

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
РУДАРСКО-ГЕОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ

Бојан С. Димитријевић

**ОПТИМИЗАЦИЈА УПРАВЉАЊА
ПРОЦЕСИМА РЕКУЛТИВАЦИЈЕ
ПОВРШИНСКИХ КОПОВА УГЉА**

Докторска дисертација

Београд, 2014.

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF MINING AND GEOLOGY

Bojan S. Dimitrijević

**OPTIMIZATION OF THE LAND
RECLAMATION MANAGEMENT PROCESS
AT COAL OPEN PIT MINES**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2014.

Ментор:

Др Никола ЛИЛИЋ, редовни професор
Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду

Чланови комисије:

1. Др Никола Лилић, редовни професор
Научна област: Заштита на раду и заштита животне средине
Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду
2. Др Владимир Павловић, редовни професор у пензији
Научна област: Рударство - Површинска експлоатација леж. мин. сировина
Центар за површинску експлоатацију Београд
3. Др Слободан Вујић, редовни професор у пензији
Научна област: Примењено рачунарство и системско инжењерство
Рударски институт Београд
4. Др Александар Цвјетић, доцент
Научна област: Заштита на раду и заштита животне средине
Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду

Датум одбране:

ОПТИМИЗАЦИЈА УПРАВЉАЊА ПРОЦЕСИМА РЕКУЛТИВАЦИЈЕ ПОВРШИНСКИХ КОПОВА УГЉА

Резиме: Ширење површинске експлоатације минералних сировина а нарочито енергетских ресурса фосилних горива, чине површинске копове угља просторно доминантним објектима великих рударских басена како у нас тако и у свету. Експлоатациона активност, прати негативне еколошке утицаје на животну средину шире околине, што нас обавезује на интегрално планирање, ревитализацију, рекултивацију и уређење нарушеног простора за његово поновно хумано коришћење у постексплоатационом периоду. Постексплоатационо санирање и уређење предела површинских копова и одлагалишта односно нарушеног простора изазваног рударским радовима и пратећим објектима, представља синтетички мултидисциплинарно-интердисциплинаран веома комплексан вишефазни инжењерски пројектни задатак.

У уводном делу дисертације презентује се преглед и искустава успешно затворених и рекултивисаних копова угља и анализом примера у светској пракси. Такође, је на основу теоријских аспеката проблема одлучивања и управљања у најширем смислу отворен проблем приступа решавања примене ових феномена на процесе техничке и биолошке рекултивације предела деградираних површинском експлоатацијом и анализу њиховог општег утицаја на факторе животне средине.

Процес рекултивације као пословни систем моделован је преко својих потпроцеса: техничка рекултивација, биолошка рекултивација, мониторинга животне и мониторинга радне средине, а управљање се реализује кроз процес управљања који садржи потпроцесе *планирање, организовање, праћење реализације и контрола реализације* пословних активности. Као кључни процес, процес планирања рекултивације кроз све фазе развоја површинског копа има три нивоа: прелиминарни, оперативни и финални и може се применити како за нове површинске копове тако и за површинске копове у раду за које то претходно није детаљно вршено.

Анализом могућих моделских приступа за подршку одлучивању током рекултивације кроз различите примере из светске праксе изведен је синтетички приступ предметне проблематике и дат предлог најприкладнијих моделских анализа природних, техничко-технолошких, правно-економских и друштвено-организационих фактора за подршку одлучивања током рекултивације. Такође, прегледно су дате теоријске могућности примене модела нелинеарног програмирања, пре свега вишекритеријумских, вишеатрибутних и вишециљних модела, као што су *ELECTRE, PROMETHEE, AHP, VIKOR* и др. Дефинисањем нове методологије у структурирању процесима управљања и одлучивања дефинисано је решење Алгорита процедуралног одлучивања у поступку избора рекултивационог решења, односно избору најбољег - оптималног решења према задатим критеријумима и предложеним алтернативним рекултивационим варијантама.

У тези је табеларно диференцирано 12 могућих одабраних критеријума који се могу представити нумеричком и/или описном вредношћу, с тим да су неки критеријуми алтернативно пожељни, нужни или без алтернативе у облику детерминистичких или описних података. Избор рекултивационих решења могућ је селекцијом одређеног броја од максимално 20 алтернативних варијанти за сваки коп посебно аналогно селекцијом критеријума. За потребе пројектних решења односно, изабраних површинских копова као истраживачких полигона изабран је модел *PROMETHEE*. Без улажења у анализу и оцену вишеатрибутних модела, при избору модела превагу је имало искуство у његовом коришћењу, постигнути резултати и уграђеност у *PROMETHEE* модел шест генерализованих критеријума за исказивање преференција доносиоца одлуке, што ублажава субјективитет пројектаната. Ово не негира остале методе и не искључује њихову применљивост у решавању овог типа проблема са акцентом на математичку методу *PROMETHEE*, која је послужила у завршном делу тезе за тест опитна истраживања на три полигона у земљи и региону: 1. Површински коп Кленовник - костолачки басен угља; и 2. Тамнава Западно Поље - Колубарски угљени басен у Србији, као и 3. Површински коп Богутово Село у угљевичком басену угља у Републици Српској (БиХ). Резултати истраживања представљени су рангирањем појединих пројектних рекултивационих решења по индексу преференција као могућих алтернативних варијанти уређења пострекултивационих предела за сваки површински коп и пратећи одлагалишни простор. Наиме, као прворангирана решења по редоследу тестирања добијена су следеће вредности: 1. Кленовник, коме се предлаже враћање деградираних површина експлоатационог поља шумарским и пољопривредним засадама комбиновано воденим површинама, парковским, спортско рекреативним и сличним садржајима комбинација пољопривредних и шумских засада, 2. Тамнава Западно Поље, пошумљавање, и 3. Богутово Село, пошумљавање.

На основу резултата за предметне копове и њихов околиш, сматрамо их најповољнијим тј. најбољим - оптималним рекултивационим варјантама које поред осталих високо позиционираних дају употпуњену слику уређења постексплоатационих предела. Досадашња рекултивациона пракса у свету је показала да је могуће створити нове пољопривредне, шумске, акваторне, ливадске и друге обновљене просторе чему треба тежити и у нас.

Рекултивација има мултидисциплинарни и интердисциплинарни карактер јер представља синтезу рударско-технолошких, инжењерско-геолошких (геотехничких и хидрогеолошких), хидротехничких и биоинжењерских (агрономских и шумарских мелиоративних поступака), као и других техничких мера које се предузимају у циљу трансформације техногено нарушеног земљишта у стање погодно за пољопривреду, шумарство, рибарство, рекреацију, туризам, и простор за градитељство различите намене, парковске и пејзажно амбијенталне целине. Природњачки посматрано, рекултивацијом се поспешује обнављање старих и оживљавање нових биљних и животињских врста, формирање стабилних еко-заједница у циљу еколошке равнотеже човекове околине и одрживог развоја природних обновљивих и необновљивих ресурса. У том смислу предео рекултивисаних површина уклапа се у постојећи еко систем или се пак у целини или делимично мења његова намена за нове потребе.

Кључне речи: рекултивација, постексплоатациони предео, површински коп угља, вишеатрибутна анализа, одлучивање, процеси, рекултивационо решење

Научна област: Рударско инжењерство

Ужа научна област: Експлоатација чврстих минералних сировина и механика стена

УДК 004:005.1:311:338.4
502/504:519.863:553.9
620.9:622:622.172/.271/.765
658.286:662.642(043.3)

OPTIMIZATION OF PROCESS MANAGEMENT OF LAND RECLAMATION AT THE COAL OPEN PIT MINES

Abstract: The expansion of the opencast mining of mineral raw materials, in particular the energetic resources such as fossil fuels is making coal opencast mines spatially dominant objects of large mining basins in our country, as well as worldwide. Mining activities are followed by negative environmental influences in a wider area, committing us to the integral planning, revitalization, land reclamation and spatial arrangement of the downgraded areas for the human use in the post-mining period. The post-mining remediation and spatial arrangement of open pit mine areas and waste dumps, or, in other words, downgraded area caused by mining operations and accessory facilities is a synthetic multidisciplinary-interdisciplinary very complex multiphase engineering and design task.

The introduction part of the dissertation demonstrates the review and experiences at the sites of successfully closed and reclaimed coal open pit mines, and the analysis of the examples in day-to-day practice worldwide. Additionally, based on the theoretical aspects of the decision making and management problems in its widest sense, a problem was exposed. The problem is related with the approach in solving these phenomena to the processes of technical and biological land reclamation of the areas downgraded by opencast mining and the analysis of their general influence on the environmental factors.

The land reclamation process as the business system is modelled through its subprocesses: technical land reclamation, biological land reclamation, monitoring of the living and working environment while the management is accomplished through the management process containing the subprocesses of planning, organizing, monitoring and control of realization of the business activities. As the key process, the land reclamation planning process through all the phases of open pit mine development is made of three levels: preliminary, operative and final, and it can be applied to the new open pit mines as well as the operational open pit mines where it was not previously applied in detail.

By means of analyzing possible model approaches for support to decision making during land reclamation through various examples from the contemporary practices worldwide, a synthetic approach for the problem in question was derived, as well as the suggestion for the most suitable model analysis of natural, technical, technological, legal, financial, social and organizational factors for support to decision making in land reclamation. Furthermore, a presentation of theoretical potentials of non-linear programming models are presented, primarily multi-criteria, multi-attribute and multi-objective models, such as *ELECTRE*, *PROMETHEE*, *AHP*, *VIKOR*, etc. By defining a new methodology in structuring the processes of decision making and management, a solution was defined for the Algorithm of process decision making for the purpose of land reclamation solution selection, i.e. the selection of the best - the optimal solution according to the given criteria and the suggested alternative land reclamation variations.

The thesis differentiates in tabular form 12 possible selected criteria that can be presented by a numerical and/or descriptive value, having in mind that some of the criteria are alternatively desirable, necessary or without an alternative in form of deterministic or descriptive data. The selection of the land reclamation solutions is possible by selecting a certain number out of maximum of 20 alternative variations for each open pit mine separately, by using analogy in selecting the criteria. For the purpose of design solutions, i.e. the selected open pit mines as the research objects, *PROMETHEE* model was chosen. Without further analysis and the assessment of the multi-attribute models, the selection of model was predisposed by experience in its utilization, achieved results and the level of inclusion of six generalized criteria for the decision making preference expression in the *PROMETHEE* model, thus diminishing the subjectivity of the designer. This is not disproving other methods or excluding their applicability for the purpose of solving this class of problems with an emphasis on the mathematical method *PROMETHEE*, serving in the closing section of the thesis for test experimental research performed in three subject in our country and the region: 1. Open pit mine Klenovik - Kostolac Coal Mining Basin, 2. Tamnava West Field - Kolubara Coal Mining Basin in Serbia as well as 3. Open pit mine Bogutovo Selo at the Ugljevik Coal Basin in the Republic of Srpska (BIH). Experimental results are presented by ranking certain designed land reclamation solutions by preference index as possible alternative variations in arranging the post-reclamation areas for each open pit mine and the accessory waste dump. Namely, as the first-ranked solutions by testing orders the following results were obtained: 1. Klenovnik - where the demoted areas of the mining area are proposed to be functionally returned to the forest and agricultural plantations, combined aquatic surfaces, park, sport and recreational and similar contents, 2. Tamnava West Field - afforestation and 3. Bogutovo Selo - afforestation.

Based on the results obtained by each open pit mines and their environment, they are believed to be the most suitable, i.e. the best – optimal land reclamation variation that provides, alongside with other high-ranked solutions, the complete image of the post-mining areas arrangement. The land reclamation habit worldwide shown that it is possible to create new agricultural, forest, aquatic, meadowland and other areas, which is a goal to be aspired for in our country as well.

Land reclamation has multidisciplinary and interdisciplinary nature since it represents a synthesis of the mining-technological, engineering-geological (geotechnical and hydrogeological), hydrotechnical and bioengineering (agronomy and forest melioration procedures), as well as other technical measures taken with the purpose of transforming the technogenic downgraded land in the condition suitable for agriculture, forestry, fishing, exercise, tourism and the area for construction of objects with diverse purpose, parks and landscape ambient entities. From a naturalistic point of view, land reclamation is supporting the renewal of old and the revival of new floral and animal species, creation of stable eco-communities with the aim of ecological balance of the environment and the sustainable development of the natural renewable and non-renewable resources. To this end, the area of the land-reclaimed areas fits into the existing eco-system or it is perhaps altogether or partially its purpose changing for new demands.

Key words: land reclamation, post-mining area, coal open pit mine, multi-attribute analysis, decision making, processes, land reclamation solution

Scientific area: Mining Engineering

Narrow scientific area: The exploitation of solid minerals and rock mechanics

UDC 004:005.1:311:338.4
502/504:519.863:553.9
620.9:622:622.172/.271/.765
658.286:662.642(043.3)

САДРЖАЈ

1.0. УВОД	1
1.1. Предмет истраживања	4
1.2. Научни циљеви истраживања	5
1.3. Основне полазне поставке у истраживањима	7
1.4. Програм истраживања	8
1.5. Методологија истраживања	9
1.6. Достигнућа у предметној области у свету	12
1.6.1. Лужички басен лигнитског угља <i>Lusatia</i>	13
1.6.2. Рајнски басен угља	22
1.6.2.1. Површински коп <i>Hambach</i>	25
1.6.2.2. Површински копови <i>Bergheim</i> и <i>Garzweiler</i>	26
1.6.3. Површински коп мрког угља <i>Niederlausitz</i>	27
1.6.4. Површински коп <i>Mücheln</i>	29
1.6.5. Рурска индустријска рударска област	29
1.6.6. Површински копови <i>Adamow</i>	30
1.6.7. Површински копови <i>Belchatov</i>	31
1.6.8. Површински копови <i>Kopin</i>	32
1.6.9. Површински копови <i>Turów</i>	32
1.6.10. Басен угља северне Воћетје	33
1.6.11. Нека искуства у САД, Великој Британији и Грчкој	38
2.0. ПРОЦЕСНА АНАЛИЗА РЕКУЛТИВАЦИЈЕ ПОВРШИНСКИХ КОПОВА	41
2.1. Периоди развоја површинског копа	41
2.2. Анализа процеса рекултивације површинских копова	43
2.2.1. Дефинисање пословног процеса	43
2.2.2. Елементи пословних процеса	43
2.2.3. Карактеристике пословних процеса	44
2.3. Анализа пословних процеса површинског копа угља	45
2.3.1. Идентификација пословних процеса површинске експлоатације угља на контексном нивоу	45
2.3.2. Управљање рекултивацијом	50
2.3.3. Анализа процеса планирања и дефинисање модела оптимизације рекултивације површинског копа	51
3.0. ПОГЛЕД НА ПРОБЛЕМ ОДЛУЧИВАЊА И УПРАВЉАЊА ПРОЦЕСОМ РЕКУЛТИВАЦИЈЕ.....	57
3.1. Проблем одлучивања и управљања	57

3.2. Обележја рекултивације предела деградираних површинском експлоатацијом минералних сировина и утицај на животну средину.....	60
3.3. Одлучивање током рекултивације	72
3.4. Анализа најзначајнијих техничко-технолошких рекултивационих процеса.....	82
4.0. ИСКУСТВЕНА РЕШЕЊА И МОДЕЛИ ПОГОДНИ ЗА ОДЛУЧИВАЊЕ КОД ИЗБОРА РЕКУЛТИВАЦИОНИХ РЕШЕЊА	93
4.1. Анализа могућих моделских приступа за подршку одлучивању током рекултивације	93
4.1.1. <i>Басен угља Соколов у Чешкој</i>	93
4.1.2. <i>Површински коп лигнита Аминтеон у Грчкој</i>	94
4.1.3. <i>Систем подршке одлучивања применом аналитичког хијерархијског процеса на примеру површинског копа угља у басену Seyitomer у Турској</i>	98
4.1.4. <i>Рударски басен угља Recreio у области Rio Grande do Sul у Бразилу</i>	100
4.1.5. <i>Рекултивација спољашњег одлагалишта површинског копа Дрмно костолачког басена угља</i>	103
4.2. Предлог најприкладнијих моделских анализа; природних, техничко-технолошких, правно-економских и друштвено-организационих фактора за подршку одлучивања током рекултивације	107
4.3. Математичко-моделски приступи погодни за одлучивање	115
4.3.1. <i>Увод у вишекритеријумско одлучивање</i>	115
4.3.1.1. <i>Вишеатрибутивно одлучивање</i>	120
4.3.1.2. <i>Вишециљно одлучивање</i>	121
4.3.1.2.1. <i>Вишекритеријумско програмирање (VP)</i>	122
4.3.1.2.2. <i>Циљно програмирање</i>	123
4.3.2. <i>Поставка проблема вишекритеријумске оптимизације</i>	124
4.3.2.1. <i>Методe одређивања неинфериорних решења</i>	127
4.3.2.2. <i>Методe тежинских коефицијената</i>	127
4.3.2.3. <i>Метода ограничења у простору критеријумских функција</i>	128
4.3.2.4. <i>Вишекритеријумска симплекс метода</i>	129
4.3.2.5. <i>Методe са унапред израженом преференцијом</i>	129
4.3.2.6. <i>Метода PROMETHEE</i>	130
5.0. ПРОЦЕДУРАЛНИ АЛГОРИТАМ ОДЛУЧИВАЊА КОД ИЗБОРА РЕКУЛТИВАЦИЈЕ ..	133
5.1. Структурни елементи алгорита одлучивања током рекултивације.....	133
5.2. Алгоритамско решење процедуралног одлучивања.....	136
5.3. Избор варијанти рекултивације и критеријума уређења постексплоатационих предела површинских копова угља	141
6.0. ПРИМЕНЕ ВИШЕАТРИБУТНОГ МОДЕЛА ОДЛУЧИВАЊА КОД ИЗБОРА РЕШЕЊА РЕКУЛТИВАЦИЈЕ	148

