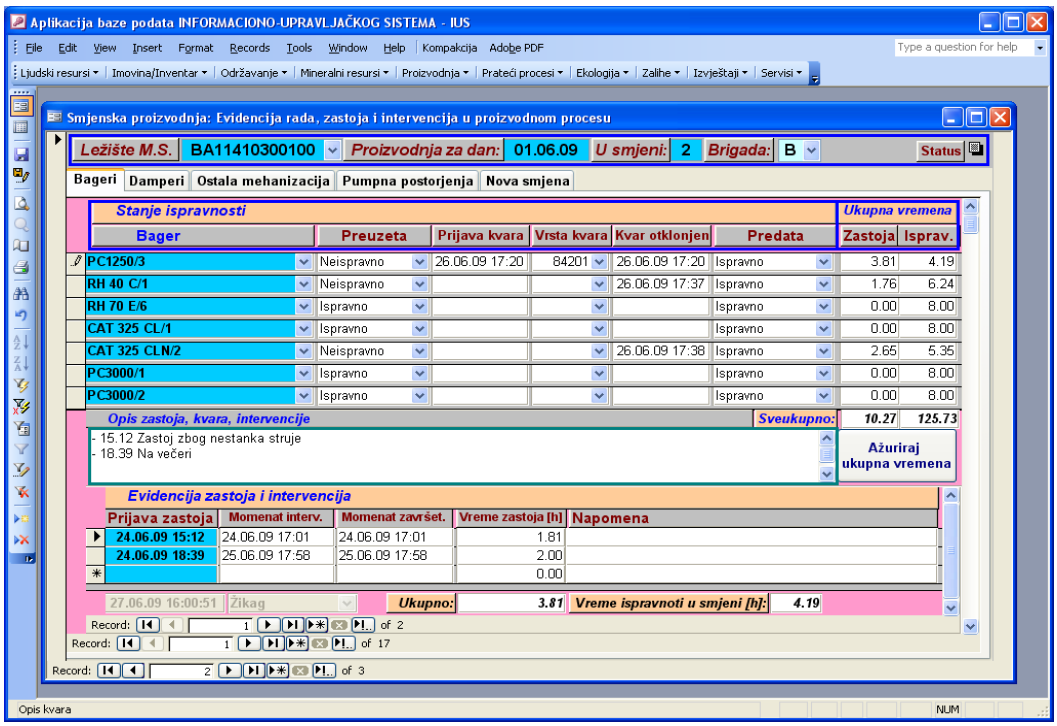
5.2.4.3. Систем за праћење производње

У овом систему се на основном почетном панелу избором лежита и датум могу добити сви релвантни подаци везани за производни процес у смислу ефективног времена рада појединих јединица опреме, времена застоја и разлога за исте, степен реализације планиране производње.

У другом нивоу информација се добијају подаци о раду појединих јединица опреме (багери, дампери, булдозери, пумпна постројења и др). У трећој групи апликација се налазе панели са континуалном евиденцијом документације, докумената податак и детаља везаних за инспекцијске прегледе и др.

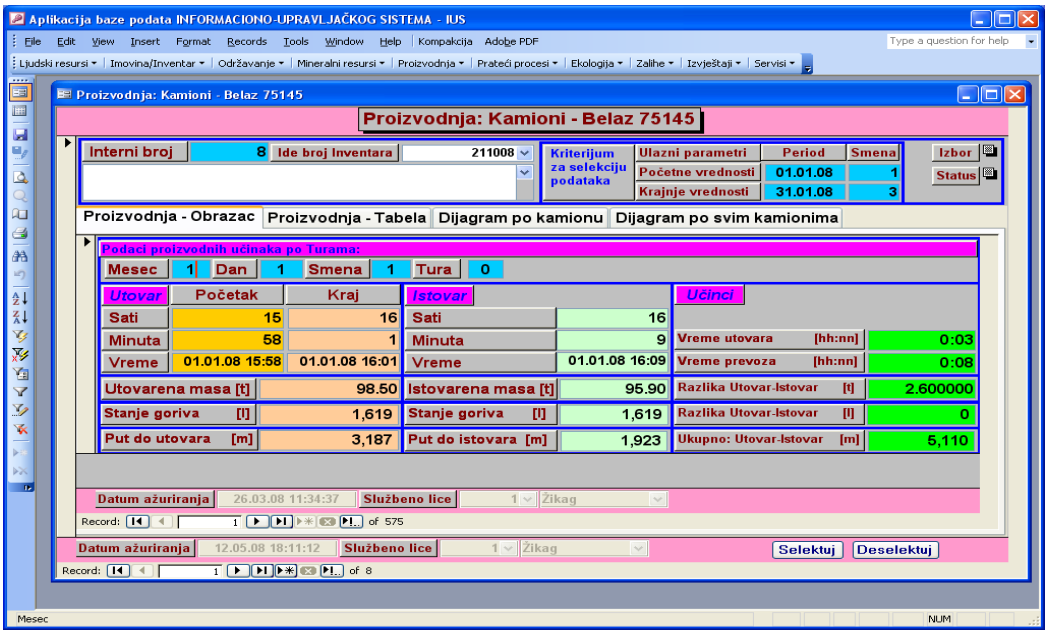


Слика 5.23. Екранска форма обрасца Производња и базе података

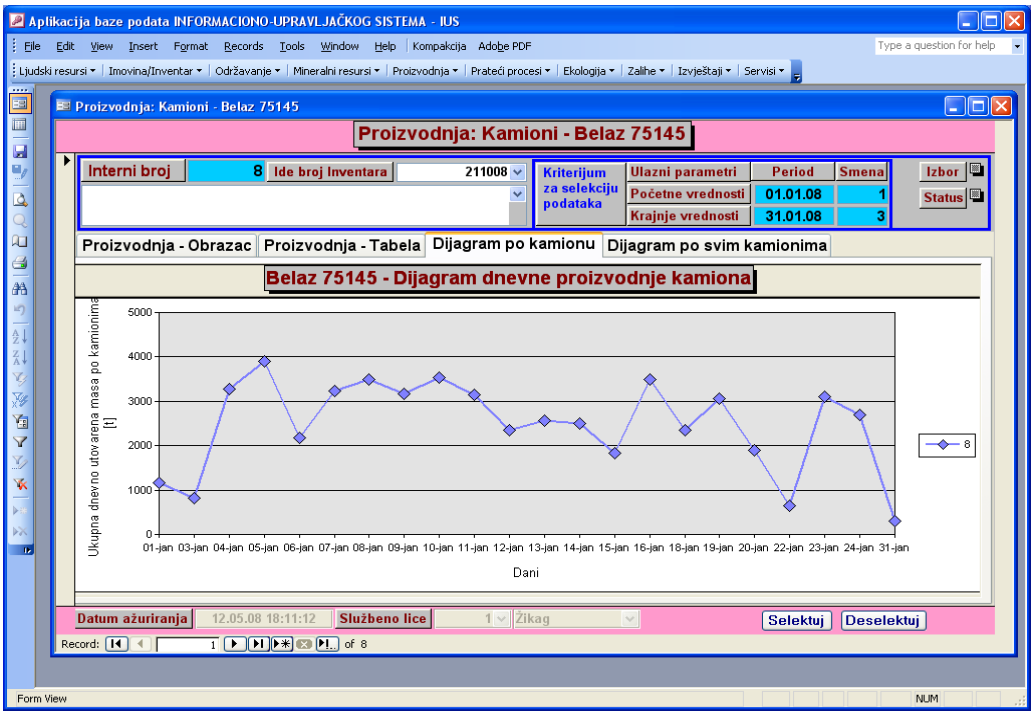


Слика 5.24. Екранска форма Обрасца Производња за Диспечерски центар

У систему Производња се изграђен у складу са инфраструктуром података и посебан сегмент : Аутоматско праћење производних покзатеља производње у којем је могуће добити евиденцију рада свих машина у облику који се овдје илуструје на примјеру камиона: Производња - Образац, Производња –Табела, Дијаграм-по камиону, Дијаграм по свима камионима (слике 5.25. и 5.26)



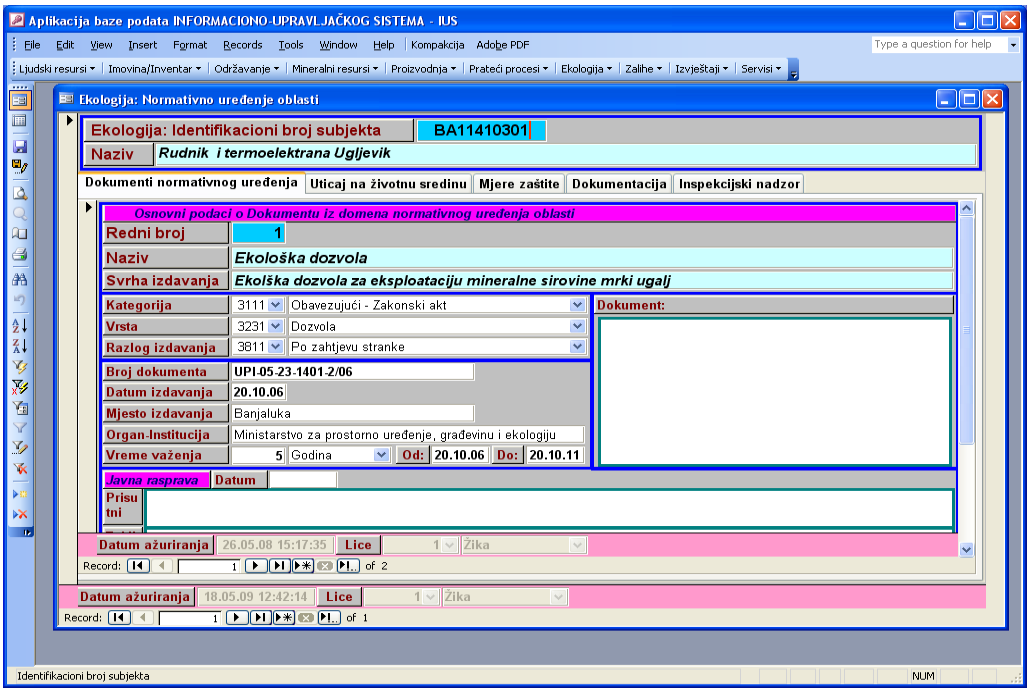
Слика 5.25. Екранска форма Апликација:Производња-Образац



Слика 5.26 . Екранска форма апликације: Производња-Дијаграм по камиону

5.2.4.4. Систем Екологија - Нормативно уређење области, Документација

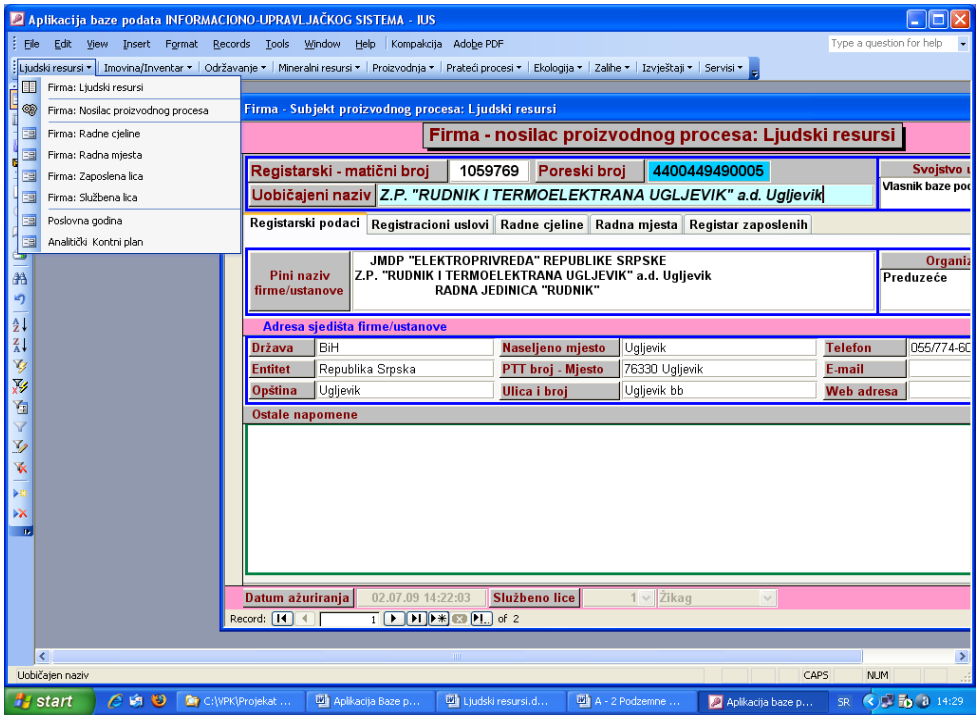
У овом систему је дат преглед Докумената нормативног уређења, Утицај на животну средину, Мјере заштите, Документација и Инспекцијски надзор. Овдје је остављена могућност да се редовно прате промјене везане за заштиту животне средине у смислу ограничавајућих фактора и параметара који могу да настају у производном процесу, те редовно добијају упозорења везана за ограничења која су дефинисана приликом добијања еколошке дозволе за овај вид производње.



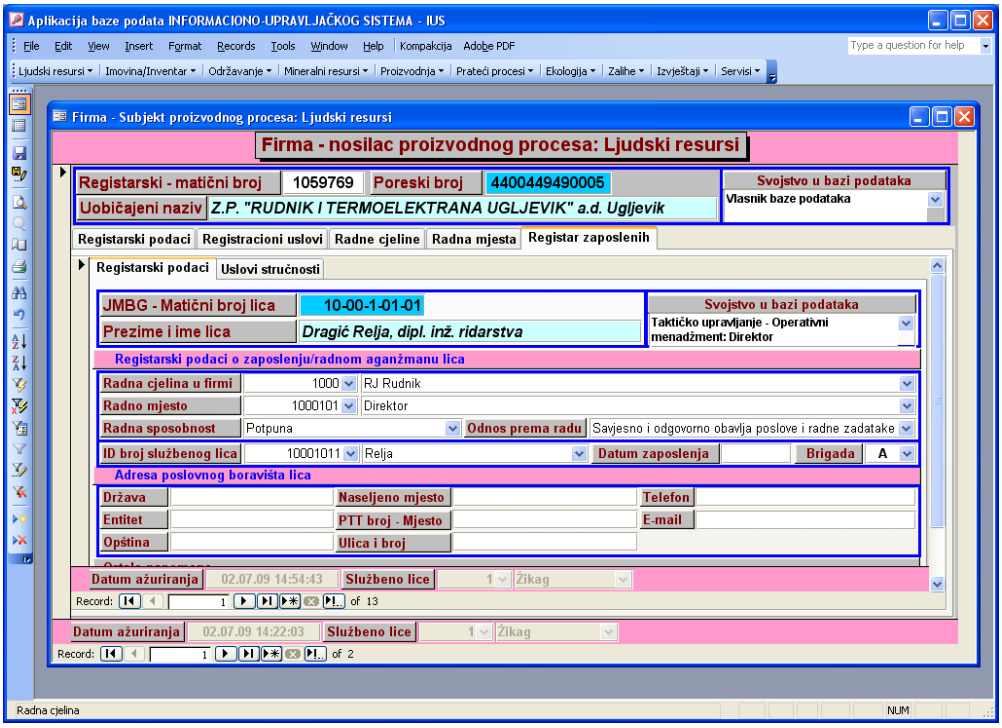
Слика 5.27.Екранска форма обрасца Екологија

5.2.4.5. Систем Људски ресурси

Овдје се даје регистарски приказ Носиоца производног процеса, Приказ података по Радним цјелинама, Радним мјестима, Запосленом лицу, Службеним лицима и то аналитички по пословним годинама и по Контном плану.



Слика 5.28. Екранска форма Апликације Људски ресурси



Слика 5.29. Екранска фрома апликације за запослено лице

5.2.5. Систем MIDSS

Могућности примјене најнапреднијих IT у овим областима доприносе вриједности пословања на много начина: унапријеђење система, расположивост и могућност изградње односа са клијентима, кориснички интерфејс који пружа боље могућности за доношење одлука, како стратешких тако и оперативних, сарадњу са пословним партнерима засновану на Web-у, увид у укупне могућности које су допуштене сценаријима стратешког доношења одлука и бројне друге. У смислу времена потребног за доношење ефикасне одлуке, оптимизација процеса се мора појавити на свим нивоима планирања и извршења: стратешком, тактичком и нивоу мониторинга (праћења).

MIDSS (*Management Information and Decision Support System*), дио је сублимираних извјештаја за управљачку структуру предузећа који се односе на праћење експлоатације и припреме угља Ажурне и тачне податке који се у њима оперативно обрађују, MIDSS на прегледан начин презентира руководиоцима предузећа. Потребно је да сви оперативни дијелови пословања који су од интереса за управљачку структура предузећа буду информатички подржани да би се сумарне информације аутоматски обезбједиле. У овом тренутку треба искористити податке који су предмет овог Пројекта али и обезбједити да овај програмски систем буде отворен за даљу доградњу, тако да се сумарни подаци из других дијелова пословања могу касније директно или индиректно укључити у MIDSS.

MIDSS, као интелигентни систем подршке доношењу одлука у руднику користи комбинацију различитих IT технологија као што су OLTP (On Line Transactional Processing), OLAP (On Line Analytical Processing), WEB, SQL Server Reporting Services i druge. To je дакле систем за директну аналитичку обраду података које се имплементира кроз Microsoft® SQL Server™ 2000 Analysis Services који има подршку за

вишедимензионалне погледе на пословне податке. Овакви вишедимензионални погледи подржани су технологијом вишедимензионалних или релационих база података. Менаџери и аналитичари који често захтијевају више нивое агрегираних погледа на пословне податке користе ову технологију. OLAP база података обично се одложено пуни подацима, најчешће из разних извора, и представља снажан аналитички back-end за вишекорисничке апликације.

Опште карактеристике оквира за учитавања податка су следеће:

- Извори података могу бити бројни и различити по својим карактеристикама (различити формати, оперативни системи);
- Подаци се преносе у оквир за учитавање података било као копије или се над њима врше разне трансформације (денормализације, рестрикције, селекције, прешифрирање, а нарочито се примјењују агрегације – консолидација).;
- Припремљени подаци се преносе у OLAP базу података и тада се врши њихово прихватање или одбацивање (дата сцруббинг).

При изради MIDSS-а поштоване су слиједеће опште карактеристике OLAP база података:

- Валидни подаци смјештени у бази постају приступачни за претраживање (дата мининг) помоћу алата за анализу по захтјеву (OLAP алати);
- Модел података дизајниран је тако да су упити за крајњег корисника једноставни за дефинисање (семантички богати називи и описи поља, једноставне везе, разноврсне хијерархије над истим скупом података);
- База података је оптимизована ради повећања ефикасности извршавања упита.

5.2.6. Заштита система

Заштита НИС мора имати више слојева и односи се на:

- Заштиту од неовлашћеног приступа систему;
- Заштиту од неовлашћеног приступа програмима и подацима;
- Заштиту мреже НИС;
- Заштиту од "вирусне инфекције";
- Заштиту хардвера.

С обзиром на природу и пословну важност података и информација НИС, систем мора имати уграђен селективан, односно контролисан приступ корисника. Заштита од неовлашћеног приступа систему и подацима данас се изводи ефикасно коришћењем уграђених процедура на системском, комуникационом и локалном софтверском нивоу. Адекватном контролом (администрацијом) система, може се постићи да податке, програме, комуникације и опрему користе само овлашћени учесници на дозвољен начин. Обезбеђењем треба осигурати: манипулативну доступност, повјерљивост и интегритет.

Пријетње раду мрежи односе се на: прекид, сметње-ометања и преоптерећења. Заштита мреже НИС може бити угрожена, доведена у питање или нарушена, у односу на софтвер, хардвер, информације и функционисање мреже. Претње се могу дефинисати као сценарио који нарушава један или више циљева безбједности. Поједине врсте претњи могу се избјећи, а неке нажалост не у потпуности. Са аспекта ометања комуникација и заштите

података у фази њихове трансмисије, посебно је осјетљив радио-комуникациони сегмент мреже. Зависно од варијанте, за коју се опредјели Рудник, сопствени радио систем или коришћење мобилне телефоније, треба примјенити одговарајуће облике заштите криптовањем, перманентним праћењем трансакција у матичном мрежном амбијенту и си. о сигурносним мјерама и заштити од неовлашћеног приступа мрежи НИС при коришћењу Интернета, брине се заштитна софтверска баријера, која се поставља на главној комуникационој капији.

Пријетње софтверу су сљедеће: брисање, крађа, оштећење, замјена, уношење грешке. Да би се ове претње минимизирале, софтвер за управљање мрежом мора бити у стању да прати и региструје овакве покушаје.

Пријетње хардверу односе се на: крађу, квар, уништење-разарање, оштећење, неовлашћену употребу, нестручну употребу, хабање и трошење. Могу се предузети различите организационе и дисциплинске мјере да би се избјегле ове врсте претњи, као што је физичко обезбјеђење опреме, недоступност опреме неовлашћеним лицима, стални надзор над опремом, конкретна материјална задуженост за опрему и слично. Оштећења која могу настати на хардверу изазвана спољним инцидентима, нпр. поремећаји у напајању електричном енергијом, могу се избјећи употребом опреме за непрекидно напајање (UPS) и заштите од пренапона, струјних удара и фреквентних осцилација у електро-енергетском систему напајања.

Пријетње информацијама су: крађа, брисање, неовлашћена прамјена података, замјена података, губитак података. Неке врсте оштећења информација могу се открити цикличним проверама редундансе (CRC, Cyclic Redudancy Checks) или другим мјерама. Софтвер за управљање мора имати уграђене CRC процедуре и за откривање вируса. Мјере заштите НИС у основи се своде на активности:

- Физичко обезбеђење хардвера од крађе, пожара и других претњи;
- Логичко обезбеђење хардвера, коришћењем чипова за шифрирање на мрежним картицама;
- Употреба уређаја за заштиту напајања, као што су уређаји за филтрирање (чишћење) електричних сигнала који долазе у мрежне компоненте, као и извора непрекидног или приправног напајања (UPS или SPS izvora) за одржавање довољно дугог рада рачунарске опреме и мреже, како би се у случају губитка напајања правилно поступно искључили;
- Употреба сервера отпорних на системске грешке;
- Употреба редундантног каблирања;
- Редовно и често снимање резервних копија;
- Употреба редундантног снимања информација;
- Употреба модема са повратним позивом;
- Праћење трансакција;
- Контрола приступа датотекама и базама података;
- Контрола привилегија за приступ датотекама и базама података, да би се вероватноћа намјерног или случајног учитавања "вируса" свела на минимум;
- Употреба лозинки и других идентификација корисника;

- Употреба провјере аутентичности матичног кода и кључа;
- Давање привилегија корисницима у зависности од њиховог статуса и потреба;
- Криптовање преноса да би се спречила (или барем отежала) крађа информација које се преносе на мрежи;
- Снимање и извјештавање о покушајима неовлашћеног приступа;
- Филтрирање пакета или преношење пакета само на одређени чвор мреже.

Генерално, треба настојати да се што више побројаних безбједносних мјера ефикасно примјени, заштите треба селективно уграђивати зависно од функционално-хијерархијског нивоа у НИС-у. Мјере безбједности, односно заштите, морају се стално допуњавати и мјењати да би се одржао корак са актуелностима на овом плану.

5.3. Рачунарски програми коришћени у Операционој фази Модела управљања

У овом дијелус есепрезентују комерцијални програми који су коришћени за статистичку обраду прикупљених података а потом и симулирање дисконтинуалног система експлоатације на површинском копу Богутово село. Аутор наводи ове рачунарске програме, што не значи да се у другим истраживањима и други програми могу показати дјелотворним за наведене намјене.

5.3.1. Статистичка обрада података

Комплексност и стохастичка природа експлоатације минералних сировина на површинским коповима, условила је анализу и планирање структуре производних система у реалном радном окружењу успостављањем веза између фаза технолошког процеса и случајних догађања у њему коришћењем случајних промјенљивих.

Сваки статистички модел улазних величина симулационог модела је у тијесној вези са реалним системом, из чијег узорка се и одређује, и симулационим програмом у коме је потребно да се изврши његова интерпретација.

Утицај избора статистичког модела случајних улаза симулационог модела је од мањег или већег значаја прије свега за валидност самог симулационог модела. Не постоји начин одређивања значајности утицаја избора статистичког модела без примјене формалне методе валидације. Пошто одмах на почетку не знамо колики је тај утицај на валидност симулационог модела препоручљиво је да се претпостави његов велики значај.

Послије прикупљања података из реалног система путем НИС, који је приказан у претходном тексту овог поглавља предсотији статистичка обрада података са циљем одређивања расподјеле вјероватноће која описује случајан улаз у симулациони модел. Када се изврши избор расподјеле вјероватноће слиједи корак у којем се дефинишу параметри, статистички обрађено и имају дефинисану криву из фамилија расподјеле, а која редставља практични математичку зависност појединих ваеличина и параметара у производњи. На крају је могуће извршити и оцјену изабране математичке функције

зависности појединих параметара производног система и то графичким путем или путем статистичких тестова, како је то наведено у поглављу 4.

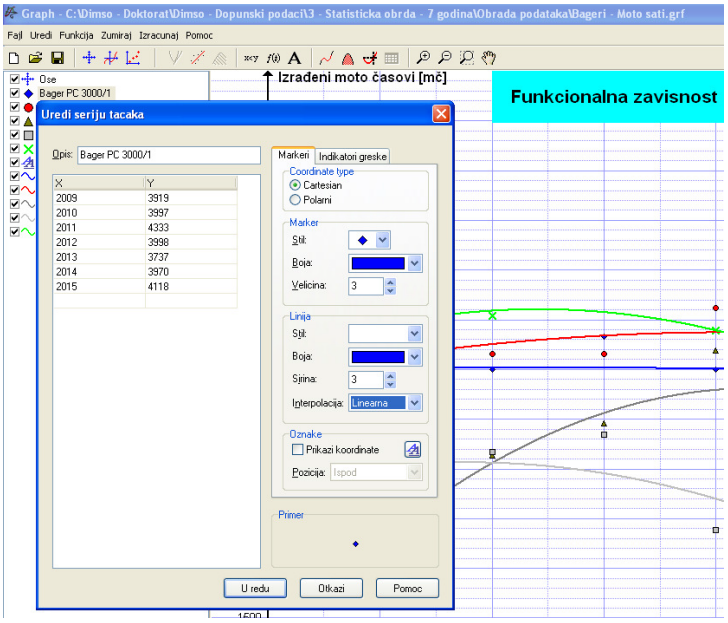
У ову сврху је коришћен софтверски пакет *Graph version 4.4.2.* за статистичку обраду података коришћењем теорије најмањих квадрата приликом процеса дефинисања криве на основу познатих података (тзв „Фитовање криве“)

Graph је класични Windows program (free program) који исцртава криве математичких функција у координатном систему. Програм исцртава стандардне, параметарске и поларне функције, тангенте, низове тачака, једнаџине и графички их уређује. Из заданих тачака, исцртава функцију, те прати вриједности функције.

Десни панел с координатним системом служи за приказ унесених података. Избор команди се врши путем алатних трака, и кроз различите дијалог прозоре се функције уносе, уређују, бришу и др.

Graph је развијен као OLE (Object Linking and Embedding ≈ везани и уметнути објекти) домаћин, што значи да Graph објект може бити везан или уметнут у OLE корисника (домаћина).