6.1. Рекултивација површинског копа Кленовник	148
6.1.1. Приказ проблема	148
6.1.2. Модел проблема.....	154
6.1.3. Приказ и анализа решења.....	156
6.2. Рекултивација површинског копа Тамнава Западно Поље	158
6.2.1. Приказ проблема	158
6.2.2. Модел проблема.....	163
6.2.3. Приказ и анализа решења.....	166
6.3. Рекултивација површинског копа Богутово Село - Угљевик.....	168
6.3.1. Приказ проблема	168
6.3.2. Модел проблема.....	174
6.3.3. Приказ и анализа решења.....	176
7.0. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ ДАЉИХ ИСТРАЖИВАЊА	178
8.0. ЛИТЕРАТУРНИ ИЗВОРИ	182
ПРИЛОЗИ	185

САДРЖАЈ СЛИКА

Слика 1.1. - Методологија истраживања	11
Слика 1.2. - Приоритетни развојни простори за површинску експлоатацију лигнита (Жуто - Постојећа експлоатациона поља са радом до 2020. године са резервама од 1,455 милиона тона; Плаво - Планирана експлоатациона поља (приоритетни простор са радом до 2040. године са резервама од 510 милиона тона)	15
Слика 1.3. - Убрзана рекултивација <i>Welzov-Sud</i>	16
Слика 1.4. - Рекултивисани простор за насељавање места <i>Haidemuhl</i>	17
Слика 1.5. - Површински копови и термоелектране компаније <i>Vattenfall, Google Earth</i>	17
Слика 1.6. - Обликовање и рекултивација површинског копа <i>Reichwalde</i>	18
Слика 1.7. - Обликовање и рекултивација површинског копа <i>Janschwalde</i>	19
Слика 1.8. - Откопавање и одлагање откритке на површинском копу <i>Janschwalde</i>	19
Слика 1.9. - Обликовање и рекултивација површинског копа <i>Cottbus-Nord</i>	20
Слика 1.10. - Рекултивисани простор површинског копа <i>Cottbus-Nord</i>	20
Слика 1.11. - Обликовање и рекултивација површинског копа <i>Cottbus-Sud</i>	21
Слика 1.12. - Обликовање и рекултивација површинског копа <i>Nochten</i>	21
Слика 1.13. - Површински копови и термоелектране Рајнског басена лигнита	22
Слика 1.14. - По завршеној техничкој рекултивацији и припреми супстрата, приступа се биолошкој рекултивацији	23
Слика 1.15. - По завршеној експлоатацији угља, рекултивацијом се формирају нови предели вишенаменске функције	24
Слика 1.16. - Површински коп <i>Hambach</i> , панорамски поглед на рекултивисано спољашње одлагалиште <i>Sophienhöhe</i>	25
Слика 1.17. - Прегледна карта површинских копова <i>Hambach, Inden, Bergheim</i> и <i>Garzweller I, и II</i> у Рајнској рударској области	25
Слика 1.18. а и б - Експлоатација и рекултивација површинског копа <i>Bergheim</i>	27
Слика 1.19. а и б - Траса транспортера предвиђена за зелену пешачку и бицикличичку стазу	27
Слика 1.20. - ИВА пројекат Предео, карта предела <i>Lausitz</i>	28
Слика 1.21. - Плављење старог копа <i>Mücheln</i>	29
Слика 1.22. - Активни површински копови (зелено), лежшита угља (црвено), региони рударских басена (жуто)	30
Слика 1.23. - Рекултивација површинских копова компаније <i>Adamow</i>	31
Слика 1.24. - Рекултивација површинских копова <i>Belchatow</i>	32
Слика 1.25. - Рекултивација површинских копова компаније <i>Konin</i>	32
Слика 1.26. - Рекултивација површинских копова компаније <i>Туров</i>	33
Слика 1.27. - Прегледна карта антропогених одлагалишта и техногених одлагалишних рударских подручја у Чешкој	33
Слика 1.28. - Панорамски поглед на површински коп <i>Brezno</i> у долини <i>Chomutov</i> у Чешкој	34
Слика 1.29. - Селективно откопавање и техничка рекултивација, а) Детаљ спасавања црнице пре ширења копа <i>Brezno</i> ; б) Техничка рекултивација одлагалишта копа <i>Bilina</i> . Одлагалиште је покривено са лесом и чека следећу фазу рекултивације; и) Техничка рекултивација одлагалишта <i>Radovesnice</i> у околини бање <i>Bilina</i> у северној Воћетји. Одлагалиште је покривено слојем од 50 cm сачуваног плодног земљишта.	34

Слика 1.30. - Зарављени врхови одлагалишта су често рекултивисани у пољопривредне површине, а шуме су сађене на косинама. Рекултивисана одлагалишта површинског копа Merkur код града Kadan у северној Бохемији. ČEZ-Tušímece топлана је у позадини	35
Слика 1.31. - Завршена пољопривредна рекултивација одлагалишта површинског копа глине Horní Jiretin у Обранси	35
Слика 1.32. - Пример природне саморекултивације без примењених мера техничке и биолтике на запуштеним одлагалиштима Чешке	35
Слика 1.33. - Предео агрорекултивисаног простора одлагалишта Vetrak у Чешкој	36
Слика 1.34. - Предео агрорекултивисаног простора одлагалишта Radovesice у Чешкој	36
Слика 1.35. - Предео агрорекултивисаног простора одлагалишта Branany у Чешкој	37
Слика 1.36. - Предео рекултивисаног простора шумом одлагалишта Fučík у Чешкој	37
Слика 1.37. - Предео рекултивисаног простора шумом одлагалишта Krínec у Чешкој	37
Слика 1.38. - Предео рекултивисаног простора шумом одлагалишта Prokrok у Чешкој	38
Слика 2.1. - Динамичка усклађеност периода површинске експлоатације и фаза и процеса рекултивације	42
Слика 2.2. - Основни пословни процеси површинске експлоатације угља	47
Слика 2.3. - Потпроцеси процеса рекултивација на контексном нивоу	47
Слика 2.4. - Модел процеса техничка рекултивација	48
Слика 2.5. - Модел процеса биолошка рекултивација	48
Слика 2.6. - Модел процеса мониторинг радне средине	49
Слика 2.7. - Модел процеса мониторинг животне средине	49
Слика 2.8. - Принципијелни модел управљања рекултивацијом	50
Слика 2.9. - Планирање развоја и затварања површинског копа укључујући и рекултивацију	52
Слика 2.10. - Смањење ризика и незнања добре праксе	53
Слика 2.11. - Модел оптимизације управљања процесима рекултивације на површинским коповима	56
Слика 3.1. - Површински коп Fortuna Garsdorf, завршина фаза	63
Слика 3.2. - Простор површинског копа Fortuna Garsdorf данас	63
Слика 3.3. - Технолошка шема рада булдозера на завршном формирању берми	87
Слика 3.4. - Технолошка шема рада булдозера на планирању материјала са транспортом материјала камионом	88
Слика 3.5. - Технологија рада булдозера на планирању	88
Слика 4.1. - 3D визуелизација финалног модела постексплоатационе области подручја Соколовог басена мрког угља у северо-западној Бохемији, Чешка	94
Слика 4.2. - Орто снимак ширег подручја површинског копа лигнита Аминтеон	97
Слика 4.3. - Коначни предлог начина коришћења земљишта у постексплоатационом подручју површинског копа лигнита Аминтеон	98
Слика 4.4. - Локације Рударске угљеног басена Rescreio у оквиру области Rio Grande do Sul у Бразилу	101
Слика 4.5 - Панорама површинског копа Rescreio са дисконтинуалним радом услед претходног минирања средњих партија угља са правцем на предовања фронта радова, откопавањем откривке и њеног депоновања, односно одлагања на одлагалишту	101
Слика 4.6. - Рекултивација на формираном одлагалишту током процеса експлоатације угља са контролисаним ерозионим процесом у централном делу и засадом траве, и пошумљеним багремаром у горњем делу изнад одлагалишта	102

Слика 4.7. - Спољашње одлагалиште површинског копа Дрмно пре завршне рекултивације	103
Слика 4.8. - Реализовани план рекултивације спољашњег одлагалишта површинског копа Дрмно ..	104
Слика 4.9. - Изглед благе косине рекултивисаног спољашњег одлагалишта копа Дрмно	105
Слика 4.10. - Фактори који утичу на стање свести концепта одрживог рударства	109
Слика 4.11. - Интеракција између факторе локација	110
Слика 4.12. - Могућности стварања пост-експлоатационих предела у површинској експлоатацији	111
Слика 4.13. - Проток информација у руднику интегрисаног планирања и управљања	114
Слика 4.14. - Шематски приказ процеса оптимизације	117
Слика 5.1. - Алгоритам процедуралног одлучивања у поступку избора рекултивационог решења ...	137
Слика 6.1. - Литостратиграфски стуб лежишта угља Кленовник	149
Слика 6.2. - Основна технолошка шема рада на површинском копу Кленовник	151
Слика 6.3 - Прегледна геолошка карта ширег басена угља Костолац са лежиштима Кленовник, Ђуриковац и Дрмно	152
Слика 6.4. - Постојеће стање експлоатационог поља површинског копа Кленовник	153
Слика 6.5. - Прегледна карта површинског копа Тамнава Западно Поље	159
Слика 6.6. - Принципијелна технолошка шема откопавања и одлагања откривке на површинском копу Тамнава Западно Поље	160
Слика 6.7. - Шематски стуб угљевичке угљоносне формације	169
Слика 6.8. - Површине обухваћене рударским радовима (1 - Северни ревир, 2 - Ревир Стара Јама, 3 - Јужни ревир, 4 - Ревир Јаблани, 5 - Западно одлагалиште, 6 - Северно одлагалиште)	170

САДРЖАЈ ТАБЕЛА

Табела 3.1. - Основна дејства и резултати утицаја површинске експлоатације на животну средину	61
Табела 4.1. - Вероватноће ризика	106
Табела 4.2. - Последице ризика и критеријуми	106
Табела 4.3. - Рударски системи за површинску експлоатацију са аспекта рекултивације	111
Табела 4.4. - Разлике особина вишеатрибутног и вишециљног одлучивања	119
Табела 5.1. - Варијанте или алтернативе рекултивационих решења	141
Табела 5.2. - Критеријуми	142
Табела 5.3. - Категоризација критеријума	143
Табела 5.4. - Вредновање критеријума	144
Табела 5.5. - Конверзија описних у нумеричке вредности критеријумских оцена	145
Табела 6.1. - Откопно-транспортно-одлагалишна опрема на површинском копу Кленовник	150
Табела 6.2. - Површински коп Кленовник (описне вредности)	154
Табела 6.3. - Површински коп Кленовник (нумеричке вредности)	155
Табела 6.4. - Квантификована иницијална матрица одлучивања (О): (КОРАК 1) за површински коп Кленовник	156
Табела 6.5. - Одређивање индекса преференција (IP) и ранг алтернативних решења: (КОРАК 3) за површински коп Кленовник	158
Табела 6.6. - Преглед опреме површинског копа Тамнава Западно Поље	163
Табела 6.7. - Површински коп Тамнава Западно Поље (описне вредности)	164
Табела 6.8. - Површински коп Тамнава Западно Поље (нумеричке вредности)	165
Табела 6.9. - Квантификована иницијална матрица одлучивања (О): (КОРАК 1) за површински коп Тамнава Западно Поље	166
Табела 6.10. - Одређивање индекса преференција (IP): (КОРАК 3)	167
Табела 6.11. - Површине захваћене рударским радовима	173
Табела 6.12. - Површински коп Богutowo село (описне вредности)	174
Табела 6.13. - Површински коп Богutowo село (нумеричке вредности)	175
Табела 6.14. - Квантификована иницијална матрица одлучивања (О): (КОРАК 1) за површински коп Богutowo Село	176
Табела 6.15. - Одређивање индекса преференција (IP): (КОРАК 3)	176

САДРЖАЈ ПРИЛОГА

Прилог 1: ВИШЕКРИТЕРИЈУМСКА АНАЛИЗА ИЗБОРА РЕКУЛТИВАЦИОНОГ РЕШЕЊА ЕКСПЛОАТАЦИОНОГ ПОЉА ПОВРШИОНСКОГ КОПА КЛЕНОВНИК	186
Прилог 2: ВИШЕКРИТЕРИЈУМСКА АНАЛИЗА ИЗБОРА РЕКУЛТИВАЦИОНОГ РЕШЕЊА ЕКСПЛОАТАЦИОНОГ ПОЉА ПОВРШИНСКОГ КОПА ТАМНАВА ЗАПАДНО ПОЉЕ	209
Прилог 3: ВИШЕКРИТЕРИЈУМСКА АНАЛИЗА ИЗБОРА РЕКУЛТИВАЦИОНОГ РЕШЕЊА ЕКСПЛОАТАЦИОНОГ ПОЉА ПОВРШИНСКОГ КОПА БОГУТОВО СЕЛО	240

Уместо предговора

Пут од настанка идеје за пријаву ове докторске дисертације на Катедри за површинску експлоатацију лежишта минералних сировина на Рударском одсеку Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, преко формулисања њене теме и наслова, па до њене реализације представља једну несвакидашњу причу. Као вишегодишњи асистент уваженог професора др Владимира Павловића, био сам ангажован на највећем броју његових предмета, поред осталих и на Рекултивацији површинских копова и одлагалишта на основним и Техничкој и биолошкој рекултивацији на Мастер студијама. Из ове сарадње проистекла је замисао да у овој области пријавим докторску дисертацију под његовим менторством и називом теме ОПТИМИЗАЦИЈА УПРАВЉАЊА ПРОЦЕСИМА РЕКУЛТИВАЦИЈЕ ПОВРШИНСКИХ КОПОВА УГЉА. Како је пријава дисертације због административно-техничких разлога била враћена, професор др Никола Лилић као члан комисије, предложен је да руководи истом.

Ментору професору др Николи Лилићу се захваљујем на корисним саветима у систематизацији и композицији докторске дисертације и подршци током свеукупног рада.

У уводном и општем делу тезе користио сам се материјалима из пројектне документације тима чији сам био члан, којим је руководио професор др Владимир Павловић, као и такође, техничком документацијом истраживачких полигона површинских копова Кленовник и Богутово село. Користим ову прилику да се захвалим професору Павловићу на вишегодишњој стручној и научно-истраживачкој и просветној сарадњи. Такође се захваљујем на детаљном прегледу тезе, корисним термилошким и стручним сугестијама.

Нарочиту и посебну захвалност дугујем уваженом проф. др Слободану Вујићу, који ми је помогао корисним сугестијама и стручним саветима у структурирању дисертације и дефинисању израде модела за правилан избор вишекритеријумске анализе и његове примене на предметним истраживачким полигонима. Такође, захваљујем се на сталним консултацијама, руковођењем тезе и перманентном упућивању на литературне изворе.

Професору др Игору Мињановићу се захваљујем на детаљно прочитаном тексту, лекторским саветима и корисним сугестијама, а колеги Саши Степановићу стручном сараднику на нашој катедри на техничкој и графичкој подршци у израде дисертације.

Свим колегама са Рударско-геолошког факултета и Катедре за површинску експлоатацију Рударског одсека захваљујем се на моралној и колегијалној подршци.

Посебну захвалност дугујем својој супрузи Светлани која је имала снаге, стрпљења и љубави да ме поред својих родитеља и сестре Весне, бодри и изгара у породичној подршци и око нашег сина Димитрија оволике године.

Бојан Димитријевић

1.0. УВОД

Развој површинских копова угља као сегмената енергетско-индустријских привредних целина, прате негативни еколошки утицаји на животну средину рударских басена и шире. То нас обавезује на интегрално планирање, ревитализацију, рекултивацију и уређење нарушеног простора за његово поновно хумано коришћење у постексплоатационом периоду.

Рекултивација, ревитализација и рестаурација нарушеног земљишта насталог развојем динамике рударских радова, нуди бројне могућности. Како би се избегле штетне последице тих активности, након техничке и биолошке рекултивације, успоставља се нови еко-систем на пределу нарушених површина. У том смислу предео рекултивисаних површина уклапа се у постојећи еко систем или се пак у целини или делимично мења његова намена за нове потребе.

Досадашња истраживања у овој области су показала да је на овако нарушеним подручјима могуће створити нове пољопривредне, шумске, акваторне, ливадске и друге екосистеме. Рекултивација има мултидисциплинарни и интердисциплинарни карактер па представља комплекс рударско-технолошких, инжењерско-геолошких (геотехничких и хидрогеолошких), биоинжењерских (агрономских и шумарских мелиоративних поступака), као и других техничких мера које се предузимају у циљу трансформације техногено нарушеног земљишта у стање погодно за пољопривреду, шумарство, рибарство, рекреацију, туризам, и простор за инфраструктурне објекте различите намене, ако је тако нешто предвиђено урбанистичким планом било које категорије. Природњачки посматрано, рекултивацијом се поспешује обнављање старих и оживљавање нових биљних и животињских врста, формирање стабилних еко-заједница у циљу

еколошке равнотеже човекове околине и одрживог развоја природних обновљивих и необновљивих ресурса.

Процеси експлоатације свих корисних минералних сировина до последњих десетлећа прошлог века углавном су се завршавали престанком откопавања а затварани рударски објекти препуштани су људској небризи и зубу времена. Наиме, на напуштеним површинским коповима створени су нарушени постексплоатациони предели и новоформиране техногене површине.

За природан начин обнављања еко система на једном нарушеном техногеном рељефном простору потребан је дуг временски период. Временски период самообнављања (ауторекултивације), односно насељавање пионирских врста представља вишегодишњи процес, и изразито зависи од заступљености хранљивих материја за развој биљака на деградираним површинама.

Развојем екологије у свету и код нас, настаје нови радни оквир заштите животне средине у целини и појединачно за сваку локацију. Брига о очувању природе започиње са истражним радовима, наставља се са отварањем лежишта, постизањем пуне експлоатације, а после затварања копа, нарушени простори се рекултивишу. У зависности од врсте нарушених површина примењује се и одређена категорија рекултивације: ауторекултивација, полурекултивација и еурекултивација.

Површинска експлоатација угља је временски дугорочни пројектни задатак који изазива извесне еколошке промене у животној средини. Уопште, ове промене се манифестују у горњим деловима земљине коре, као и у пратећем воденом и ваздушном омотачу за све време животног циклуса површинског копа.

Досадашња пракса указује да је негативан утицај површинске експлоатације на животну средину углавном посматран као секундарни проблем и да су трошкови рекултивације нереално умањивани како би они минимално утицали на укупну цену експлоатације. Релативизовање и поједностављивање рекултивације на површинским коповима угља доводи најчешће до њеног непланског спровођења, пре свега на оним деловима површинских копова у пост експлоатационој фази.

Овакав оперативни приступ има за последицу низ негативних појава: повећање обима радова како на техничкој тако и на биолошкој рекултивацији, угрожавање режима површинских и подземних вода, угрожавање стабилности завршних косина копа и одлагалишта, неповољног амбијенталног и пејзажног уклапања новоформираног техногеног рељефа откопаних и одложених маса, укупно повећање трошкова итд. Да би се избегли описани проблеми, рекултивацију је неопходно третирати као један од техничко-технолошких процеса експлоатације угља и посматрати га као пројекат од почетка истраживања и отварања површинског копа па кроз све фазе развоја експлоатације до њеног затварања.

Постексплоатационо санирање деградираног простора изазваног рударским објектима и уређење предела површинских копова у основи представљају синтетички инжењерско-технички веома комплексан, дугорочан и плански аналитичан мултидисциплинаран и професионално тимски стручно вишефазни пројектни задатак. Пошто је базиран на одрживом развоју посматране животне средине, где поред домаћинског газдовања минерално-сировинским комплексом кроз рационалност експлоатационих радова треба испунити техничко-технолошке и економске факторе, узима у обзир и заштиту животне средине, треба да оствари и моралне и етичке принципе у погледу предвиђања, планирања и пројектовања, техничке и биолошке рекултивације нарушених површина, па до социјалних фактора у погледу изградње нових друштвених садржаја или успостављања еко система који ће бити на корист новим нараштајима, у природној и етичној прерасподели друштвеног богатства читавом низу генерација истог подручја, региона или на државном нивоу.

Обезбеђење услова за ефективно и ефикасно наменско санирање и оплемењивање нарушених површина као предуслов поновног коришћења ових подручја подразумева активности на избору и организацији адекватне технологије техничке и биолошке рекултивације и управљању и газдовању новоствореним ресурсима на одлагалиштима површинских копова. Поступак планирања ревитализације и мера рекултивације на површинама на којима је завршено одлагање заснива се на анализи свих полазних природних и техничко-технолошких параметара.

У природне параметре спадају:

- природне и новонастале карактеристике рељефа,
- климатске карактеристике подручја површинског копа,
- литолошка структура откривке и јаловине простора на којима ће се површински копови ширити,
- особине земљишта и депосола,
- карактеристике природне и на рекултивисаним површинама створене вегетације;

У техничко-технолошке параметре спадају:

- динамика експлоатације откривке по експлоатационим пољима,
- технологија откопавања и одлагања откривке,
- локација одлагалишта,
- врсте и карактеристика примењене опреме, итд.

1.1. Предмет истраживања

Површинска експлоатација угља је динамички отворен дугорочни пројекат који проузрокује значајне, пре свега визуелне промене животне средине и пејзажног околиша. Најопштије, свеукупне промене се дешавају у горњем делу литосфере, у целој хидросфери и у доњем делу атмосфере управо у непосредном контакту са активностима површинске експлоатације. Поменуте промене дешавају се у свим периодима површинске експлоатације, односно током радног века површинског копа.

Процес деловања рударских радова на једном простору у циљу откопавања корисне минералне сировине до осамдесетих година двадесетог века завршавао се са престанком експлоатације јер је примарно било производити минералну сировину, док су последице настале експлоатацијом биле од секундарног значаја. Тако су површинском експлоатацијом створане велике нарушене површине остављене спонтаном самозарашћивању. За природан начин обнављања еко система на једном нарушеном техногеном рељефном простору потребан је дуг временски период.

Рекултивација, ревитализација и просторно уређење простора обухваћеног рударским објектима у принципу представљају у техничко-технолошком смислу

веома сложен, временски дугорочан и стручно захтеван мултифазни процесни задатак. Он се састоји од предвиђања, планирања и пројектовања, преко експлоатационих радова, техничке и биолошке рекултивације нарушених површина, па до изградње нових друштвених садржаја и успостављања биљних и животињских заједница и природних станишта - еко система, при чему је током трајања процеса рекултивације укључен читав низ природних, техничких, економских и социјалних фактора.

У основи оваквих дугорочних процеса је секвенцијалност, међусобна условљеност активности, обимност временски и просторно променљивих података и информација, и њихова узајамна повезаност, што само још повећава потенцијалне ризике за укупну реализацију процеса рекултивације. Овакви, вишеструко сложени проблеми се превазилазе организованим и оптимизованим управљањем процесом рекултивације у свим фазама површинске експлоатације и то посебно у процесу планирања, када је потребно кроз студијске анализе елаборирати варијанте и изабрати оптимизована рекултивациона решења.

Овакви, вишеструко сложени проблеми се превазилазе организованим и тимским аналитичким одлучивањем о избору варијанти, односно алтернативних пројектних рекултивационих решења као могућих садржаја уређења постексплоатационих простора површинских копова и одлагалишта на основу дефинисаних критеријума.

1.2. Научни циљеви истраживања

Досадашња искуства показују да се негативне последице утицаја рударске активности при површинској експлоатацији лежишта минералних сировина на животну средину најчешће испољавају кроз неселективно смањење трошкова рекултивације како би исти минимално утицали на укупну цену експлоатације. Тако се у пракси рекултивација на површинским коповима угља најчешће неплански спроводила и то углавном на објектима и деловима површинских копова који су у пост експлоатационој фази.

Овакво решавање проблема рекултивације има за последицу низ негативних појава; почев од начина одлагања маса и формирања одлагалишта са аспекта

стабилности, ерозивних процеса, педолошких и геоморфолошких промена, промене амбијента - пејзажа околине, итд. Да би се избегли описани проблеми, рекултивацију је неопходно третирати као посебан и специфичан управљачки процес, динамички у времену и простору усклађен са фазама и процесима површинске експлоатације.

Циљ истраживања је дефинисање методологије и алгорита доношења кључних одлуке током рекултивације као и математичког интегралног модела за потребе добијања оптималног рекултивационог решења као оптималног на бази успостављених критеријума за уређење постексплоатационих предела.

Истраживања у оквиру докторске дисертације биће реализована на теоријском и практичном нивоу. При изради докторске дисертације у њеној предексперименталној фази биће дат приказ процесног приступа и изградње процесног модела као основе за параметризацију вишекритеријумске и вишеатрибутне анализе као и преглед могућих моделских приступа за подршку одлучивању током рекултивације са предлозима различитих теоријских модела вишекритеријумске и вишеатрибутне анализе. Током експерименталне анализе у оквиру опитних истраживања примениће се најприкладније моделско испитивање са три различита површинска копа, узетих као експериментални полигони са различитим природно-геолошким, техничко-технолошким и организационим карактеристикама.

Тема докторске дисертације посебно добија на значају ако се има у виду да се код нас и у свету, не само у рударству и површинској експлоатацији, проблему управљања процесима придаје изузетна пажња. Тиме теза добија на два основна критеријума: 1. Актуелности научно-истраживачке проблематике, и 2. Специфичном карактеру истраживачког поступка.

На основу постављених циљева и задатака посебно се очекује да дисертација да научни допринос кроз дефинисање методологије и израду модела за вишекритеријумско и вишеатрибутно одлучивање, базираних на процесном приступу, у функцији оптимизације управљања процесима рекултивације у свим фазама површинске експлоатације.

1.3. Основне полазне поставке у истраживањима

Основне полазне поставке за истраживања у оквиру дисертације односе се на недовољну истраженост и потребу за целовитим сагледавањем проблема везаних за процес рекултивације. Због своје захтевности и друштвеног значаја површинска експлоатација угља дуго је била аутономан систем који је тек у последњих десетак година почео да подлеже спољашњим утицајима пре свега ограничењима која су везана за заштиту животне средине и екологију, генерално.

Под утицајем низа унутрашњих и спољашњих детерминанти и ограничења, проблем површинске експлоатације угља је посебно апострофиран, јер је угаљ еколошки најнеприхватљивије фосилно гориво. Међутим, угаљ је истовремено и најзначајнији енергетски ресурс. Квалитет угља ограничава економски радијус транспорта од површинских копова, па је у непосредној близини неопходна и локација великих потрошача. Економска и технолошка принуда за оваквом просторном концентрацијом и структурирањем рударско-енергетског система има низ неповољних утицаја на животну средину - загађење ваздуха, воде и тла, заузимање земљишта, негативне трансформације предела, поремећаји водног режима и транспортних комуникација, поремећаји микроклиме и екосистема.

Све поменуто у значајној мери се мења како у свету тако и код нас тако што се власници права експлоатације законски обавезују да низом техничко-технолошких, биолошких и социо-економских мера потпуно анулирају негативне утицаје површинске експлоатације угља на животну средину. Овај скуп мера у суштини представља низ мера рекултивације на простору обухваћеном објектима површинске експлоатације угља.

У досадашњој пракси површинске експлоатације угља, нису у потпуности истражени и систематизовани процеси рекултивације просторна и временска динамика као и друге значајне детерминанте које у значајној мери могу да повећају трошкове рекултивације, а у крајњем и цену експлоатације угља. Ово се посебно односи на процес планирања рекултивације и његове детерминанте као кључне за ефикасну и ефективну реализацију рекултивације површинског копа. Из изнетог је јасно да област рекултивације у површинској експлоатацији угља није довољно истражена и да свакако постоје значајне могућности да се кроз

опсежна истраживања уз примену научних и практичних искустава из земље и иностранства у овој области постигну значајни резултати у побољшању процеса рекултивације у површинској експлоатацији угља кроз избор најбољег, а уједно оптималног рекултивационог решења узимајући у обзир процесну и организациону структуру и временску и просторну динамику површинских копова који су у фази затварања или су у пуној експлоатацији.

Полазна хипотеза истраживања је да се применом метода вишекритеријумске или вишеатрибутне оптимизације може извршити избор најбољег могуће оптималног рекултивационог решења од спектра могућих варијантни и комбинованих алтернативних пројектних могућности обликовањем постексплоатационог терена уз дефинисање критеријума оптималности у функцији квалитета самих процеса, организације и временске и просторне динамике рекултивације.

1.4. Програм истраживања

Истраживања у оквиру докторске дисертације биће реализована у оквиру више фаза:

Прва фаза се односи на уводне напомене о предметним истраживањима, научним циљевима и методама научно-истраживачког рада. Такође, аналитички треба прикупљене библиографске и фактографске податке из домаће и стране стручне и научне литературе и периодике на један синтетички начин представити кроз познавање достигнућа у предметној области у свету и код нас. Треба дати критички осврт прикупљених података и информација и перманентног доистраживања уколико расположиви подаци и примери литературних извора нису довољни и најрепрезентативнији.

Друга фаза обухватиће приступ решавања проблема одлучивања и управљања на основу теоријских аспеката ових феномена у најширем смислу и њихову примену на рекултивацију. Такође, извршиће се анализа процеса и карактеристика техничке и биолошке рекултивације предела деградираних површинском експлоатацијом минералних сировина и њихов општи утицај на факторе животне средине.

Трећа фаза представља преглед примера из праксе могућих моделских приступа за подршку одлучивања током рекултивације, укључујући анализу природних, техничко-технолошких, правно-економских, социјалних и организационих фактора. Треба дати осврт теоријских модела нелинеарног програмирања са акцентом на вишекритеријумско и вишеатрибутно одлучивање у циљу избора најприкладније методе вишекритеријумске оптимизације за одабране примере

Четврта фаза обухвата анализу структурирања математичких алгоритама у функцији алгоритамског решења за доношење одлуке током рекултивације са анализом његових структурних елемената и смислом решавања проблема избора најбољег и уједно оптималног рекултивационог решења на основу избора одабраних варијанти типа рекултивације и дефинисаних критеријума уређења постексплоатационих предела посматраних као управљање процесом рекултивацији на површинским коповима угља.

Пета фаза представља експерименталну фазу докторске дисертације у којој ће бити извршена тест опитна истраживања за сваки од изабраних површинских копова угља: 1. Кленовник; 2. Тамнава Западно Поље и 3. Угљевик Богutowo Село. Такође, биће дат краћи осврт на методу техничко-технолошког решења система експлоатације за сваки коп као полигон испитивања изабраног моделског решења и дат приказ и анализа најбољег оптималног рекултивационог решења на основу изабраних критеријума.