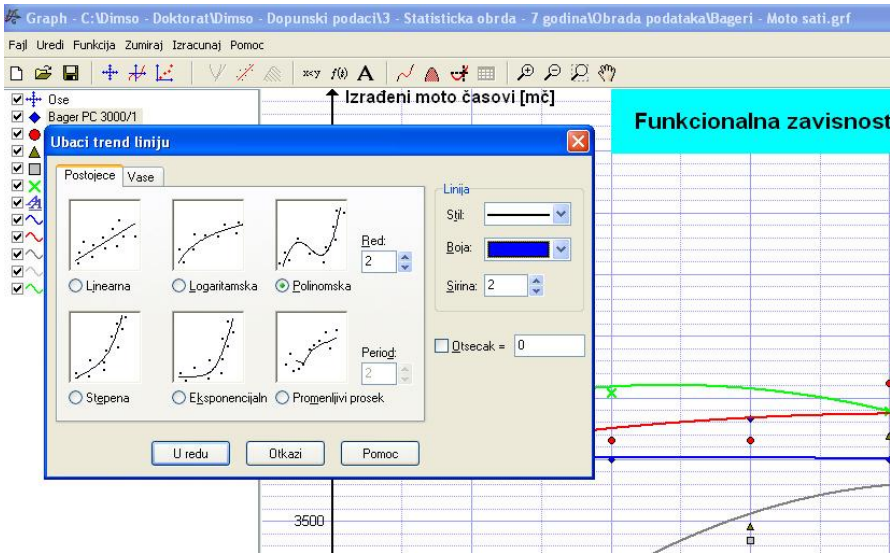
Фунције које је могуће обрађивати у овом програму су : **Тригонометријске**,**Хиперболичне**, **Потенцијалне и хиперболичне, *Piecewise* функције, Посебне функције** (integrate,sum, product,fact, gamma, beta, W, zeta,mod, dnorm) , функције **Заокружавања** и др



Слика 5.30 Панел за унос жељених улазних података (Graph 4.4.-интернет упутство)

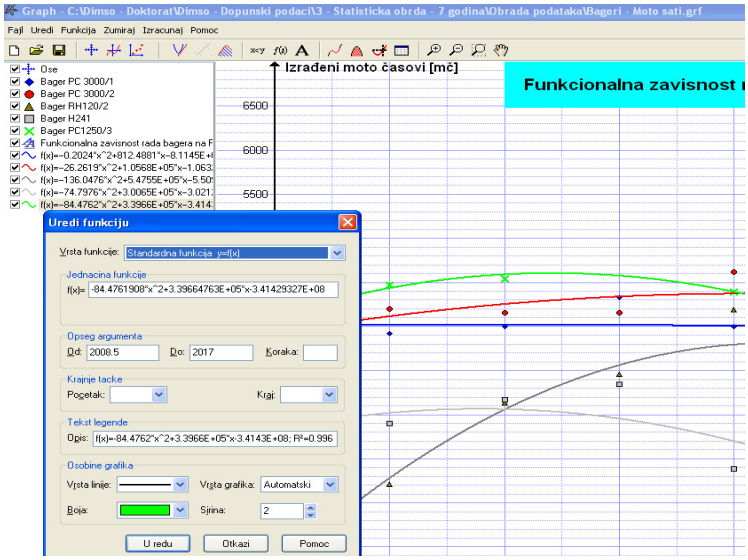
Након уноса податак прелази се на следећи корак у којем се врши избор фунлционалног облика за дефинисање математицког израза – *Тренд линија*. Линија тренда се додаје као и свака функција. Означите серију точака за коју желите тренд линију и с изборника одаберите Функција --> Унос линије тренда. Расположиво је неколико функција које ће задовољити резултатом. Ако квачицом означите *Одсјечак* и унесете вриједност, *Линеарна*,Логаритамска, *Полиномна,Потенцијална* и *Експоненцијална* линија тренда која

ће у тој тачки досећи y-осу. Линија тренда се додаје као и свака функција. Означите серију тачака за коју желите тренд линију и с менија одаберите Функција --> Унос линије тренда. Расположиво је неколико функција које ће задовољити резултатом. Ако квачицом означите *Одсјечак* и унесете вриједност, *Линеарна*, *Логаритамска*, *Полиномна,Потенцијална* и *Експоненцијална* линија тренда која ће у тој тачки достићи y-осу. Фитовања могу бити урађена са расположивим или наново дефинисаним корисничким функцијама, дефинисањем поља анализе-распона вриједности познатих података, коефицијенте корелације те добијати први и други извод, коефицијент варијације и др. У предметној анализи је коришћен за већину шрикупљених снимљених података полиномни облик функције



Слика 5.31 Панел за „Фитовање криве“ (Graph 4.4.-интернет упутство)

Коначно уређивање излазних податак и исцртавање графика математичке функције и фукције вјероватне расподјеле података потребних за израду симулационог модела је приказано на слици 5.32. У оквиру ове операције се дефинишу домени аргумента функције, коефицијент корелације, коефицијенти варијације и др.



Слика 5.32. Уређивање излазних података(Graph 4.4.-интернет упутство)

5.3.2. Израда симулационог модела дисконтинуалног система експлоатације

Компјутерска симулација различитих варијанти транспортних система подразумијева процес развоја и коришћења симулационог модела у програмском пакету TALPAC, Runge Software.

Симулациони модел даје функционални опис реалног система, његових технолошких процеса и компонената. Симулациони експерименти, са друге стране, одређују услове под којима се симулациони модел примјењује да би дао статистички поуздане процјене излазних перформанси реалног система. Равнотежу између нивоа уграђених детаља у симулациони модел и жељених циљева истраживања симулационим експериментима одређујемо концептним моделом. Оквир експеримената ће бити разматран у наредним поглављима док се овдје даје опис концептуалног модела.

Други концептуални приступ је лоцирање багера на радним етажама у центре маса које треба да се откопавају и његово повезивање транспортним трасама са дробиличним постројењем при комбинованом транспорту и одлагалиштем јаловине при камионском транспорту јаловине. Тиме се упросјечује дужина камионског транспорта и омогућава разматрање рада система у дужем временском периоду са овим статичким елементима. Према томе, можемо да закључимо да на нивоу концептне разраде модела са промјеном транспортних траса у реалном времену и статичке елементе у систему преводимо у динамичке.

Структура модела - у структури интегралног симулационог модела издваја се више подмодела по основу два критеријума: (1) јединствености процеса или стања; и (2) програмске цјеловитости (макрои-подпрограми). За потребе реализације постављеног циља у овом раду, дефинисана су два концептна модела транспорта на бази којих ће бит развијени дискретни симулациони модели транспорта откривке и угља:

- модел дисконтинуалног система транспорта за откривку
- модел дисконтинуалног дијела комбинованог система транспорта за угаљ

Концептуалним моделом је одређен оквир транспортних процеса који се разматрају и везе између статичких и динамичких елемената у моделу. Као статички елементи у систему разматрају се багери, транспортне трасе. Могућност разматрања утицаја промјене положаја багера и/или дробиличног постројења у моделу се остварује уносом нових транспортних траса са свим потребним елементима за жељени временски интервал посматрања. Разматра се практично рад система багер-камион на П.К. „Бо гутово Село“ :

Talpac је софтерски систем који се користи за одређивање продуктивности и економичности утоварно-транспортног система Багер - камион користећи логику која моделира стварне транспортне ситуације. *Talpac* омогућава разматрање већине фактора који штетно дјелују на продуктивност и осјетљивост продуктивности на ове факторе.

У *Talpac-у* дефинишемо транспортне трасе, камион који користимо, утоварну јединицу, утоварну стратегију, особине материјала и организацију рада. *Talpac* узима ове улазне

податке и обавља бројне функције на њима, укључујући анализу производње, утоварну анализу, оптимизацију величине возног парка, снагу мотора, корисну носивост итд.

По завршетку уноса свих неопходних информација и података приступа се обради и приказу резултата. Табела резултата је средство за приказивање резултата из серије *Talpac*-ових анализа производње. Све врсте анализа производње могу бити приказане у табели резултата укључујући резултате:

- Пуне симулације,
- Анализе добитка,
- Оптимизације параметара система,
- Брзе процјене.

Израдом симулационог модела у *Talpac*-у могу се анализирати следећи подаци и параметри:

- калкулација времена вожње која омогућава компаративну анализу циклуса транспорта у различитим алтернативама,
- упоређивање перформанси различите опреме на истој транспортној траси за одређивање
- оптималне слекције опреме,
- процјену и упоређивање продуктивности користећи различите утоварне методе за одређивање оптималне технике
- одређивање оптималне опреме у смислу запремине кашике или снаге мотора утоварне јединице и сценарија транспорта,
- калкулација у смислу избора гума,
- одређивање трошкова транспорта и цијене транспорта,
- инкрементална анализа, гдје се при симулацији може аутоматски одредити сваки сегмент транспорта и резултати користити при изради подукционе криве,
- анализу утоварне опреме за оптимизацију величине-запремине кашике, носивости камиона и броја кашика.

У изради овог модела кориштена је пуна симулација и оптимизација параметара система.

Пуна симулација узима у обзир различите параметре камиона и утоварних јединица и врши стохастичку анализу. Параметри се могу варирати – циклус кашике, пуњење кашике, вријеме вожње, вријеме истресања и вријеме расположивости камиона.

За сваку анализу производње табела резултата садржи све параметре (има их око 250) и они се могу приказати . Постоји могућност да се додају или бришу подаци са ове листе, односно да се формира листа података које желимо да прикажемо. Табела резултата се прилагођава и за графичко приказивање резултате анализе.

У *Talpac*-у постоје двије могућности симулације производње, пуна симулација и брза процјена:

- Пуна симулација користи промјењиве и непромјењиве податке, а као резултат је могуће приказати утицај ефеката чекања на ефективност возног парка.

- Брза процјена се обавља користећи само непромјењиве податке и ефекте процјене продуктивности возног парка.

Брза процјена продуктивности је алтернатива пуне симулације. Брза процјена продуктивности обавља одређене прорачуне. То чини не узимајући у обзир класификацију која је постављена за камионске и утоварне параметре, користећи средње вриједности. Брза процјена подразумјева да нема варијација у избору параметара камиона и утоварне јединице и врши детерминистичку анализу, што је у конкретном случају могуће користити када је неопходан екстремно брз резултат и рјешење за одређену ситуацију.

Недостатак код кориштења брзе процјене продуктивности је то што се не могу добити стварни резултати за корисну носивост камиона, вријеме утовара, вријеме чекања и због тога ће камионска и продуктивност возног парка бити претпостављена.

Предност је то што ће симулација узети много мање времена и резултати ће бити идентични у узастопним серијама, ако основна информација није мијењана ни на који начин. Подаци и формат резултата за брзу процјену продуктивности су исти и за пуну симулацију. Метод калкулације кориштен да се добију резултати симулације је истакнут на врху штампаног извјештаја.

Резултати који се могу прегледати и упоредити су :

- детаљи циклуса транспорта,
- потрошња горива, мазива и гума,
- приказ тока новца
- графички приказ времена вожње због оучавања кључних сегмената циклуса транспорта,
- инкрементална анализа за одређивање продуктивности флоте при различитој дужини транспорта.

Runge mining препоручује да се анализа пуне симулације увијек користи када се желе добити најреалнији резултати.Може се користисти за аутоматско генерисање серија података, повезујући следеће параметре:

- Косина сегментне дужине у транспортном циклусу,
- Равнина сегментне дужине у транспортном циклусу,
- Било који параметар продуктивности створен у *Talpac*-у.

За сваку комбинацију дужине косине и равнине *Talpac* проводи пуну симулацију, резултати симулације исписани су у табели резултата. Помоћу дате дужине косине и равнине за одређени транспортни циклус, могу се прочитати параметри продуктивности који нас занимају.

Анализа тока новца највише је корисна у следећим ситуацијама:

- Када имамо много различитих транспортних циклуса да анализирамо, нпр. при процјени продуктивности опреме за сваки блок експлоатације у моделу свог великог блока на лежишту.

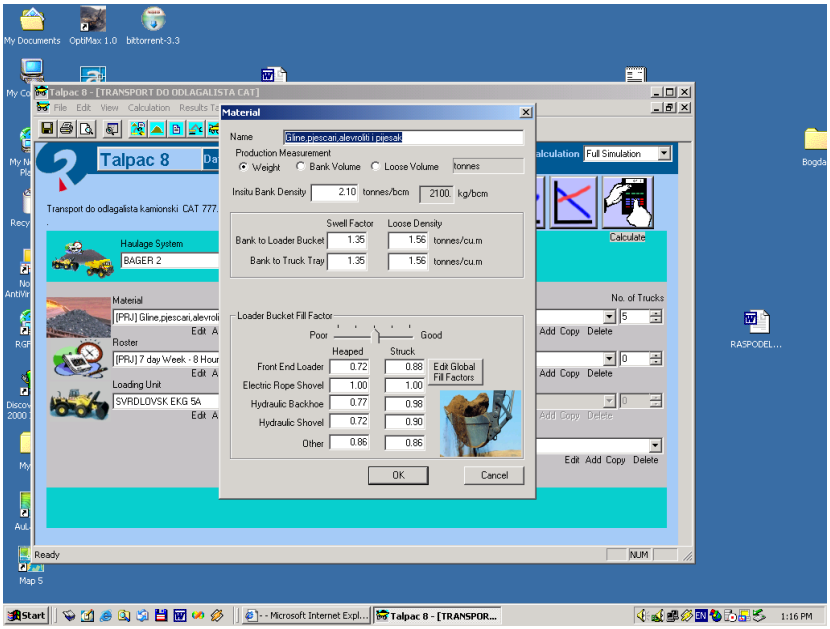
- Када имамо модел са транспортним циклусима гдје се један од два сегмента непрекидно продужава како се фронт радова удаљује од мјеста истовара.
- Када треба симулирати промјене у транспортном циклусу.

У *Talpac*-у се могу оптимизирати следећи параметри транспортног система:

- Величина возног парка,
- Снага мотора,
- Брзина преношења,
- Коефицијент вуче,
- Корисна носивост камиона,
- Отпор котрљању.

Резултати оптимизације показују осјетљивост продуктивности и трошкова у повезаности са параметром који је оптимизиран и у неким случајевима могу осигурати оптималну вриједност за параметар базиран на трошковима и продуктивности. Било који параметар може бити обухваћен оптимализацијом, нпр. продуктивност возног парка, средња вриједност трошкова, вријеме транспорта камионима итд. Анализа се може користити да се установи гдје се требају усмјерити активности да се побољша продуктивност и смање трошкови возног парка.

Дефинисање карактеристика материјала - тип материјала који се транспортује дефинише се његовим карактеристикама. Изглед панела за унос ових података приказан је на слици 5.33

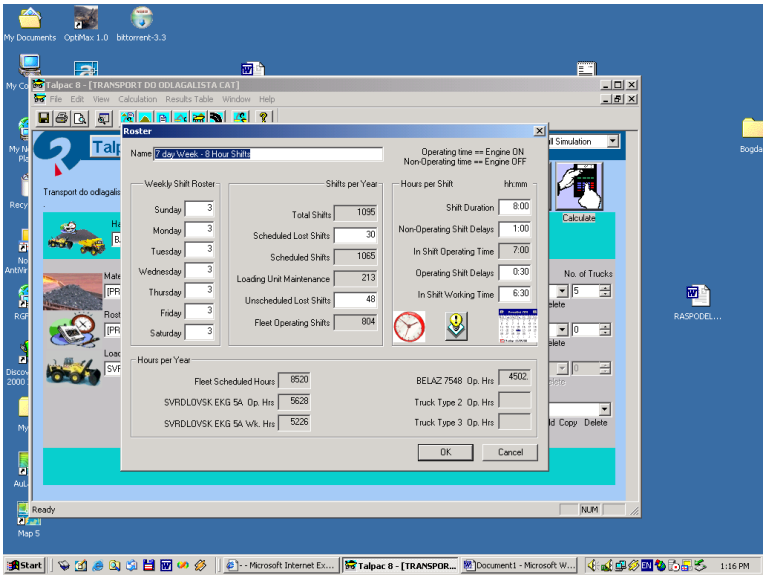


Слика 5.33. Изглед панела за дефинисање врсте материјала(Talpac Manual)

Подаци везани за материјал који се утовара и транспортује су похрањени у бази података материјала. Подаци дефинишу радне услове (густину материјала, коефицијент растреситости, коефицијент пуњења) и карактеристике материјала који се транспортује (запреминске масе стијена откривке и угља). Тип материјала који припада текућем транспортном систему је излистан на врху лијеве стране екрана. Постоји могућност да се

креира властити материјал или да се изабере један од стандардних материјала који се налази у бази података о материјалу.

Дефинисање организације рада - организација рада подразумјева дефинисање шеме рада површинског копа или појединих технолошких операција у оквиру система експлоатације. На бази усвојене шеме рада површинског копа одређује се оперативно радно вријеме за извођење



Слика 5.34. Изглед панела за дефинисање организације рада (Talpac Manual)

При дефинисању организације рада се рачунају оперативни и радни сати опреме што се користи у симулацијама продуктивности.

Оперативни сати се изводе из следећих улазних података за организацију рада:

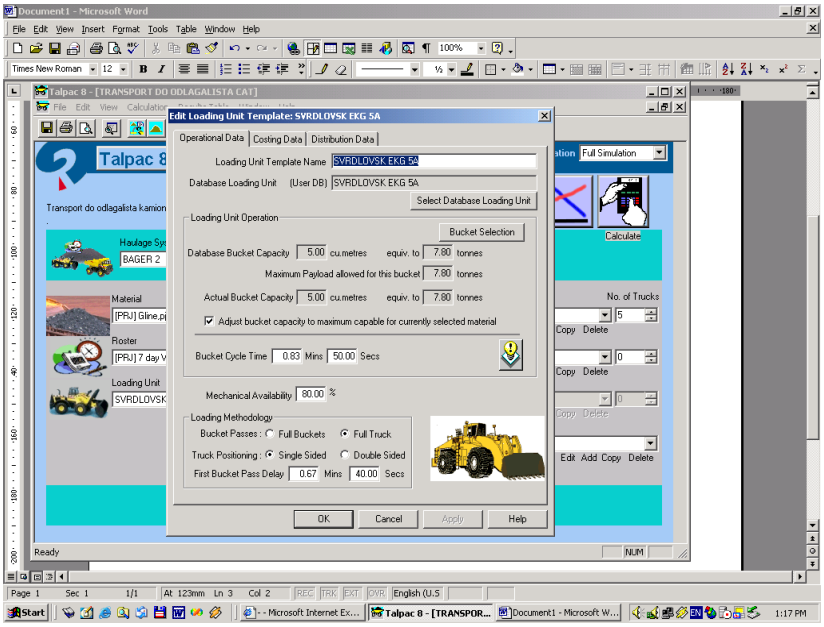
- Седмична организација рада,
- Годишња организација рада,
- Смјенска организација рада.

Расположивост опреме се такође примјењује, похрањена је у постојећој бази података о камионима и утоваривачима. Оперативни сати опреме се примјењују за одређивање погонских трошкова и онда се користе у калкулисању просјечних трошкова за расположиви возни парк. Радни сати се користе у калкулисању годишње продуктивности опреме. Примјери типичних организација рада заступљени су у *Talpac*-у.

Избор типа утоварне машине - подаци о техничко-експлоатационим карактеристикама утоварних машина се налазе у бази података. Подаци су структуирани по типовима утоварних машина. Уколико у бази не постоји одређени тип утоварне машине софтвер омогућава да се база допуни додатним подацима. Изглед панела за избор типа утоварне машине је приказан на слици 5.35.

Похрањене информације су комбинација карактеристика утоварних машина и података из базе података. То укључује вријеме утовара кашике, корисна носивост багера, расположивост, методологију утовара, оперативне и основне трошкове.

Радни вијек утоварне машине је дефинисан са 45 000 радних сати или 10 година уз одговарајућу амортизациону стопу за тај период.



Слика 5.35. : Изглед панела за избор утоварне машине(Talpac Manual)

Избор типа камиона - подаци о техничко-експлоатационим карактеристикама камиона се налазе у бази података. Подаци су структуирани по типовима камиона. Уколико у бази не постоји одређени тип камиона софтвер омогућава да се база допуни додатним подацима. Изглед панела за избор типа камиона је приказан на слици 5.35. и 5.36..

За типове камиона којима располаже Рудник Угљевик се дефинише раднијек вијек у броју радних сати или година рада уз дефинисану амортизациону стопу.

Подаци похрањени у узорцима камиона су комбинација локалних карактеристика камиона и података из базе података о камионима. То укључује капацитет камиона, вучну силу, потрошњу горива, оперативне и основне трошкове. Могу се изабрати три типа камиона у транспортном систему, међутим може бити било који број камиона за сваки тип. Сваки тип камиона је похрањен у одвојеним узорцима. Први тип камиона, *type 1*, мора бити одређен да би се добили резултати анализе. Дефинисање 2. и 3. типа камиона је препуштено избору. Сваки узорак камиона садржи везу са камионом у бази података.Ова веза може бити за стандардни камион или кориснички одређен систем.

Транспортна траса се састоји од серије рампи и равних дионица. За моделирање транспорта *Talpac* захтјева да транспортна траса буде подјељена на низ сегмената који представљају дионице под нагибом и равне дионице. Нови сегмент је потребан сваки пут када се околина која контролише брзину камиона мијења. Следећи параметри се користе да се одреди сваки сегмент:

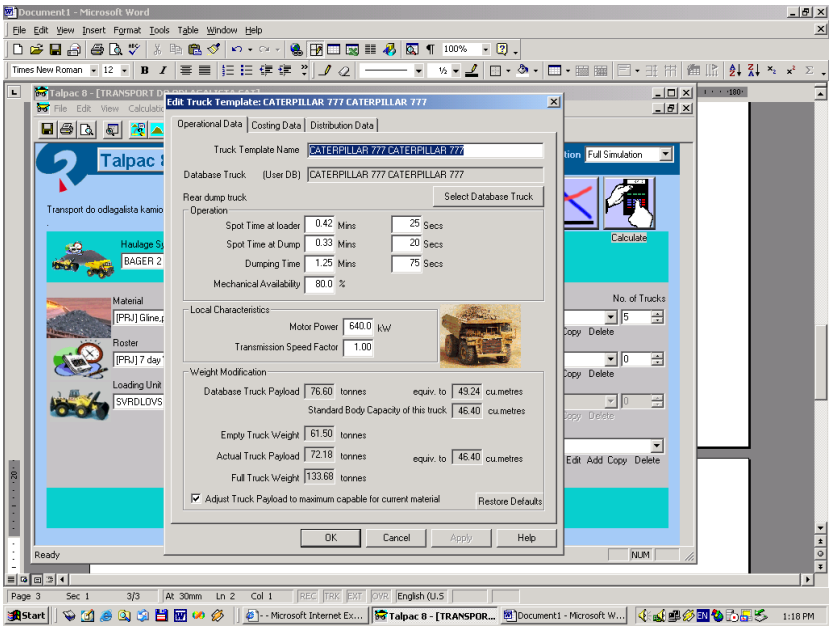
- Дужина дионице,
- Нагиб дионице,
- Отпорт котрљању,
- Максимално дозвољена брзина,

- Крајња брзина,
- Податак о томе да ли је камион пун или празан.

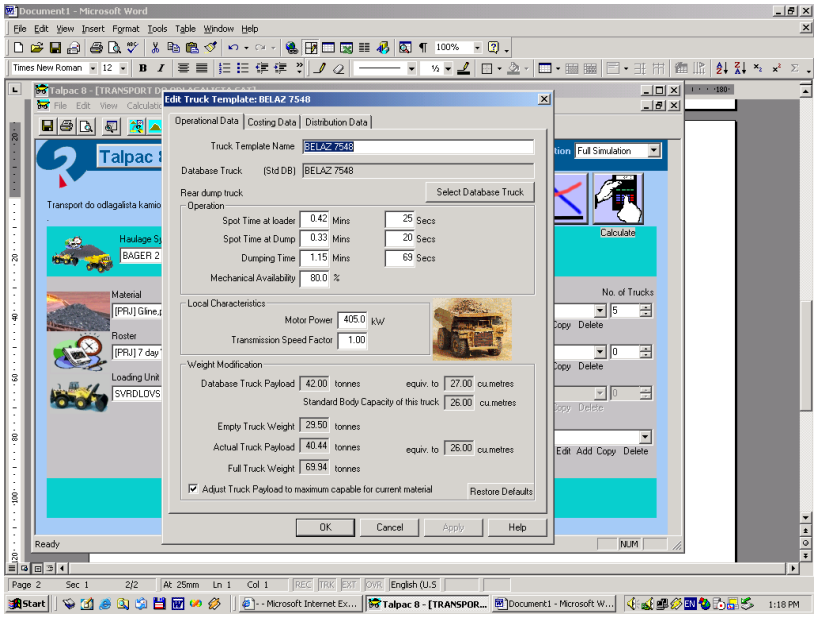
Транспортни циклус - информације везане за транспортни циклус похрањене су у узорку транспортног циклуса. Похрањене информације обухватају редослед операција које се јављају за камионски циклус укључујући:

- Чекање,
- Маневрисање,
- Утовар,
- Транспорт,
- Истовар.

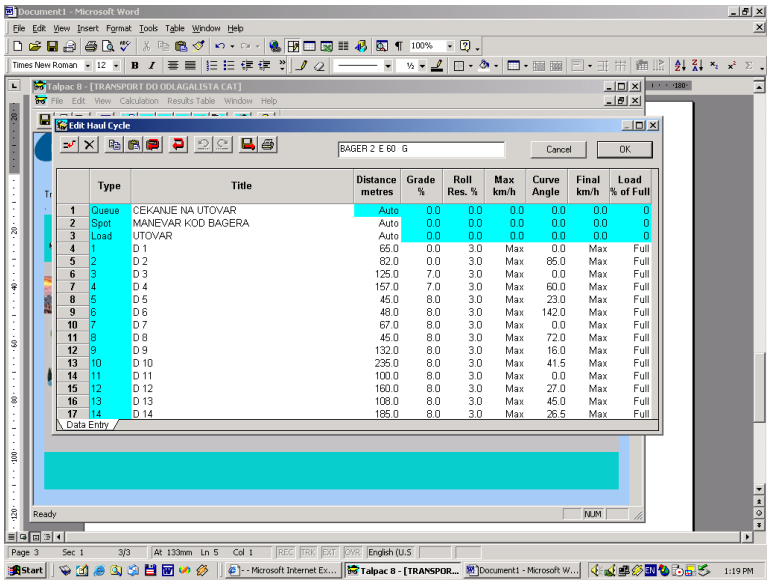
Изглед панела за дефинисање транспортне трасе је дат на слици 5.37.



Слика 5.36. Изглед панела за избор камиона(Talpac Manual)



Слика 5.37. Изглед панела за избор камиона(Talpac Manual)



Слика 5.38. Изглед панела за дефинисање транспортне трасе(Talpac Manual)

5.3.3. Коришћење резултата НИС-а за симулацију при одређивању диспечинг мода

За потребе унапријеђења ефикасности рада дисконтинуалних система експлоатације на површинским коповима кроз примјену флексибилне дистрибуције камиона, односно одговарајућег диспечинг мода коришћен је програмски пакет HAULSIM (http://www.rpmglobal.com/software/haulsim). HAULSIM је 3D програмкси пакет за дискретно симулирање догађаја, урађен за симулацију дисконтинуалних система експлоатације на површинским коповима (*Discrete Event Simulation -DES*). HAULSIM користи дискретно моделовање процеса у њихову интеракцију између утоврано-транспортне опреме, мреже транспортних путева, откопних локација и дестинација транспорта по типовима материјала који се откопавају. Овакав начин оптимизације система укључује све релевантне технолошке утицаје на процјену ефикасности система експлоатације.

Фунцкионалан и моћан HAULSIM је један од водећих индустријских алата за симуацију транспорта који штеди вријеме и дефинише рјешења којима је могуће уштедјети у капиталним инвестицијама код рударских компанија.

Са једноставним корисничким интерфејсом и дизајном, HAULSIM омогућава корисницима да симулирају тренутне операције и поуздано дефинише и будуће планове у рударској производњи. Омогућава прецизно разумијевање свих утицаја приликом дефинисања потребне опреме и улагања, што укатује на његово поуздано коришћење.

Карактеристике и могућности HAULSIM-а су:

- Брза употреба - модели се могу креирати часовно а не мјесечно
- Интуитивни кориснички интерфејс; не даје текстуални приказ већ кориснику даје брзу повратну информацију преко 3Д приказа
- Интегрисана времена путовања-циклуси вожње дефинисани у Talpac-у
- Интегрисани прорачуни времена утовара у Talpac-у

• Управљање путним правцима, укључујући знакове за заустављање, једносмјерне, саобраћајнице и правце без изграђених путева

• Моделоовање с приказом комплетне инфраструктуре попут локација дробљења и транспортера-система дробилица трака, депоа и тока транспорта руде,

• Интеграција са програмима за планирање и распоређивање маса и производње RPM Global Runge (XPAC , XERAS) ,

• Моделовање и симулација више извора и одредишта једновремено

• Моделовање више типова опреме истовремено

5.4. Закључна разматрања о информационим технологијама као алатима за управљања дисконтинуалним системима експлоатације

Када се сумира ово поглавље, може се констатовати да напријед презентоване информатичке техологије представљају практично употребу комерцијалних програма али према нивоу и у облику који је специфичан за поједини рудник, као што је то случај у овој дисертацији Рудник Угљевик.

Овдје је дат преглед информационих алата који су коришћени приликом његове изградње,и начина реаизације израде надзорно-информационог система као и свих истраживања која су претходила у смислу што прецизнијег и релевантнијег сагледавања комплетног производног процеса. У склопу тога је дефинисана:

- Инфраструктура система са информационо-управљачким токовима, описом производно-технолошких процеса, приказом логистике при развоју модела упраљања, анализом функционалности система за праћење, планирање система
- Архитектура система са конфигурацијом даљинског управљања
- Описане је фаза инфраструктуреподатака уз дефинисање начина реализације, приказ моделирања података, дефинисање извора података, утврђивање система за контролу процеса и рада опреме, приказ логичког и физичког модела базе
- Дат је Опис надзорно-информационог система Рудника Угљевик са свим системима и подсистемима те MIDSS и заштита система

Поред тог дијела модела управљања сачињеног од НИС-а други дио модела представља операционо-симулациони дио, који чини и главни дио управљачког дијела модела управљања. У њему су дати пргледи и описи софтверских пакета који су коришћени и чију је оправданост употребе у ове сврхе ова докторска дисертација потврдила. Приказани су софтверски пакети за Статистичку обраду података и Израду симулационог модела дисконтинуалног система експлоатације те 3D моделовање у сврху дефинисања оптималног диспечинг мода за унапријеђење рада багер-камион система на површинским коповима.

6. ПРИМЈЕНА МОДЕЛА НА ПРИМЈЕРУ ДИСКОНТИНУАЛНОГ СИСТЕМА ЕКСПЛОАТАЦИЈЕ РУДНИКА УГЉЕВИК

Методологија управљања дисконтинуалним системима површинске експлоатације, која се предлаже у овој дисертацији је развијена кроз неколико фаза које су генерално подијељене у два корака. Први корак представља изградњу НИС-а Рудника Угљевик као логистичко информациони дио модела управљања у којем су вршена истраживања и анализе свих специфичности оваквих производних система и искуства коришћења на другим рудницима. Други корак јесте приједлог рационалних критеријума за алокацију камиона у дисконтинуалним системима у циљу аутоматског управљања овим системима.

Оквир модела управљања је развијен на основу искустава, обимне анализе литературе и анализе досадашњих техника управљања али и додатна истраживања на специфичностима које је носио примјер Рудника Угљевик који је поскужио за опис основне поставке модела. Циљ овог поглавља јесте да опише резултате примјене модела управљања дисконтинуалним системима експлоатације на информационим технологијама и на готово свим нивоима управљања рудника.