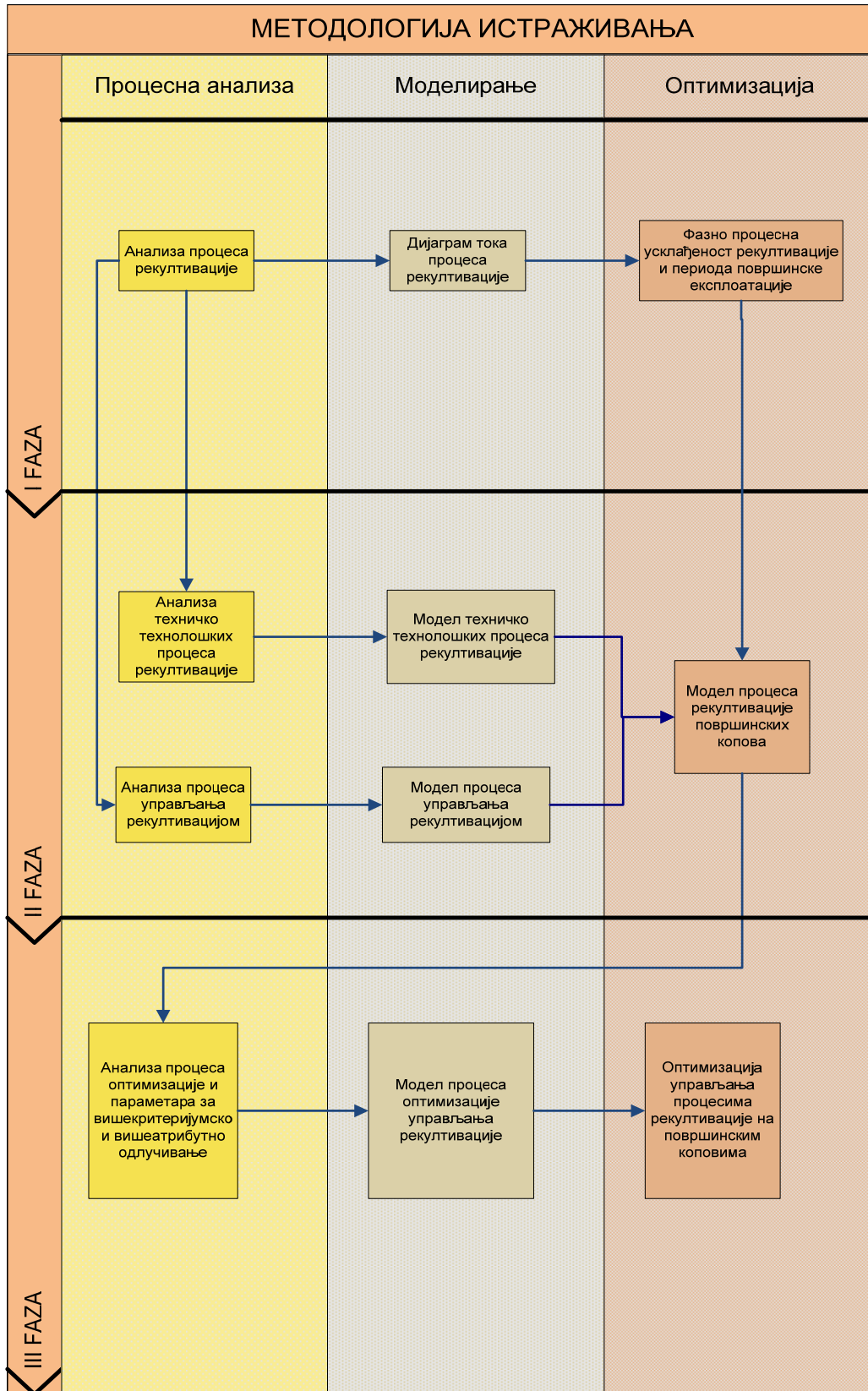
1.5. Методологија истраживања

Методологија научно-истраживачког рада базирана је на анализи постојећих теоријских метода и поступака као и развојних и иновативних пројектних решења у предметној проблематици уз коришћење синтезе досадашњих искустава и методе аналогije са сличним научним и практичним решењима како би предвиђена истраживања дала очекиване резултате. На овај начин треба да се сагледају и детерминишу процеси рекултивације, оптимизује процес избора одлучивања најбољег-оптималног рекултивационог решења и изврши практична провера предложеног модела одлучивања на површинским коповима угља

Кленовник (Костолачког басена угља), Тамнава Западно Поље (Колубарског басена угља), и Богутово Село (Угљевичког басена угља).

За оптимизацију процеса управљања рекултивацијом у површинској експлоатацији коришћени су достигнути научни и стручни резултати у комплементарним научно-истраживачким областима битним за остваривање основног циља истраживања. У дисертацији ће за потребе одређивања оптималног рекултивационог решења предела бити изабрана метода вишекритеријумског одлучивања PROMETHEE. При изради докторске дисертације, у свим фазама, биће коришћени математички алати и софтвери за процесно и организационо моделирање.

Примењени метод истраживања (Слика 1.1), представља сложен низ активности чији је циљ да се детерминишу процеси рекултивације, утврди њихова међузависност, њихова интерна и екстерна временска динамика и просторна динамика у функцији свих периода површинске експлоатације и на крају, на бази утврђеног критеријума оптималности, оптимизује доношење одлуке најбољег рекултивационог решења постексплоатационогих предела предложених површинских копова угља.



Слика 1.1. - Методологија истраживања

1.6. Достигнућа у предметној области у свету

Први примери техничке и биолошке рекултивације земљишта и амбијентално уређења деградираних простора насталих као резултат рударског откопавања и експлоатације минералних сировина настали су у Немачкој средином 19. века. С почетка 20. века појава рекултивисања старих и напуштених рударских радова забележена је у САД и Великој Британији.

У односу на пионирске покушаје и прве примере какав је био површински коп лигнита Fortuna у Немачкој, озбиљан научноистраживачки и оперативнoinжењерски приступ предметној проблематици јавља се средином прошлог века, тачније после 2. Светског рата такође у Немачкој где су до данас постигнути најзапаженији резултати. У томе свакако предњачи компанија Wattenfall.

У данашњој Немачкој, ако се узму бивше Савезна и Демократска Немачка, рекултивисано је и преуређено преко 40.000 хектара девастираног земљишта насталог радом рударске привреде. Оваквим импозантним резултатима допринела је строга законска регулатива у области рекултивације чиме се пре отпочињања технологије експлоатационих радова, сва техничка решења стављају се у службу заштите животне средине, допуштених количина штетних материја у ваздуху, води и земљишту, решавању андрогених социјалних проблема појединца и заједнице, једном речју води строго рачуна о друштвеном одрживом развоју. Предмет посебног интересовања је зиратни слој земљишта као пример необновљивог плодног хумуса који као педолошки супстрат неки називају солум, селективно скидају, привремено депонују, чувају и касније користе приликом биолошке рекултивације. Суштина процеса селективног одлагања откривке је да се, на почетку отварања површинског копа, продуктивни хумусни слој земљишта привремено одложи, а у каснијим периодима развоја копа, и током експлоатације угља, а нарочито одлагања откривке и јаловине, селективно откопана откривка наноси у границама са постојећим геолошким литолошким стубом.

У неким од наредних примера биће представљена искуства Немачке у области рекултивације и уређења простора сличних могућности.

1.6.1. Лужички басен лигнитског угља Lusatia

Лужички рударски угљени басен лигнита геолошки је дефинисана са два различита лигнитска басена: горњи и доњи Лужички лигнитски регион, од којих доњи представља важнији. Ова област се налази у југоисточном делу Бранденбурга, северно-источном делу Саксоније, Немачка. Историја геолошког региона Лужичког лигнита почела је пре око 40 милиона година, у доба терцијара, када је у Европе био веома активан геодинамичан период [54].

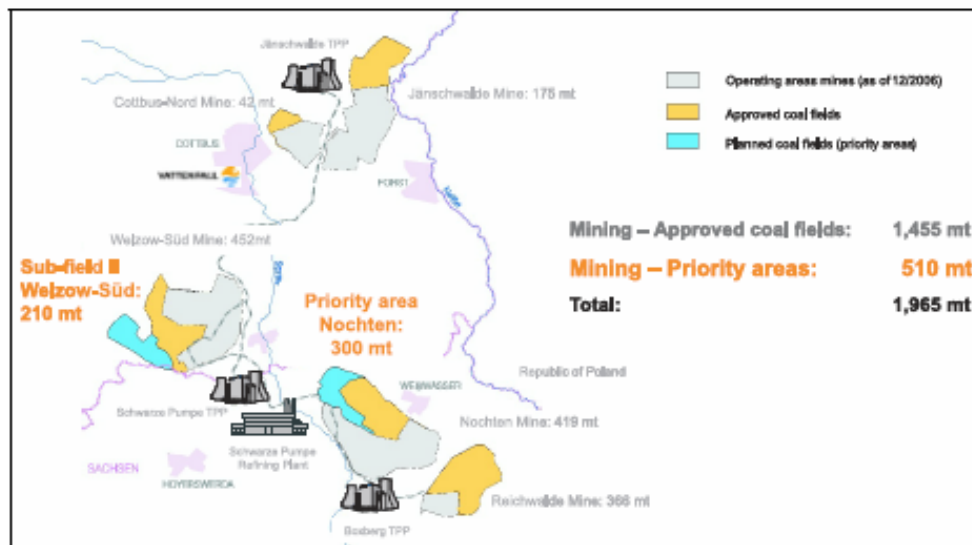
Историјат експлоатације лигнитског угља у области Доња Lusatia је вишевековни. Угаљ се експлоатише од краја 18. века, стим да је јамска експлоатација угља започета с краја 19. века, а да је већ почетком прошлог века постала доминантна површинска експлоатација угља. Након уједињења Савезне и Демократске Немачке дошло је до масовног затварања површинских копова, наине данас је на само пет површинских копова активна рударска производња док их је 17 затворено. Површина девастирана експлоатацијом угља око 800 km² у овој области предмет је постексплоатационе рекултивације и реамидације. Стратешки посматрано, дугорочни програми развоја површинских копова басена Lusatia, укључујући и њихова затварања, обухватају период до 50 година, што је гарант снабдевања угља постојећих термоелектрана за њихов четрдесетогодишњи век трајања.

Плански дугорочни развој по приоритетности предвиђа обједињавање простора површинских копова Welzow-Sud (Део Polja II Welzow Sud) и Nochten који ће својом резервама обезбедити експлоатацију до краја 2020. године (Слика 1.2). Басен Reichwalde који се налази на крајњем западу, својим високо квалитетног лигнитским резервама од преко 500 милиона тона обезбедиће сигурно снабдевање купаца дуже од 2040. године (Слика 1.5). Лужички басен угља, располаже укупним резервама лигнита од 12 милијарди тона, што представља огроман потенцијал за успешан и стабилан енергетски одрживи развој производње електричне енергије у модеран и строгим конкурентним еколошким условима. У постексплоатационом периоду поред техничке и биолошке рекултивације а пре затварања рударског објекта, врши се санација површинских копова која обухвата: Заштиту од опасности на површинским коповима ради обезбеђења

опште сигурности; Претварање простора површинских копова и пратећих објеката обликовањем у поново употребљиво земљиште уклопљено у регион, поновно природно успостављање уравнотеженог режима вода; обезбеђивање или уклањање еколошких отпада у земљи и води.

Посебна пажња биће посвећена заштити животне средине и техничким мерама за реализацију биолошке рекултивације као што су: убрзано пошумљавање бочних косина у граничним контурама одлагалишта, озелењавање заштитних појасева испред постојећих објеката, дуж траса транспортера и железничких пруга, као и истих од буке према насељеним просторима.

Једно од истраживања које се бави постексплоатационим оживљавањем са биолошког рекултивационог аспекта у области Доње Лужице приказано је у раду: *Primary succession in post-mining landscapes of Lower Lusatia - chance or necessity* [16]. Сличним проблемом бавио је се и René Krawczynski у својој докторској дисертацији *Succession of Collembola in the postmining landscape of Lower Lusatia* [49]. У својој тези колега је анализирао проблем ревитализације и рекултивације одлагалишних простора у 5 постексплоатационих рударских области и то: *Cottbus-Nord, Schlabendorfer Felder, Domsdorf, Plessa, Koynе*. У магистарској тези *Mine reclamation financial bonding end regulation*, аутора Filiza Торпака [55], колега Торпак се бавио анализом планирања процеса рекултивације површинских копова и одлагалишта као рударских објеката са аспекта управљања и регулације финансијских инвестиционих токова у турским условима у оквиру приступања пројектним и законодавним програмима Европске Уније.



Слика 1.2. - Приоритетни развојни простори за површинску експлоатацију лигнита (Жуто - Постојећа експлоатациона поља са радом до 2020. године са резервама од 1,455 милиона тона; Плаво - Планирана експлоатациона поља (приоритетни простор са радом до 2040. године са резервама од 510 милиона тона)

Завршне контуре површина одлагалишта и површинских копова после завршетка експлоатације се формирају у складу са еколошким захтевима. Одрживи принципи и стратегије су постављени и развијани од 1990. године, а поред осталог обухватају и следеће:

- Рекултивацију простора одмах након затварања површинског копа;
- Моделирање површине терена после завршетка експлоатације;
- Формирање високо квалитетног изгледа терена узимајући у обзир окружење;
- Креација терена као корисног, компатибилног и одрживог екосистема;
- Обликовање одрживог вишенаменског терена типичног за регион;
- Развој култивисаног простора као економичног ресурса за будуће генерације (Слика 1.3).

Рекултивацијом површинских копова у басену лигнитског угља Lusatia формира се заправо једно ново земљиште, које је атрактивно и велике вредности, иако се резултати не виде одмах имајући у виду да рекултивација захтева стрпљење и време.



Слика 1.3. - Убрзана рекултивација Welzov-Sud

Одрживост, такође, обухвата и чињеницу да је у овом случају реч о Обновљивом откопаном материјалу. Заједно са партнерима, компанија Vattenfall Europe Mining посебну пажњу посвећује алтернативним формама искоришћења земљишта новоформираног простора. Обновљиви откопани материјал пружа потенцијалне перспективе за истовремено економично и еколошко коришћење. Због тога су формирана тест поља за биолошку рекултивацију и мелиоризацију, која су дала изванредне и обећавајуће резултате.

Површинска експлоатација лигнита често повлачи и потребу за расељавањем села. Рударска компанија преузима одговорност за социјално прихватљиво расељавање у односу на становништво и друштво. Већ од средине деведесетих година, а следећи постављене принципе социјално прихватљивог расељавања, остварени су следећи циљеви:

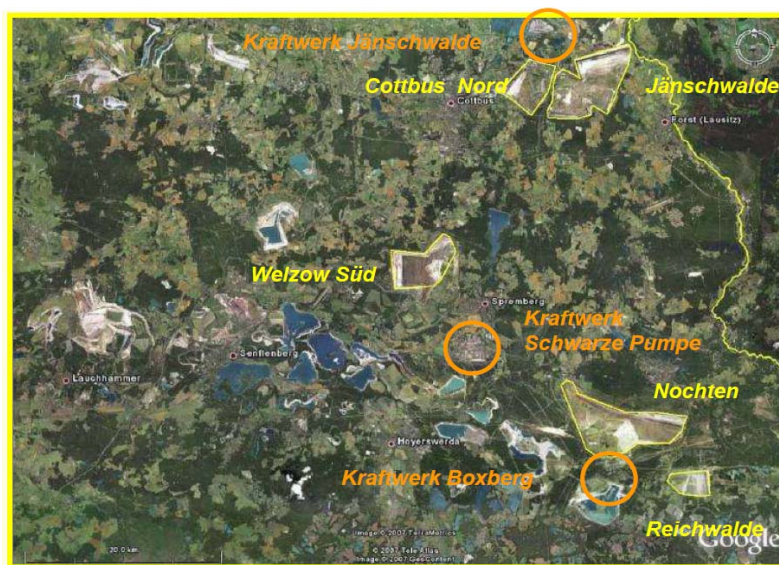
- Интеграција и активно учешће заинтересованог становништва;
- Заједничко расељавање на једну локацију;
- Транспарентна пракса надокнаде;
- Стални дијалог током процеса расељавања;
- Прилагођавање и идентификација при пресељавању са старе на нову локацију;
- Одржавање и подршка активности клубова и асоцијација;
- Континуално подржавање развоја малих предузећа.

Реализација ових принципа преставља основу за потписане уговоре између пресељаваног села и рударске компаније на обострану корист (Слика 1.4).



Слика 1.4. - Рекултивисани простор за насељавање места Haidemühl

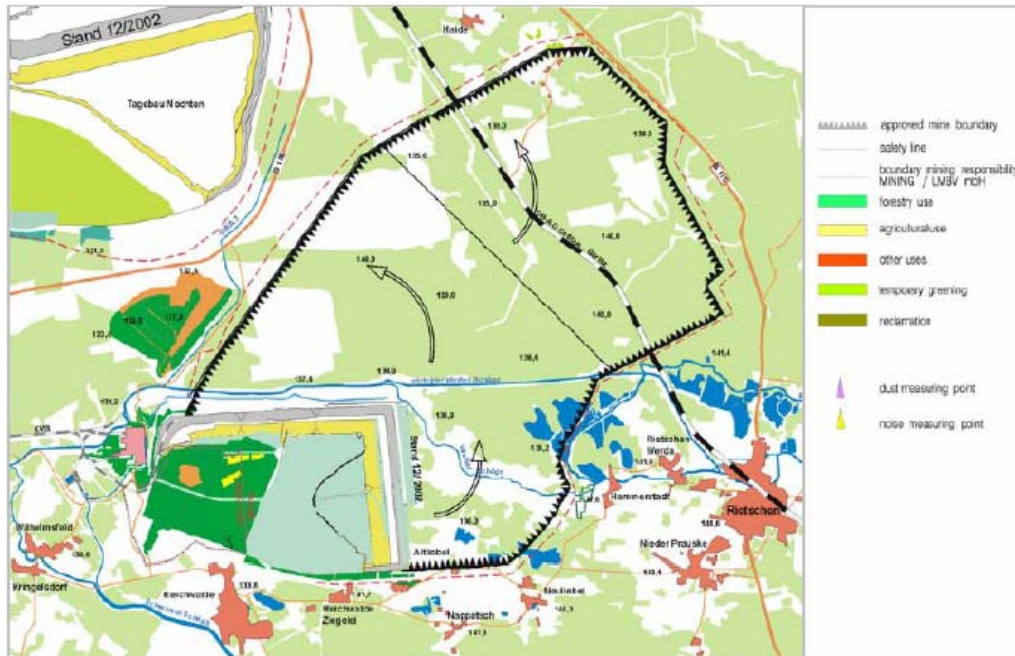
У раду је пет површинских копова: Reichwalde, који је прошао фазу привременог затварања из економских разлога, Janschwalde, Cottbus-Nord, Cottbus-Sud и Welzow-Sud (Слика 1.5).



Слика 1.5.- Површински копови и термоелектране компаније Vattenfall, Google Earth

Након привременог затварања површинског копа Reichwalde 1999. године, на унутрашњем одлагалишту је засађена мешовита шума. Поред јужне завршне контуре одлагалишта, према насељу Reichwalde, изграђен је видиковац. Спољашње одлагалиште копа је једно од највећих брда у околини. То је постао

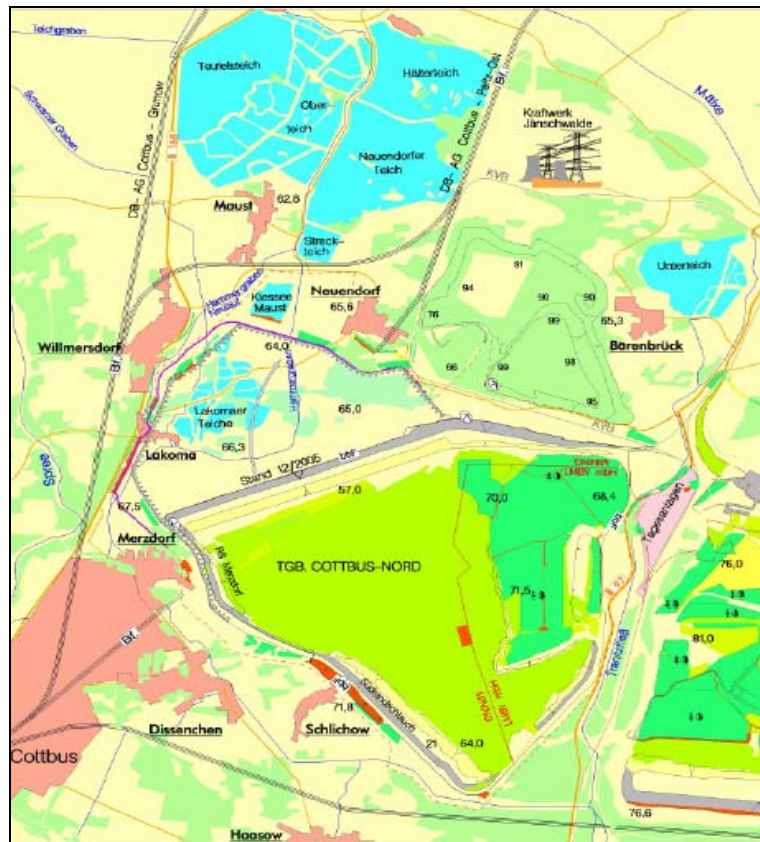
прави пример задовољавајуће комбинације рударства и атрактивне рекултивације. Одлагалиште надвисује околину за 40 m и формирано је између 1985. и 1987. године од откривке површинског копа Reichwalde (Слика 1.6).



Слика 1.6. - Обликовање и рекултивација површинског копа Reichwalde

У зони откопаног простора површинског копа Janschwalde је, у односу на рударско-техничке и геолошке услове, обликован простор за различиту агркултурну намену прилагођену околини (Слика 1.7). Јужни део бившег површинског копа је пољопривредна зона, док се на северној страни предвиђа садња шумских културе. Предвиђено је измештање реке Malhe преко унутрашњег одлагалишта од југоистока ка северозападу. На крају експлоатације формираће се језеро Taubendorfer. Површински коп Janschwalde карактерише систем експлоатације са директним пребацивањем откривке у откопани простор транспортним мостом који омогућава реализацију брзог процеса рекултивације (Слика 1.8).

одлагалишту формира се мешовита шумска култура (Слика 1.10). Рекреативни објекти ће бити интегрисани у пољопривредни и шумски простор.



Слика 1.9. - Обликовање и рекултивација површинског копа Cottbus-Nord



Слика 1.10. - Рекултивисани простор површинског копа Cottbus-Nord

Површински коп Welzow-Sud припада моренској граничној зони басена угља Lusatia (Слика 1.11). Равничарски терен, састав материјала откривке и хидрологија условили су начин коришћења простора после затварања копа и пре почетка експлоатације. Обликовање терена после експлоатације омогућује

оптимално коришћење са аспекта пољопривреде, шумарства и рекреације. Због тога се врши селективно одлагање плодног слоја одлагачима.



Слика 1.11. - Обликовање и рекултивација површинског копа Cottbus-Sud

Будући изглед терена након процеса затварања површинског копа Nochten треба да обезбеди исте могућности коришћења као и пре почетка експлоатације (Слика 1.12). У близини места Nochten формиран је комплекс за одмор и рекреацију. На јужном делу комплекса као улаз у рекултивисани простор направљен је парк од моренских самаца [44].

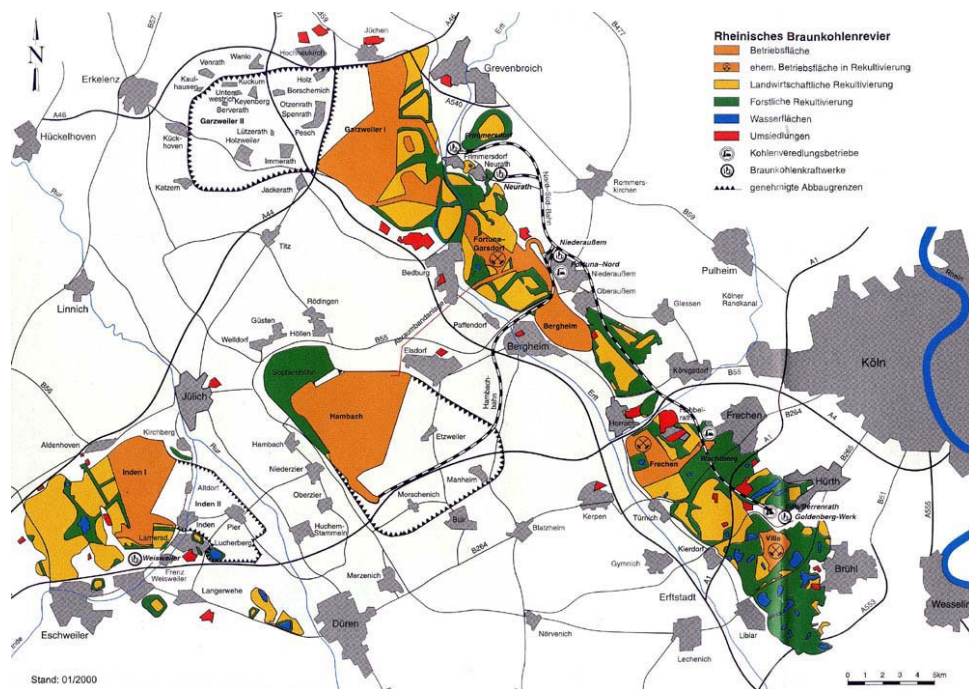


Слика 1.12. - Обликовање и рекултивација површинског копа Nochten

1.6.2. Рајнски басен угља

Рајнски угљени басен се простире на површини од око сса 2,500 km² између градова Келна, Ахена и Диселдорфа и експлоатација лигнита датира више од једног века. Експлоатација угља се обавља на три површинска копа Inden, Grazweiler и Hambach на дубини од 300 до 500 m.

После Другог Светског рата па све до данашњих дана са ових предела исељено је око 30,000 становника. Након отварања новог површинског копа Grazweiler II, преселиће се још 4,000 становника. Пошто су лежишта смештена у великим урбаним и високонасељеним срединама, рударска експлоатациона политика у великој мери зависи од придобијања јавног мњења за промену карактера ових подручја на темељима одрживог развоја новог окружења кога би карактерисала мудра и научно постављена техничка и биолошка рекултивација терена и правилан избор уређења будућих предела (Слика 1.13).



Слика 1.13. - Површински копови и термоелектране Рајнског басена лигнита

Једна од могућих варијанти рекултивације је претходно селективно откопавање и одлагање јаловине активних површинских копова или још у фази пројектног решавања. Основна концепција рекултивације поменутих подручја је следећа: у почетном процесу отварања копа, формира се спољашње одлагалиште са благим

косинама и терасама дуж изохипси. На овај начин се избегава континуелни пад терена великих дужина и појава јаче изражене водне ерозије. Терасе се делом користе и за изградњу саобраћајница. На одлагалишту се врши селективно одлагање, тако да се у доњим слојевима депонује инертни материјал дубљих слојева копа. Преко овога се одлаже релативно порозан, процедан, шљунковит материјал, а на површини одлагалишта продуктиван, орнично-лесни слој моћности око два метра. Пошто се косине спољашњих одлагалишта пошумљавају, да би се добио повољнији супстрат за шумске културе, лесу се додаје извешан проценат растреситог, шљунковитог материјала. На најнижој етажи одлаже се материјал најлошијих физичко-хемијских и микробиолошких карактеристика из контактних зона са угљем, изнад се одлажу: песак, шљунак и други материјали, тако да се постиже приближно иста зоналност геолошких слојева, каква је била у профилу откопа. Када је унутрашње одлагалиште испуњено, на приближно 2 m испод унапред утврђене коте, површина се равна, оре и на тако припремљену подлогу наноси се слој продуктивног леса дебљине око 2 m, односно до пројектоване коте (Слика 1.14).



Слика 1.14. - По завршеној техничкој рекултивацији и припреми супстрата, приступа се биолошкој рекултивацији

Технички, селективно одлагање је могуће тако што се од багера материјал одвози транспортним тракама до централног разводног система, где се различити супстрати усмеравају на одређени одлагач. Уколико на самом копу нема довољно продуктивног лесног земљишта за горњи слој, оно се довози са стране. Површински слој, лесна продуктивна земља, првобитно је наношена искључиво

механички одлагачем, а у новије време ова пракса је напуштена и прешло се на наношење лесног слоја у мокром стању, пумпама, где је однос воде и леса 0.6:1.



Слика 1.15. - По завршеној експлоатацији угља, рекултивацијом се формирају нови предели вишенаменске функције

До сада је у Немачкој, од укупно рекултивисаних површина, 40% враћено пољопривреди. На пољопривредним површинама су изграђене најсавременије фарме. У условима интензивних агротехничких и агромелиоративних мера приноси усева на рекултивисаном земљишту су слични онима на непоремећеним земљиштима, а у неким случајевима и виши. Нешто већи проценат рекултивисаних површина је под шумама. По правилу се тежи враћању шума на површине на којима је она била заступљена пре експлоатације угља. У неким случајевима су шуме подигнуте на некадашњим пољопривредним површинама. На одлагалиштима, која због конфигурације терена, нису погодна за интензивну пољопривредну производњу, као и на просторима око вештачких језера најчешће се подижу шуме.

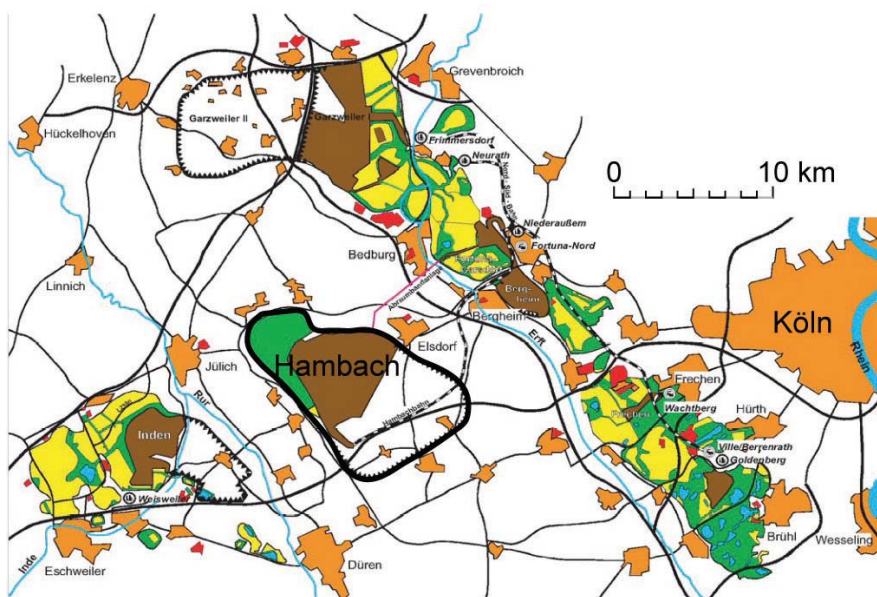
Као пример може се навести регион Liblar, где је након завршетка експлоатације угља формирано низ језера са пошумљавањем околних одлагалишта (Слика 1.15). Данас је цео овај простор од око 1,200 хектара изванредна рекреациона зона са излетиштима, веома добрим условима за риболов, спортове на води и другим забавним и рекреативним садржајима.

1.6.2.1. Површински коп *Hambach*

Прве количине откривке на површинском копу *Hambach* откопане су у јесен 1978. године. Откопана је 1.1 милијарда кубних метара песка, шљунка и глине. Данас спољно одлагалиште представља брдо, *Sophienhöhe*, које се висином од 200 м уздиже изнад околног предела (Слика 1.16) [7].



Слика 1.16. - Површински коп *Hambach*, панорамски поглед на рекултивисано спољашње одлагалиште *Sophienhöhe*



Слика 1.17. - Прегледна карта површинских копова *Hambach*, *Inden*, *Bergheim* и *Garzweiler I, II* у Рајнској рударској области

Прегледна карта на слици 1.17, са позицијом копова лигнита у фази експлоатације и рекултивисаним пределима басена угља у непосредној близини великог града Келна дата је у раду Optimization of coal output by increasing the steepness of the

lignite slope in the rim slopesystem of the Hambach opencast mine [17]. Површински коп Hambach налази се на око 20 km западно од Келна што се види са слике 1.16. Рудник тренутно има површину преко 35 km², а укупно одобрено рударско поље 85 km². Максимална дубина копа сада износи преко 350 m са тенденцијом ископавања до 400 m. Годишња производња лигнита износи око 40 мил t, што је једнако 40% од укупне производње у Рајнској рударској области. Са шумском рекултивацијом одлагалишта почело се 1978. године, само неколико недеља после почетка одлагања откривке. Од тада до данас бројне биљке и животиње настаниле су Sophienhöhe. Ово је допринело да је Sophienhöhe већ дуги низ година омиљено излетиште. Томе иде у прилог и развијање путне мреже, пошто је изграђено 73 km асфалтних путева.

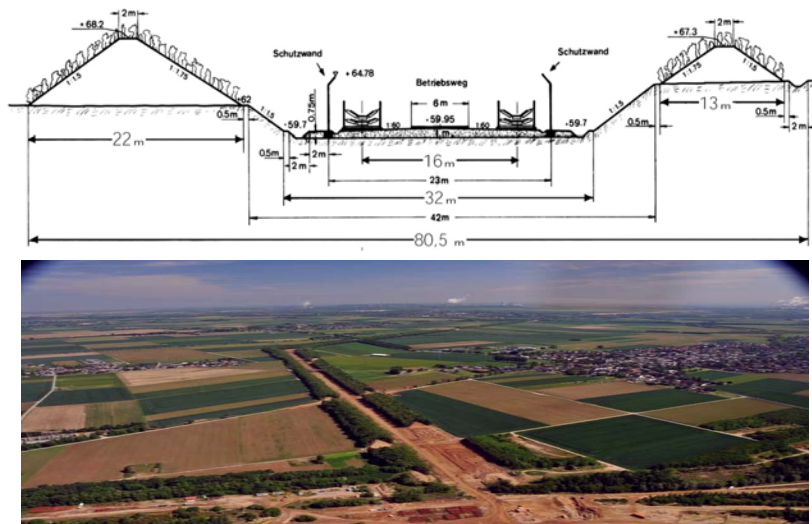
1.6.2.2. Површински копови Bergheim и Garzweiler

Као најинтересантнији пример новог приступа рекултивацији затворених површинских копова може се издвојити коп Bergheim који је отворен 1984. године и затворен 2002. године (Слика 1.18). За то време откопано је 238 милиона тона угља са повољним коефицијентом откривке 2.3:1. Површина површинског копа је 6.7 km², дубина 280 m, а годишња производња је износила 16 милиона тона. Дебљина слоја лигнита је била између 70 и 90 m, а расељено је 1.700 становника. Запуњавање копа врши се откривком са површинског копа Hambach. Површина је оплемењена селективно откопаним плодним слојем са површинског копа Garzweiler. Укупна површина рекултивисаног простора износи 674 ha, од чега је 461 ha пољопривредно земљиште, а око 213 ha шумско растиње.

Транспорт откривке са површинског копа Hambach врши се са два паралелна транспортера дужине 12 km, годишњег капацитета 2*50 милиона m³. Плодни слој са површинског копа Garzweiler довози се железничким транспортом. Реализацијом целокупног пројекта формираће се зелена траса пешачког и бициклистичког пута као веза између насеља уместо трасе транспортера (Слика 1.19), идустијски парк за производњу енергије из обновљивих извора и простор за изградњу истраживачког и развојног центра за угаљ [44].