6.1. Модел управљања дисконтинуалним системом експлоатације

Модели који служе за управљање су веома значајни рударским инжењерима у рударским компанијама независно од нивоа управљања на којима се налазе, како би могли контролисати системе производње. Основни циљ сваког управљања јесте макимализализација профита компаније путем смањења трошкова у свим технолошким фазама система експлоатације минералне сировине. Свака појединачна фаза управљања се мора реализовати уз интерактивно дјеловање основних ресурса модела. Пет основних фазе модела праћења и управљања производним системом су :

1. Планирање - У овој фази се планира производња и структура и висина трошкова производње на основу фиксних и промјенљивих трошкова појединачних технолошких операција које се одређују на бази искуствених (историјских) података са рудника, техничких норматива и стандарда. У каснијој фази коришћења модела стварају се услови да се планирање трокова изводи на бази реалних података из претходне године (или година) јер то сам модел омогућава.

Фаза текућег планирања се реализује размјеном информација кроз модел и по потреби на састанцима на којима се расправља о резултатима производње, трошковима и др релевантним питањима која утичу на крајње резултате пословања. Трошкови или компоненте трошкова сагласно процесима где настају али и трошковни циљеви треба да се одређују преко буџетских процеса заснованих на технолошким процесима. После установљења ИТ инфраструктуре и мјерења, процес планирања у руднику користити скалу учинака процеса, као што су транспорт (тона по смјени) или бушење (метара по смјени), коју пружа апликација Производња, а као процјену при планирању или реинжењеригу.

2. Извјештавање и праћење - У овом кораку се на основу извештаја из производње обрачунавају појединачни трошкови по технолошким операцијама, а затим кумулативни трошкови производње и упоређују са планираним трошковима производње.

3. Анализа планских и остварених резултата - Ова фаза подразумијева аналитичку анализу резултата производње тако што ће тактички ниво управљања на руднику идентификовати трендове понашања производње и трошкова и на бази тога утврдити одступања, евентуалне недостатке и приступити предлагању конкретних корективних процедуре које треба предузети у процесу експлоатације.

4. Дефинисање корективних процедура – је фаза у којоој је кроз операциони симулацион дио модела врши симулирање оставрених резултата, који се претходно кроз анализу статистички обрађују и утврђују међусобне функционалне зависности појединих података и резутата, како би се могло извршити адекватно симулирање проозводног процеса и кроз њега дефинисати потребне корективне мјере.

5. Реализација корективних процедура - У овом кораку се предузимају конкретне корективне процедуре, које су донијете од стране тактичког уптавачког нивоа , у процесу производње (или у појединим технолошким фазама) како би се спријечила значајна одступања од планираних трошкова производње. Корективне процедуре се дефинишу на основу обрађених и наново симулираних података, али са нпаоменом да се крупније корекције не могу извршавати на бзи краткорочних прикупљених података и малог броја узорака, него се исте врше након одређеног временског периода када аномалије постају значајне и континуалне.

Претходно дефинисани циклус праћења и управљања трошковима производње се континуално понавља на седмичној и мјесечној бази у току године. Дневни циклус извештавања садржи детаљне информације о свим елементима производње, док мјесечни садржи сублимиране информације у облику трошкова по јединици производа (јаловине или угља) за потребе вишег нивоа тактичког менаџмента. Тактички ниво управљања дефинише периоде у којима се врши преглед извјештаја, идентификација рјешења, планирање и реализација рјешења и начин контроле и надзора над новодефинисаним рјешењима.

Програме и рјешења за унапријеђење иницирају менаџери којима је установљено мјерење и преглед учинака, а динамика развоја унапријеђења се дефинише и о истима расправља на кварталном нивоу (анализе, констатовање унапријеђења, реинжењеринг система информисања са мпирањем процеса и тока рада, надзор над ефектима рада производног система, оптимизација рада дисконтинуалног система експлоатације.

У циљу квалитетне реализације информисања путем контаката / састанака неопходно је ефикасно аналитичко извјештавање о процесу производње (и/или појединим технолошким операција: транспорту, утовар, раду булдозера итд), које треба да се обавља кроз извјештаје:

Квалитетно дизајнирани и припремљени управљачки извештаји о рударској производњи (зависно од нивоа креирања) треба да садрже кључне елементе неопходне за ефикасну контролу трошкова производње, и то:

- Трошкове свих технолошких операција који се могу контролисати (кориговати путем интервентних мјера у технолошком систему).
- Статистичке податке о производњи (произведене количине по технолошким операцијама, подсистемима или машинама појединачно или кумулативно).
- Показатеље рада цјелокупне механизације и опреме у функцији технолошких цјелина процеса производње.
- Појединачне текуће трошкове по технолошким фазама, као што су трошкови транспорта, одржавања механизације итд.
- Сви текући трошкови морају бити сублимирани и приказани на нивоу настајања.
- Одступања у трошковима по мјесту настајања (по технолошким операцијама) на мјесечном и годишњем нивоу у облику тренд анализе.
- Податке о пословању са јасно исказаним профитом или губицима предузећа за посматрани период.
- Извјештаји морају бити припремљени и дистрибуирани на одговарајуће нивое на крају сваког мјесеца. Брзина припреме и дистрибуције извјештаја је веома битна тактичком менаџменту на нижим нивоима како би повратно могли интервенисати у процесу производње.

Креирање аналитичких извјештаја по различитим технолошким фазама експлоатације, одржавања, стања резервних дијелова и др. се изводи уз помоћ MIDSS система – посебне апликације Надзорно-информационог система.

Аналитичко извјештавање се структуира према пословној организацији рудника, тако да сваки ниво тактичког нивоа управљања располаже са потребним информацијама, и у том смислу сваки на свом нивоу, учествују у креирању садржаја извештаја по пирамидалном систему извештавања. Смјенским инжењерима и пословођама су доступни најфреквентнији подаци са нагласком на натуралне (неновчане) податке, док највиши ниво управљања прима мање фреквентне - сублимиране информације о технолошким процесима производње са финансијским показатељима, као што су трошкови по технолошким фазама експлоатације.

Управљачко извјештавање на оперативном нивоу представља окосницу и извршни дио модела управљања производњом. Извјештаји углавном садрже три основне групе информација: текуће трошкове (оператвине и капиталне), статистичке податке о производњи и одступања од планираних показатеља.

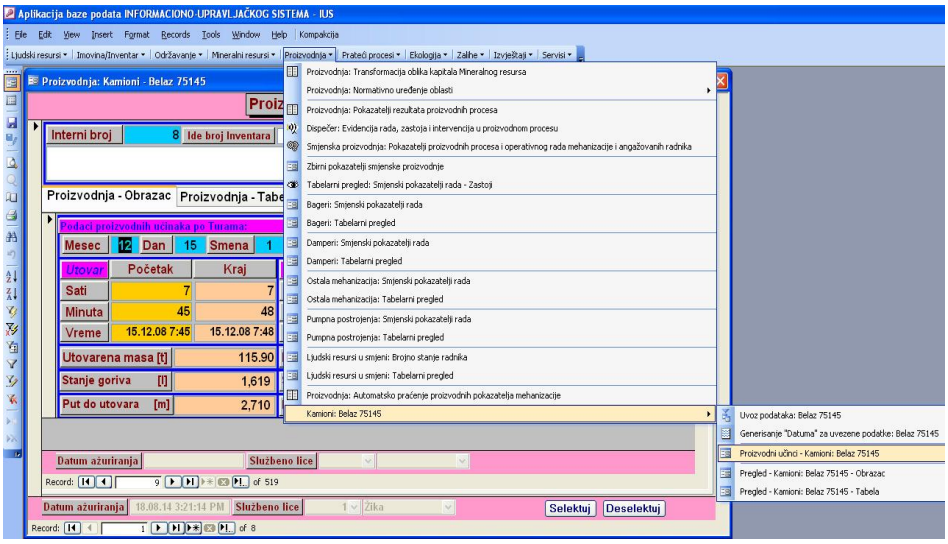
При on-line увиду, корисник може да изведе тренд анализе путем одговарајућих графикона или табела, са детаљним информацијама. Стварање ових механизама мјерења, и бројних метода анализе са опцијама за детаљнију анализу ствара потребу за структуром.

Без одговарајуће структуре анализе и прегледа мјерења, тактички упра вљачки ниво нема јасну слику о реалним доагађајима међу бројним погледима и анализираним информацијама. Због тога је неопходно структурно организовано решење, да би се дефинисала процедура управљања о учинцима и иницијативама унапријеђења.

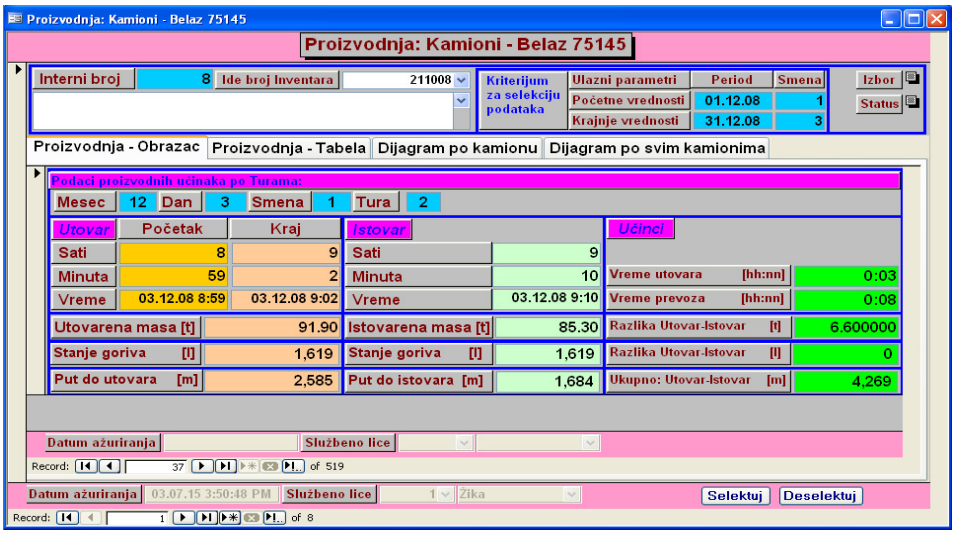
6.2. Коришћење НИС система

Коришћење система се у основи састоји у праћењу процедура, како је изложено у инфраструктури система управљања у Руднику Угљевик а јединственост овог НИС јесте степен интеграције информација, коришћење одговарајућих информационих алата чиме се стварају услови за савремене технике управљања прилађених специфичним социолошко-културолошким условима на предметном руднику.

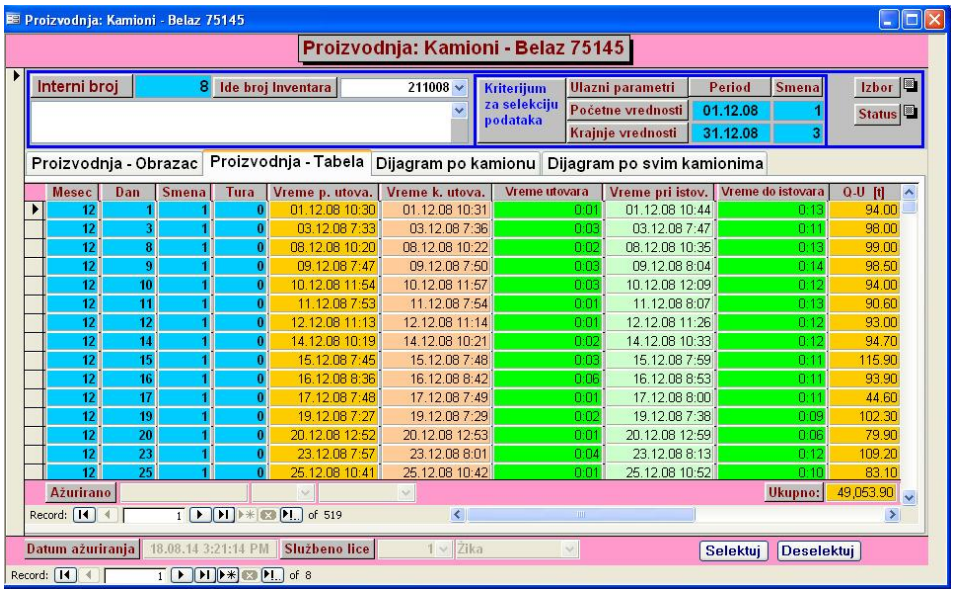
Илустрације ради дајемо преглед примјера екранских образаца за аутоматско прикупљање података у утоварно-транпсоиртном систему, на којима се демонстира интеграција информација НИС-а у овом дијелу Модела управљања. Овакве форма образаца се израђују за сваку јединицу опреме, односно по производним системима багер-камион.



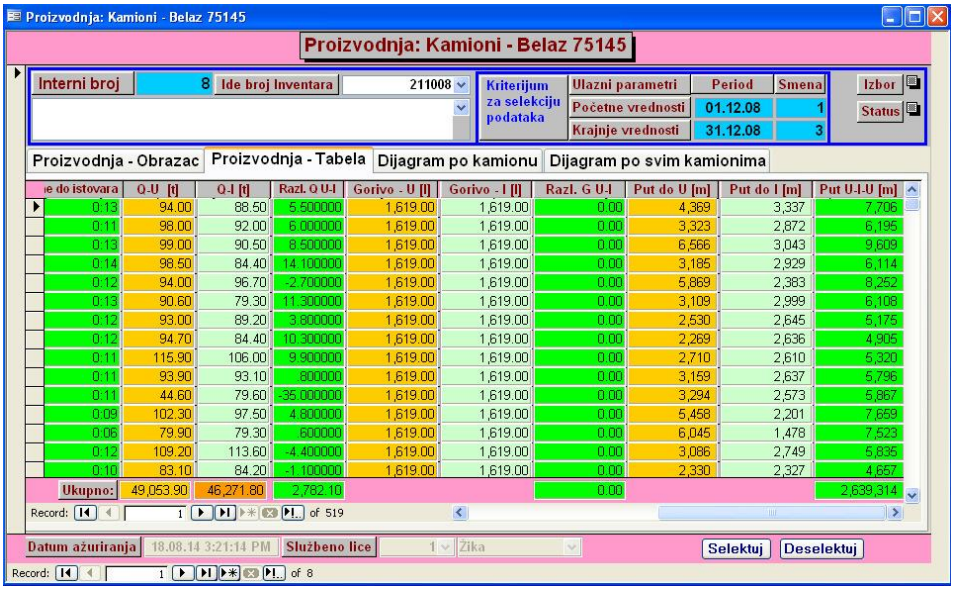
Слика 6.1. Екранска форма обрасца за аутоматско праћење система багер-камион



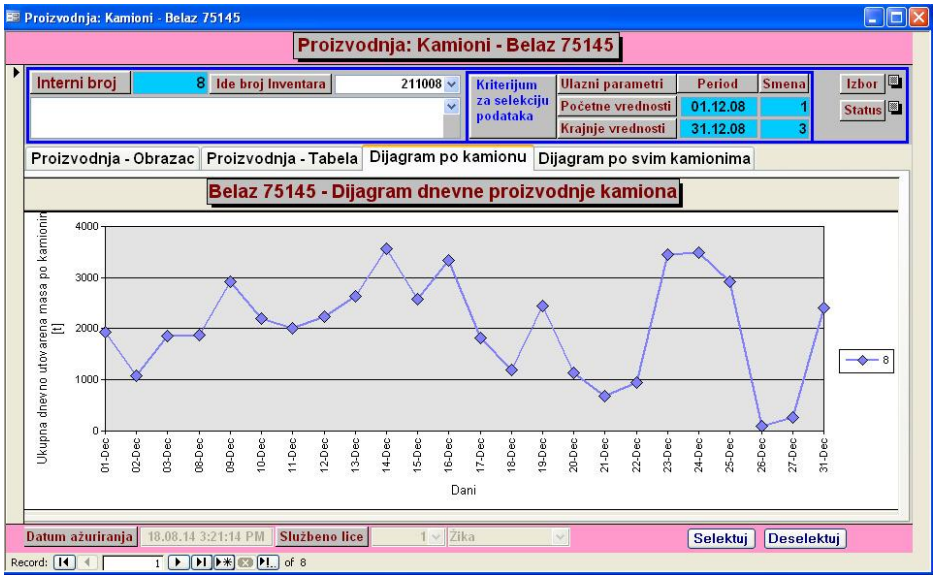
Слика 6.2. Екранска форма Обрасца за производњу камиона



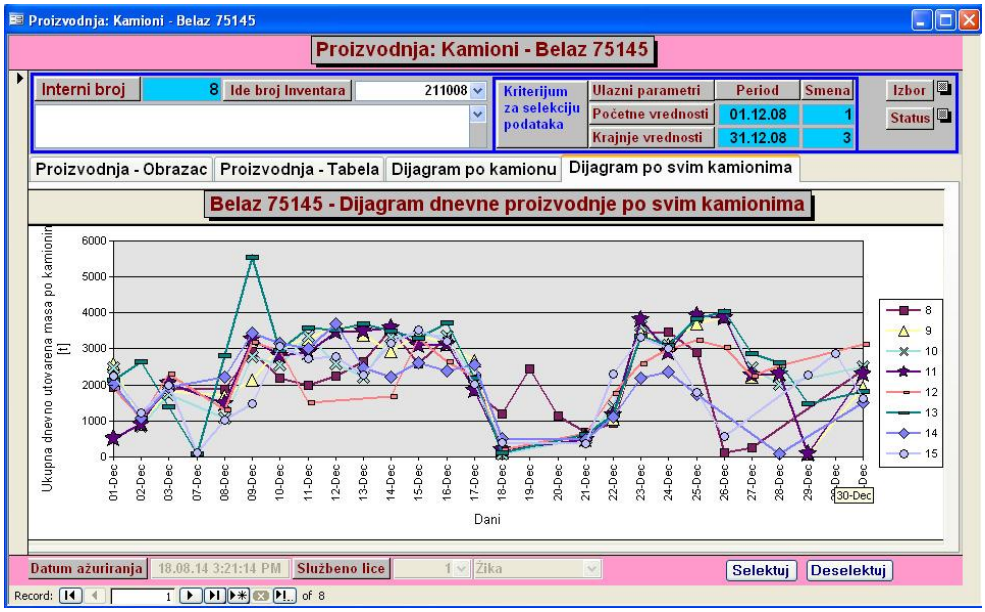
Слика 6.3. Форма табеларног прегледа рада камиона-временски циклуси



Слика 6.4. Форма табеларног прегледа рада камиона и потрошње са упоређивањем са планским параметрима



Слика 6.5. Екранска форма извјештаја у облику дијаграма производње камиона



Слика 6.6. Екранска форма извјештаја у облику дијаграма производње за све камионе

Због динамичке и стохастичке природе система експлоатације долази до честих стварања уских грла у појединим системима експлоатације. Захваљујући квалитетно изведеној аналитици застоја смо у могућности да идентификујемо релевантне информације.

У контакту између руковаоца опреме и виших нивоа управљања у систему, уз коришћење мапа процеса и процесних информација, те обављањем неопходних анализа,обрада и симулације података долази потребних промјена које доводе до повећања продуктивности дисконтинуалног производног система. Промјене могу да укључе и оперативне иновације и унапријеђења на нивоу саме оперативе попут рада камионом током паузе за оброк, досипање горива само једном током смјене, прерасподјелу камиона по багерима (одређивањем оптималног броја) итд. Овом процедуром пажња тактичког нивоа управљања се усмјерава и на друга уска грла која такође треба разматрати (квалитет пута, шеме утовара и истовара итд).

У циљу детаљније анализе прави се група извјештаја о раду утоварно-транспортне механизације. Ови извјештаји имају за циљ да на ефикасан начин омогуће оперативном менаџменту рудника сагледавање релевантних података о производњи на дневној бази ради преузимања корективних интервенција у технолошким фазама производње уколико на то указују показатељи анализе. Овакви подаци омогућавају оперативним менаџерима да минимизирају текуће трошкове производње, односно повећају профит пословног система. Да би реализовали овај циљ, извјештај треба да буде структуиран тако да може дати одговоре на три основна питања:

- Да ли је ниво текуће производње у, испод или преко планиране производње за посматрани период?
- Да ли механизација ради према планираним временским искоришћењима?
- Када је механизација расположива и ради, да ли ради са планираним искоришћењем капацитета?

Одговори на ова три питања се морају ефикасно наћи на основу садржаја извјештаја о раду утоварно-транспортне механизације. Ови извјештаји се припремају на основу дневних података који се на крају сваке смјене уносе у базу података. Сваког дана на почетку прве смјене оперативни менаџмент може путем система за подршку генерисати потребне извјештаје о процесу производње.Могуће је дефинисати врменски период за који је неопходно вршити анализу (смјенски, дневни седмични, мјесечни, годишњи)

1. Периодични (дневни, смјенски,мјесечни.годишњи) појединачни извјештаји о раду опреме - пружају информације о свим елементима производње у одређеном временском периоду по свакој јединици опреме гдје се врши рекапитуација информација из много детаљнијих извјештаја који се воде. Као што се може видјети из аутоматски генерисаног извештаја, слика 6.7., дат је приказ рада камиона у одређеном временском периоду по смјени, дану са свим оперативним показатељима рада који генеришу јединичне трошкове производње.

Tabelarni pregled proizvodnje za kamion Belaz 75145 - *Interni broj*: 15
***Period*: 01.12.2008 do 31.12.2008 godine; *Smena*: 1, 2 i 3**

Mesec	Dan	Smena	Tura	Vreme pre utovara [dd.mm.gg hh:mm]	Vreme kraja utovara [dd.mm.gg hh:mm]	Vreme utovara [hh:mm]	Vreme na istovaru [dd.mm.gg hh:mm]	Vreme prevoza [hh:mm]	Utovar. masa [t]	Istovar. masa [t]	Razlika U – I [t]	Gorivo Utov. [l]	Gorivo Istov. [l]l	Razlika U – I [l]	Put do utovara [m]	Put do istovara [m]	Ukupni put [m]
12	1	1	0	01.12.08 7:39	01.12.08 7:44	0:05	01.12.08 7:58	0:14	119.3	114.9	4.400000	120	195	-75	3366	3446	6812
12	3	1	0	03.12.08 7:45	03.12.08 7:47	0:02	03.12.08 7:59	0:12	94.6	93.2	1.400000	120	162	-42	3149	2930	6079
12	9	1	0	09.12.08 8:11	09.12.08 8:14	0:03	09.12.08 8:21	0:07	108	101.3	6.700000	120	120	0	3216	1557	4773
12	12	1	0	12.12.08 7:38	12.12.08 7:41	0:03	12.12.08 7:52	0:11	93.3	98.7	-5.400000	120	120	0	2754	2809	5563
12	17	1	0	17.12.08 7:38	17.12.08 7:40	0:02	17.12.08 7:51	0:11	84.4	81.2	3.200000	120	120	0	2765	2767	5532
12	26	1	0	26.12.08 8:58	26.12.08 9:00	0:02	26.12.08 9:11	0:11	101.5	97.9	3.600000	1459	120	1339	2953	2688	5641
12	31	1	0	31.12.08 7:24	31.12.08 7:28	0:04	31.12.08 7:41	0:13	123.8	126.9	-3.100000	120	120	0	5034	3099	8133
12	1	1	1	01.12.08 8:11	01.12.08 8:13	0:02	01.12.08 8:26	0:13	110.7	103.5	7.200000	120	203	-83	3384	3420	6804
12	3	1	1	03.12.08 8:13	03.12.08 8:16	0:03	03.12.08 8:26	0:10	98.5	98.2	.300000	120	170	-50	2641	2700	5341
12	9	1	1	09.12.08 8:57	09.12.08 8:59	0:02	09.12.08 9:06	0:07	107.5	98.2	9.300000	120	120	0	1544	1546	3090
12	10	1	1	10.12.08 7:54	10.12.08 7:58	0:04	10.12.08 8:09	0:11	92.2	78.5	13.700000	120	120	0	3160	3232	6392
12	11	1	1	11.12.08 8:12	11.12.08 8:14	0:02	11.12.08 8:26	0:12	91.6	88.6	3.000000	120	120	0	2778	2873	5651
12	12	1	1	12.12.08 8:22	12.12.08 8:24	0:02	12.12.08 8:35	0:11	90.2	88.3	1.900000	120	138	-18	4257	2772	7029
12	17	1	1	17.12.08 8:05	17.12.08 8:07	0:02	17.12.08 8:18	0:11	92.1	88	4.100000	120	120	0	2661	2711	5372
12	23	1	1	23.12.08 8:01	23.12.08 8:04	0:03	23.12.08 8:16	0:12	120.3	109.5	10.800000	120	120	0	2838	2891	5729
12	24	1	1	24.12.08 8:15	24.12.08 8:19	0:04	24.12.08 8:26	0:07	76	69.3	6.700000	120	161	-41	2358	1822	4180
12	26	1	1	26.12.08 10:29	26.12.08 10:32	0:03	26.12.08 10:43	0:11	105.5	102.9	2.600000	1459	120	1339	2936	2763	5699
12	31	1	1	31.12.08 7:57	31.12.08 8:01	0:04	31.12.08 8:14	0:13	113.8	109.2	4.600000	120	120	0	3021	3123	6144
12	1	1	2	01.12.08 8:38	01.12.08 8:41	0:03	01.12.08 8:55	0:14	88.2	101.7	-13.500000	120	207	-87	3371	3352	6723
12	3	1	2	03.12.08 8:46	03.12.08 8:48	0:02	03.12.08 8:59	0:11	85.1	83.6	1.500000	120	202	-82	2782	2763	5545
12	9	1	2	09.12.08 12:42	09.12.08 12:46	0:04	09.12.08 12:57	0:11	93.3	93.9	-.600000	120	120	0	3038	2364	5402
12	10	1	2	10.12.08 8:23	10.12.08 8:26	0:03	10.12.08 8:37	0:11	91.9	79.5	12.400000	120	120	0	3144	3193	6337
12	11	1	2	11.12.08 8:44	11.12.08 8:46	0:02	11.12.08 8:58	0:12	90.3	89.6	.700000	120	135	-15	2818	2923	5741
12	12	1	2	12.12.08 8:47	12.12.08 8:49	0:02	12.12.08 9:01	0:12	87.1	80.6	6.500000	120	164	-44	2731	2791	5522
12	17	1	2	17.12.08 11:11	17.12.08 11:13	0:02	17.12.08 11:24	0:11	94.3	87.4	6.900000	120	120	0	3730	2784	6514
12	23	1	2	23.12.08 8:29	23.12.08 8:31	0:02	23.12.08 8:43	0:12	117.1	106.1	11.000000	120	97	23	2850	2918	5768
12	24	1	2	24.12.08 8:40	24.12.08 8:41	0:01	24.12.08 8:51	0:10	79	73.5	5.500000	120	198	-78	1765	2421	4186

Слика 6.7. Табеларни пргелед рада камиона – мјесечни ниво са прегледом по смјенама данима

Могуће је урадити и другачију-једноставнију форму извјештаја раду поједине машине, као што је то на примјеру багера, која приказује оперативне учинке, застоје и потрошњу како на годишњем нивоу (табела 6.1.) тако и на мјесечном или по потреби краћем временском интервалу.

Табела 6.1. Извјештај о раду багера

STATISTIKA RADA BAGERA NA PK"BS"
Tab.1 Bager PC 3000/1 na PK"BS" (iz 2006 god.). E=15m^3
-El.pogon

God.	izr.(mč)	učinak utovar (m^{3}čm)	m^3/h	EMZ(h)	Kp$_{meh}$	No (Br.otk.)	Potr.el.energ. E(kWh)	Kwh
2009	3919	2.019228	515	543	0.89	135	3.185523	812
2010	3997	1.567213	393	162	0.96	170	2.842749	711
2011	4333	2.189917	505	517	0.91	184	3.751430	866
2012	3998	1.873608	468	1515	0.78	148	3.052671	763
2013	3737	1.562126	418	1457	0.73	165	2.935965	785
2014	3970	1790044	451	1495	0.74	158	3.076750	775
2015	4118	1.465823	356	702	0.85	206	3.212040	780

2. Периодични (смјенски, дневни, мјесечни, годишњи) извјештај о раду дискнтинуалног багер-камион (утоварно-транспортног) система – овај извјештај се даје појединачно за сваки површински коп, доста је детаљнији и садржи све релевантне податке о утоварно-транспортним системима. Као што се може примијетити, структура података у извјештају је дефинисана тако да је извјештај креиран за оперативни менаџмент производње на површинском копу. Приказани су сви релевантни подаци о учинцима утоварно-транспортних система појединачно и збирно, односно реализоване количине текуће откривке и угља Табела 6.2.-примјер рада једног БК система.

Табела 6.2. Извјештај о раду багер-камион система

PODACI ZA STATISTIČKU OBRADU
PK"BOGUTOVO SELO" - [PC 3000/1 – Belaz 75145/7], [dan]

God.	t_{r-b}(h)	Q_b(m^3)	Nc	t_{tr}(h)	$t_č$(h)	Q_k(m^3)	Q_{BK}(m^3)	t_{r-BK}(h)	$t_{pop(h)}$	Nk
2011	16,6	7440	29	10	0,80	1150	7440	16,6	1,8	6
2012	21	9582	41	13	1,2	1778	9582	21	0,50	5
2013	13	4734	42	10,08	0,70	1763	4734	13	3	3
2014	19	8448	26	6,5	0,65	1115	8448	19	4	7

Да би се прикупљени обрасци могли даље прослиједити на статистичку обраду неопходно је било формирати форме табеларних приказа података, са дефинисаном структуром параметара који се приказују, како би се могло на адекватан начин извршити промјене одређених улазних података у симулационом моделу: транспортне трасе, времена циклуса камиона, параметри рада багера и др. (табела 6.3.)

Статистичка анализа се може вршити и при обради детаљнијих података у смислу времена појединих технолопких операција на багеру или камиону Резултати се могу табеларно поставити и према БК системима који раде на откривци или угљу, односно према транспортним трасама гдје се дефинишу времена циклуса камиона (табеле 6.4 и 6.5.)

Табел 6.3. Улазни подаци за статистичку обраду ПК Богутово Село – систем [PC 3000/1 – Belaz 75145/1], L=2400m

Параметар за годину	дан	седмица	мјесец	година
Вријеме рада багер, trb(h)	13	120	443	3737
Капацитет багера, Qb (m^3)	4734	54500	178297	1562126
Број циклуса камиона(nc)	42	277	605	8110
Вријеме вожње пуног и празног камиона, t_{tr}(h)	10,08	66,48	145,20	1946,4
Вријеме чекања камиона на утовар или истовар, $t_č$(h)	0,70	4,60	10,08	134,63
Капацитет камиона, Q_k(m^3)	1763	11685	21412	272316
Капацитет БК сист., Q_{BK} (m^3)	4734	54500	178297	1562126
Вријеме рада система, t_rBK (h)	13	120	443	3737
Вријеме поправке камиона, t_p=t_{ot} (h)	3	4,42	24,00	17,76

Табела 6.4. Рад система багерРС 3000/2 – камион BELAZ 75135; дана: 24.6-откривка
Резултати :L= 2538(m); Q_b= 8595m^3; t_{trb} 17,9(h); Q_{K1}=2115m^3; Q_{k2}= 2250m^3 ; Q_{K3}= 2160m^3; Q_{K4}= 2070m^3 (min)

Бр.мј.	Belaz/16				Belaz/17				Belaz/18				Belaz/19			
nc	t_{tr}	$t_č$	t_{pop}	t_u	t_{tr}	$t_č$	t_{pop}	t_u	t_{tr}	$t_č$	t_{pop}	t_u	t_{tr}	$t_č$	t_{pop}	t_u
1.	14	0		2,5	10	0		3,0	11	2,5		2,5	9	2,2		3,5
2.	11	0		3,0	12	0		2,5	11	0		3	12	0		3
3.	10	0		3,5	10	0		4	13	0		2,5	15	3,2		3
4.	11	1,5		2,5	12	0		3	13	1,8		3	11	3,4		3
5.	11	0		2,5	13	2,5		3	12	0		3	13	0		2,5
6.	12	0		4	15	0		3	12	0		3	15	0		3
7.	12	0		3	12	0		4	12	2,8		2,5	14	0		3
8.	14	3,2		4	11	0		2,5	10	0		3	12	0		2,5
9.	15	0		3	11	16		3	11	0		2,5	12	0		2,5
10	12	0		2,5	14	0		3,5	13	0		2	10	1,6		3
11.	10	0		3	13	0		4	14	0		3	10	0		3
12.	9	0		5	12	0		3,5	15	0		3,5	10	0		2
13.	11	0		3	10	1,4		3	12	0		4	12	0		3
14.	13	4,5		4,0	10	0		3	12	1,4		3	13	1,8		2,5
15.	12	0		2,5	9	0		3	13	0		3	15	0		3
16.	14	0		3	11	0		2,5	14	0		2,5	12	0		2,5
17.	11	1,5		3	12	0		3	15	0		3	14	0		3
18.	12	0		2,5	12	0		3	10	1,0		4	12	0		2,0
19.	15	0		3	13	1,8		4	12	0		5	10	0		2,5
20.	13	0		4	15	0		4	11	0		2,5	13	1,5		3
21.	10	1,0		3	11	0		3	10	0		3	11	0		3
22.	9	0		3	12	3,2		3	14	1,5		5	12	3,2		2
23.	11	0		2,5	13	0		2,5	10	0		4	12	0		3
24.	11	0		3,0	13	0		2,5	9	0		4	14	0		3
25.	10	0		3,0	12	0		3,0	11	0		2,5	15	1,0		2,5
26.	10	0		3	14	2,2		2,5	12	0		3	9	0		3
27.	12	0		3	12	0		3	12	0		3	12	2,8		4
28.	12	0		3	13	0		3	13	0		2	10	0		3
29.	13	1,5		2,5	12	0		3	12	2,2		2	12	0		3
30.	15	0		3	12	3,2		2,5	10	0		3	14	0		2
31.	12	0		3	15	0		3	12	0		3	10	1,8		3
32.	10	0		3	12	0		3	10	0		2	12	0		3
33.	11	3,5		2,5	10	0		2	10	3,8		2	15	0		4
34.	13	0		3	9	0		3	11	0		3	11	0		3
35.	12	0		2	12	1,5		4	11	0		3	12	3,8		4
36.	12	0		3	10	0		3	12	0		2	14	0		3
37.	14	0		2,5	10	0		3	13	1,8		3	15	0		3
38.	14	4,2		3	11	0		2	12	0		3	10	0		2
39.	15	0		3	10	0		3	12	0		2	12	1,4		2
40.	12	0		3	12	3,8		2	15	0		2	13	0		2
41.	10	0		4	11	0		2	14	4,2		3	11	0		2
42.	11	1,0		3	14	0		3	16	0		3	10	0		3
43.	9	0		4	13	0		3	15	0		2	15	1,0		3
44.	12	0		3	10	0		4	10	0		2	14	0		2,5
45.	14	0		3	12	1,5		4	11	0		2,5	12	0		3
46.	15	2,2		2	11	0		3	10	1,6		2,5	9	2,5		2,5
47.	12	0		3	13	0		3	12	0		3				
48.					13	0		2,5	14	0		2				
49.					14	1,0		3				3				
50.					12	0		2,5				3				

Табела 6.5. Рад система багер RH 120/2– KAMION (BELAZ) 75145; дана: 24.6. – угаљ; Резултати дневни капацитет: Q_b= 6000t; t_{trh} 14,50 (h); L= 1436 (m) Q_{K1}= 2050 t; Q_{k2}= 2000 t; Q_{K3}= 1950 t; (min)

Бр.мјер	Belaz/1				Belaz/4				Belaz/7							
nc	t_{tr}	$t_č$	t_{pop}	t_u	t_{tr}	$t_č$	t_{pop}	t_u	t_{tr}	$t_č$	t_{pop}	t_u				
1.	14	3,2		3,5	12	3,5		4,5	13	2,8		3				
2.	11	3,1		3	11	0		3	9	0		3				
3.	9	0		3	14	0		3	9	0		2				
4.	10	0		2	9	0		2	9	0		3				
5.	13	0		2	11	3,1		3	12	2,5		2				
6.	8	0		3	10	0		2	10	0		3				
7.	12	0		2	10	0		3	12	0		2				
8.	9	1,6		3	12	0		3	8	0		2				
9.	11	0		3	10	4,2		3	9	1,6	30	2				
10	10	0	50	3	12	0		2,5	10	0		3				
11	14	4		2,5	12	2		3	14	0		3				
12.	9	2,2		3	8	0		3	10	0		3				
13.	12	0		3	10	2,5		2	10	3,4		2,5				
14.	13	0		2,5	10	0		2	9	0		3				
15.	11	3,1		3	13	0		4	12	0		3				
16.	11	1,5		3	10	0		3	12	4,1		2,5				
17.	12	0		3	9	0		2,5	10	0		3				
18.	9	0		2	10	0		3	9	0		2				
19.	9	0		3	10	2,8		3	10	1,6		3				
20.	9	2,4		2	11	1,6		4	9	0		3				
21.	8	0,5		3	10	0		3	9	0		2,5				
22.	9	3,0		3	11	0		2	8	0		3				
23.	13	0		4	12	2,2		3	10	1,5		3				
24.	11	0		3	9	1,0		3	10	0		2				
25.	12	0		2	10	0	40	3	11	2,0		3				
26.	13	2,5		2	11	4,0		2,5	9	3,3		3				
27.	10	0		3	9	1,5		2,5	9	0,9		3				
28.	8	0		2	10	0		3	10	1,4		3				
29.	9	0		2	9	0		3	8	0		2				
30.	12	0		3	13	0		2	11	0		2				
31.	9	0		3	11	2,1		3	8	0		2				
32.	10	3,1		4	11	0		2,5	9	0		3				
33.	12	0		3	10	0		3	11	0		3				
34.	11	1,5		3	13	0		4	9	1,5		2				
35.	12	0		4	10	3,0		3	10	0		3				
36.	10	0		2	11	0		3	10	1,8		3				
37.	14	0		3	12	0		4	13	0		3				
38.	9	2,1		3	8	0		2,5	12	0		2				
39.	9	0		2,5	9	1,6		3	12	0		3				
40.	12	0		3	8	0						3				
41.	9	0										2				

3. Приодични (смјенски, дневни,мјесечни, годишњи) извјештај о трошковима рада утоварно-транспортних система - овај извјештај обухвата податке о свим текућим трошковима који настају у процесу рада механизације у оквиру утоварно-транспортних система. Структура података у извјештају је дефинисана тако да оперативни менаџмент производних јединица може пратити и анализирати текуће трошкове рада појединачно по свакој машини у оквиру транспортног подсистема или збирно за цијели систем. Пошто је извјештај намијењен оперативном менаџменту он не садржи упоредне трошковне показатеље, који се у овом случају рекапитулирају и анализирају на управљачком нивоу. Осим горе наведених извјештаја, апликација омогућава и припрему извјештаја о требовањима резервних дијелова и потрошног материјала по машинама са укупним трошковима који се генеришу у разматраном периоду. Табеларни приказ може се уредити и за седам дана, мјесец дана, годину дана (Слика 6.8.табларни прикази).

РАД БАГЕРА НА ПК БОГУТОВО СЕЛО, ТРОШКОВИ , КМ / mh

God.	PC3000/1	PC3000/2	RH120/2	H241	PC1250/3
2009	207	159	217	198	130
2010	221	154	152	174	137
2011	176	171	183	197	156
2012	200	155	155	240	193
2013	184	149	157	267	171
2014	190	148	145	273	177
2015	195	152	147	280	182

РАД ДАМПЕРА НА ПК БОГУТОВО СЕЛО, КМ/mh

God.	Belaz 75145/1	B75145/7	B75135/9	B75135/13	B75135/19
2009	130	116	2298	117	125
2010	101	114	945	119	126
2011	124	118	149	113	134
2012	134	292	144	189	137
2013	123	120	157	139	151
2014	135	127	190	141	160
2015	142	131	230	147	185

РАД БАГЕРА НА ПК БОГУТОВО СЕЛО, ТРОШКОВИ , КМ /m ^{3}

God.	PC3000/1	PC3000/2	RH120/2	H241	PC1250/3
2009	0,40	0,33	0.64	0,62	0.54
2010	0,56	0,56	0.48	0,61	0.75
2011	0,35	0,36	0.50	0,63	0.64
2012	0,97	0,33	0.44	0,74	0.80
2013	0,44	0,32	0.51	0,98	0.80
2014	0.42	0.33	0.60	1.10	0.80
2015	0.55	0.36	0.80	1.24	0.75

РАД ДАМПЕРА НА ПК БОГУТОВО СЕЛО, ТРОШКОВИ , КМ/m^3

God.	Belaz 75145/1	B75145/7	B75135/9	B75135/13	B75135/19
2009	1,46	1,51	17.3	1,34	1.39
2010	1,51	1,46	14.1	1,47	1.52
2011	1,65	1,28	1.73	1,36	1.47
2012	1,81	3,43	1.38	1,97	1.38
2013	1,68	1,48	1.71	1,74	1.64
2014	1.85	1.65	3.30	1.74	1.50
2015	2.30	2.10	8.20	2.33	2.00

РАД БАГЕРА И ДАМПЕРА НА ПК БОГУТОВО СЕЛО, ТРОШКОВИ, КМ/m^3

God.	PC3000/1 Belaz 75145/1	PC3000/2 B75145/7	RH120/2 B75135/9	H241 B75135/13	PC1250/3 B75135/19
2009	1,86	1,84	17.94	1,96	1.93
2010	2,07	1,83	14.58	2,08	2.27
2011	2,00	1,64	2.23	1,99	2.11
2012	2,78	3,76	1.82	2,71	2.18
2013	2,12	1,80	2.22	2,72	2.44
2014	2.27	1.98	4.00	2.84	2.40
2015	2.85	2.46	9.20	3.57	2.50

КАПИТАЛНИ И ОПЕРАТВИНИ ТРОШКОВИ БАГЕРА , КМ/mh

God.	PC3000/1	PC3000/2	RH120/2	H241	PC1250/3
2009	312	279	327	320	170
2010	326	274	262	296	177
2011	281	291	293	319	196
2012	305	275	265	362	233
2013	289	269	267	389	211
2014	295	268	255	395	217
2015	300	272	257	402	222

КАПИТАЛНИ И ОПЕРАТИВНИ ТРОШКОВИ ДАМПЕРА, КМ/mh

God.	Belaz 75145/1	B75145/7	B75135/9	B75135/13	B75135/19
2009	161	147	3329	148	156
2010	132	145	976	150	157
2011	155	149	180	144	165
2012	165	323	175	220	168
2013	154	188	188	170	182
2014	185	177	236	187	206
2015	192	181	276	193	231

КАПИТАЛНИ И ОПЕРАТИВНИ ТРОШКОВИ РАДА БУЛДОЗЕРА, КМ/mh

God.	CATD8R/1	CAT/2	CAT/3	CAT/4	CAT/5
2009	133	553	99	75	93
2010	83	114	520	695	90
2011	1052	104	179	-	104
2012	102	124	65	-	99
2013	98	129	197	138	137
2014	115	134	154	-	122
2015	127	137	143	-	127

Слика 6.8. Табеларни прикази трошкова за поједине машине, системе

4. Разни извјештаји (смјенски, дневни, мјесечни, годишњи) - гдје се могу статистички приказати :

- **застоји утоварно транспротне опреме** - овај извјештај обухвата податке о свим застојима који настају у процесу рада механизације у оквиру утоварно-транспортних подсистема. Као што се може примијетити, структура података у извјештају је дефинисана тако да оперативни менаџмент може анализирати све врсте застоја (планиране,

организационе, ...) појединачно за сваку машину у оквиру транспортног подсистема или збирно за цио систем. Пошто је извјештај намијењен оперативном менаџменту он садржи показатеље ефикасности рада механизације, који се у овом случају сублимирају и анализирају на оперативном нивоу службе за производњу и одржавање.

- извјештаји о ангажовању бригада - генерално овај извјештај треба да садржи основне податке о раднику везане за његове смјенске активности (ефективне и режијске сате рада, шифру норме и радно мјесто, итд).Такође је неопходно да овај извјештај садржи податке о квалификацији радника, радном искуству, усавршавању током рада, повредама, боловању итд. Ове информације су неопходне оперативном менаџменту ради благовременог планирања потреба и за распоређивање радника на одговарајуће смјенске послове према квалификацији и оспособљености за извршавање одређених радних задатака.

- статистички извјештаји - НИС има могућност статистичке анализе података који се односе на производњу, трошкове, застоје и нормативе. Могу се добити статистички прегледи количина по машинама (багерима и камионима), заједно или појединачно за угаљ и откривку посебно. Такође је могуће добити извјештаје по заједничкој јединици производа која се добија свођењем на исту јединицу мере (t) откривке и угља. По жељи корисника могуће је изабрати различите врсте приказа дијаграма: тродимензионих и дводимензионих хистограма, линија или области. Уз сваки дијаграм могуће је приказати и одговарајућу табелу са подацима.

Статистичка анализа застоја се може вршити у функцији ефективног времена рада и застоја сваке машине по данима, а појединачно или збирно за све багере и све камионе.

У оквиру ове категорије извјештаја у НИС-у постоји могућност приказа анализе норматива међу којима треба посебно издвојити следеће: потрошња нафте и електричне енергије, потрошња уља, мазива, филтера, расхладне течности, гума итд. Одговарајући трошкови везани за приказану потрошњу нафте (€/t) по свима ангажованим камионима на површинском копу су такође приказани на слици.

Поред свих наведених могућности НИС-а, у оквиру ове категорије извјештавања, могуће је вршити и статистичку анализу података о производњи, трошковима и нормативима у функцији динамике експлоатације.

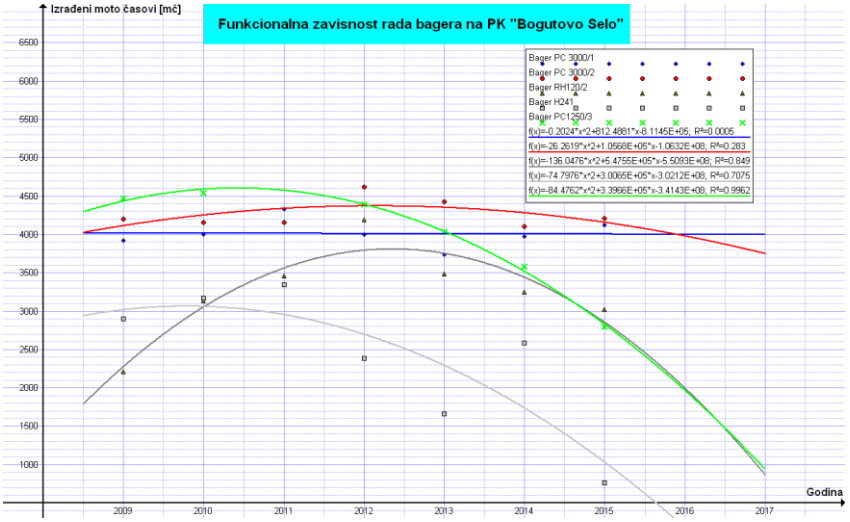
6.3. Статистичка обрада и анализа прикупљених података

На основу свих прикупљених података који се могу обликовати у одређене форме извјештаја дају се и табеларни прегледи података за статистичку обраду. У табели 6.3. је дат један сет података као улазних података за статистичку обраду а везани су за рад утоварно траснпротне опреме на ПК Богутово Село.

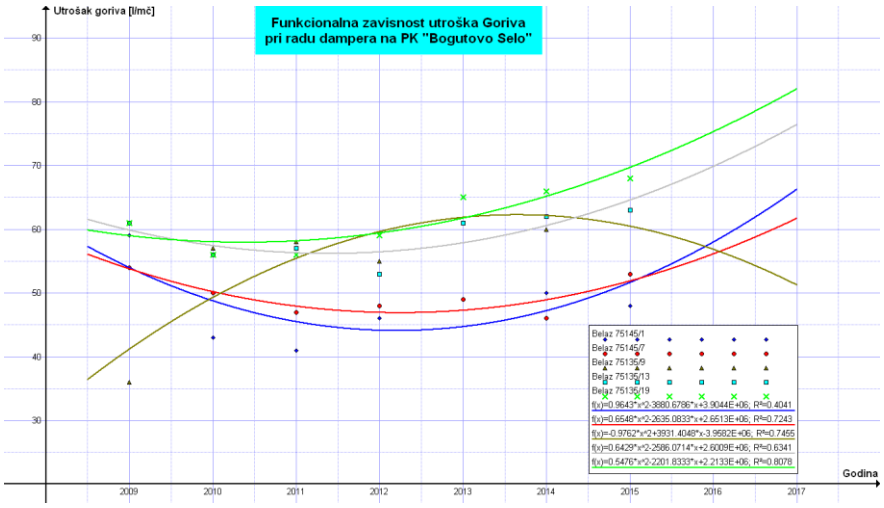
Уношењем снимљених резултата за одређени временски период, може вршити дефинисање фунцкионалне зависности (математичких функција):

-рада јединице опреме односно број израђених мото сати,

-часовног капацитета јединице опреме,
- коефицијента поузданости јединице опреме
-утрошка ел.енергије, горива и др.
- трошкова рада јединице опреме KM/mh, KM/m^3
- капиталних и оперативних трошкова

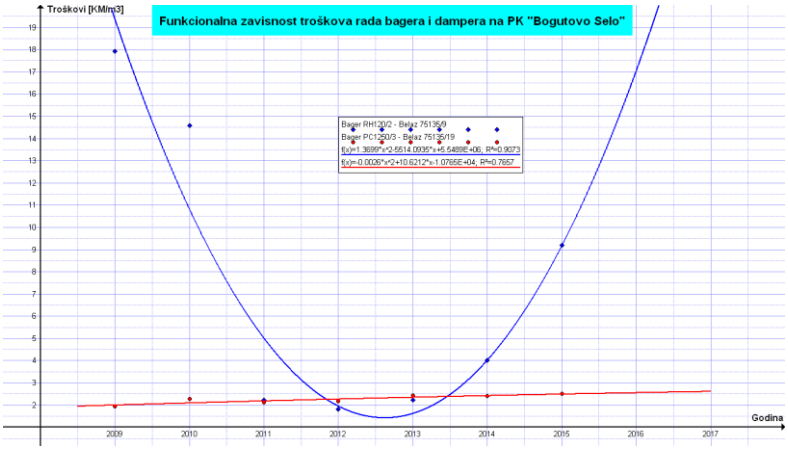


Слика 6.9. Примјер Дефинисање функционалне зависност рада багера



Слика 6.10. Примјер Дефинисања функционалне зависности утрошка горива дампера

На основу статистичке анализе рада појединих врста и јединица опреме, могуће је исте параметре утврдити и за рад система багер-камион



Слика 6.11. Примјер Дефинисања функционалне зависности трошкова рада багера и дампера

Статистичка анализа се може вршити и при обради детаљнијих података у смислу времена појединих технолошких операција на багеру или камиону. На примјер код камиона можемо анализирати реалне податке прикупљене кроз НИС за: вријеме утовара, вријеме вожње пуног камиона, вријеме вожње празног камиона, вријеме истовара, вријеме чекања, вријеме маневра итд.

Резултати се могу табеларно поставити и према појединим БК подсистемима који раде на откривци или угљу, односно према транспортним трасама гдје се дефинишу времена циклуса камиона као што је то приказано у табелама 6.4 и 6.5.

6.4. Симулациона анализа на бази података НИС-а у циљу унапријеђења рада дисконтинуалног система експлоатације

Већина реалних система која се анализира методом симулационог моделирања има стохастички карактер улаза (input) (нпр. долазак камиона на утовар), као и интерне стохастичке компоненте (нпр. време утовара камиона). Симулациони модели трансформишу стохастички утицај који приме од улаза и интерних процеса у статистичке податке који представљају њихов излаз (output). Што се анализе резултата тиче, симулација једноставно представља метод статистичког узорковања и анализе са одређеним специфичностима. Уграђена стохастика у симулациони модел кроз улазне податке одређује стохастичку природу резултата симулације.

У циљу презентације развијеног модела и методологије за анализу могућности унапређења ефикасности рада дисконтинуалних система у вијеку копа, с обзиром да се радни услови стално мијењају (повећање транспортних дужина, висина извоза, промена норматива рада, ирд), користићемо примјер рада дисконтинуалних система на јаловини на примјеру копа Богутово Село у току 2015. године. Из наведених разлога, користићемо историјске податке о ефикасности рада система багер-камиони за одређену конфигурацију површинског копа Богутово Село, слика 6.12. Анализу ћемо спровести тако да се упореди фиксни начин рада камиона са два могућа приступа унапређења рада ових сисетма, и то:

- минимизација транспортног циклуса камиона; и
- минимизација времена чекања багера.

6.4.1. Улазни подаци за симулационо моделирање и анализу

У циљу добијања што реалнијих слика шта би у раду система утоварно-транспортне опреме могло бити унапријеђено, раде се симулациони експерименти при свакој аномалији која траје извјесно вријеме или се због квантитативних разлика у односу на планиране вриједности мора брзо реаговати.

Симулациони модели за анализу могућности унапријеђења рада камионског транспортног система у програмском пакету TALPAC захтјевају слиједеће улазне податке:

- **техничке карактеристике багера**- садржи податке о типу и произвођачу багера, запремини кашике багера, трајању циклуса кашике тј. податке о техничко-експлоатационим карактеристикама утоварних машина -корисна носивост багера, расположивост, методологију утовара, оперативне и основне трошкове,
- **техничке карактеристике камиона** - садржи податке о типу и произвођачу камиона, носивости камиона, сопственој маси камиона, запремини корпе, максималној брзини, параметрима функције расподјеле застоја и параметрима вожње пуног и празног камиона (регресионих кривих за одређивање брзина вожње,
- **карактеристике мреже транспортних путева** - садржи податаке о броју транспортних праваца, броју дионица, дужинама, нагибима, квалитету подлоге пута и радијусима кривина за сваку дионицу транспортног пута,отпор котрљању, максималној дозвољенох брзини и др(до одлагалишта или дробилице),
- **подаци о карактеристикама материјала** – садржи податаке о карактеристикама материјала који се транспортује, као што су густина, коефицијент растреситости, лијепљивост и гранулометријски састав материјала. Карактеристике материјала који се транспортује дефинишу се уносом података, и
- **општи подаци о организационој шеми рада рудника и трајању појединих активности** - садржи податке о броју смјена, трајању смјене, примопредаје, времену ефективног рада машина. Организација рада подразумјева дефинисање шеме рада површинског копа или појединих технолошких операција у оквиру система експлоатације. На бази усвојене шеме рада површинског копа одређује се оперативно радно вријеме за извођење технолошке операције транспорта.

Техничке карактеристике утиварних јединица/багера и камиона – у складу са горе наведеном структуром улазних података, овдје дајемо кратак технички опис система багер-камион на примјеру PC3000-BELAZ 75135. Наредним сликама и табелама су дате основне карактеристике утоварних и транспртних јединица на ПК Богутово Село.

Табела 6.6. Техничко-технолошки параметри и капацитети багера.

Показатељи		**H-241**	**RH120**	**R984 C**	**PC3000**	**PC1250**
Запремина кашике, m3	E	14,0	12,00	5.2	**15**	7
Теоретско вријеме циклуса, s	t_e	21,00	21,00	21	**22**	21
Експлоатационо вријеме, s	t_{ex}	36	36	35	**35**	36
Коефицијент пуњења	k_p	0,90	0,92	0,85	**0.9**	0.90
Коефицијент растреситости	k_r	1,60	1,55	1,50	**1.55**	1.55
Коефицијент откопа	k_o	0,58	0,58	0,60	**0.6**	0.58
Коефицијент багеровања	k_b	0,56	0,58	0,54	**0.58**	0.58
Коефиц. технолошког застоја	k_{sth}	0,8	0,8	0,8	**0.8**	0.8
Коеф.смањеа.смјен.времена	k_{sv}	0,6875	0,687	0,687	**0.687**	0.687
Смејнски експлоатац. Капацитет, m^3/sm	Q_{ex}	1925	2117	935	**2640**	1155

Транспортне јединице

На Руднику се користи неколико дефинисаних технолошких шема рада багера и камиона у зависности да ли је тип багера са нормално или обрнуто постављеном кашиком. У табела 6.8. и 6.9 се дају основне радне димензије и техничко-технолошке карактеристрике камиона/дампера који се користе на ПК Богутово Село.

Табела 6.7. Техничко технолошке карактеристике камиона

Врста дампера	Број дамп. у раду	Носивост (t)	Властита маса (t)	Укупна тежина (t)	Запремина корпе	
					геоемтеријска. (m^3)	SAE 2:1
BELAZ 75135	16	130	100	230	48	73
WABCO 120 D	1	108,84	84,00	192,84	48,80	75,00
BELAZ 75145	6	120	90	210	42	61
CAT 777	2	90.5	67.3	163.29	42.05	60.57
Belaz 75570	1	90	76.8	166.80	40.00	53.34

Подаци о карактеристикама материјала – у табели 6.10. се даје табеларни преглед основних физичко-механичких карактеристика свих литолошких чланова који чине радну средину на ПК Богутово Село.