Слика 1.18. а и б - Експлоатација и рекултивација површинског копа Bergheim

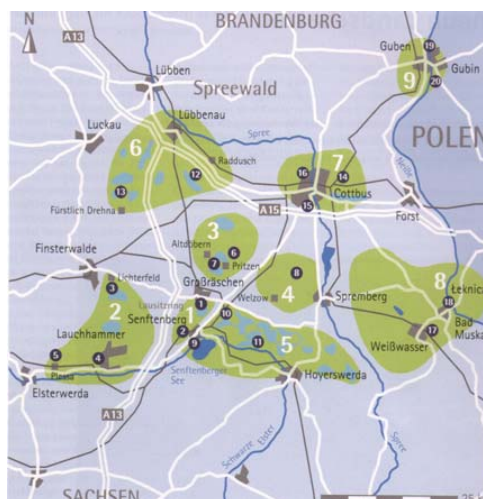


Слика 1.19. а и б - Траса транспортера предвиђена за зелену пешачку и бициклистичку стазу

1.6.3. Површински коп мрког угља Niederlausitz

У јужном Brandeburgу традиција рударства је дуга 150 година, што је изазвало потпуну измену предела. Села су измештена и створио се уједначени предео. Након откопавања угља почела је рекултивација. Већина копова је рекултивисана

задњих година, преостали копови су у експлоатацији и шире се. Постепено се мења Niederlausitz, од индустријског подручја у подручје рекреације. После недирнуте природе посетиоцима одмах пада у очи површински коп угља са одлагалиштима и рекултивисаним површинама. Многи видиковци омогућавају посетиоцима да добију увид о димензијама копа. Тако нпр. на одлагалишту Welzov настао је предео, који се користи за пољопривреду и шумарство. Истовремено природи се враћају разноврсне могућности развоја. Формирани су влажни биотопи који нуде животни простор за птице, инсекте, мале сисаре. О богатству дивљачи брину ловци. Интересантна је идеја да подручје Lausitz у Немачкој у периоду од 2000. до 2010. буде подручје интернационалне изложбе грађевинарства. То подручје обухвата 5000 km². У средишту интернационалне изложбе грађевинарства (IBA - International Exhibition of Architecture and Construction) Fürst-Pückler-Land налази се тема *Предео*. На подручју где се некада налазио центар енергије ДДР-а данас се сусреће брдовит предео са језерима. Део процеса промена предела су и индустријске грађевине, машине за експлоатацију, радничка насеља и цела индустријска подручја, за која је пронађена нова намена. ИВА-ина *Радионица за нове пределе*, повезује уређивачке и техничке иновације, конфронтира науку и уметност, усмерава интернационалну пажњу на регион. Историјски нуклеус предела Bad Muskau-Nochten је Fürst-Pückler-Park Bad Muskau, најважније дело вртног уметника Fürst Pückler-Muskau (Слика 1.20).



Слика 1.20. - ИВА пројекат Предео, карта предела Lausitz

У непосредној околини налази се геолошки интересантан терен, јединствен рељеф *набора* Faltenboden као и рекултивисани предео активног површинског копа Nochten. У припреми је проглашавање геопарка, предела са јединственим рељефом.

1.6.4. Површински коп Mücheln

Техничка рекултивација и заштита површинског копа Mücheln до сада је коштала преко 210 милиона евра. То је обухватило, између осталог, санирање преко 40 километара косина, делимично висине 200 m, али и крчење, чишћење депоније. Плављењем копа Miheln настаће језеро површине 1,842 ha, запремине воде од $427 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ и са обалом дужине 40 km (Слика 1.21). То ће бити највеће језеро Sachsen-Anhalts и највеће вештачко језеро у Немачкој. Предвиђа се да ће планирани ниво воде на коти +98 m бити постигнут 2010. Вода за потапање копа узима се из Saale са једног пумпног места и цевоводом дужине 17.8 km димензија 1200 и 1400 mm упумпава у коп. Санирање копа почело је 1991. године. У периоду од 1991. до 2002. године остварено је: За потребе санирања премештено је $15 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ јаловине БТО системом (багер-транспортер са гуменом траком – одлагач), $7 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ багерима дреглајнима и техником планирања $38 \cdot 10^6 \text{ m}^3$; чишћење депоније $80,000 \text{ m}^3$, а за потребе рекултивације озелењено и пошумљено је 700 ha [7].



Слика 1.21. - Плављење старог копа Mücheln

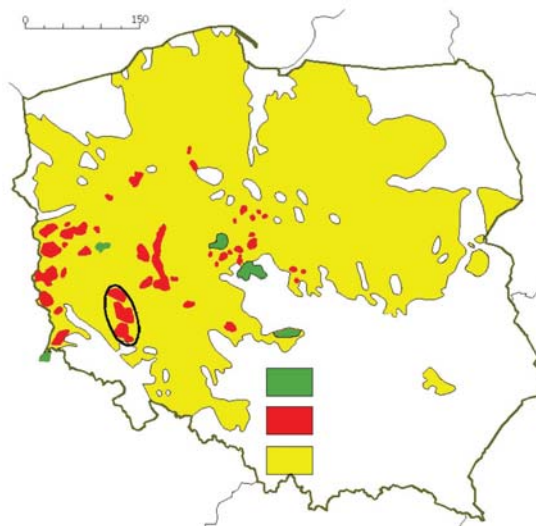
1.6.5. Рурска индустријска рударска област

Ова историјска индустријска рударска област у Немачкој, спомиње се у раду из 1996. години о рекултивацији рударских одлагалишта у часопису о загађењу воде,

ваздуха, и земљишта Recultivation of mining waste dumps in the Ruhr area [52]. Наиме, само далеке 1993. године откопано је преко 41 милион тона угља и 19.1 милиона m^3 откритке и јаловине, од чега је 0,7 милиона m^3 смештено у подземне просторије старих радова, 4.7 милиона m^3 искоришћено за комерцијалне сврхе, док је 13.7 милиона m^3 смештено на јаловишта односно одлагалишта која су касније била предмет техничке и биолошке рекултивације и санације у пост експлоатационом процесу по затварању рударских објеката уз коришћење свих еколошких стандарда.

1.6.6. Површински копови Adamow

У раду Present state and prospects of lignite extraction in Poland [53], говори се о лигниту који је одмах после каменог угља, друго основно енергетско сировинско фосилно гориво у Пољској. Међутим, важнији економски значај започео је у другој половини 20. века и био је повезан 60.-их са рударском-енергетском активношћу у басену лигнита Туров и Конин а затим 70.-их у басену Белхатов. Сада се лигнит у Пољској откопава са четири површинска копа Adamow, Belchatow, Konin и Turow (обједињено на слици 1.22.).



Слика 1.22. - Активни површински копови (зелено), лежишта угља (црвено), региони рударских басена (жуто)

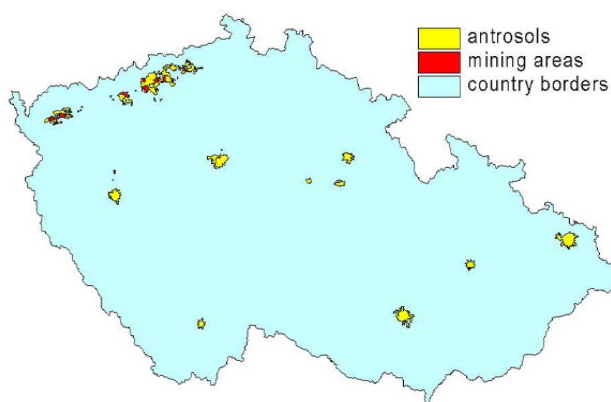
У току површинске експлоатације угља у Пољској, од 1945. године откопано је 2.25 милијарди тона угља, око 8.8 милијарди m^3 откритке и при том је заузет простор од око 33,000 ha, што у просеку износи 15 ha за милион тона угља. Рекултивисан је простор од 10,500 ha. Активне су четири рударске компаније са површинским



Слика 1.26. - Рекултивација површинских копова компаније Туров

1.6.10. Басен угља северне Воћетје

Од бивших социјалистичких земаља, најзапаженије резултате на рекултивацији површинских копова угља (поред бивше Немачке Демократске Републике) има бивша Чехословачка. Угаљ се у Чешкој Републици користи за производњу 75% електричне енергије. У овој земљи, рестаурација земљишта је обавеза од 1956. године, када је она прописана законом о заштити пољопривредног земљишта. Рекултивација, која је техничка и економска обавеза свих рударских организација, даје базу за продукцију хране и важна је компонента еколошког система подручја копа. Већина великих рекултивисаних површина налази се у басену угља северне Воћетје, басену угља Sokolov и у региону Ostrava-Karvina (Слика 1.27).



Слика 1.27. Прегледна карта антропогенних одлагалишта и техногенних одлагалишних рударских подручја у Чешкој



Слика 1.28. - Панорамски поглед на површински коп Brezno у долини Chomutov у Чешкој

Тако у раним 1960.-тим сви копови угља, на којима је била завршена експлоатација, добили су стратешке програме генералне рестаурације подручја, како би се обновило пољопривредно земљиште, шуме и водени системи. Чешка Република има око 14,000 ха рекултивисаних површина. Већина ових површина је реализована у басену угља северне Бохемије.



Слика 1.29. - Селективно откопавање и техничка рекултивација

а) Детаљ спасавања црнице пре ширења копа Brezno; б) Техничка рекултивација одлагалишта копа Bilina. Одлагалиште је покривено са лесом и чека следећу фазу рекултивације; ц) Техничка рекултивација одлагалишта Radovesnice у околини бање Bilina у северној Бохемији. Одлагалиште је покривено слојем од 50 cm сачуваног плодног земљишта.

Девастирана подручја, слична месечевом пејсажу, поново постају плодно земљиште:

- Овај процес почиње са заштитом плодног земљишта које се налази на простору копа. Оно се селективно откопава и одлаже. Најчешће је то одлично пољопривредно земљиште;
- Прва фаза стварне рекултивације је техничка адаптација одлагалишта, најчешће булдозерима;
- Нивелисане депоније се покривају слојем плодног земљишта или плодног леса од 50 cm;

- Биолошка фаза рекултивационог циклуса обично траје 6-8 година. За ту сврху привремено су гајене детелина и различитих врсте трава. Искусствено, најбољи резултати добијају се мешавином луцерке и травних смеша. Подручја су засејана и са житарицама које обогаћују ново-формирано земљиште са великом количином хранљивих материја [7].

Примери рекултивисаних одлагалишта Merkur, Horní Jiretín, Vetrak, Radovesice, Branany, Fučok, Krínec и Prokok приказани су на сликама 1.30 до 1.38.



Слика 1.30. - Зарављени врхови одлагалишта су често рекултивисани у пољопривредне површине, а шуме су сађене на косинама. Рекултивисана одлагалишта површинског копа Меркур код града Kadan у северној Бохемији. ČEZ-Tusimice топлана је у позадини



Слика 1.31. - Завршена пољопривредна рекултивација одлагалишта површинског копа глине Horní Jiretín у Obrancu



Слика 1.32. - Пример природне саморекултације без примењених мера техничке и биолтике на запуштеним одлагалиштима Чешке



Слика 1.33. - Предео агрорекултивисаног простора одлагалишта Vettrak у Чешкој



Слика 1.34. - Предео агрорекултивисаног простора одлагалишта Radovesice у Чешкој



Слика 1.35. - Предео агрорекултивисаног простора одлагалишта Врананау у Чешкој



Слика 1.36. - Предео рекултивисаног простора шумом одлагалишта Фиџик у Чешкој



Слика 1.37. - Предео рекултивисаног простора шумом одлагалишта Кринес у Чешкој



Слика 1.38. - Предео рекултивисаног простора шумом одлагалишта Prokrok у Чешкој

1.6.11. Нека искуства у САД, Великој Британији и Грчкој

Поред Немачке која је свакако један од најбољих примера успешне ревитализације простора деградираних површинском експлоатацијом угља и њиховог каснијег мултифункционалног коришћења, постоји у свету и низ других позитивних примера. Захваљујући посебним, веома ригорозним законима којима су прописани поступци, услови, надлежности и одговорности у многим земљама су успешно уређене велике рударским радовима деградиране површине. У САД постоји савезни Закон о контроли површинске експлоатације и мелиорације (Surface Mining Control and Reclamation Act of 1977 SMCRA), чије је спровођење у надлежности посебног савезног одбора Захваљујући овом закону, постоје веома добри примери успешно ревитализованих простора, након или сукцесивно у току површинске експлоатације минералних сировина: Западна Пенсилванија (Aharrah, E.C., Hartman, R.T., 1973.), Јужна Индијана (Byrnes, W.R., Miller, J.H., 1973., Medvick, Ch., 1973. Miles, V.C., Ruble, R.W., Bond, R.L., 1973), Пенсилванија (Davis, G., 1973.), Охајо (Funk, D.T., 1973), Kansas (Geyer, A.W., 1973.), Западна Вирџинија - рудник Елкинс (Hodgson, D.R., Townsend, W.N., 1973., Thurman, N.C., Sencendiver, J.C., 1986). На подручју средњег запада САД, практиковано је оснивање фарми, које су агромелиоративним мерама довођене у стање продуктивности као пре експлоатације угља. У новије време, често је опредељење за рестаурацију природних *дивљих* станишта. Нарочито популарна постаје техника рекултивације којом се пост-експлоатациони предели претварају у

мочваре. Овакви предели постају драгоцене станишта за одмор птица приликом миграције. У САД, се сматра да је овај вид рекултивације и финансијски оправдан, јер ови екосистеми делују као природни пречишћивачи воде до оног нивоа који одговара прописаним стандардима. У подручјима шума, подржава се подизање шума или воћњака. Неке компаније се опредељују за примарну вегетацију и ливаде, дозвољавајући природну сукцесију биљних врста до нивоа климатогене шумске заједнице. На западу САД, биљне врсте се бирају у циљу повећања спонтане природности - дивљине. Подстиче се стабилизација косина одлагалишта и формирање језера. Околно земљиште се користи за насеља, голф терене и рекреацију. У планинским пределима источног дела САД, заравни које настају после експлоатације угља су скоро једино равно земљиште, погодно за развој насеља. За разлику од некадашњег неселективног одлагања откритке које је резултирало уништавањем плодног земљишта и вегетације, стварањем киселих, алкалних или токсичних депосола, нестабилних, ерозији изложених косина (преостало је око 200,000 хектара нерекултивисаних, трајно запуштених и напуштених површина), данас се у САД предели оштећени површинском експлоатацијом обавезно рекултивишу и оплемењују.

У Великој Британији посебним законима је регулисана област планирања и уређења предела, посебно за Енглеску и Велс, а посебно за Шкотску. Последњих деценија су постигнути веома значајни резултати у обнављању подручја која су у прошлости оштећена рударским радовима. Планови уређења (па и планови обнављања земљишта у зони рударских активности) се доносе на локалном нивоу. Дозволу за отварање новог површинског копа издаје Национална управа за угљ (National Coal Board - NCB), при чему се склапа уговор са рударским предузећем. Од 65 уобичајених клаузула уговора, 28 се односи на заштиту средине, очување пејзажа и рекултивацију оштећеног земљишта. На тај начин су у Северној Енглеској (Chadwick, M. J., 1973.), регионима Јоркшира, Северног Дербишајра и Донкастера (Lindley, G. F., Mansfield, B. H., 1979.) уређене значајне површине [7].

На међународној конференцији о одрживом управљању земљиштем у пост-експлоатационим рударским условима из 2005. године у Пољској представљена су истраживања кроз рад типа студије из Кронвела, Велика Британија, о

радикалном приступу регенерацији (рестаурацији) у пост-експлоатационом периоду након обављених рударских радова под називом *A Radical approach to post-mining regeneration - case studies from cornwall* [58].

У истраживањима приказана у раду *Application of project management principles for the reclamation of old mine sites. The case of Thoricos bay in Lavrion, Greece* [2]. Примена принципа управљања пројектима за рекултивацију на локацијама старих рударских радова, случај залива Торикос у Лавриону у Грчкој, дат је пример рехабилитације индустријске зоне и рекултивације напуштене и затворене области рударске експлоатације, додуше металичне руде на једном врло неприступачном и у уском делу уз морску обалу. Рад је интересантан са управљачко-организационог аспекта структурирања свих активности рекултивационих процеса. Исти локалитет и рударски објекат био је и предмет рада анализиран са аспекта примене принципа управљања ризикум у раду *Application of risk management techniques for the remediation of an old mining site in Greece* [37], за реамидацију једног старог рудника у Грчкој.

2.0. ПРОЦЕСНА АНАЛИЗА РЕКУЛТИВАЦИЈЕ ПОВРШИНСКИХ КОПОВА

2.1. Периоди развоја површинског копа

Површински копови су по правилу отворени и веома динамички системи под утицајем великог броја техничких, економских, еколошких и безбедоносних фактора и ограничења у свим периодима животног циклуса. Животни циклус сваког површинског копа, без обзира на величину или минералну сировину која се експлоатише, чине три фазе:

- пре експлоатациона фаза,
- фаза експлоатације и
- после експлоатациона фаза.