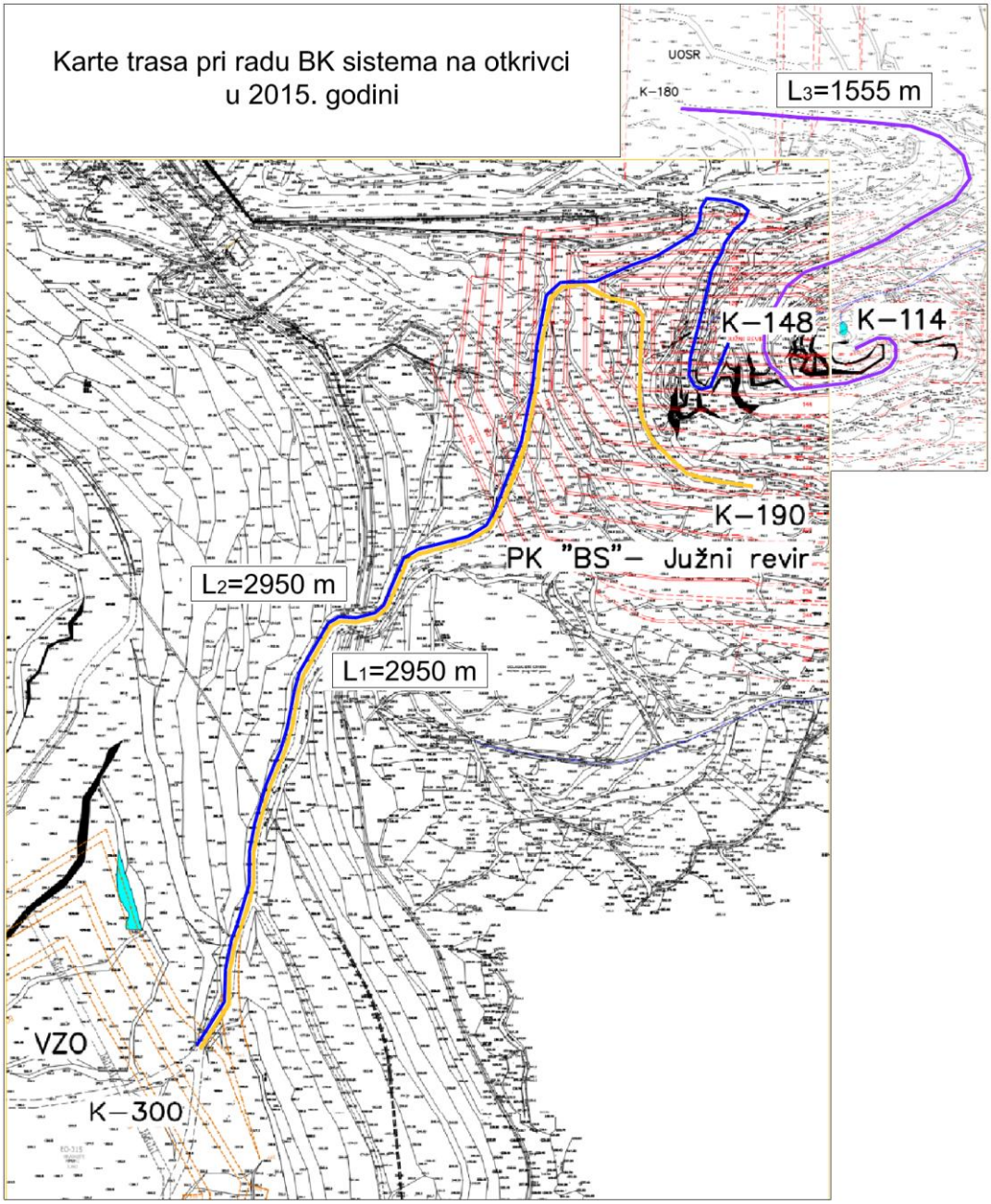
Табела 6.8. Лабораторијске вриједности параметара стијена према литолошком саставу лежишта

Старост	Литолошки члан	Кохезија C (kN/m^2)	Угао унутрашњег трења φ (^{o})	Запреминска маса , γ (kN/m^3)
N	Заглињена дробина	106.98 –109,0	18° 47' - 22° 37'	19,26 - 19.85
el + dl	Преконсолидована глина	204.4	29° 24'	21,4
dl	Шарена глина	101.51	6° 43'	17,72
M_l	Лапорци	средње 128.33	средње 25° 45'	средње. 19.15
M_l	Лапоровита глина	средње. 99.46	средње 12° 18'	средње 19.60
M_l	Шарена глина	средње 91.34	средње 7°25'	средње 18,90
$7M_1$	Лапорци	91,34	средње 24° 34'	средње 20,68
$7M_1$	Угљевито-лапоровита глина	82.69 - 132.84	5° 33' - 15° 16'	16.36 - 18.95
$5M_1$	Туфитицни глинац	128.41 65.17-76.98	средње 20° 27'	средње 21.26

$5M_1$	Туфитицна глина	65.17-76.98	7° 18' - 18° 13'	17.71 - 22.81
$3M_1$	Глина	98.39	6° 5'	15.93
$3M_1$	Повлатни лапорци	средње. 142.22	средње 17° 41'	средње 20
$6M_1$ $4M_1$ $2M_1$	Лапорци	60.75	19° 38'	19.77
$6M_1$ $4M_1$ $2M_1$	Угљевите и лапоровите глине	207.78	9° 30'	18,8
$6M_1$ $4M_1$ $2M_1$	Угаљ	42,8	36,1	12,88-14,14
$1M_1$	Туфични глинац	207.78	20° 32'	22.60
$1M_1$	Глина и туфична глина	средње 128	средње 13° 29'	средње 21
$1M_1$	Лапорац	90.61	22° 9'	20.60

Основни параметри транспортних путева - Транспорт откривке се изводи камионима на спољашње и унутрашње одлагалиште. Ширина саобраћајница износи 20 m, са максималним уздужним успонима 5 (6) % и попречним нагибима трасе 3%, у кривини до 5%. На слици 6.12. је дат приказ шема транспортних траса које су коришћене за експлоатацију откривке и јаловине у 2015 години на ПК Богутово Село.

На свакој траси се додјељује одређени систем багер-камион који ради у одређеном временском периоду са планираном структуром опреме, односно одређеном флотом камиона. Праћењем рада система по појединим трасама се, из прикупљених података, у сваком тренукту појављивања аномалија , може урадити нова симулација рада и добити верификације рада постојећег система или се појављује потреба за извјесним измјенама у технологији рада, структури опреме и др.



Слика 6.12. Шема траса транспорта БК система на откривци у 2015. години

Обрадом наведених података у софтверском пакету Talpac Runge, њиховим уносом у модуле кроз панеле приказане у претходном поглављу, добијамо резултате који се обликују у постављену форму извјештаја -слика 6.14., чиме дефинишемо почетни фиксни број камиона у флоти , као базна варијанта која се користи и при даљим симулацијама у циљу оптимизације путем диспечинга

Production Summary - Full Simulation

	Haulage System:	BAGER 2 DROBILICA II
	Haul Cycle:	Bager 1 Etaza 100 P.D. II
	Material:	[PRJ] Glina,pjescar,alevrolit i pijesak
	Roster:	[PRJ] 7 day Week - 12 Hour Shifts
Loading Unit		SVRDLOVSK EKG 5A
Availability	%	80
Average Bucket Volume	cu.metres	4.81
Bucket Fill Factor		1
Average Payload	tonnes	7.51
Operating Hours per Year	OpHr/Year	5,628.00
Operating Shifts per Year	shifts/Year	536
Average Bucket Cycle Time	min	0.83
Production per Operating Hour	tonnes	418.43
Production per Shift	tonnes	4,394
Production per Year	tonnes	2,354,947
Wait Time per Operating Hour	min	2.33
Truck		BELAZ 7548
Availability	%	80
Payload in Template	tonnes	34.13
Operating Hours per Year	OpHr/Year	4,502.40
Average Payload	tonnes	34.3
Production per Operating Hour	tonnes	174.35
Production per Shift	tonnes	1,465
Production per Year	tonnes	784,982
Average Queue Time at Loader	min/cycle	1.99
Average Spot Time at loader	min/cycle	0.42
Average Loading Time	min/cycle	3.64
Average Travel Time	min/cycle	3.72
Average Spot Time at Dump	min/cycle	0.33
Average Dump Time	min/cycle	1.15
Average Cycle Time	min/cycle	11.25
Fleet Size		3
Average No. of Bucket Passes		4.57
Fleet		
Production per Year	tonnes/Year	2,354,947
Discounted Capital Cost	$/tonnes	0.05 Loading Methodology
Discounted Operating Cost	$/tonnes	0.51 Single Sided
Discounted Average Cost	$/tonnes	0.56 Full Truck
		Average for 150 Shifts
Excavation Target	tonnes	1,400,000.00
Time to move Excavation Target	Days	217.14
Loading Unit Hours to move Target	Op. Hours	3,346
Total Truck Hours to move Target	Op. Hours	8,030
Total cost to move Target	$	788,184

Productivity estimates allow for insufficient time at the end of the shift to complete another cycle.
Time for the first bucket pass coincides with the Truck queueing and maneuvering times.
This simulation is based on truck data provided by the equipment manufacturer.

Слика 6.13 : Форма извјештаја резултата симулације у програмском пакету Talpac

6.4.2. Алгоритми за симулацију рада дисконтиинуалних система

У наставку текста слиједе описи алгоритама за симулацију ових начина рада дисконтинуалних система.

6.4.2.1. Фиксни циклус камиона (***FCK***)

У фиксној дистрибуцији одређени број камиона се додели сваком утоварно-истоварном месту у зависности од капацитета багера и транспортног циклуса. Нема никаквих редистрибуција камиона у току смене чак иако знамо да ће време чекања камиона на утовар бити дуго. Само у случајевима кварова багера камиони се редистрибуирају другим радним багерима.

Овај систем рада у пракси се показао неефикасним због чињенице да опрема не ради са констатном поузданошћу и нормама. Користећи овај режим рада веома често се дешава да по неколико камиона чека у реду на утовар код једног багера, док други багери чекају на камионе. Највећи ефекти применом овог система могу се очекивати ако багери раде констатно. Алгоритам за фиксну дистрибуцију камиона може се дефинисати на следећи начин:

for, сваку радну смјену и:

1. додијели **fiksan_broj_kamiona** сваком багеру на почетку смјене;
2. провјери важност дистрибуције камиона са почетка смјене;

for, *j = 1 to k*

if, dodeljeni_bager није у квару додијели му камион

else, редистрибуирај камион другом радном багеру користећи помоћни критеријум (приоритет, засићеност багера, итд.).

end;

гдје је *j = 1,2,..., k,* означава број дистрибутивних тачака на путу до додељеног багера.

У симулационој анализи, овај алгоритам се користи као базни начин рада система на копу Богутово Село, али ће зато послужити као базна метода за мјерење ефикасности других диспечинг критеријума и утврђивање ваљаности симулационог модела.

6.4.2.2. Минимизација транспортног циклуса камиона (***MTCK***)

Минимизирањем транспортног циклуса, уствари ми тежимо максималном искоришћењу камиона. Према томе, циљ овог критеријума је да упути празан камион оном багеру гдје ће камион бити најбрже натоварен и имати најкраће вријеме циклуса. Овај критеријум тежи да максимизира искоришћење камиона и зато се понекад дешава да пошаље већи број камиона ближим багерима. Дистрибутивна одлука се верификује у свакој диспечинг тачки кроз коју прође празан камион на свом путу до додјељеног багера. У зависности од тренутног стања производног система, камион може бити редистрибуиран или да настави вожњу према претходној одлуци. Алгоритам за овај диспечерски критеријум је:

for, j=l to k

1. маркирај покретно средње време вожње за ову дионицу;
2. **for,** сваки радни багер и

   if, багер *i* је тренутно заузет:

   ♦ маркирај очекивано **vrijeme spremnosti bagera**

   $VSB_{ij}=PVU_{ij} + n_{ij} * VU_{ij} + VV_{ij}$

   else,

   $VSB_{ij}=TNOW$
3. маркирај очекивано **vrijeme_spremnosti_kamiona** (VSK_{ij});
4. верификуј важност диспечинг одлуке

   $B_j=Min_i \{ Max_j \{VSB_{ij} - VSK_{ij}, 0 \} \};$
5. изврши редистрибуцију камиона ако је потребно;

end;

гдје је:

j = 1,2, ... k број диспечинг тачака на путу до додијељеног багера,

n_{ij} - већ додијељени број камиона багеру *i* у диспечинг тачки *j*,

Bi - багер коме се додијељује камион,

VSBij - вријеме спремности багера и за утовар тренутно разматраног камиона у диспечинг тачки *j*,

VSKij - вријеме спремности тренутно разматраног камиона за утовар код багера i у диспечинг тачки *j*,

PVU_{ij} - преостало вријеме утовара тренутно утовараног камиона код багера *i* у диспечинг тачки *j*,
VV_{ij} - средња вриједност времена вожње од диспечинг тачке *j* до багера *i*,
VU_{ij} - средња вриједност времена утовара камиона k багером *i*,
TNOW - тренутно вријеме.

Вријеме спремности камиона (VSK_{ij}) је дефинисано као предвиђено вријеме вожње од диспечинг тачке *j* до багера *i*. Оно се процјењује користећи пливајуће средње вриједности које се ажурирају на стварно-временској бази у свакој диспечинг тачки. Коришћењем ових времена омогућава нам да тачније процијенимо вријеме спремности багера (VSB_{ij}) за наредни камион. Вријеме спремности багера се рачуна као сума преосталог времена тренутно утовараног камиона, времена утовара камиона који су већ у реду за утовар, и оних који су на путу а већ додијељени багеру *i*. Вријеме спремности багера се ажурира увијек кад камион прође кроз диспечерску тачку, дође или напушта багер. С обзиром да су стварна времена непозната у тренутку доношења диспечинг одлуке, стварно-временски подаци се користе за догађаје који су се већ десили, док се будући догађаји процјењују користећи покретне средње вриједности тих времена.

Овај критеријум тежи да максимизира искоришћење багера, али када је број камиона у систему релативно мали и камиони не чекају дуго на утовар овај критеријум може произвести контраефекте, а тиме и велико вријеме чекања багера. Критеријум се препоручује за површинске копове гдје специфични захтјеви производње (мијешање руде, праћење коефицијента откривке, итд) нису од посебног значаја.

6.4.2.3. Минимизирање времена чекања багера (***MVČB***)

Празни камион у овом критеријуму дистрибуира се оном багеру који је чекао на камион најдуже или оном који се очекује да ће први бити слободан да утовара. Циљ овог критеријума је да максимизира искоришћење багера минимизирајуци његово време чекања. Једна од предности овог критеријума је да тежи балансирати производњу између багера уједначено, али ово истовремено делује на смањење укупног капацитета система због дужег времена вожње камиона до најудаљенијих багера. Алгоритам за овај критеријум може се дефинисати на следећи начин:

for, j= 1 to k

1. маркирај покретно средње вријеме вожње за ову дионицу;
2. **for,** сваки активни багер *i*
   - **if,** багер и тренутно утовара:
     - ♦ маркирај очекивано **vrijeme_spremnosti_bagera**

       $VSBij = PVU_{ij} + n_{ij} * VU_{ik} + Uv_{ij}$
   - **else,**
     - ♦ изједначи очекивано **vrijeme_spremnosti_bagera** са тренутним временом (TNOW)

       SB_{ij} =TNOW;
3. процијени **vrijeme_spremnosti_kamiona** (VSK_{ij});

4. провјери претходну диспечинг одлуку:

if, vrijeme_čekanja_bagera ($VČB_{ij}$) веће од нуле

$B_i = Max_i \{ Max \{ VSK_{ij} - VSB_{ij}, 0 \} \}$;

5. изврши редистрибуцију камиона ако је потребно;

end;

гдје је :

j=1,2,..., k број диспечинг тачака на путу до додељеног багера,

N_{ij} - број камиона већ дистрибуиран багеру *i* у диспечинг тачки *j*,

B_i - багер коме се дистрибуира камион,

VSB_{ij} - вријеме спремности багера *u* за утовар тренутно разматраног камиона у диспечинг тачки *j*,

VSK_{ij} - вријеме спремности камиона тренутно разматраног за утовар код багера *i* у диспечинг тачки *j*,

PVU_{ij} – преостало вријеме утовара тренутно утовареног камиона код багера *i* у диспечинг тачки *j*,

VU_{ik} - средње вријеме утовара камиона *k* са багером *i*,

VV_{ij} - средње вријеме вожње од диспечинг тачке *j* до багера *i*, VČBij - вријеме чекања багера *i* у диспечинг тачки *j*, и

TNOW - тренутно вријеме.

Овде треба нагласити да се време вожње од диспечинг тачке *j* до багера *i* не узима у обзир у случају када је $VČB_{ij}$ веће од нуле с обзиром да време чекања багера у том случају је једини критеријум. Ако багери ретко чекају на камионе у систему, онда секундарно правило може бити потребно за доношење диспечинг одлуке. Овај критеријум се препоручује за површинске копове који имају потребу за контролом квалитета руде, односно балансирањем коефицијента откривке.

6.4.3. Статистичка анализа улазних података за симулациони модел

За потребе симулације реалног система багер-камиони веома је битно користити податке који доста тачно одражавају реалност. Улазне податке је веома тешко уопштавати у циљу да модел буде универзално примјенљив. Углавном сваки површински коп користи различите типове и величине утоварно-транспортних јединица, број одлагалишта, конфигурацију мреже транспортних путева тако да би практично било немогуће дефинисати уопштену групу улазних података за симулациону анализу..

Статистички модели радних циклуса система су математички изрази који стохастички објашњавају како се случајне промјенљиве понашају у одређеном простору. Због тога се користе стохастички модели у симулацијама за генерисање случајних варијабли које објашњавају понашање стварног система у одређеним радним условима. У нашем случају користићемо податке који су били прикупљени кроз информациони систем рудника за 2015. годину.

Методологија коришћена у овом раду за прикупљање и анализу неопходних података за симулацију система камиони-багер укључује практично четири корака:

1. Мјерење индивидуалних компоненети циклуса рада система камиони-багер и прикупљање одређених искуствених података о систему.
2. Идентификовање могућих функција расподјеле: уклапање теоретских расподјела у снимљене податке, а онда поређење истих ради одређивања оних који најбоље представљају снимљене податке.
3. Верификација: функције расподјеле изабране у другом кораку верификују се користећи статистичке тестове и графичко поређење за коначну потврду ради коришћења у симулационом моделу.
4. Избор статистичких модела за софтвер *Talpac*.

Генерисање карактеристичних случајних процеса реалног система у моделу за дисконтинуални транспортни систем је базирано на техничко-технолошким параметрима разматране опреме, параметрима добијеним статистичком анализом и подацима временских снимања трајања појединих активности транспортног и утоварног циклуса (поглавље 6.4.1.).

Вријеме утовара једне багерске кашике је рачунато у функцији стохастичког трајања времена циклуса појединих операција багера у реалним карактеристикама радне средине. У табели 6.9. су дате усвојене функције расподјеле времена активности багера са потребним параметрима за позивање у Talpac симулационом софтверу.

Табела 6.9. Усвојени параметри расподела временских активности багера

Активност	Расподјела	Испис расподјеле са параметрима
PC 3000 – вријеме утовара камиона	Gamma	60*(0.9600+RVGAMA(str.,0.69219,58.8339))
RH 120 - вријеме утовара камиона	Gamma	60*(2.84706+RVGAMA(str.,0.63534,30.2740))

Времена исправности и времена у отказу багера су генерисана Gamma и Weibull-ovom расподјелом, а одређене су према узорцима регистрованих података у управљачком систему Рудника.

Табела 6.10. Усвојени параметари расподјела отказа багера

Активност	Расподјела	Испис расподјеле са параметрима
Вријеме исправности багера PC 3000	Gamma	60*(0.9600+RVGAMA(str.,0.69219,58.8339))
Вријеме исправности багера RH 120	Gamma	60*(2.84706+RVGAMA(str.,0.63534,30.2740))
Вријеме отказа багера PC 3000	Weibull	60*(3.9954 +RVWEIB(str.,0.87350,15.6302))
Вријеме отказа багера RH 120	Weibull	60*(0.88925 +RVWEIB(str.,0.62672,14.7694))

Параметри спремности рада камиона са којима је обављено генерисање времена отказа и исправности дати су у табели 6.11. Овдје је потребно нагласити да су за сва три типа камиона усвојене исте расподјеле времена исправности и отказа због недостатка података

о новим јединицама које тренутно не оперишу на копу и због технички равноправнијег упоређивања алтернативних комбинација.

Табела 6.11. Усвојени параметари расподјела отказа камиона

Активност	Расподјела	Испис расподјеле са параметрима
Вријеме исправности камиона Bellaz	Gamma	60*(7.9235+RVGAMA(str.,0.42938, 184.197))
Вријеме у отказу камиона Bellaz	Weibull	60*(2.9931+RVWEIB(str.,0 .90356, 13.6224))

Просјечне брзине кретања пуних и празних камиона су генерисане нормалном расподјелом на основу података из система Рудника за усвојену структуру траса путева по фазама рада. Транспортни путеви су добијени повезивањем центра маса на радним етажама са локацијом одлагалишта и за сваку дионицу пута дефинисани су потребни елементи за симулацију (дужине, нагиби, отпори кратања, итд) – слика 6.12.

6.5. Симулациона анализа

Симулациони модел обухвата оквире реалних процеса у систему почев од откопавања и утовара багером, транспорта материјала камионима до мјеста истовара на одлагалишту и повратак камиона од мјеста истовара до багера. Наравно у моделу није било могуће обухватити све детаље који се јављају у реалним условима рада транспортног система, али валидацијом и верификацијом модела сакупљеним подацима и коришћењем поменутих софтвера, добијена је жељена прецизност резултата симулације у оквиру ове студије случаја.

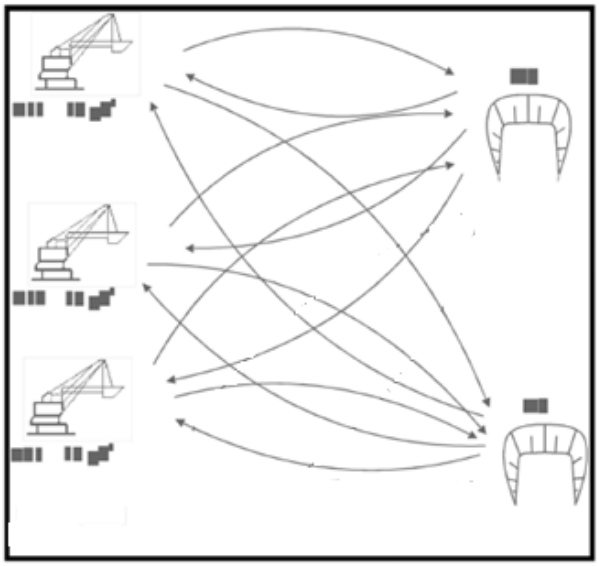
У сваком случају, симулациони модел, изграђен на основу података прикупљених у реалним условима и времену и обрађеним статистичким и стохастичким моделима, осликава стања транспортног система на експлоатацији откривке динамички у конкретном времену и простору. Флексибилност модела се огледа у могућности разматрања различитих структура опреме у систему и да оптимизира параметре појединачних процеса у систему, као и јединственог транспортног система.

У овој студији случаја разматран је истовремени рад три дисконтинуална система на откривци чиме је омогућено сагледавање могућности унапређања ефикасности рада система багер-камиони. Полазна основа за анализу система је дефинисање комбинација утоварне и транспортне опреме у 2015. години, а то су следећи системи:

Систем 1: Багер PC 3000 (15 m^3) / Камиони Belaz 75135 (130t, 6 комада)
Систем 2: Багер PC 3000 (15 m^3) / Камиони Belaz 75135 (130t, 6 комада)
Систем 3: Багер RH 120 (12 m^3) / Камиони Belaz 75135 (130t, 4 комада)

Ова три система су радила у фиксном циклусу (моду) тако што је сваки багер радио са њему приписаним бројем камиона. Овај начин рада система чини базни систем за поређење са динамичким циклусом рада камиона. Динамички циклус рада („dispatching mode“) подразумијева отворени циклус рада за све камионе у систему, тако да у сваком

наредном циклусу камион може бити утоварен са било којим багером. Илустрација овог приступа анализе је приказана на слици 6.14.



Слика 6.14. Рад камиона у диспечинг моду

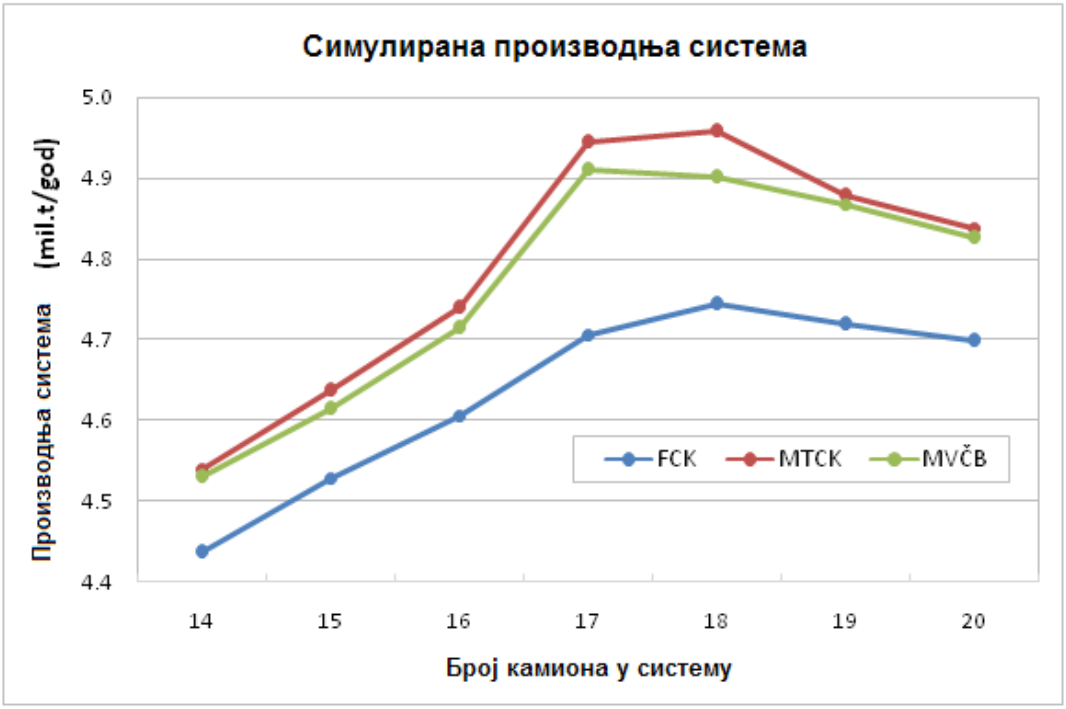
Упоредни приказ резултата симулације са статистиком за различите критеријуме диспечинга приказани су у табели 6.12. Овде FCK представља фиксни циклус камиона, односно базна варијанта рада система у 2015.години са којом поредимо могуће варијанте рада дисконтинуалних система.

Табела 6.12. Упоредни приказ параметара симулације за различите критеријуме диспечинга

Број камиона у систему	Диспечинг критеријум	Симулирана производња ,t/god	Повећање производње,%	Капацитет багера,t/god		
				Багер 1	Багер 2	Багер 3
14	**FCK**	**4436366**		**1676010**	**1761360**	**998996**
	MTCK	4539691	1.0233	1707855	1801871	1029965
	MVČB	4529701	1.0210	1707855	1801871	1019975
15	**FCK**	**4528023**		**1710637**	**1797750**	**1019636**
	MTCK	4636695	1.0240	1751693	1840896	1044107
	MVČB	4613603	1.0189	1742968	1831727	1038907
16	**FCK**	**4605862**		**1740044**	**1828654**	**1037164**
	MTCK	4739023	1.0289	1804426	1872542	1062056
	MVČB	4714254	1.0235	1793985	1863398	1056870
17	**FCK**	**4705809**		**1777803**	**1868336**	**1059670**
	MTCK	4943327	1.0505	1871849	1959884	1111594
	MVČB	4909138	1.0432	1855493	1959324	1094322
18	**FCK**	**4744038**		**1792245**	**1883514**	**1068279**
	MTCK	4957520	1.0450	1872896	1968272	1116351
	MVČB	4901118	1.0331	1846013	1949437	1105669
19	**FCK**	**4719166**		**1782849**	**1873639**	**1062678**
	MTCK	4878202	1.0337	1842931	1936781	1098490
	MVČB	4867820	1.0315	1839009	1932659	1096153
20	**FCK**	**4697979**		**1774845**	**1865227**	**1057907**
	MTCK	4837979	1.0298	1827735	1920811	1089433
	MVČB	4824825	1.0270	1822766	1915588	1086471

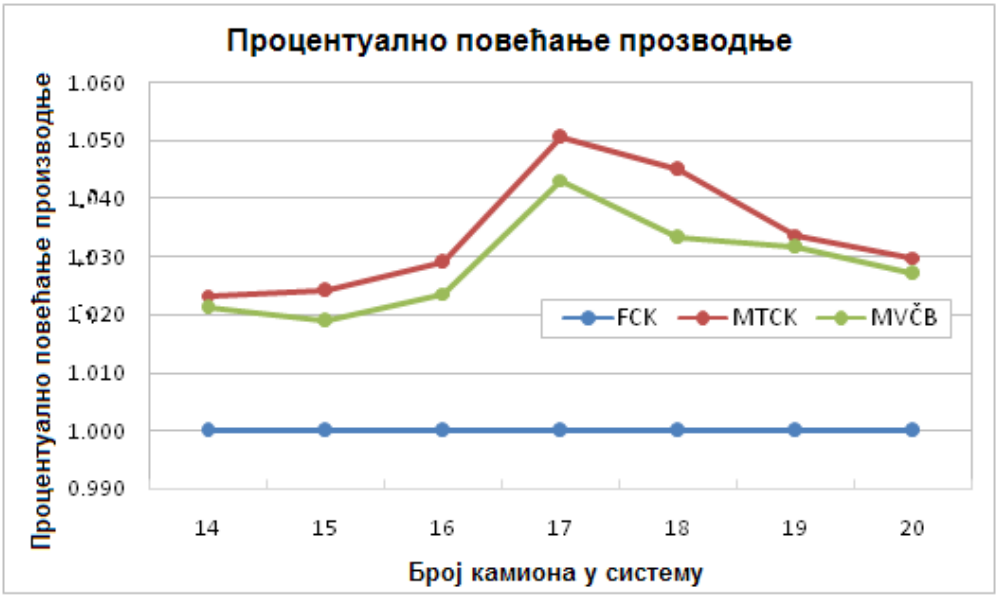
Као што се и очекивало, резултати симулације показују да крива симулиране производње, у функцији броја камиона, има исте карактеристике као и крива производње система у

2015.години, слика 6.15. Производни капацитет система константно расте са повећањм броја камиона у систему до тачке засићења система, где крива почиње са благим падом. У овом тренутку багери раде са максималним искоришћењем, због чега нема висе раста у капацитету без обзира на додавање камиона у систем. Интересантно је такође констатовати да су криве симулираних капацитета увек испод идеалног, односно максималног теоретског капацитета система. Ово посебно наглашава ваљаност логике која је примјењивана у симулационом моделу.