Пре експлоатациону фазу површинског копа чине све активности везане за геолошка истраживања (резерве и квалитет минералне сировине, геомеханика, хидрогеологија итд.), техно економске и еколошке анализе различите детаљности, израда техничке документације, експропријација и тендерске активности на набавци планиране опреме за експлоатацију. Ова фаза животног циклуса површинског копа још се зове и период анализа, истраживања и планирања.

У зависности од времена реализације радова на површинском копу, фазу експлоатације чине период припреме и отварања, период пуне производње и период затварања. У периоду припреме и отварања врши се чишћење терена, измештање токова и комуникација и одводњавање лежишта од подземних вода. У том периоду се депонује плодни слој материјала за каснију рекултивацију, изградјују се комуникације и припрема простор за објекте површинског копа. Припрема терена, уклањање хумусног слоја и одводњавање врши се по правилу и у свим фазама периода експлоатације.

Отварање површинског копа обухвата радове на скидању откривке за обезбеђење приступа минералној сировини и омогућавање реализације планиране производње на откривци и минералној сировини. У овом периоду изводе се везни и етажни усеци на свим етажама планиране контуре отварања и формира се фронт радова потребан за период експлоатације.

У периоду пуне производње на површинском копу реализују се у потпуности радови за планирану производњу на етажама откривке и минералне сировине. Осим радова на откопавању, у овом периоду изводе у континуитету радови на рекултивацији и радови на одводњавању од површинских и подземних вода.

У периоду затварања површинског копа прекида се са откопавањем откривке, завршава се са откопавањем свих могућих резерви минералне сировине, врши се демонтажа опреме и комуникација и изводе завршни радови на рекултивацији површинског копа.

На слици 2.1 шематски је приказана динамичка усклађеност периода површинске експлоатације и фаза и процеса рекултивације.



Слика 2.1. - Динамичка усклађеност периода површинске експлоатације и фаза и процеса рекултивације

Цео животни циклус дефинисан кроз периоде површинске експлоатације реализује се кроз низ пословних процеса у сваком од периода који омогућују ефикасну, ефективну и еколошки одрживу експлоатацију минералне сировине на површинском копу.

2.2. Анализа процеса рекултивације површинских копова

2.2.1. Дефинисање пословног процеса

Пословни процеси се могу описати као низ логички повезаних активности које користе ресурсе компаније. Ефикасност процеса мери се временом и укупним ресурсним и материјалним трошковима потребним да би се улазне вредности неког процеса претвориле у излазни резултат. Резултати мерења упоређују се са унапред задатим, планираним (нормативним), вредностима како би се утврдило постоје ли одступања која упућују на постојање неправилности у одвијању процеса и/или потреба мењања процесних токова и корака.

Појам пословни процес треба разликовати од појмова процедура и пословна функција. Процедуре описују шта треба учинити у одређеној ситуацији, док су пословне функције организациони делови (људски и други ресурси) којима су придружене одређене одговорности (радни задаци).

За дефинисање пословних процеса и појмова везаних за пословне процесе не постоји јединствен стандард, па се веома често за исте појмове користе различити изрази или пак и обрнуто за различите појмове користе се исти изрази (на пример чест случај је да се изрази активност и процес користе као синоними иако они означавају различите појмове).

Генерално, процес треба посматрати као серију ланчаних активности које производе додатну вредност, односно, процес представља ланац активности који у повратним токовима ствара вредност купцима.

Мање више све дефиниције пословних процеса усмерене су ка процесној перспективи и полазе од чињенице да пословни процес не може да делује изоловано, не може да буде сам себи сврха и не може да се одвија без подршке других процеса.

2.2.2. Елементи пословних процеса

Најчешћи начин постављања концепта пословних процеса заснива се на приказу низа узастопних (ланчаних), обавезно следљивих активности (корака) потребних

за постизање одређеног пословног резултата. За елементарну анализу пословног процеса неопходно је дефинисати следеће елементе:

- Сврха процеса;
- Добављачи и Купци;
- Улази и Излази;
- Границе процеса;
- Активности (кораци) процеса;
- Ресурси процеса;
- Систем мера процеса (метрика процеса).

2.2.3. Карактеристике пословних процеса

При дефинисању пословног процеса потребно је имати на уму да се сваки пословни процес, па и процеси површинске експлоатације, састоји од пет елемената:

- Пословни процес има своје купце;
- Пословни процес представља скуп активности;
- Активности процеса стварају вредност купцима;
- Активности изводе људи и/или опрема;
- Пословни процес често укључује неколико организационих јединица.

Како би се процес успешно дефинисао, потребно је знати и његове карактеристике. Основне карактеристике сваког пословног процеса су следеће:

- Сваки процес има свој циљ;
- Сваки процес има свог власника;
- Сваки процес има свој почетак и завршетак;
- У процес улазе инпути, а излазе оутпути;
- Процес је састављен од секвенцијално изводљивих активности;
- Посматрајући улазе и излазе процеса лако се утврђује успешност процеса;
- Како би процес опстао треба да има познате интерне и/или екстерне купце и добављаче;
- Неизбежно континуално унапређење процеса.

Није нужно да је сваки процес који испуњава ове наведене захтеве буде и добар процес. За стицање таквог епитета потребно је да задовољи и следеће захтеве:

- Процес треба да буде оријентисан на купце;
- Оутпути процеса треба стално да додају додатну вредност;
- Процес треба да има компетентног власника;
- Процес треба да је разумљив од стране свих учесника у опроцесу;
- Процес треба да има индикаторе за мерење ефикасности и ефикасности.

2.3. Анализа пословних процеса површинског копа угља

2.3.1. Идентификација пословних процеса површинске експлоатације угља на контекстном нивоу

Са аспекта технологије производње угља на површинском копу, технолошки процес чине припрема за откопавање, откопавање, транспорт, одлагање откритке и јаловинског материјала и депоновање корисне минералне сировине. У зависности од крајње намене угља, он може са депоније да се испоручи крајњем купцу или даље да се у процесу прераде доведе до производа за који су заинтересовани купци. Током површинске експлоатације угља све време се одвија процес рекултивације девастираних подручја. Са аспекта процеса рекултивације, овај процес почиње већ са инвестиционим активностима отварања површинског копа и траје све време вршења експлоатације а завршава се после затварања површинског копа, привођењем намени свих девастираних површина, демонтажом и рециклажом свих објеката који су били у функцији површинског копа и на крају мониторингом примењених мера рекултивације.

Већ на први поглед се уочава да се сви процеси површинске експлоатације одвијају у периодима фазе експлоатације, односно у периоду припреме и отварања, периоду пуне производње и периоду затварања површинског копа.

На бази детаљне анализе идентификовани су сви основни или базни процеси који су груписани у четири групе процеса: Оперативна подршка, Техничка подршка, Производња угља и Рекултивација. Ове четири групе процеса у потпуности

заокружују све процесне активности површинске експлоатације угља од планирања производње са аспекта свих ресурса укључив и само лежиште, преко откопавања, транспорта, одлагања, депоновања и испоруке купцу или постројењу за прераду на даљу финализацију полупроизвода и на крају рекултивације девастираних површина.

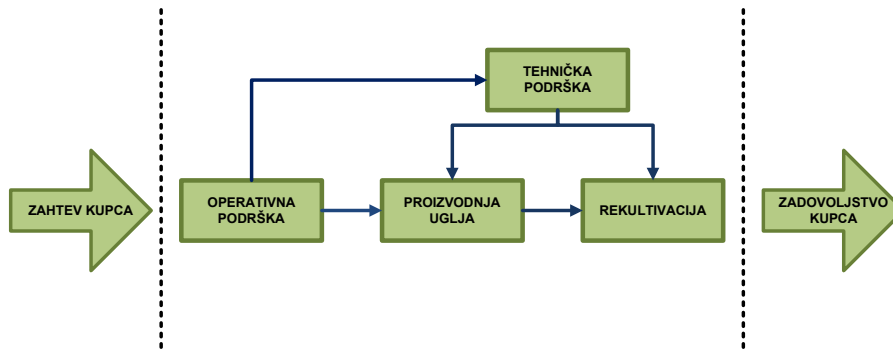
Процес производње на површинском копу чини технолошка целина са процесима оперативне и техничке подршке, процес производње угља и процес рекултивације.

Са аспекта процеса рекултивације, овај процес почиње већ са инвестиционим активностима отварања површинског копа и траје све време вршења експлоатације а завршава се после затварања површинског копа, привођењем намени свих девастираних површина, демонтажом и рециклажом свих објеката који су били у функцији површинског копа и на крају мониторингом примењених мера рекултивације.

На бази детаљне анализе пословне функције Производња идентификовани су сви основни или базни процеси који су груписани у четири групе процеса: Оперативна подршка, Техничка подршка, Производња угља и *Рекултивација*. Ове четири групе процеса у потпуности заокружују све процесне активности површинске експлоатације угља од планирања производње са аспекта свих ресурса укључив и само лежиште, преко откопавања, транспорта, одлагања, депоновања и испоруке купцу или постројењу за прераду на даљу финализацију производа и на крају *рекултивације девастираних површина*.

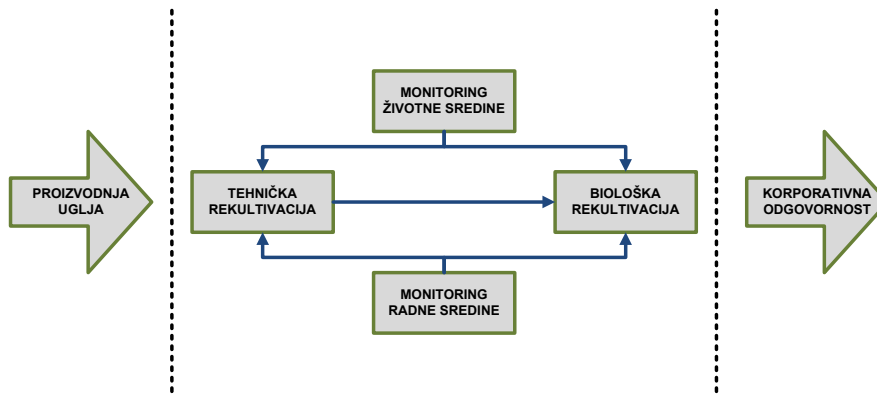
На сликама од 2.2 до 2.7 приказан је статички модел процеса рекултивације са припадајућим потпроцесима до нивоа детаљности који је потребан за дефинисање модела управљања рекултивацијом на површинском копу угља.

Група пословних процеса: Производња



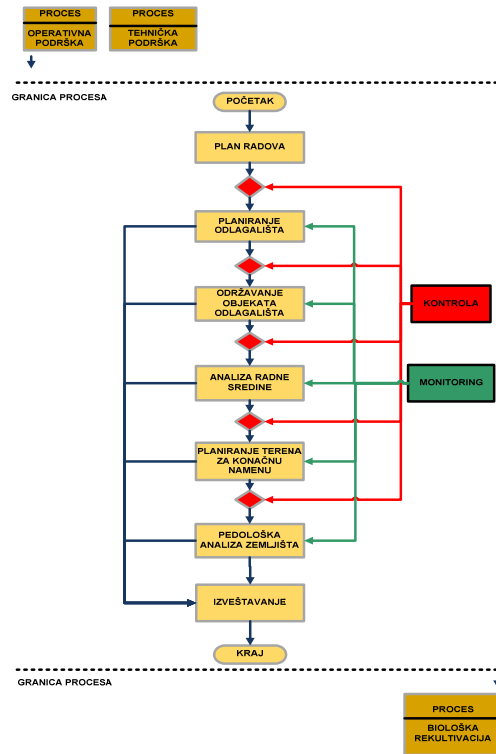
Слика 2.2. - Основни пословни процеси површинске експлоатације угља

Процес: рекултивације



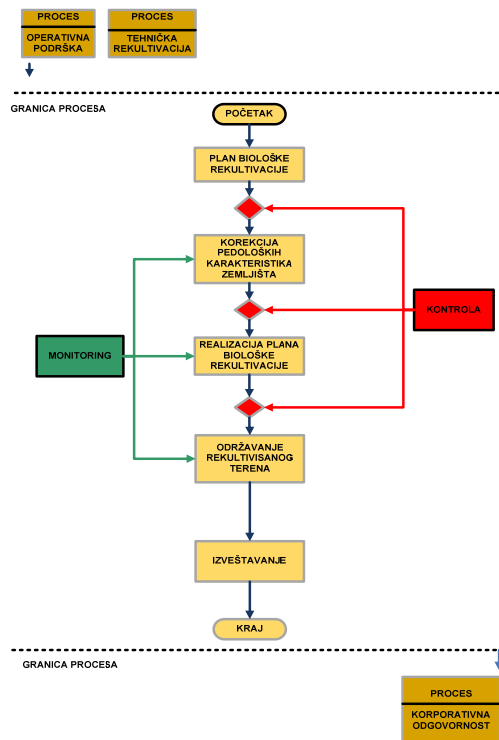
Слика 2.3. - Потпроцеси процеса рекултивација на контексном нивоу

Процес: Техничка рекултивација



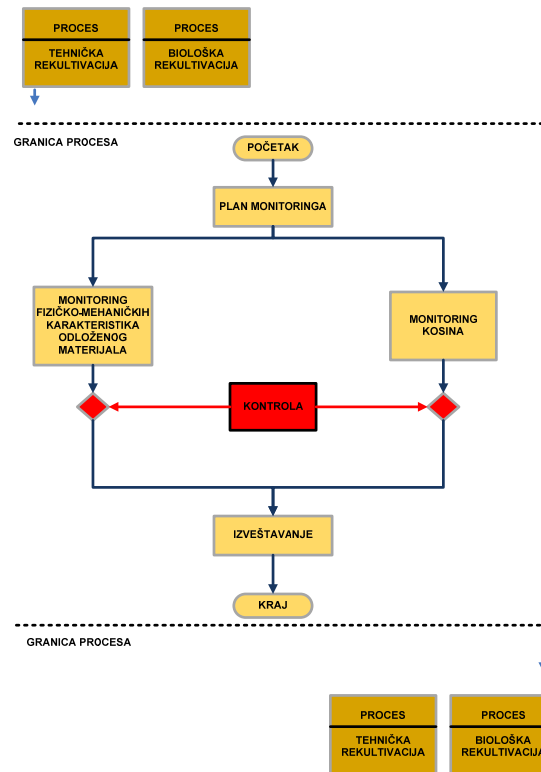
Слика 2.4. - Модел процеса техничка рекултивација

Процес: Биолошка рекултивација



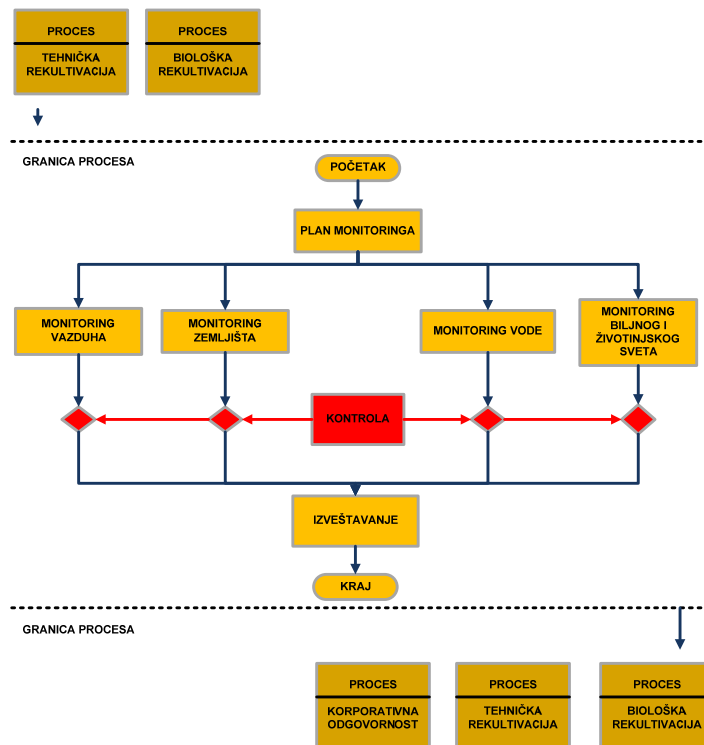
Слика 2.5. - Модел процеса биолошка рекултивација

Процес: Мониторинг радне средине



Слика 2.6. - Модел процеса мониторинг радне средине

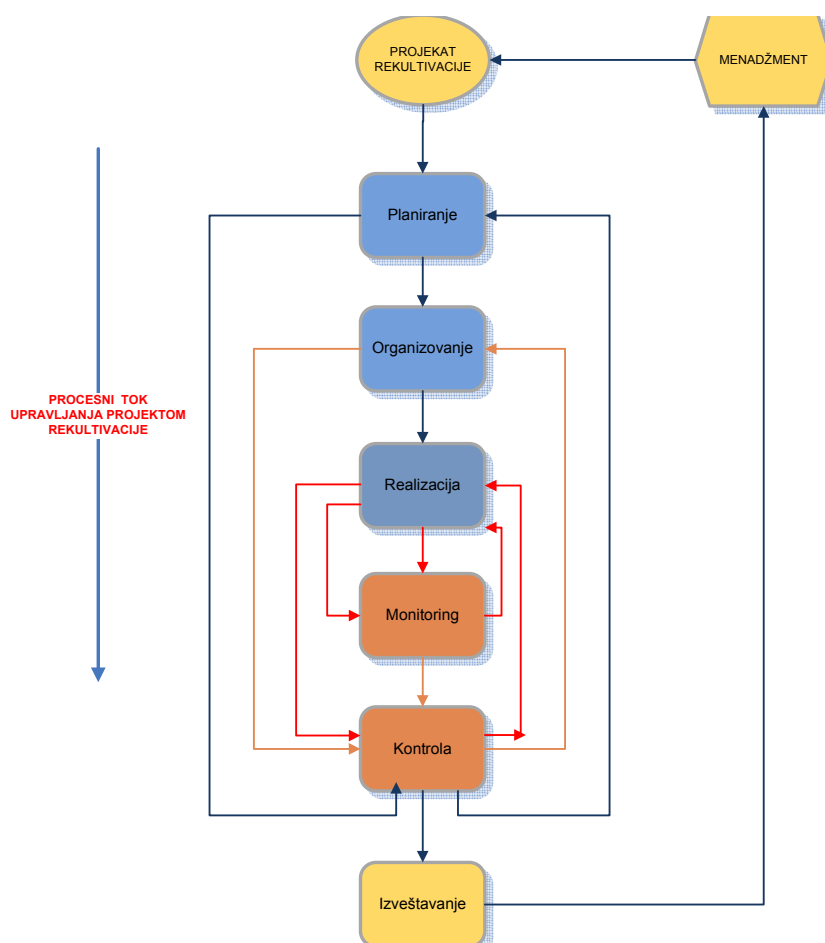
Процес: Мониторинг животне средине



Слика 2.7. - Модел процеса мониторинг животне средине

2.3.2. Управљање рекултивацијом

Како је већ речено, један од најприхваћенијих савремених модела управљања пословним системима је управљање преко пословних процеса. Процес рекултивације као пословни систем моделован је преко својих потпроцеса: техничка рекултивација, биолошка рекултивација, мониторинга животне и мониторинга радне средине, а управљање се реализује кроз процес управљања који садржи потпроцесе *планирање, организовање, праћење реализације и контрола реализације* пословних активности. Модел процеса управљања рекултивацијом приказан је на слици 2.8.