Слика 6.15. Упоредни приказ симулације капацитета

Као што смо већ констатовали, оба разматрана критеријума су утицала на повећање производње система багер-камион. Међутим, пошто је симулација стохастички експеримент неопходно је статистички констатовати ваљаност ових повећања. Због тога је фиксни систем коришћен као базни систем, а сви други системи су компарирани са њиме ради утврђивања статистички значајних повећања у производњи. Слика 6.16 приказују процентуалну разлику у производњи у поређењу са фиксним (затвореним циклусом рада). Као што се са види анализирани диспечинг алгоритми правилно утичу на повећање производње система, али проценат повећања је у функцији засићености система камионима. Оба критеријума постижу бољу ефикасностост ако је број камиона у систему у оптималном распону, 17 до 18 у овом случају. Проценат повецања константно расте до оптималног броја камиона у систему, који настаје негдје око 17 камиона, одакле почиње нагли пад процентуалног повећања за све системе. Ако је систем незасићен или презасићен камионима, проценат повећања производње скоро је исти за све алгоритме. Због тога, анализу учинака диспечинг критеријума треба извести за сваки диспечинг систем за пун распон камиона у систему од незасићеног до презасићеног.



Табела 6.16.. Процентуални раст капацитета у односу на систем

У случају ***MVČB*** у односу на ***MTCK*** критеријума, резултати показују да ће удаљенији багери бити константно мање коришћени, слика 6.15 и 6.16, а разлике у временима чекања багера су више изражене за системе са мањим бројем камиона. Ово се објашњава чињеницом да ***MTCK*** критеријум упућује камионе багерима гдје могу бити најбрже натоварени уз најкраћи циклус камиона, што значи да ће багери везани за дуже циклусе акумулирати више времена чекања. Вријеме чекања багера је пропорционално дужини транспорта у случају ***MTCK*** критеријума. ***MVČB*** критеријум тежи да дистрибуира вријеме чекања уједначено између свих багера зато што се камиони алтернативно дистрибуирају багерима, што генерално генерише мање повећање производње код овог критеријума.

Са повећањем броја камиона у систему (слика 6.15.) ефикасност ових критеријума опада с обзиром да вријеме чекања багера постаје безначајно, па багери раде са максималним учинцима. Према томе, нема пораста у производњи са додавањем камиона у систем када систем прелази у стање презасићења камионима. Према томе, можемо констатовати, за овај случај анализе, да ***MTCK*** алгоритам може остварити супериорније квантитативне резултате у производњи постижући већу производњу преко 5% у доносу на ***FCK***.

Студија случаја у овом раду је показала да разматрани алгоритми могу допринијети оптимизацији дисконтинуалних система експлоатације у конкретним радним условима. У случају анализе коришћењем ***MTCK*** алгоритма, резултати су показали да се може постићи значајно ефикаснији рад система. Овај критеријум више користи ближе багере тако да је време чекања пропорционално транспортној дужини камиона. Разлика у времену чекања багера је више изражена са мањим бројем камиона у систему. Ово може бити објашњено чињеницом да овај критеријум дистрибуира камион оном багеру гдје ће најбрже бити утоварен, што изазива дистрибуцију камиона најближим багерима, јер само у том случају камион прелази најкраће дужине, односно остварује најкраћи циклус.

У случају ***MVČB*** алгоритма, вријеме чекања багера се минимизира, односно производни капацитет максимизира. Теденција овог критеријума је да вријеме чекања багера

дистрибуира између свих багера, с обзиром да ће камиони алтернативно бити дистрибуирани багерима. Овај поступак омогућава скоро једнако коришћење свих багера. Овдје треба нагласити да је разлика било у капацитету или времену чекања само због различитих времена вожње.

Циљ ове дисертације био је оптимизација дисконтинуалних система експлоатације са основним задатком унапријеђења ефикасности рада система примјеном диспечинг система у конкретним условима експлоатације. Анализирана су два најчешће коришћена критеријума оптимизације ових система (први-максимално коришћење камиона и други-максимално коришћење багера). Анализа је изведена кроз поређење са конвенционалним (фиксним) начином рада система багер-камиони ради оцјене ефикасности предложених критеријума диспечинга. Сви алгоритми су тестирани, а резултати симулације анализирани одговарајућим статистичким методама. Сваки критеријум има своје предности и недостатке који су коментарисани. Међутим, да би донијели коначну одлуку о примјени било ког критеријума неопходно детаљна анализа мора бити изведена према дугорочним циљевима и захтјевима одређеног површинског копа.

Приликом дугорочног планирања експлоатације на површинском копу, пројектант је увијек суочен са два основна задатка. Први је да се користе савремене методе и приступи у анализи и пројектовању у циљу изналажења оптималних рјешења, други да докаже могућност примјене ових метода, а онда подстакне рударске инжењере да их користе у реалним околностима. У суштини ова дисертација је била усмјерена ка другом задатку. Дефинисани су и анализирани реални критеријуми алоцирања камиона, и закључило се да пружају велике могућности за повећање ефикасности рада дисконтинуалних система.

Имајући у виду да Рудник већ располаже са управљачким системом (НИС) постоји велика могућност надградње овог система тако да се у систем укључи недостајућа опрема уз примјену одговарајућег софтверског рješења. На овај начин би се једноставно омогућило аутоматско управљање овим системима у реалном времену према одговарајућем критеријуму и циљевима Рудника.

Имајући у виду закључке до којих се дошло у овој дисертацији и резултате објављене у стручној литератури општи је закључак да ови модели управљања могу утицати на повећање капацитета дисконтинуалних система до 15%, зависно од величине система и услова на копу. У сваком случају коначно рјешење треба да проистекне из детаљне техно-економске анализе у односу на дугорочне циље Рудника.

7. ЗАКЉУЧАК И ПРЕПОРУКЕ ЗА ДАЉИ РАД

7.1. Преглед истраживања

Примарни циљ ове дисертације је био дефинисање методологије за установљавање кључних компоненти за управљање дисконтинуалним системима површинске експлоатације и у том циљу дефинисање модела управљања истим. Дисертација је фокусирана на јединствене аспекте тактичког менаџмента производних процеса у руднику. Истраживања обављена за испуњење циља дисертације су обухватила:

- Истраживања историје и сложености модерних техника управљања за производни менаџмент
- Утврђивање различитости система за управљање у рударству у односу на друге индустрије,
- Истраживања начина употребе модерних техника управљања у рудничким произвоним системима
- Проучавање постојећих методологија моделирања, анализе, управљања и оптимизације;
- Верификација метода на бази практичних резултата и сазнања претходних теоријских истраживања;
- Развој интегралног приступа управљања и оптимизације дисконтинуалних система површинске експлоатације у функцији дугорочног планирања површинског копа;
- Презентовање развијеног модела на примјеру дисконтинуалног система површинске експлоатације површинског копа «Богутово Село»;
- Анализа остварених резултата и оцјена;
- Приједлог даљих истраживачких активности.

7.2. Значај доприноса и оригиналност ове дисертације

Овај рад представља допринос глобалним трендовима и настојањима да се информационе техологије користе у што већем обиму као подршка при дугорочном планирању експлоатације минералних ресурса у циљу остваривања економски одрживе производње. У том смислу су вршена детаљна истраживања дисконтинуалног система експлоатације са свим технолошким специфичностима и огромним бројем утицајних паметара и варијабли које умногоме дефинишу начин тог процеса управљања.

Оригиналност ове методологије се огледа у настојању да се компетан модел управљања подијели пронципијелно у двије цјелине:

- логистичко-информациона – која својом обимношћу надзорно-информационог система (НИС) повезује све производне, пратеће и логистичке процесе у јединствен систем токова информација, што омогућава потом издвајање појединих сетова информација најпотребнијих за поједине нивое управљања,
- операционо-симулациона – је дефинисана карактеристичном поставком комерцијалних рачунарских програма за статистику прикупљених информација те симлуацију дисконтинуланог система експлоатације чији резултати нису само погодни за директни диспечинг и алокацију опреме него и за саму

валидацију важећих модела управљања. То значи да је могуће у врло кратком времену извршити измјену диспечерских услова и вриједности што је веома битно у днашњим условима организације рада рударских производних процеса.

Поред напријед наведеног дефинисани модел даје могућност интерактивне двосмјерне везе између диспечерског центра (који представља извршни ниво управљања и има двосмјерну интеракцију са I и II нивоом управљања (директни извршиоци, пословође и руководиоци појединих проиводних цјелина) и III па и IV нивоа управљања (ниво техничког директора као тактичког па и директора као стартешког управљања) а то значи да је могуће много лакше управаљање и специфично прилагођавање стратешких и оперативних планова и циљева а не само код активности везаних за дипечинг и алокацију опреме.

Овдје је дат преглед информационих алата који су коришћени приликом изградње модела, начин реализације израде надзорно-информационог система као и свих истраживања која су претходила у смислу што прецизнијег и релевантнијег сагледавања комплетног производног процеса. У склопу тога је дефинисана:

- Инфраструктура система са информационо-управљачким токовима, описом производно-технолошких процеса, приказом логистике при развоју модела упраљања, анализом функционалности система за праћење, планирање система
- Архитектура система са конфигурацијом даљинског управљања,
- Инфраструктура података уз дефинисање начина реализације, приказ моделирања података, дефинисање извора података, утврђивање система за контролу процеса и рада опреме, приказ логичког и физичког модела базе,
- Дат је опис надзорно-информационог система Рудника Угљевик са свим системима и подсистемима те MIDSS и заштита система.

Након тога се послије дефинисања структуре НИС-а прешло на избор информатичких алата у другом дијелу модела који представља операционо-симулациони дио и који чини главни дио управљачког дијела модела управљања. У њему су дати прегледи и описи софтверских пакета који су коришћени и чију је оправданост употребе у ове сврхе ова докторска дисертација потврдила. Приказани су софтверски пакети за Статистичку обраду података и Израду симулационог модела дисконтинуалног система експлоатације, те 3D моделовање у сврху дефинисања оптималног диспечинг мода за унапријеђење рада багер-камион система на површинским коповима.

Када се све сумира, може се констатовати да напријед презентоване информатичке техологије представљају практично употребу комерцијалних програма али према нивоу и у облику који је специфичан за поједини рудник, као што је то случај у овој дисертацији Рудник Угљевик.

7.3. Закључци

7.3.1. Подстицај дисертације

За опстанак рударске индустрије у 21. вијеку биће потребно да се изврше фундаменталне промјене, како у техничкој тако и у управљачкој технологији. Ова два извора иновација омогућила су другим пословним секторима да остану профитабилни. Ово потврђује и став највећих рударских компанија, које су идентификовале информациону и комуникациону технологију као најкритичније технологије рударске индустрије у будућности. Исте компаније су утврдиле да рудници већ посједују већи дио информационе технологије и података, али да менаџмент нема довољно знања да искористи сву вриједност тих података. Већа продуктивност, квалитет и профитабилност, уз задовољење унутрашњих и спољашњих клијената су неки од кључних ефеката коришћења података у спрези са напредним техникама управљања. Ови алати менаџмента су се показали као веома ефикасни на тактичком нивоу, на коме се информација директно из производног система може искористити ради оптимизације процеса и њихове интеракције.

Неколико неријешених питања у рударству довело је до потребе за изградњом једног структуираног и непосредно примјенљивог модела управљања помоћу кога би се управљало производним системом рудника. Системи тактичког управљања по правилу еволуирају са временом, поготово када су у питању промјене у систему менаџмента. Потреба за пројектовањем система управљања који непосредно рјешава проблеме производних технолошких система је такође констатована и образложена у овој дисертацији. Опште технике менаџмента које су дале добре резултате у неким другим гранама индустрије, у рударству су примјењене са промјенљивим резултатима. Неке од њих су примијењене успјешно, а неке неуспјешно. Тешкоће у примјени ових техника су посљедица разлика између индустријских грана у којима су оне настале и рударства. Због тога је било потребно обавити одговарајуће анализе и установиити посебности рударства, као и захтјеве које технике треба да испуне у овој грани индустрије.

7.3.2. Питања везана за управљање у рудницима

Детаљна анализа управљања у рударству довела је до идентификовања неколико група питања. Нека од њих су се јављала и у другим гранама индустрије. Питање које је заједничко за рударство и друге гране индустрије је функционална организација, недостатак фокуса на ланац вриједности, неадекватно мјерење учинака и потцјењивање утицаја културолошких фактора. Питања која су се јављала само у рударству су недостатак напредних техника менаџмента и ресурса потребних за коришћење тих техника.

У функционалној организацији пажња је усмјерена на одржавање и испуњење циљева производње. Посљедица тога је немогућност сагледавања ланца вриједности и трошкова као интегрисаног система. Када радници који учествују у неком процесу не разумију своје место у односу на цјелокупан систем, тада може доћи до неефикасности због неиспуњења

потреба унутрашњих или спољашњих клијената. Због тога организациони, а поготово управљачки системи, треба да буду засновани на процесима у ланцу вриједности.

Менаџери на великом броју рудника, поготов рудника који имају мале капацитете односно вриједности производње, немају ни инфраструктуру нити обуку да примијене напредне технике менаџмента. На жалост, овај проблем углавном није препознат због политички осјетљиве природе. Једно од могућих рјешења је да запослени информатички инжињери који су упознати са IT, заједно са менаџментима рудника, обезбиједе кључну услугу: системско одржавање. Они би тиме обезбиједили да систем менаџмента пружа одговарајуће информације и мотивацију, и били задужени за измјене у систему када се за тиме укаже потреба.

Процесом редизајна или реинжењеринга система управљања уз коришћење анализе, фокус менаџмента се може усмјерити на ланац вриједности и у рударству. Редизајн се организује преко фаза визуелизације и планирања. Организациони дизајн је омогућио производној индустрији да развије мјерење учинака у зависности од процеса чиме се повећала одговорност. Трошкови засновани на активностима могу даље побољшати ове мјере учинака тако да се препозна значај профита приликом одлучивања управљачких структура. Ове и друге технике управљања тиме унапријеђују производне учинке система, а преко унапријеђења тактичког управљања. Више од свих осталих информационе технологије -IT су алат који је омогућио примјену ових техника менаџмента.

IT ресурси могу бити набављени или развијени, менаџери се могу обучити, а технике менаџмента се могу развити. Технике менаџмента које су биле веома успјешне у другим индустријама се нису могле примијенити у изворном облику због специфичности рударства. Међутим, разлике се могу премостити разумијевањем.

Најважнија разлика је двојни карактер рударства који се налази негде између текућег пројекта у изградњи и фабрике. Сличност са пројектом у изградњи је што временски распоред производње и развоја мора да се испуни, а планиране етапе морају да се реализују. Сличност са производним системима је што се исти процеси циклично понављају, на примјер при изради просторија или при утовару и транспорту материјала. Системи транспорта, од камионског транспорта до извозног постројења, слични су одговарајућим системима у фабрикама. Примена концепата менаџмента који су настали у фабрикама отежана је у рудницима због утицаја радилишта на капацитет и промјенљивости продуктивности.

Рударска култура такође има специфичну дуалну природу. Културу рударског менаџмента карактерише потребан осјећај за ред, такмичарски дух међу менаџерима, фокус на краткорочне циљеве и опредијељеност доказаним правилима чак и када се више не могу применити. Култура рудара усмјерена је на осјећај безбиједности при обављању посла, због дугог и сложеног наслијеђа, понекад милитантних синдиката и честог исказивања ефективног отпора према промјенама. Дуална природа рударства произилази из чињенице да су културе менаџера и рудара толико различите да им је практично једина заједничка тачка став према промјенама. Ова културолошка питања се додатно компликују потребом

за високо квалификованим радницима у скоро сваком рударском процесу и законом прописаним захтевима за строгим надзором менаџера.

7.3.3. Преглед методологије

Методологија управљања дисконтинуалним системима површинске експлоатације, која се предлаже у овој дисертацији је развијена кроз неколико фаза које су генерално подијељене у два корака. Први корак представља изградњу НИС-а Рудника Угљевик као логистичко информациони дио модела управљања у којем су вршена истраживања и анализе свих специфичности оваквих производних система и искуства коришћења на другим рудницима. Други корак јесте приједлог рационалних критеријума за алокацију камиона у дисконтинуалним системима у циљу аутоматског управљања овим системима.

Оквир развијеног модела управљања је развијен на основу искустава, обимне анализе литературе и анализе досадашњих техника управљања али и додатних истраживања на специфичностима које је носио примјер Рудника Угљевик и који је послужио за опис основне поставке модела.

Циљ ове дисертације био је оптимизација дисконтинуалних система експлоатације са основним задатком унапријеђења ефикасности рада система примјеном диспечинг система у конкретним условима експлоатације. Анализирана су два најчешће коришћена критеријума оптимизације ових система (први-максимално коришћење камиона и други-максимално коришћење багера). Анализа је изведена кроз поређење са конвенционалним (фиксним) начином рада система багер-камиони ради оцјене ефикасности предложених критеријума диспечинга. Сви алгоритми су тестирани, а резултати симулације анализирани одговарајућим статистичким методама. Сваки критеријум има своје предности и недостатке који су коментарисани. Међутим, да би донијели коначну одлуку о примјени било ког критеријума неопходно детаљна анализа мора бити изведена према дугорочним циљевима и захтјевима одређеног површинског копа. Резултати примјене модела управљања дисконтинуалним системима експлоатације информационим технологијама на готово свим нивоима управљања рудника дају флексибилност са значајнијим утицајем менаџмента рудника на сам производни систем рудника. Такође модел треба да идентификује подручја односно основне фазе саме методологије:

- **Планирање и изградња инфраструктуре система:** овом фазом је потребно обезбиједити прилагодљивост система у будућности тако што би се израдио нацрт система управљања, а узимајући у обзир предвиђену технологију и корпоративне циљеве. Ограничења која би се уградила у систем управљања могу се избјећи сагледавањем дугорочног развоја IT и система управљања. Приликом изградње инфаструктуре система се моделују подаци и организују различити извори података што је релативно комплексно питање у рударској индустрији
- **Утврђивање мјера-начина вриједовања и учинака:** мјерење је кључ за остваривање продуктивности али и камен темељац за креирање информација које се користе приликом оперативног управљања. Обрачунска мјерења стварају услове за

адаптацију и побољшање резултата унапријеђења производних и технолошких процеса. У овој фази се развијају начини мјерења и обрачуна.

- **Изградња инфраструктуре управљања:** за коришћење и одржавање било којег система управљања потребна је организациона шема. У овој фази се развијају (пројектују) и примјењују одговарајући процедурални механизми како би се обезбиједило ефективно управљање над системом рударске производње.

Операциона фаза-Диспечинг: у овој фази се обрађују питања која се односе на начин коришћења, одржавања и будућег развоја система управљања , при чему се значај придаје што ефектнијем ***Прикупљању и статистичкој обради података*** из самог производног процеса те ***Коришћењу симулационог модела*** који даје естимације понашања система у будућем периоду, што умногоме олакшава менаџменту доношење одлука у смислу оптималног коришћења опреме у самом производном процесу помоћу 3D моделовања у сврху дефинисања оптималног диспечинг мода за унапријеђење рада багер-камион система на површинским коповима.

За потребе симулације реалног система багер-камиони веома је битно користити податке који доста тачно одражавају реалност. Улазне податке је веома тешко уопштавати у циљу да модел буде универзално примјенљив. Због тога, стохастички модели се користе у симулацијама за генерисање случајних варијабли које објашњавају понашање стварног система у одређеним радним условима.

Статистички модели радних циклуса система су математички изрази који стохастички објашњавају како се случајне промјенљиве понашају у одређеном простору. Наравно у симуационим моделу није било могуће обухватити све детаље који се јављају у реалним условима рада транспортног система, али валидацијом и верификацијом модел,а сакупљеним подацима и коришћењем поменутих софтвера, добијена је жељена прецизност резултата симулације у оквиру ове студије случаја.

У сваком случају, симулациони модел, изграђен на основу података прикупљених у реалним радним условима и времену са обрадом у статистичким и стохастичким моделима, осликава динамичка стања транспортног система на експлоатацији откривке у одређеном планском периоду рударских активности. Флексибилност модела се огледа у могућности разматрања различитих структура опреме у систему и да оптимизује параметре појединачних процеса у систему, као и јединственог транспортног система.

У приказаној студији случаја три система багер-камион су радила на експлоатацији откривке и јаловине у фиксном циклусу (моду) тако што је сваки багер радио са њему приписаним бројем камиона. Овај начин рада система чини базни систем за поређење са динамичким циклусом рада камиона. Динамички циклус рада („dispatching mode“) подразумијева отворени циклус рада за све камионе у систему, тако да у сваком наредном циклусу камион може бити утоварен са било којим багером. .
Приликом дугорочног планирања експлоатације на површинском копу, пројектант је увијек суочен са два основна задатка. Први је да се користе савремене методе и приступи у анализи и пројектовању у циљу изналажења оптималних рјешења, други да докаже

могућност примјене ових метода, а онда подстакне рударске инжењере да их користе у реалним околностима. У суштини ова дисертација је била усмјерена ка другом задатку. Дефинисани су и анализирани реални критеријуми алоцирања камиона, и закључило се да пружају велике могућности за повећање ефикасности рада дисконтинуалних система.

Имајући у виду да Рудник Угљевик већ располаже са највећим дијелом управљачког система (НИС) постоји велика могућност надградње овог система тако да се у систем укључи недостајућа опрема уз примјену одговарајућег софтверског рјешења. На овај начин би се једноставно омогућило аутоматско управљање овим системима у реалном времену према одговарајућем критеријуму и циљевима Рудника.

Имајући у виду закључке до којих се дошло у овој дисертацији и резултате објављене у стручној литератури општи је закључак да ови системи могу утицати на повећање капацитета дисконтинуалних система до 15%, зависно од величине система и услова на копу. У сваком случају коначно рјешење треба да проистекне из детаљне техно-економске анализе у односу на дугорочне циље ве Рудника.

7.4. Препоруке за даљи рада и истраживања

Наставак истраживачких активности у овој области, техника и метода управљања, као и информационе инфраструктуре система требала би да иду у следећим правцима:

- Постављање циља развоја општег модела података за рударство, који би се могао сматрати званичним и широко употребљивим. Такав модел би дефинисао стандардизовани начин на који информациони системи треба да врше обраду производних информација и трошкова у рударству,
- " Data mining" (разоткривање података) је нова област, која се у маркетингу користи за откривање шема међу великом количином података. Техника користи алгоритме претраге за детектовање шема у дефинисаној бази података. Ова технологија се може користити за аутоматску карактеризацију шема продуктивности рудника на основу огромног броја података о производњи и трошковима, а који ће бити на располагању у будућности,
- Метрика за сваки ниво управљања се може додатно развијати. Овом дисертацијом дати су приједлози метрике за одређене нивое производног и тактичког менаџмента. Метрика на нивоу оперативног менаџмента се може извести даљим развојем модела у смислу стандардизовања и аналитике перформансе учинака. С друге стране и метрика дефинисана за тактички ниво управљања се може двосмјерно даље развијати ка вишим – стратешким нивоима или нижим – дугорочним оперативним нивоима управљања,
- Оправдано је додатно прилагођавање савремених техника менаџмента које су коришћене и поменуте у овом раду у циљу њихове шире примјене у рударству а иста се могу остварити даљом примјеном у пракси,
- Образовање будућих менаџера о техникама управљања и оперативним питањима треба да се обавља на II и III циклусу студија и на професионалном нивоу,

- Могуће је развијање и коришћење више различитих правила диспечинга да би се статистички упоређивали с постојећим правилима која су употреби данас,
- Препоручује се проширење овог модела са модулима у операционо-симулационом дијели, који би вршили симулацију и комбинованих или континуалних система, гдје би се могле искористити већ развијене инфраструктуре надзорно-информационог система. Ово је могуће урадити употребом комерцијализованих програма за симулацију рада дробилица, трака, континуалних багера и др.,
- Препоручује се даљи редизајн форми извјештаја за више нивое управљања (стартешког нивоа), у којем се неће додавати превелик број информација и преоптерећивати тај систем управљања вишком података, него би се те допуне и измјене односиле на другачију структуру података и параметара којима би се постигла извјесна интеракција са нижим нивоима управљања.

ЛИТЕРАТУРА

1. Alarie, S. & Gamache, M. (2002), `Overview of solution strategies used in truck dispatching systems for open pit mines', International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment 16(1), 59{76.

2. Allen, L J. Implementing Quality in the Technical Computing Environment - A Case Study from Pasminco Mining - Broken Hill. *25th Conference on the Application of Computers and Operations Research in the mineral Industry.* Brisbane 9-14 July 1995 pp. 479-481.

3. Amirkhanian, S. & Baker, N. (1992), `Expert system for equipment selection for earth-moving operations', Journal of Construction Engineering and Management 118(2), 318-331.

4. Andrew Chapman "A Field Study on Haul Time Variability in Open pit Mines",Mr Applied Science , Queen's University Kingston, Ontario, Canada, August, 2012

5. Ataeepour, M., and Baafi, E., 1999. "ARENA Simulation Model for Truck-Shovel Operation in Dispatching and Non-Dispatching Modes ", Int. Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment, Vol. 13, pp. 125-129)

6. Baiden, Greg and Louis Zanibbi. "The Application of Activity Based Costing in a Mining Environment." *Telemin 1, 5th International Symposium on Mining Automation*, 1999, Sudbury Ontario, CD-ROM

7. Bandopadhyay, S. & Venkatasubramanian, P. (1987), `Expert system as decision aid in surface mine equipment selection', International Journal of Surface Mining 1, 159-165

8. Bascetin, A. (2004), `An application of the analytic hierarchy process in equipment selection at Orhaneli open pit coal mine', Mining Technology, Transactions of the Intitute of Mining and Metallurgy part A. 113, A192-A199.).

9. Billette, N. R., and Seka, B.P., 1986. "Haulage system Capacity: analytical and Simulation Models Revisited", 19th APCOM, AIME, Littleton, Colorado, pp. 377-396.

10. Blackwell, G. H. (1999), `Estimation of large open pit haulage truck requirements',CIM Bulletin 92(1028), 143-148

11. Brake, J. D., and Chatterjee, K. P., 1979. "Evaluation of Truck Dispatching and Simulation Methods in Large-Scale Open Pit Operations", 16th APCOM, AIME, pp. 375-381

12. Burt, C. N. & Caccetta, L. (2007), `Match factor for heterogeneous truck and loader fleets', International journal of mining, reclamation and environment 21, 262 -270.)

13. Burt C.N : *An Optimisation Approach to Materials Handling in Surface Mine,s* , PhD thesis, Curtin University of Technology, 2008)

14. Cavender, B. *Mineral Production Costs: Analysis and Management.* Colorado: SME 1999

15. Caccetta, L. & Hill, S. (2003), `An application of branch and cut to open pit mine scheduling', Journal of Global Optimization 27, 349-365

16. Cebesoy, T., Gzen, M. & Yah_si, S. (1995), A systematic decision making model for optimum surface mining equipment selection, in Singhal, Mehrotra, Hadjigeorgiou & Poulin (1995), pp. 369-377.

17. Cebi, Y., Köse, H. & Yalcin, E. (1994), A computer program for the selection of open pit mining equipment, in Pasamehmetoglu (1994), pp. 417-421

18. C¸elebi, N. (1998), `An equipment selection and cost analysis system for openpit coalmines', International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment12, 181-187.)

19. Çetin, Necmettin, Open pit truck/shovel haulage system simulation, Ph.D thesis., The Graduate School of Natural and Applied Sciences of Middle East Technical University- Department of Mining Engineering,September 2004, 116 pages

20. Clement, S. & Vagenas, N. (1994), `Use of genetic algorithms in a mining problem',International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment 8, 131-136.

21.Cormen T., Leiserson C., Rivest R., and Stein C., Introduction to Algorithms, 2nd ed.: McGraw-Hill, 2001

22. Corkins, Gary. "Activity-Based Performance Measurement." *Perform Magazine.* February 16. 2001 <http//www.pbviews.com/magazine/articles/activity_based.html

23. Cross, B. K., and Williamson, G. B., 1969. "Digital Simulation of an Open Pit Truck Haulage System", A Decade of Digital Computing in the Mineral Industry, Weiss, A., (Ed), AIME, New York, pp. 385-400

24. Dagdelen, K., Topal, E. & Kuchta, M. (2000), Linear programming model applied to scheduling of iron ore production at the Kiruna mine, Sweden, in Panagiotou & Michalakopoulos (2000), pp. 187-192

25. Dagdelen, K. & Asad, M. W. (2002), Optimum cement quarry scheduling algorithm, in Bandopadhyay (2002), pp. 697-709

26. Dantzig G.B and Ramser J.H., "The Truck Dispatching Problem," Management Science, vol. 6, no. 1, pp. 80-91, 1959

27. Devine, Micheal and Ian Brogen. "Information Technology Planning: Critical for Implementing Advanced Manufacturing Automation." *AUTOMIN 6: 6th Canadian Symposium on Mining Automation,* Oct. 16-19, Montreal 1994 pp. 239-356.

28. Denby, B. & Schofield, D. (1990), `Applications of expert systems in equipment selection for surface mine design', International Journal of Surface Mining and Reclamation 4, 165-171.

29. Eldin, N. & Mayfield, J. (2005), `Determination of most economical scrapers fleet',Journal of Construction Engineering and Management pp. 1109-1114.)

30. Ercelebi & Kirmanli 2000 Review of surface mining equipment selection techniques. Proceedings of the Ninth International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection /Athens/Greece/6-9 November 2000 . A.A. Balkema, Rotterdam, 547–553.

31. Farid, F. & Koning, T. L. (1994), `Simulation veri_es queuing program for selecting loader-truck fleets', Journal of Construction Engineering and Management 120(2), 386-404.

32. Frimpong, S., Changirwa, R. & Szymanski, J. (2003), `Simulation of automated dump trucks for large scale surface mining operations', International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment 17(3), 183-195.

33. Forsman, B., and Vegenas, N., 1992." Using METAFORA to Evaluate the Transport System In a Swedish Open Pit Mine", 23rd APCOM, SME,pp. 733-738.

34. Gamache S., Alaire M., "Overview of Solution Strategies Used in Truck Dispatching Systems for Open Pit Mines," International Jopurnal of Mining, Reclamation and Environment, vol. 16, pp. 59-76, 2002.

35. Ganguli, R. & Bandopadhyay, S. (2002), `Expert system for equipment selection', International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment 16(3), 163-170.)

36. Gransberg, D. D. (1996), `Optimizing haul unit size and number based on loading facility characteristics', Journal of Construction Engineering and Management 122(3), 248-253

37. Griffis, Jr, F. H. 1968. Optimizing haul fleet size using queueing theory. Journal of the Construction Engineering Division 94(1) 41–54.)

38. Haidar, A. & Naoum, S. (1995), Selection of opencase mine equipment using knowledge base and genetic algorithms, in Singhal et al. (1995), pp. 409-414.,

39. Haidar, A. & Naoum, S. (1996), `Opencast mine equipment selection using genetic algorithms', International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment 10, 61-67.

40. Haidar, A., Naoum, S., Howes, R. & Tah, J. (1999), `Genetic algorithms application and testing for equipment selection', ASCE Journal of Construction Engineering and Management 25(1), 32-38.,

41. Hagenbuch, L., 1988. "The Basic Factors Involved and Putting These Factors into Mathematical formulas (Algorithms)", Int. Journal of Surface Mining, Vol. 1, No. 2, pp. 105-129

42. Hajdasinski, M. M. (2001), Suboptimal solutions in practical operations-research applications, in H. Xie, Y. Wang & Y. Jiang, eds, `Computer applications in the minerals industries', Swets and Zeitlinger, Lisse, pp. 245-248.)

43. Hustrulid, WHIiam A. and Jan-Olov Nilsson. "Autoration and Productivitv Increases at LKAB, Kiruna, Sweden." *Ann. Gen. Meeting, Can. Inst. of Min. Met. and Pet, May2-5. Montreal, Quebec,CD*-ROM, 9p

44. Hall, B. E. (2000), Simulation modelling of mining systems, in `Proceedings of MassMin 2000', The Australiasian Institute of Mining and Metallurgy, The Australiasian Institute of Mining and Metallurgy, Melbourne, pp. 83-95

45. Himebaugh, A. E., 1980. “Computer-Based Truck Dispatching in the Tyrone Mine", Mining Congress Journal, Vol. 66, No. 11, November, pp. 16-21

46. Hrebar, M. & Dagdelen, K. (1979), Chapter 44: Equipment selection using simulation of dragline striping methods, in T. J. O'Neil, ed., `16th application of computers and operations research in the mineral industry', Society of Mining Engineers of AIME, New York, pp. 449-461

47. Hodson, D. I., and Barker, K. S., 1985. "The Design and Development of a Computerized Truck Dispatching System", Mining Conference, Birmingham, UK, June, 83-90.

48. Jayawardane, A. & Harris, F. (1990), `Further development of integer programming in earthwork optimization', Journal of Construction Engineering and Management 116(1), 18-34

49. Kannan, G. (1999), A methodology for the development of a production experience database for earthmoving operations using automated data collection, PhD thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University

50. Karimi, S. M., Mousavi, S. J., Kaveh, A. & Afshar, A. (2007), `Fuzzy optimization model for earthwork allocations with imprecise parameters', Journal of Construction Engineering and Management 133(2), 181-190.

51. Kesimal 1998 Kesimal, A. 1998. Shovel-truck productivity and efficiency studies for overburden removal in an open-pit coal mine. Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy, Section A: Mining Industry 107 A37–A40

52. Kim, Y. C., and Ibarra, M. A., 1981. "Truck Dispatching by Computer Simulation", Bulk Solids Handling, Vol. 1, No. 1, pp. 137-147.

53. Kolonja, B., 1992. "Simulation Analysis of Dispatching Strategies for Surface Mining Operations Using SIMAN", M. Sc. Thesis, Pennsylvania State University

54. Kolonja, B., and Vasiljevic, N., 2000. "Computer Simulation of Open-Pit Transportation Systems", Mine Planning and Equipment Selection, Panagiotou and Michalakopoulos (Eds), Balkema, Rotterdam, pp. 613-618.

55. Kumral, M. & Dowd, P. (2005), `A simulated annealing approach to mine production scheduling', Journal of the Operational Research Society 56, 922-930

56. LeRoy G. Hagenbuch, "Mining truck dispatching: The basic factors involved and putting these factors into mathematical formulas (algorithms)," International Journal of Mining, Reclamation and Environment, vol. 1, no. 2, pp. 105-129, 1987.

57. Leica Geosystems. (2012, Jan.) Jtruck >> Leica Geosystems. [Online]. http://mining.leica-geosystems.com/products/Jfleet/Jtruck/ .

58. Lizotte, Y., and Bonates, E., 1987. "Truck and Shovel Dispatching Rules Assessment Using Simulation", Mining Science and Technology, Vol. 5, pp. 45-58.)

59. Malbašić V. Model za evaluaciju transportnih sistema u funkciji dugoročnog planiranja površinskih kopova metala, doktorska disertacija, RGF Beograd, 2007.

60. Marzouk, M. & Moselhi, O. (2004), `Multiobjective optimization of earthmoving operations', Journal of Construction Engineering and Management 20(6), 535-543

61. Marzouk, M. & Moselhi, O. (2002a), Selecting earthmoving equipment fleets using genetic algorithms, in E. Yucesan, C. Chen, J. Snowdon & J. Charnes, eds, `Proceedingsof the 2002 Winter Simulation Conference'

62. Marzouk, M. & Moselhi, O. (2002b), `Simulation optimization for earthmoving operations using genetic algorithms', Construction Management and Economics 20(6), 535-543.

63. Marzouk, M. & Moselhi, O. (2004), `Multiobjective optimization of earthmoving operations', Journal of Construction Engineering and Management 20(6), 535-543.
Modular Mining Systems, Inc. (2012, Jan.) Modular Mining Systems, Inc. [Online]. *http://www.mmsi.com/DISPATCHop.html*

64. Markeset, T. & Kumar, U. (2000), Application of LCC techniques in selection of mining equipment and technology, in Panagiotou & Michalakopoulos (2000), pp. 635-640

65. Morgan and Peterson, 1968: Morgan, W., & Peterson, L. (1968). Determining shovel – truck productivity. Mining Engineering, 76-80.).,

66. Morgan, B. (1994b), Optimizing truck-loader matching, in Pasamehmetoglu (1994), pp. 313-320

67. Mueller, E. R., 1977. “Simplified Dispatching Board Boosts Truck Productivity at Cyprus Pima", Vol. 29, No. 8, Mining Engineering, August, pp. 40-43

68. Naoum, S. & Haidar, A. (2000), `A hybrid knowledge base system and genetic algorithmsbfor equipment selection', Engineering, Construction and ArchitecturalbManagement 7(1), 3-14.)

69. O'Shea, J. B. (1964), An application of the theory of queues to the forecasting of shovel truck fleet productions, Master's thesis, University of Illinois, Urbana, Illinois.

70. Ramazan, S. & Dimitrakopoulos, R. (2003), Production scheduling optimisation in a nickel laterite deposit: MIP and LP applications and infeasibility in the presence of orebody variability, in Kuruppu & Lilly (2003),

71. Rouse M.J., Fleising U. "Workplace Cultures in a British Columbia Coal Mine" (pp. 238-248) Stable URL: http://www.jstor.org/stable/44126806

72. Smith, S. D., G. S. Wood, M. Gould. 2000. A new earthworks estimating methodology. Construction Management and Economics 18(2) 219–228).

73. Schexnayder, C., Knutson, K. & Fente, J. (2005), `Describing a beta probability distribution function for construction simulation', Journal of Construction Engineering and Management 131(2), 221-229.

74. Schexnayder, C., Weber, S. & Brooks, B. (1999), `ffect of truck payload weight on production', Journal of Construction Engineering and Management 125(1), 1-7.

75. Shi, J. J. (1999), `A neural network based system for predicting earthmoving production',Construction Management and Economics 17, 463-471

76. Soumis, F., Ethier, J., and Elbrond, J., 1989. "Truck Dispatching in an Open-Pit Mine", Int. Journal of surface Mining, Vol. 3, pp. 115-119.

77. Ta, C., Kresta, J., Forbes, J. & Marquez, H. (2005), `A stochastic optimization approachto mine truck allocation', International Journal of Surface Mining 19, 162-175.

78. Tailakov, O. V. & Konyukh, V. L. (1994), Equipment selection by simulation modeling of mining machine interactions, in Pasamehmetoglu (1994), pp. 301-305.

79. Tan, S., 1992. "Production Planning and Operational Control; New Algorithms with Application to the Mining Industry", Ph.D. Thesis, the Pennsylvania State University.

80. Tan, S., and Ramaни, R. V., 1992. "Evaluation of Computer Truck Dispatching Criteria", Preprint 92-215, SME AIME Annual Meeting, Phoenix, Arizona.

81. Tan, S., 1992. "Production Planning and Operational Control; New Algorithms with Application to the Mining Industry", Ph.D. Thesis, the Pennsylvania State University

82. Temeng, V. A., Francis, O. O., and James, O. F., 1997. "Real-Time Truck Dispatching Using A Transportation Algorithm", Int. Journal of Surface Mining, Vol. 11, pp. 203-207.)

83. Tu, H. J., and Hucka, V. J., 1985. "Analysis of Open Pit Truck Haulage System by Use of a Computer Model", CIM Bulletin, Vol. 78, No. 879, July, pp. 63-59

84. TALPAC, Runge Software.

85. Vuković F. Razvoj sistema za praćenje i uoravljanje troškovima transporta na površinskim kopovima", doktorska disertacija, RGF Beograd, 2005

86. Webster, D. & Reed, R. (1971), `A material handling system selection model', AIIE Transactions 3(1), 13-20.).

87. Welgama, P. & Gibson, P. (1995), `A hybrid knowledge based/optimisation system for automated selection of materials handling system', Computers Industrial Engineering 28(2), 205-217.).

88. White J., Arnold M.J., and Clavenger J.G., "Automated Open-Pit Truck Dispatching at Tyrone," Engineering &Mining Journal, vol. 183, no. 6, pp. 76-84, June 1982.

89. Wilke, F. L., and Heck, K., 1982. "Simulation Studies on Truck Dispatching", 17th APCOM, AIME, New York, pp. 620-626

90. World Mining Equipment Online. *Survival 2001 Seminar*. July 31st 2001. http://www.wme.com

91. Youdi, Z., Jing, S., Shuguang, L., and Daxian, Z., 1994. "System Simulation of Optimal Truck Dispatching Criteria in open Cut Mining", Mine Planning and Equipment Selection, Pasamehmetoglu, et al. (Ed), Balkema, Rotterdam, pp. 307-311.

92. Xinchun, L., Weicheng, Z. & Youdi, Z. (2004), Application of genetic algorithm to optimize the number and size of equipment of surface mine, in Hardygora et al. (2004), pp. 637-639

93. http://www.rpmglobal.com/software/haulsim

94. G. Panagiotou, T. Michalakopoulos, eds., Mine planning and equipment selection 2000: Proceedings of the Ninth International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection /Athens/Greece/6-9 November 2000 . A.A. Balkema, Rotterdam, 547–553.

СПИСАК СЛИКА

Слика 1.1. Фазе развоја модела управљања
Слика 1.2. Структура и ток израде дисертације
Слика 3.1. Кључни концепт рударског система
Слика 3.2. Шема организационе, руководне функционалне структуре система
Слика 3.3. Структура система према фунцкионалним системима на ПК „Богутово Село“
Слика 3.4. Примјер структуре активности у производном процесу производње угља
Слика 3.5: Примјер гантограма утовара багера
Слика 3.6. Дистрибуција литературе и примјењених техника за проблем избора опреме
Слика 4.1. Методологија формирања модела управљања дисконтнуалним системима површинске експлоатације
Слика 4.2 Елементи дијаграма класа из UML-а-уопштено
Слика 4.3. Примјер Модел података производње на ПК Богутово Село
Слика 4.4. Релациони модел података Производња
Слика 4.5. Процесни модел Рудника Угљевик
Слика 4.6. Модел процеса на ПК Богутово Село
Слика 4.7. Уопштена хијерархија/мапа капацитета у систему
Слика 4.8. Завршетак Фазе Планирања и изградње инфраструктуре система
Слика 4.9 Завршетак Фазе утврђивања мјера учинака
Слика 4.10. Шематски приказ токова и односа репродукционих цјелина Рудника Угљевик
Слика 4.11. Завршетак фазе изградње инфарструктуре управљања
Слика 4.12. Дискретни модел транспорта
Слика 4.13. Дијаграм процеса тестирања статистичких модела
Слика 4.14.: Hi-квадрат расподјела
Слика 4.15. Завршетак изградње Модела управљања
Слика 5.1. Шематски приказ интегралног информационог система
Слика 5.2. Шема организационе и руководне функционалне структуре
Слика 5.3. Функционална структура НИС система ПК “Богутово село“
Слика 5.4. Основне активности у производњи
Слика 5.5. Планирање производње
Слика 5.6. БТД систем
Слика 5.7. Остварени учинци
Слика 5.8. Стање опреме и застој
Слика 5.9. Организациона структура и физичка топологија НИС
Слика 5.10. Извршни ниво надзорно-управљачког система
Слика 5.11. Модел процеса у производном систему Рудника „Угљевик“
Слика 5.12. Организациона шема Рудника
Слика 5.13. Модел производње
Слика 5.14. Застоји у производњи
Слика 5.15. Планирање производње
Слика 5.16: Модел података-Релациони модел за примјер Модул Материјални ресурси
Слика 5.17. Улазни панел SQL сервера
Слика 5.18. Дијаграмо базе података

Слика 5.19. Примјер Базе података према Корисничким улогама
Слика 5.20. Изглед централно шифарника у бази података
Слика 5.21 Екранска форма Обрасца Минерални Ресурси
Слика 5.22. Екранска форма основног обрасца Материјални ресурси
Слика 5.23. Екранска форма обрасца Производња и базе података
Слика 5.24. Екранска форма Обрасца Производња за Диспечерски центар
Слика 5.25. Екранска форма Апликација:Производња-Образац
Слика 5.26 . Екранска форма апликације: Производња-Дијаграм по камиону
Слика 5.27.Екранска форма обрасца Екологија
Слика 5.28. Екранска форма Апликације Људски ресурси
Слика 5.29. Екранска фрома апликације за запослено лице
Слика 5.30. Панел за унос жељених улазних података
Слика 5.31. Панел за „Фитовање криве“
Слика 5.32. Уређивање излазних података
Слика 5.33. Изглед панела за дефинисање врсте материјала
Слика 5.34. Изглед панела за дефинисање организације рада
Слика 5.35. Изглед панела за избор утоварне машине
Слика 5.35. Изглед панела за избор камиона
Слика 5.37. Изглед панела за избор камиона
Слика 5.38. Изглед панела за дефинисање транспортне трасе
Слика 6.1. Екранска форма обрасца за аутоматско праћење система багер-камион
Слика 6.2. Екранска форма Обрасца за производњу камиона
Слика 6.3. Форма табеларног прегледа рада камиона-временски циклуси
Слика 6.4. Форма табеларног прегледа рада камиона и потрошње са упоређивањем са планским параметрима
Слика 6.5. Екранска форма извјештаја у облику дијаграма производње камиона
Слика 6.6. Екранска форма извјештаја у облику дијаграма производње за све камионе
Слика 6.7. Табеларни пргелед рада камиона – мјесечни ниво са прегледом по смјенама данима
Слика 6.8. Табеларни прикази трошкова за поједине машине, системе
Слика 6.9. Примјер Дефинисање функционалне зависност рада багера
Слика 6.10. Примјер Дефинисања функционалне зависности утрошка горива дампера
Слика 6.11. Примјер Дефинисања функционалне зависности трошкова рада багера и дампера
Слика 6.12. Конструктивне карактеристике багера са висинском кашиком
Слика 6.14 : Форма извјештаја резултата симулације у програмском пакету Talpac
Слика 6.15. Рад камиона у диспечинг моду
Слика 6.16. Упоредни приказ симулације капацитета
Табела 6.17.. Процентуални раст капацитета у односу на систем

СПИСАК ТАБЕЛА

Табела 2.1. Литература за моделирање
Табела 2.2. :Преглед симулационих модела камионског транспорта
Табела 4.1. Могуће ставке података/информација које се сакупљају
Табела 4.2. Излазне ставке/ подаци Праћења рада и застоја механизације
Табела 4.3. Нивои одговорности и позиције
Табела 4.4. Матрица управљачких процеса
Табела 4.5. Матрица помоћних процеса
Табела 4.6. Матрица основних процеса
Табела 4.7. Упоређивање неких симулационих језика и потребне основне особине
Табела 5.1. Матрица посебних одговорности
Табела 5.2. Структура података
Табела 5.3. Везе функција система и података
Табела 6.1. Извјештај о раду багера
Табела 6.2. Извјештај о раду багер-камион система
Табел 6.3. Улазни подаци за статистичку обраду ПК Богутово Село – БК систем
Табела 6.4. Рад система багерРС 3000/2 – камион BELAZ 75135; дана: 24.6-откривка
Табела 6.5. Рад система багер RH 120/2– KAMION (BELAZ) 75145; дана: 24.6. – угаљ
Tabela 6.6. Конструктивне карактеристике багера на ПК Богутово Село
Табела 6.7.Техничко-технолошки параметри и капацитети багера.
Табела 6.8. Техничко технолошке карактеристике камиона
Табела 6.9. Радне димензије камиона на транспорту
Табела 6.10. Лабораторијске вриједности параметара стијена према литолошком саставу лежишта
Табела 6.11. Усвојени параметри расподела временских активности багера
Табела 6.12. Усвојени параметари расподјела отказа багера
Табела 6.13. Усвојени параметари расподјела отказа камиона
Табела 6.14. Упоредни приказ параметара симулације за различите критеријуме диспечинга

БИОГРАФИЈА АУТОРА

Лични подаци:

Мр Димшо Д. Милошевић,дипл.инг.рударства
Мачванска 52Ђ 76300 Бијељина
Тел/фах:055/774434, 771835.
Моб.065917053
e-mail:dimsomilosevic@gmail.com

Датум и мјесто рођења:20.05.1960, Г. ВИШЋА, ЖИВИНИЦЕ БиХ
Запослен: ЗП РИТЕ УГЉЕВИК А.Д. УГЉЕВИК

Поодаци о стручној спреми и усавршавању

-Завршио машинску-техничку школу у Бановићима 1975÷1979 године.
-Завршио рударски факултет у Тузли 1979÷1983 године, дипломирао на рударском одсјеку, смјер рударско-експлоатациони 24.06.1983 године.
-Положио стручни испит за послове техничког руковођења у рударству, 10.02.1986 године у Сарајеву (Увјерење бр. 06/1-153-241).
-Завршио постдипломске студије 2004÷2005 године на Рударско-геолошком факултету у Београду, магистрирао 21.10.2005 године у области рударства-технологија површинске експлоатације.
-Ради докторску дисертацију на РФ у Приједору.

Кретање у радном ангажману

РМУ»Ђурђевик», ПК»ВИШЋА» Инж. младји – приправник
1985-1986 « Смјенски инжењер
1985-1986 « Инж. технолош процеса
1986-1987 « Инж. за минирање
1987-1988 « Главни диспечер
1988-1990 « Асистент управника
1990-1991 « Управник ПК»Поточари»
1991-1992 « Технички руководилац површинских копова «ВИШЋА»
1997-1999 РиТЕ УГЉЕВИК Руководилац смјене
1999-2001 « Инж.за оптим. произв. процеса
2001-2002 « Технички руков. РЈ»Рудник»
2002- 2006 « Главни технички рук. РЈ»Рудник»
2006-2006 « Водећи инжењер за технологију
2006 -2008 ЕФТ Гроуп Рудник лигнита Станари Главни технички руководилац
2008- 2008 „Минерал-пројект“ д.о.о. Бијељина, Главни пројектант.
2008 и даље ЗП РИТЕ Угљевик а.д. ГЛАВНИ ТЕХНИЧКИ РУКОВОДИЛАЦ РУДНИКА.

Подаци о радном и стручном искуству

Сарадник (стални или повремени): Рударског Института Београд, Рударско-геолошког факултета у Београду, Рударског Института Приједор, Рударског Института Тузла, ИРМ Бор Зворник,ЗП РиТЕ Гацко а.д. и ARCELOR MITAL д.о.о. Приједор.

БИБЛИОГРАФИЈА АУТОРА

I – Научна монографија

1. Максимовић, М.,**Милошевић, Д.** (2016): *Заштита животне средине – Рекултивација пошумљавањем одлагалишта површинских копова угља*. Научна монографија. Инситут за рударство и металургију Бор. Бијељина.

П Р Е Д Г О В О Р - Рударска експлоатација минералних сировина је по дефиницији захват у природну средину, знајући даповршински копови радикално мијењају терен, рељеф, природне услове, начин коришћења земљишта, комуникациони и урбани систем итд. Најбитнија је ипак промјена облика терена на којем површински коп ради.Путем рекултивације могуће је деградиране површине санирати и побољшати квалитет поремећених земљишта.

Рекултивација земљишта у већини земаљаподразумијева сложен поступак од рударско-инжењерских, мелиоративних, агротехничких и других мјера које су усмјерене ка обнављању репродуктивне способности оштећеног земљишта и стварању организованих „културних“ предјела. То значи да се рекултивација нарушених и поремећених земљишта рударским радовима не може се ријешити без детаље анализе геолошких, педолошких, климатских, вегетацијских, орографских и других карактеристика.

За рекултивацију су у потпуности подесне само равне површине, док косине траже нешто скупље интервенције, односно већи рад на техничко-биолошкој обради. Примјеном биолошке рекултивације пошумљавањем првенствено се дјелује на спречавање ерозије и обезбјеђење стабилности косина и берми. Нижа одлагалишта имају повољнији однос равних и косих површина, што их чини и повољнијим за биолошку рекултивацију. Основни проблем у контексту економске оцјене развојних пројеката попут рекултивације деградираног земљишта јест чињеница да се трошкови тих пројеката могу процијенити прилично једноставно, док је мјерење користи врло сложено. Разлог томе је чињеница што се велики дио тих користи састоји од побољшања квалитета околине у девастираним рударским подручјима.

Трошкови рекултивације деградираног земљишта изазваног рударским радовима подразумијевају трошкове откупа или заузимања земљишта и трошкове рекултивације (техничке и биолошке рекултивације).Биолошка средства се разликују од других основних средстава по томе што имају способност биолошке трансформације, било да је ријеч о промјенама квалитативног и/или квантитативног карактера.Као таква, биолошка средства се одмјеравају приликом почетног признавања и на датум сваког биланса стања, процијењена по фер вриједности.

Уџбеници или приручници из области рекултивације су доста ријетки. Уколико постоје они најчешће обрађују област техничке (рударске) рекултивације. С тога ова монографија има за циљ да пружи свеобухватне информације везане за послове рекултивације, јер поред техничке (рударске) рекултивације обрађује и област биолошке рекултивације (пошумљавање-подизање шумских култура), те трошкове рекултивације и рачуноводствено евидентирање изведених биолошких радова. Као уџбеничка литература може послужити студентима, као и инжењерима и техничарима у пракси из области рударства, шумарства, пољопривреде, екологије и сл., а који се баве проблемима заштите животне средине и рекултивацијом.

II – Научни радови

1. Maksimović, M., **Milošević, D.** (2017): *The Effect of Fertilization on Changes in Physical Characteristics of Deposol in Artificially Established Stands of Black Pine*. VII Balkan Mining Congress "Balkan Mining for the Friendship and Progres". Book of Proceedings II. Prijedor, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina.

Апстракт: Објекат истраживања су вјештачки подигнуте састојине црног бора на лапоровитим депосолима Угљевичких одлагалишта старе 12 година, засноване у прољеће 1992. године садницама старости три године. У овим састојинама црног бора до почетка истраживања нису вршене било које мјере његе и корекције физичко-хемијских својстава земљишта.Циљ истраживања је анализирање могућности поспјешења физичких особина депосола, као и хемијских особина, путем боље обезбијеђености основним хранљивим материјама путем ђубрења и тиме остваривања побољшаног раста црног бора. У складу са постављеним циљевима истраживања у раду коришћене посебне научне методе, као и одговарајуће технике. Сви узорци лапоровитог депосола на почетку истраживања (прије ђубрења) према гранулометријском саставу припадају текстурној класи „глинуше". Ђубрење је извршено у два наврата (2003. и 2004. године). Текстурна класа земљишта, према резултатима на крају истраживања (2005. године), показује велику заступљеност глинастог земљишта, а доминантна текстурна класа земљишта је прашкаста глинуша. **Кључне ријечи:** депосол, ђубрење, физичке особине.

2.Арсеновић, С., **Милошевић, Д.** (2016): *Мониторинг негативног дејства технологије минирања на ПК „Богутово Село" на животну, урбану и радну средину*. Универзитет у Бањој Луци, Рударски факултет Приједор и савез инжењера рудара и геолога Републике Српске. II Рударско-геолошки форум, Приједор. Зборник радова - Стање и правци развоја рударства и геологије у републици Српској.

Абстракт: Коришћењем технологије минерских радова у процесу експлоатације минералних ресурса део енергије експлозије над којом се не може успоставити контрола, производи нежељене ефекте са негативним дејством на животну, радну и урбану средину, те се из тих разлога степен њиховог независног дејства мора редовно надзирати и контролисати кроз процедуре мониторинга. **Кључне ријечи:**мониторинг, геофизика, сеизмика, вјештачки потресим сеизмичко дејство, дејство зрачних удара, дејство буке.

3. Rajković, R., Kržanović, D., Mikić, M., **Milošević, D.** (2015): *Selection of Transport System for Transport of ash and Slag from the TPP Ugljevik at the OP Bogutovo Selo Ugljevik*. Journal of International Importance, Verifid by A Special Decision of the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic Serbia – M24. Mining and Metallurgy Institute Bor, N_o 4.

Abstract: At the open pit „Bogutovo Selo" – Ugfljevik, the coal minings is performed with a capacity of 1.750.000 tons annually out-of-mine brown coal for the needs of the Thermal Power Plant „Ugljevik". Ash and slang are generated as produst in operation of the power plant in the amounts of 420.000 m^3 i 80.000 m^3, respectively. These amounts have to be disposed in the area of the open pit „Bogutovo Selo". This papar presents a selection of transport system for ash and slag for the next period. **Key words**: Open Pit „Bogutovo Selo" – Ugljevik, ash and slag, transport system.

4.**Милошевић, Д.**, Максимовић, М., Перић, Н. (2015): *Оптимизација експлоатације угља на површинском копу "Богутово Село" – Јужни ревир*. Зборник радова. И рударско геолошки форум "Сребреница 2015". Савез инжењера рудара и геолога Републике Српске. Сребреница.

Апстракт :У овом раду је дат технички приказ система експлотације угља на ПК »Богутово Село« Угљевик у односу на пројектна рјешења из 1980. године. Првенствено је обрађен попречни систем експлоатације на површинском копу »Богутово Село« - Јужни ревир. Из техничког рјешења се виде предности овог система експлоатације у односу на уздужни фронт напредовања рударских радова. Такође, дати су графички и фото прикази наведених техничких рјешења. Извршена је и оптимизација дисконтинуираног система експлоатације на откривци за услове ПК »Богутово Село« Угљевик. **Кључне ријечи**: површински коп, угаљ, систем експлоатације, оптимизација.

5. Maksimović, M., **Milošević, D.** (2013): *Possibility of reclamation of the marly substrate in the "Bogutovo Selo" open pit in Ugljevik*. Зборник радова. XIII Конгрес Српског друштва за проучавање земљишта. Први међународни Конгрес. Институт за земљиште Београд. Србија. Београд.

Апстракт: Предмет овог рада су једногодишња истраживања могућности рекултивације (рекултибилност) лапоровитих супстрата (депосола) на Великом западном одлагалишту ПК „Богутово Село" Угљевик заснивањем травних и дјетелинских култура, у циљу упоредних истраживања начина биолошке рекултивације (посредна или непосредна). Добијени резултати показују да је рекултивација лапоровитих депосола травама и дјетелинама могућа. Од свих истраживаних варијанти, варијанта са хибридом сирка и суданске траве (*Sweet sioux*) са гледишта укупне продукције зелене масе је најболја варијанта како код посредне тако и код непосредне рекултивације, док се луцерка показује као најперспективнија, односно најекономичнија култура.**Кључне ријечи:** лапоровити супстрати, могућност рекултивације, биолошка рекултивација, траве и дјетелине.

6.**Милошевић, Д**., Максимовић, М. (2012): *Поузданост комбинованих система површинске експлоатације*. Зборник радова. Технички институте Бијељина. Година IV - № 6.

Резиме: Поузданост је способност елемената, односно система да испуњава своје функције у одређено вријеме. Разликујемо сљедеће блок-шеме система и то са: 1. серијском везом елемената, 2. паралелном везом елемената, 3. комбинованом серијско-паралелном везом елемената и 4. комбинованом паралелно-серијском везом елемената. У раду се даје шема за прорачун поузданости комбинованих система на површинским коповима. Приказана су могућа стања кроз рад, отказ и присилни застој, као и стања ДТО Система кроз средње вријеме рада и ремонта. Дата је вјероватноћа рада ДТО система са материјалом и вјероватноћа транспорта материјала дамперима ван ДТО система до одлагалишта. **Кључне ријечи**: поузданост, сустем, вјероватноћа, рад и отказ.

7. **Милошевић, Д**., Драгић, Р., Перић, Н. (2010*): Системи експлоатације и механизације за услове површинског копа "Угљевик Исток"*. Међунарсона конференција термоенергетика И одрживи развоја "Тенор 2010". МХ Електропривредеа Републике Српске, Матично Предузеће а.д. Требиње-ЗП Рудник И термоелектране Угљевик, а.д. Угљевик. Угљевик.

Резиме: У раду се дају прелиминарни подаци о могућој експлоатацији угља на ПК "Угљевик Исток", а на основу Елабората о класификацији и категоризацији и прорачуну резерви на лежишту "Угљевик Исток", као и на основу Елабората о Геомеханичким испитивањима косина на овом будућем површинском копу. Извршерн је прорачун откривке и угља са лежишта "Угљевик Исток" и дате прогнозе величине откривке и угља. Такође, дата је пројекција могуће технологије, избора рударске механизације и статичка процјена трошкова производње угља на овом лежишту.

8. **Милошевић, Д**., Шубарановић, Т., Димкић, Г., Димитријевић, Б. (2006): *Поуданост рада диконтинуалне опреме у условима површинског копа угља Богутово Село-Угљевик*. VII Међународни симпозијум-Механизација и аутоматизација у рударству и енергетика "Марен 2006". Београд.

Апстракт: У овом раду приказана је поузданост рада дисконтинуалне опреме у условима површинског копа Богутово Село – Угљевик. Овде аутор разматра хидрауличне и класичне багере кашикаре, као и камионе различитих тиопова и произвођача. Добијени резултати представљају детаљну анализу поузданости рада опреме на бази једне године.

9.**Milošević, D**., Šubaranović, T., Stjepanović, S. (2006): *Possibility of Application of Continuous System on Coal Transportation in Conditions on Openpit Mine „Bogutovo Selo-Ugljevik"*. 8TH International Symposium „ISCSM 2006", Aachen. Proceedings Volume 2.

Abstract: Paper presents technical possibilities of application of conveyor with rubber belt on coal transportation in conditions on open pit mine „Bogutovo Selo-Ugljevik". Conveyor dimensioning was based on demanded annual capacity of 1750000 tons of coal. Fitting in exploation system mean

installing of primary semi mobile crusher in pit and establishing two conveyors with rubber belt for coal transportation from primary crusher in the open pit mine to existing secondary crusher located out of „Bogutovo Selo“ open pit mine boundaries.

10. **Милошевић, Д**., Николић, Т. (2006): *Бушење и минирање чврстих литолошких чланова у условима П.К. “Богутово Село” – Угљевик*. IV Симпозијум у области рударства са међунарсоним учешћем. Рударско-геолошки факултет Штип. Зборник радова. Охрид, Македонија.

Апстракт: Бушење и минирање стијенана површинским коповима је веома чест радни процес. Некада његово учешће у трошковима достиже и до 60% на каменломима, а на површинским коповима са класичним ужетним багерима са малом силом копања средње чврстих стијена се креће од 10-20%. У овом раду се дефинишу бушачко-минерски параметри за чврсте литолошке чланове у условима П.К. “Богутово Село” – Угљевик који се не могу откопавати постојећом технологијом без претходне примјене бушењем и минирањем маса.

11. **Милошевић, Д**., Шубарановић, Т., Димкић, Г. (2006): *Техничко рјешење експлоатације глине на лежишту Обријеж – Бијељина*. Међунардона конференција “Неметали 06”. Савез инжењера рударства и геологије Србије – Југословенски комитет за површинску експлоатацију. Рударско-геолошки факултет у Београду и Скопљу. Зборник радова, 7; 2006, Бања Врујци. Србија.

Апстракт: У овом раду приказано је техничко рјешење експлоатације глине на лежишту Обријеж-Бијељина. Дат је збирни приказ резерви, по фазама експлоатације, веријантна рјешења експлоатације глине и транспорта, као и начин уједначавања квалитета глине. Пројектовани годишњи капацитет износи 100.000 čm^3 глине за потребе фабрике опекарских производа у Бијељини.

12. Pavlović, V., Lazić, A., **Milošević, D.** (2005): *Openpit Coal Mine Equipment Matching*. VIII TH OPEN PIT AND UNDERWATER MINING CONFERENCE. Procedings II. Sanny beach resort, Bulgaria.

Abstract: Besides considerable explorations at the field of optimizations of equipment selections and capacity, used on openpit mines, specificity of coal deposit's geology and exploitation conditions allow possibility for detailed research of each entity. Verification of exploitation system during change od coal transportation method by introducing crushers and conveyors on openpit mines instead of trucksare establich on detailed time intervals combine analysis, used by theory of queues with random arrivals and service times and cycle queues. Except brief view of theoretical base, here is treated example of matching og coal exploitation system on openpit coal mine Bogutovo Selo-Ugljevik, with transport selection to the crusher.

13. **Милошевић, Д.**, Шубарановић, Т., Димкић, Г. (2005): *Оптимизација дисконтинуалних Система на откривци на површинском копу Богутово Село – Угљевик*. VI Међунардона изложба и Савјетовање “Камен”. Савез инжењера рударства и геологије Србије и Црне Горе-Југословенски комитет за површинску експлотацију, Рударско-геолошки факултет у Београду и Скопљу, Савез инжењера рударства, геологије и металургије Македоније. Аранђеловац.

Абстракт: У овом раду је приказана оптимизација дисконтинуалних Система (хидраулични багери кашикари и камиони) на откривци на површинском копу Богутово Село – Угљевик, на основу годишњег капацитета од 7.600.000 čm^3.Разматрана су 4 система са хидрауличним багерима на електро погон и 2 система са багерима на дизел погон.

14. Стјепановић, С., **Милошевић, Д**., Шубарановић, Т. (2004): Могућност примјене комбинованог транспорта откривке на површинском копу Богутово село Угљевик.Међунардона изложба и Савјетовање “Камен”. Савез инжењера рударства и геологије Србије и Црне Горе-Југословенски комитет за површинску експлотацију, Рударско-геолошки факултет у Београду и Скопљу, Савез инжењера рударства, геологије и металургије Македоније. Аранђеловац.

Апстракт: У овом раду је приказано разматрано рјешење комбинованог транспорта откривке , анализирано у оквиру дефинисања оптималног начина транспорта на површинском копу Богутово Село Угљевик.

III – Стручни радови

1. **Милошевић, Д**., Мићановић, З., Драгић, Р., Марсенић, Р., Микић, Љ. (2000): *Геометријско И функционално обликовање површинског копа*. XXXII Октобарско савјетовање рудара и металурга. Зборник , Књига И. Доњи Милановац. Србија.

Извод: У раду су дате функционалне зависности откривке и угља од дубине површинског копа и времена експлоатације на ПК "Богутово Село" – Угљевик по ревирима и откопним пољима. У том смислу пројектанти се опредјељују на избор начина отварања, продубљивања и развоја површинског копа у плану и по дубини, као и око избора основне опреме.

2.**Милошевић, Д**., Милошевић, Б., Стојановић, Н. (2001): *Функционална зависност параметара багера и камиона на ПК "Богутово Село" – Угљевик*. XXXIII Октобарско савјетовање. Зборник Радова. Бор. Југославија.

Извод: Функционалне зависности капацитета багера и камиона обрађене су за конкретне услове површинског копа "Богутово Село". На основу добијених резултата дати су графички прикази парцијалних зависности техничко-технолошких показатеља.

3. Вуковић, С., **Милошевић, Д**., Дивковић Голић, Е., Тадић, С. (2001): *Постројење за суво класирање угља*. Друго међународно савјетовање о површинским коповима углља "Угаљ 01". Београд. Југословенски комитет за површинску експлотацију Савеза инжењера и техничара Југославије. Београд.

Апстракт: Постројење за суво класирање угља као посебан рударски објекат који представља техничко-технолошку цјелину изграђено је на површинском копу "Богутово Село" у Угљевику. Оно је нови технички сложени производ за чију изградњу и употребу је потребо израдити технички пројекат и техничка упутства за руковање, монтажу, демонтажу, одржавање И безбједан рад постројењем.

4. **Милошевић, Д**., Мићановић, З., Стојановић, Н., Милошевић, Б. (2001): *Откопавање чврстих стијенана ПК "Богутово Село"- Угљевик са претходним минирањем маса*. XXXIII Октобарско савјетовање. Зборник Радова. Бор. Југославија.

Извод: Бушење и минирање чврстих стијена на површинским коповима је често незаобилазан радни процесс припреме маса за копање и утовар багера у камионе или бункере претоварних и дробиличних постројења. У овом раду дају се бушачко-минерски параметри за услове на ПК "Богутово Село" – Угљевик.

5. **Милошевић,** Д. (2006): Ограничење и завршне косине површинског копа. IV Симпозијум у области рударства са међународним учешћем. Рударско-геолошки факултет Штип. Зборник радова. Охрид, Македонија.

Апстракт: У овом раду су обрађени параметриц који су од изузетног значаја и незаобилазни код ограничења површинског копа И дефинисања завршних косина копа. Посебно је апострофиран значај теренских геолошких истраживања, као И утицај постојања дисконтунуитета у подручју формирања завршних косона копа, а ве у циљу добијања потребног фактра сисгурности за усвојене нагибе косина површинског копа.

6. **Милошевић, Д**., Перић, Н., Крстић, Р. (2006): *Техно-економске предности улагања у нову механизацију на ПК "Богутово Село" – Угљевик*. Технички факултет Бор – Универзитет у београду и Институ за бакар Бор. 38 Међународно октобарско савјетовање рудара и металурга. Доњи Милановац. Србија.

Апстракт: У овом раду дат је приказ производње угља на ПК "Богутово Село" – Угљевик, опционо за двије варијанте са пројектом набавке нове механизације и без пројекта, рад са постојећом механизацијом. Такође су приказани могући капацитети по годинама експлотације и оперативним трошковима машина са крајњим ефектима.

7. **Milošević, D**. Perić, N. (2009): Technical Solutions for Channels and Protection of the Open Pit Mine "Bogutovo s Village" – South Revir, From Surface and Underground Water. Mining and Metallurgy Institute Bor, University of Belgrade. 41ST International October Conference on Mining and Metallurgy. Kladovo, Srbija.

Abstract: South mining district protection of surface and underground watwr is based on entry parameters that apply for the open pit mine Bogutovo s Village",and primarily hydrografic characteristics of the terrain, dimate and hydrogeological characteristics of the area deposits. Tehnical solution for protection south mining district is consist of standard factilites and drainage arch as:catch water drain, sump and and pumpingstations. **Key words**: channel, protection, bearing, mining.

8. **Milošević, D**. (2012): Production Management Modeling of Open Pit Mines. Mining and Metalurgy Institute Bor. Tehnical Facultety Bor, University of Belgrade. 44th International October Conference on Mining and Metallurgy. Bor, Srbija.

Abstract: In this paper is presented framework methodology for modeling of open pit mining. Modeling involves three phase: modeling of work environment, modeling of tehnology of equipment eperating and integration phase of the preivous two phases. It also shows the general stusture of open pit mining. **Keyword:** open pit mine, modeling, criteria of model establishing.

9. Максимовић, М., **Милошевић, Д.**, Јечменица, З. (2012): *Палинолошка истраживања на подручју Угљевичког басена*. Зборник радова. Технички институте Бијељина. Година ИВ - № 6.

Апстракт: У раду су обрађена палинолошка истраживања везана за дефинисање типова и врсте биљне вегетације од које су настали угљеви на подручју Угљевика, као ивремена настанка, врсте и квалитета угљева на простору Угљевичког басена. Посебним научним методама су повезане одређене дефиниције и појмови, анализирана пројектна документација, повезане релеватне чињенице и донесен закључак. На основу палинолошких истраживања закључено је да су угљевина подручју Угљевика, те Зенице и Колубаре, највећим дијелом настали од мочварне вегетације. Главни угљени слојеви у Угљевику су продуцт карбонификације лишћарских и четинарских врста дрвећа (високо и дрвеће средње висине).**Кључне ријечи**: палинологија, вегетација, угаљ.

10.Максимовић, М., **Милошевић, Д.** (2012): *Биолошка рекултивација антропогено оштећених земљишта са становишта класификације, начина, правца и циља рекултивације на примјеру површинског копа "Богутово Село" Угљевик*. Привредна комора Србије. Зборник радова, I Симпозијум "Одсумпоравање димних гасова" и IV Савјетовање "Депоније пепела, шљаке и јаловине у термоелектранама и рудницима. Палић. Србија.

Абстракт:У овом раду обрађена је биолошка рекултивација антропогено оштећених земљишта са становишта класификације, начина, правца и циља рекултивације, на примјеру површинског копа „Богутово Село" Угљевик. На основу изведене анализе рекултабилности геолошко-литолошког супстрата, лапоровити супстрати на подручју површинског копа „Богутово Село" Угљевик су рекултабилни уз одговарајућу примјену низа мјера у техничкој и биолошкој рекултивацији, погодни за примјену и непосредне рекултивације, неједнаке рекултабилности за све културе, а потенцијално најрекултабилнији за дрвенасте биљке (шумске и воћне културе). **Кључне ријечи:** антропогено оштећена земљишта, биолошка рекултивација,класификација, начин, правац и циљ рекултивације.

11.**Милошевић, Д.**, Максимовић, М. (2012): *Карактеристике шљаке и електрофилтерског пепела Термоелектране "Угљевик"*. Привредна комора Србије. Зборник радова, I Симпозијум "Одсумпоравање димних гасова" и IV Савјетовање "Депоније пепела, шљаке и јаловине у термоелектранама и рудницима. Палић. Србија.

Абстракт: Предмет овог рада је анализа основних каратеристика шљаке и електрофилтерског пепела, продуката рада Термоелектрана Угљевика, а који се транспортују и одлажу на Великом западном одлагалишту. Основне каратеристике шљаке и електрофилтерског пепела односе се на физичко-механичке карактеристике и њихову стабилност приликом

формирања (параметари који утичу на стабилност косина одлагалишта) Великог западног одлагалишта. Истраживања су показала да пепео и шлака у свим композитима са јаловином утичу на побољшање њених карактеристика (кохезије и угла унутрашњег трења), а самим тим и на повећање њене носивости и стабилности. **Кључне ријечи**: термоелектрана, шљака, елетрофилтерски пепео, каратеристике.

12. **Милошевић, Д.**, Максимовић, М. (2013): *Оптимизација рада хидрауличних багера кашикара за услове површинског копа "Богутово Село" Угљевик*. Привредна комора Србије. Зборник радова, Савјетовање са међународним учешћем - Заштита животне средине и одрживи развој "Енергетика и рударство 2013". Дрвенград, Мећавник. Србија.

Абстракт: Оптимизација капацитета хидрауличних багера кашикара извршен је примјеном модела симулације рада багера кашикара. На бази геомеханичких карактеристика радне средине на површинском копу "Богутово Село" Угљевик (најзаступљенији литолошки члан лапор-сиви), искустава стечених дугогодишњим радом и пројектованих геометријских величина копа, усвојена је висина етажа од 10 м. Прорачуном су обухваћене различите висине резања, ширине захвата (блока) багера на етажи површинског копа за висински и дубински рад багера.**Кључне ријечи:** оптимизација, капацитети, хидраулички багери, геомеханика.

13. Максимовић, М., **Милошевић, Д.** (2013): *Енергетски засади Пауловније*. Привредна комора Србије. Зборник радова, 5. Симпозијум "Депоније пепела, шљаке и јаловине у термоелектранама и рудницима". Суботица. Србија.

Апстракт:Компаније које врше експлоатацију угља морају имати одговоран однос према природном окружењу и локалној заједници. То значи да у будућности требају размишљати и о пројектима везаним за обновљиве изворе енергије као што је биомаса.Када су шумске врсте у питању биомаса за енергију може бити произведена у вишегодишњим цилусима. Пауловнија се посебно се истиче као добра шумска врста за производњу алтернативних обновљивих извора енергије (биоетанол, пелете). Циљ овог рада је указивање на могућност употребе шумске врсте *Paulownia elongata* S.Y. Hu (брзорастуће врсте дрвета поријеклом из Кине) за подизање енегетских засада на просторима површинских копова угља у Републици Српској, првенствено указивање на њен производни и економски потенцијал. Коначно мишљење о перспективи и економичности масовнијег коришћења пауловије за подизање енергетских насада на просторима површинских копова у Републици Српској требало би донијети тек на основу детаљних истраживања мањих огледних засада на одређеним земљиштима која би могла бити предмет пошумљавања овом врстом. **Кључне ријечи:** обновљиви извори енергије, биомаса, енергетски засади, пауловнија.

14. Максимовић, М., **Милошевић**, **Д.** (2013): *Облици водне ерозије регистровани на Великом западном одлагалишту површинског копа "Богутово Село" Угљевик*. Привредна комора Србије. Зборник радова, Савјетовање са међународним учешћем - Заштита животне средине и одрживи развој "Енергетика и рударство 2013". Дрвенград, Мећавник. Србија.

Абстракт: У овом раду су приказани облици водне ерозије регистровани на Великом западном одлагалишту површинског копа „Богутово Село" Угљевик. Идентификација облика водне ерозије извршена је обиласком (рекогносцирањем) терена.У мањој или већој мјери за регистровани су сви облици водне ерозије (линијске и акумулационе), као што су: браздице, бразде, вододерине, јаруге, рђаве земље и путна ерозија, те делувијум и плавина.**Кључне ријечи**: површински коп, одлагалиште, водна ерозија.

15. **Милошевић**, **Д.**, Максимовић, М. (2014): *Техничко-економски показатељи производње на површинским коповима угља*. Зборник радова. Друго Савјетовање – Заштита животне средине и одрживи развој "Енергетика и рударство 2014". Тара. Србија.

Абстракт: Трошкови производње на површинским коповима угља представљају изузетно велику ставку у укупним трошковима пословања предузећа, како на производњи угља за широку потрошњу, тако и на производњи угља за термоенергетске објекте. По структури, трошкови се могу подјелити на фиксне и варијабилне трошкове. Укупни фиксни трошкови у годишњем износу, не мјењају се са промјеном обима производње, а варијабилни трошкови су осјетљиви на промену

капацитета производње.Методолошки приступ за прорачун трошкова производње базира се на примјени заједничке методологије удружења банака. Основни економски параметри приказају се кроз обрачун биланса успеха, цијене коштања, финансијског тока и економског тока. Трошкови производње систематизовани су на слиједеће групе трошкова: трошкови капитала, материјалнитрошкове, трошковирада, заједничку потрошњу и порез на добит.Оцјена могућности експлоатације лежишта минералних сировина, поред геолошких и техничко-технолошких могућности, своди се и на економску оцјену, анализом трошкова експлоатације и капацитета производње. Капацитет производње и трошкови експлоатације на површинским коповима директно су зависни од адекватног избора опреме и технологије рада. Економичност пословања код површинске експлоатације лежишта угља, може се испитати на основу укупних трошкова у функцији капацитета производње. Основа за такву анализу је веза између кретања обима производње и кретања трошкова. **Кључне ријечи:** трошкови производње, фиксни и варијабилни трошкови, трошкови капитала, трошкови погонског материјала и енергије.

16. Максимовић, М., **Милошевић**, **Д.** (2015): *Мониторинг прираста дрвећа и стања лишајева на дрвећу као биоиндикатора аерозагађења ужег подручја рудника и термоелектране Угљевик*. Треће Савјетовање са међународним учешћем – Заштита животне средине и одрживи развој "Енергетика и рударство 2015". Златибор, Србија.

Апстракт:Циљ овог рада је указивање на могуће методе биолошког мониторинга побошања стања животне средине у непосредном окружењу Рудника и Термоелектране Угљевик, конкретно стања шумских екосистема, наконинсталирања уређаја за одсумпоравање димних гасова из Термоелектране.Биолошки мониторинг или „биомониторинг" приказан у овом раду представља истраживање биоиндикација на нивоу популације и јединки, праћењем стања у животној средини на сублеталном нивоу. За ово се могу користити различити типови информација о порасту и прирасту дрвећа, те путем картирања стања стандардних епифизитских заједница-лишајева, показујући однос узрок-ефекат између сумпор диоксида и састава епифитних заједница, што омогућује брзи начин процјене ефеката загађења, односно смањења сумпор диоксида у ваздуху у одређеној области. Добијени подаци би послужили као доказ да МХ „Електропривреда Републике Српске" Требиње - ЗП „Рудник и Термоелектрана Угљевик" својом пословном активношћу стварају позитивне утицаје на животну средину, односно да дизајнирају и испоручују грађанима Републике Српске еколошки подобан производ (електричну енергију), у складу са концепцијом одрживог развоја и „зеленом", односно еколошком стратегијомпроизводње.**Кључне ријечи**: аерозагађење, одсумпоравање, биомониторинг, биоиндикатори, дрвеће, лишајеви.

17. Максимовић, М., **Милошевић, Д.** (2015): *Детерминисање палеопалинолошких истраживања на подручју лежишта "Угљевик Исток I"*. Зборник радова, 4. Савјетовање "Одсумпоравање димних гасова", 7. Савјетовање "Депоније пепела, шљаке и јаловине у термоелектрана и рудницима" и 43. Савјетовање "Заштита ваздуха 2015". Србија, Зрењанин.

Абстракт: Циљовограда је указивање на важност палеопалинолошких истраживања у смислу дефинисање шумске вегетације и шумских врста од којих су настали угљеви на подручју Угљевика у периоди Терцијара, као подлоге за будуће квалитетније одређивање шумских врста које ће се садити на Угљевичким рудничким одлагалиштима, имајући у виду глобалне климатске промјене које захватају продручје Угљевика и биљне заједнинице на том подручју. Добијени подаци палеопалинолошким истраживањима могу се користити и у предвиђању реакције вегетације на простору Угљевика на евентуалне будуће климатске и еколошке промјене у средини. **Кључне ријечи:** угаљ,палеопалинолошка истраживања, шумске врсте.

18. Максимовић, М.,**Милошевић, Д.** (2016): *Национални план за смањење емисије (НЕРП) и изградња система за одсумпоравање на термоелектрани Угљевик у функцији одрживог развоја*. Зборник радова. Привредна комора Србије, 4. Савјетовање - Заштита животне средине и одрживи развој "Енергетика и рударство 2016". Дрвенград, Мећавник, Србија.

Апстракт:Премет овог рада су емисије димних гасова из Термоелектране Угљевик и њихово довођење на ниво усклађен са стандардима Европске енергетске заједнице, путем изградње система за одсумпоравање. Ова електрана послује у оквиру ЗП „Рудник и

Термоелектрана Угљевик“, које је носилац привредног развоја општине Угљевик. Циљ овог рада је указивање на значај правилног избора понуђених опција за постројење за сагоријевање на ТЕ Угљевик, како би се постигла усаглашеност са европским нормама у погледу емисије димних гасова. Израда Националног плана за смањење емисије (НЕРП) је најадекватнија варијанта за превазилажење проблема смањења емисија на европски прихватљиве норме од стране Термоелектране Угљевик. Спровођење Националног плана за смањење емисије би омогућило несметани рад Термоелектране Угљевик до краја њеног планираног вијека (2039. године). Ефикасан ниво сузбијања и контроле загађивања обезбиједио би одрживи развоја ЗП „Рудник и Термоелектрана Угљевик“, те општине Угљевик и шире.**Кључне ријечи:** термоелектрана, емисија димних гасова, одрживи развој, план за смањење емисија.

19. Максимовић, М., **Милошевић, Д.** (2017): *Снимање пријема извршене рекултивације пошумљавањем угљевичких рудничких депосола путем беспилотне летилице*. Зборник радова. Привредна комора Србије, 5. Савјетовања са међународним учешћем „Заштита животне средине и одрживи развој у рударству и енергетици“, Тара, Србија.

Абстракт: На спољним одлагалиштима површинског копа "Богутово Село" Угљевик, у периоду од 1992. до 2015. године извршена је биолошка рекултивација пошумљавањем на укупној површини од око 174 хектара, које секњиговодствено евидентирају као билошка средства у вриједности извршеног пошумљавања. Аерофотограметријско снимање из ваздуха представља драгоцјену информацију о стању изведене биолошке рекултивације пошумљавањем на просторима спољних одлагалишта површинског копа „Богутово Село“ Угљевик. За потребе снимања изведене биолошке рекултивације пошумљавањем, набављена летилица модела „Sensefly eBee“ поред постојеће опреме мора бити снабдјевена и одговарајућом камером и софтвером. Стање заснованих шумских култура утврђено аерофотограметријским снимањем послужиће као једна од подлога за израду одговарајућег документа о газдовању рекултивисаним (пошумљеним) површинама на ПК „Богутово Село“ Угљевик. Овим документом добиће се подаци потребни за израчунавање фер процјене вриједности изведених биолошких радова у садашњем времену сходно одредбама Међународног рачуноводственог стандарда 41, који третира област пољопривреде, у коју спадају шуме подигнуте и узгајане уз управљање биолошким промјенама - активношћу човјека, а након тога и њихово ново рачуноводствено евидентирање.

Кључне ријечи: беспилотне летелице, биолошко средство, аерофотограметријско снимање, процјена фер вриједности.

20. Максимовић, М., **Милошевић, Д.** (2018):*Коришћење полимера код пошумљавања депосола у контексту глобалне промјене климе“*. Зборник радова. Привредна комора Србије, 6. Савјетовање са међународним учешћем – Заштита животне средине и одрживи развој „Енергетика и рударство 2018“. Сремски Карловци. Србија.

Абстракт: Клима је једна од најважнијих компоненти животне средине којој се ваља прилагодити и заштитити од њених могућих штетних утицаја. Један од таквих утицаја је и појава суша које стварају недостатак влаге у земљишту.Предузимање одговарајућих мјера у предупређивању негативних ефеката суше може у извесној мјери да смањи еколошке и друштвено-економске посљедице могућег пропадања шума под утицајем климатских промјена. За те намјене се у посљедње вријеме користе полимери.Имајући у виду чест мањак воде у земљишту, као и климатске трендове који се предвиђају за будућност, приликом садње шумских садница неопходна је примјена једињења на бази полимера суперапсорбената воде, како би се побољшао успјех садње приликом пошумљавања.Најбоље је користити комплексна минерална ђубрива врхунског квалитета која садрже полимере,а уз то спречавају блокаду хранива и превођење у тешкоприступачна или неприступачна биљкама.Већина полимера за обезбјеђивање влаге у сушном периоду произведена је за потребе пољопривредне производње, те је неопходно њихово тестирање за употребу у производњи шумских садница и приликом њихове садње, поготово на поремећеним земљиштима типа депосола.**Кључне ријечи:** климатске промјене, депосоли, пошумљавање, полимери.

Прилог 3.

Изјава 1

ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ

Изјављујем
да је докторска дисертација

Наслов рада:

Модел управљања радом дисконтинуалних система експлоатације на површиснким коповима

Наслов рада на енглеском језику:

Management model for discontinuos mining system on open pits

☒ Резултат сопственог истраживачког рада ,

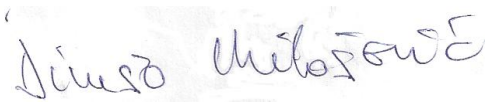
☒ Да докторска дисертација , у цјелини или у дијеловима, није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа

☒ Да су резултати коректно наведени и

☒ Да нисам кршио/ла ауторска права и користио интелектуалну својину других лица .

У Приједору , 15.05. 2018. године

Потпис докторанта



Изјава 2

Изјава којом се овлашћује Универзитет у Бањој Луци
да докторску дисерт ацију учини јавно доступном

Овлашћујем Универзитет у Бањој Луци да моју докторску дисертацију под насловом

Модел управљања радом дисконтинуалних система експлоатације на површиснким коповима

која је моје ауторско дјело, учини јавно доступном.

Докторску дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање .

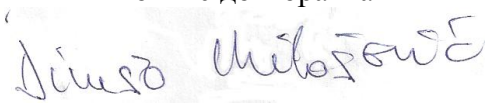
Моју докторску дисертацију похрањену у дигитални репозиторијум Универзитета у Бањој Луци могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство
2. Ауторство–некомерцијално
3. Ауторство–некомерцијално–безпрераде
4. Ауторство–некомерцијално– дијелити под истим условима
5. Ауторство – без прераде
6. Ауторство – дијелити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на полеђини листа).

У Приједору 15.05.2018. године

Потпис докторанта



Изјава 3

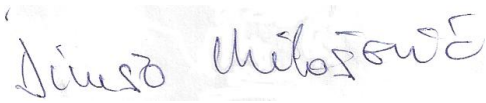
Изјава о идентичности штампане и електронске верзије докторске дисертације

Име и презиме аутора: **Димшо (Душана) Милошевић**

Наслов рада: **Модел управљања радом дисконтинуалних система експлоатације на површиснким коповима**

Ментор : **др Владимир Малбашић,ванредни професор**

Изјављујем да је штампана верзија моје докторске дисертације идентична електронској верзији коју сам предао/ла за дигитални репозиторијум Универзитета у Бањој Луци .

У Приједору, 15.05.2018. године

Потпис докторанта