Слика 2.8. – Принципијелни модел управљања рекултивацијом

Из претходне анализе може се закључити да је кључни процес за ефикасну и ефективну реализацију рекултивације процес планирања и стим у вези он је кључан и за управљање рекултивацијом.

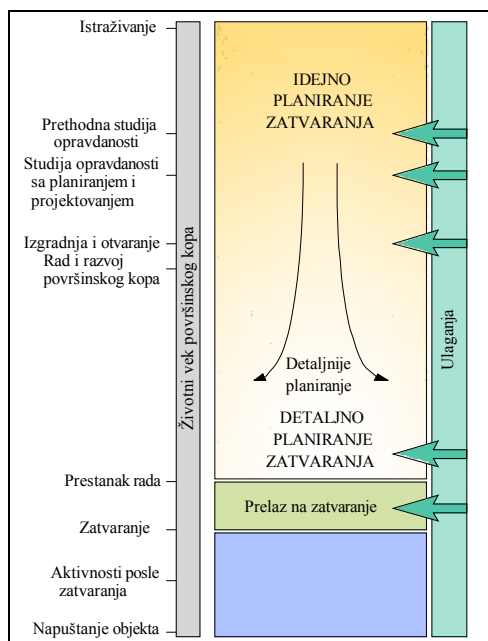
2.3.3. Анализа процеса планирања и дефинисања модела оптимизације рекултивације површинског копа

Основни стандарди и концепције за процес рекултивације и рехабилитације простора који доминира у фази затварања површинских копова су много захтевнији и комплекснији него што су то били пре неколико година, одражавајући промену јавних приоритета и императива заштите животне средине. Не само процесно већ и стратешки гледано, рекултивација и рехабилитација простора површинских копова је континуиран процес од истраживања и отварања до затварања и периода после затварања са јасним програмом, који је пројектован за обнављање физичког, хемијског и биолошког квалитета или потенцијала ваздуха, земљишта и режима вода поремећених експлоатацијом у стање прихватљиво за све заинтересоване стране укључујући и кориснике земљишта након затварања.

Реализацијом коначне рекултивације у фази рада после затварања површинских копова је потребно спречити или смањити на најмању могућу меру негативни дугорочни утицај на животну средину и рекултивацијом омогућити стварање самоодрживих природних екосистема или алтернативну употребу земљишта на основу усаглашеног скупа циљева. Питања која се односе на затварање површинских копова су од велике важности у процесу процене предлога за експлоатацију минералних сировина.

Циљ постављања стратешког оквира за развој и затварање површинских копова, којим је обухваћена и рекултивација у свим фазама, је да промовише национално конзистентни приступ за управљање развојем и затварањем на свим нивоима надлежности државе. Због тога се успостављају усаглашени концепти према којима је неопходно остварити следећа четири основна услова:

- Заштитити здравље и сигурност људи;
- Ублажити или елиминисати негативни еколошки утицај;
- Омогућити успешно коришћење земљишта;
- Увећавати социјалну и економску корист у току одрживог развоја и рада површинског копа.



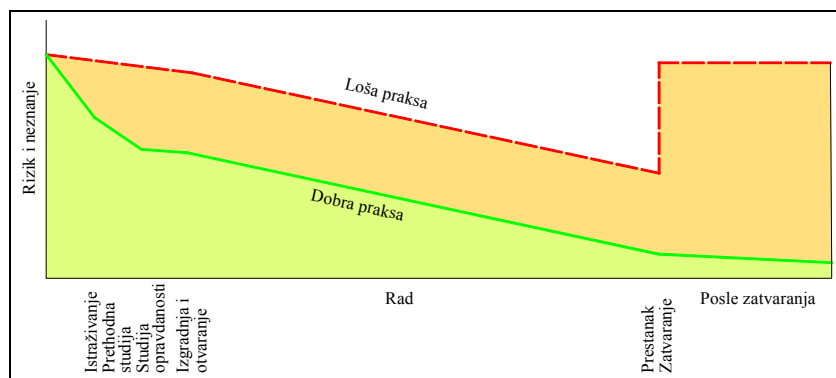
Слика 2.9. - Планирање развоја и затварања површинског копа укључујући и рекултивацију

Политика рекултивације и рехабилитације простора представља скуп најзначајнијих циљева и правила које компанија поставља за реализацију захтеваног процеса одрживог затварања површинског копа, уз неопходно сагледавање стања и утврђивање критеријума и индикатора. За добијање правих информације за доношење најбољих техничких и социјалних одлука при планирању рекултивације и затварања, неопходно је детаљно сагледати све економске, социјалне и еколошке услове уз поштовање законске регулативе.

Правилно планирање рекултивације треба да започне током израде претходне студије изводљивости, фазе пројектовања и издавања дозвола за површински коп, уз надоградњу током животног века рудника. Недостатак ажурирања плана затварања рудника може да доведе до озбиљних еколошких и економских последица. Планирање обезбеђује да се процес рекултивације и затварања и рехабилитације одвија мирно, економично и благовремено. Затварање и рекултивација површинског копа мора да буде *саставни* део целокупног планирања развоја.

По правилу планирања, *приступ заснован на ризику* треба да смањи и трошкове и неизвесности. Постојећи трендови при планирању затварања укључују техничку

ревизију и анализу ризика, као и накнаду трошкова и у погледу инжењеринга и у погледу животне средине. Реализацију рекултивације у склопу затварања прати прогресивно смањење ризика и незнања (Слика 2.10). Што раније смањење ризика и незнања омогућава ефикасније постизање планираних циљева. Због тога је и потребно да планирање затварања започне што пре је могуће.



Слика 2.10. - Смањење ризика и незнања добре праксе

Плановима затварања са рекултивацијом обухватају се сви комплексни параметри природног окружења и система површинске експлоатације укључујући геологију, геотехнику, хидрогеологију, хидрологију, геохемију, биологију, економију, екологију и социјалне факторе. За верификацију избора варијанте планирања рекултивације и затварања обавезно се врши и анализа ризика. На бази детаљне анализе поменутих параметара потребно је израдити *планове за затварање укључујући и рекултивацију*, који се одражавају на статус пројекта или пословања. Током животног века површинског копа, потребне су најмање две врсте плана затварања: Идејни план затварања (фаза пројектовања-изводљивост) и Главни план затварања (фаза експлоатације-отварање површинског копа, рад и пословање након завршетка рада). *Планирање рекултивације, затварања и рехабилитације простора* је неопходно како би се обезбедила техничка, еколошка, економска и социјална изводљивост. Динамичка природа планирања рекултивације и затварања захтева *редовну и критичку ревизију* која одражава промену околности у току рада површинског копа. План затварања треба модификовати у случају било које оперативне промене, нових прописа или нове технологије и треба га свеобухватно редовно ревидирати.

Добро планиран програм рекултивације и затварања обухвата фазу планирања и фазу реализације. Координација ових фаза се обезбеђује добро пројектованим, систематским, безбедним и исплативим затварањем рудника као и рекултивацијом и рехабилитацијом простора. Током реализације плана затварања у обзир треба узети следеће:

- Одговорност за спровођење плана;
- Ресурсе потребне да се осигура усклађеност са планом;
- Свакодневно управљање и надзор услова за рекултивацију који настају након затварања.

Тако је, у току фазе реализације, потребно обезбедити постојање и идентификацију *јасне одговорности* и *адекватних ресурса* за спровођење плана рекултивације, како би се осигурала усаглашеност са планом затварања, уз одговарајуће *свакодневно управљање* и надзор услова реализације затварања.

Пројекти везани за површинску експлоатацију угља су отворени динамички системи под утицајем великог броја техничких, економских, еколошких и безбедоносних фактора и ограничења. Еколошка димензија површинске експлоатације везана је за следеће фазе:

- фаза планирања и истраживања лежишта,
- фаза отварања и развоја површинског копа,
- фаза пуне производње,
- фаза затварања површинског копа и
- фаза после затварања површинског копа.

У фази планирања и истраживања лежишта успоставља се однос између локалне заједнице и рударске компаније и у зависности како се њим управља он може резултирати дугорочним позитивним или негативним последицама.

Фаза отварања и развоја површинског копа представља период од почетка рударских активности до потпуне инсталације планиране опреме. Иако је ово релативно кратак период у поређењу са укупним веком површинског копа, ова фаза краткорочно сигурно има највећи утицај и најдугорочније импликације по

животну средину јер се јаловина одлаже ван површинског копа а рекултивација још увек није започета.

У фази пуне производње површинског копа утицаји на животну средину су временски најдужи али се истовремено њихов интензитет смањује у односу на претходну фазу јер се јаловина одлаже у откопани простор, а започиње се и рекултивација спољашњег одлагалишта.

Фаза затварања је последња фаза у животном циклусу површинског копа када производња опада све до потпуног престанка а активности на заштити животне средине своде на завршне радове на техничкој рекултивацији, коначну процену утицаја као и планирања рекултивације у периоду после затварања површинског копа.

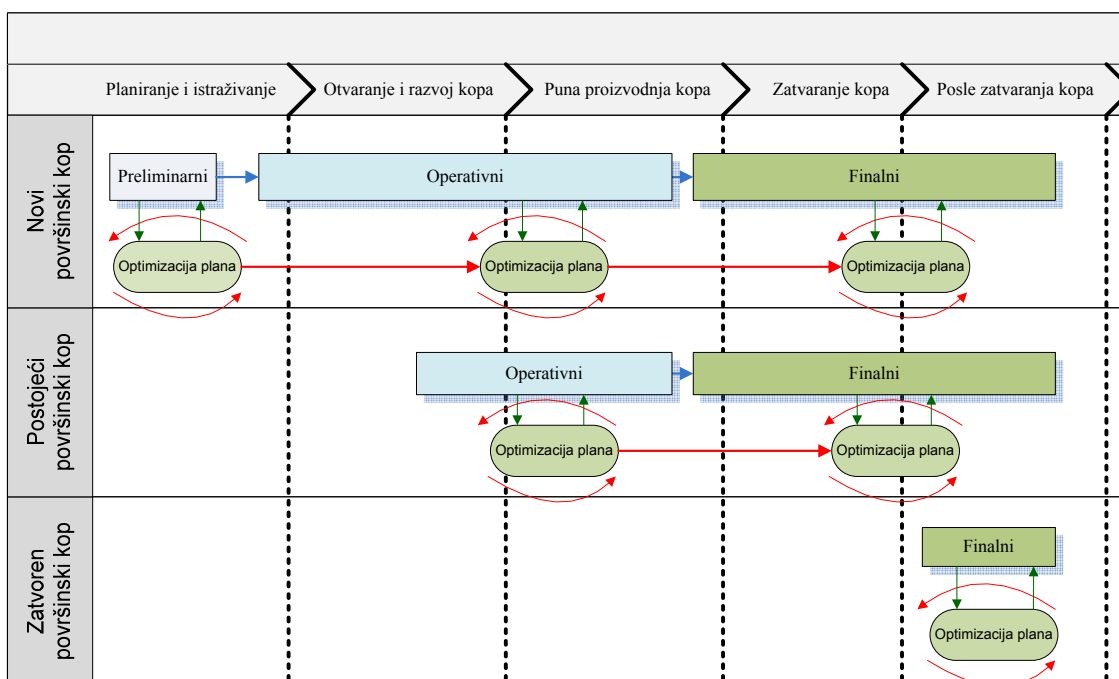
Фаза после затварања површинског копа нема утицај на животну средину али се у њој прате и по потреби коригују све планиране мере заштите животне средине у постексплоатационом периоду ради остварења планираних циљева.

Планирање рекултивације кроз све фазе животног циклуса површинског копа обухвата прелиминарне, оперативне и финалне планове.

Процес планирања рекултивације површинског копа је мултидисциплинаран и дугорочан пројекат који садржи низ анализа, студија и извођачких пројеката и има за циљ да обезбеди физичко-механичку стабилност и хемијску неутралност одлагалишта и других површина које су биле захваћене радовима или другима активностима површинске експлоатације, демонтажу опреме, потребне активности на рециклажи и потребне активности на стварању услова за успостављање биодиверзитета какав је био пре рударских активности или бољих.

Процес планирања рекултивације кроз све фазе развоја површинског копа има три нивоа: прелиминарни, оперативни и финални и може се применити како за нове површинске копове тако и за површинске копове у раду а за које претходно није вршено детаљно планирање заштите животне средине.

Обзиром да је у раду процес планирања рекултивације дефинисан као кључан за укупну ефективност и ефикасност реализације рекултивације површинског копа то је и акценат у моделу оптимизације управо стављен на овај процес. У процесу планирања, односно избора модела рекултивације од кога зависе све даље планске активности, као оптимизациона метода коришћена је метода вишекритеријумског одлучивања *Promethee*. Важно је истаћи да је дефинисани модел могуће користити у свим планским и експлоатационим фазама површинског копа, без обзира да ли се ради о новом или површинском копу на којем се врши експлоатација. Итеративност модела омогућује корективне мере током реализације планова рекултивације и с тим у вези оптимално доношење одлука о коначном плану рекултивације и рехабилитације простора у фази затварања површинског копа. Модел оптимизације управљања процесима рекултивације на површинским коповима приказан је на слици 2.11.



Слика 2.11. - Модел оптимизације управљања процесима рекултивације на површинским коповима

3.0. ПОГЛЕД НА ПРОБЛЕМ ОДЛУЧИВАЊА И УПРАВЉАЊА ПРОЦЕСОМ РЕКУЛТИВАЦИЈЕ

3.1. Проблем одлучивања и управљања

Проблем одлучивања уопште узев данас је неодвојив од процеса управљања. Реч управљање је присутно у различитим случајевима, те данас говори о управљању пројектима, квалитетом, материјалним па све до управљање ризицима. Да подсетимо, према конвенционалном тумачењу, управљање је скуп техника и процеса ефикасног планирања, вођења и контроле пројеката (пројекат се објашњава као подухват са дефинисаним почетком и завршетком), базирано на примени знања, вештина, метода, научно-заснованих приступа и слично, уз уважавање реалних услова са могућим проблемима и ризицима током трајања пројекта [56,48].

У строго инжењерском погледу, управљање мора имати и прецизну временску одредницу управљачких деловања: тренутно, односно у реалном времену (*on line*) или у проширеном времену (*of line*).

Ове класификације су блиске производно-пословном амбијенту рударства, са интеракцијом у којој управљање у проширеном времену у принципу више одговара научним, истраживачким, развојним, планским, организационим и пословним процесима, а управљање у реалном времену производним процесима.

Управљачкој активности претходи доношење одлуке, са циљем да се оствари најбољу исход у простору могућих решења фокусираног проблема или у простору могућих стања реалног система [36, 16].

Због природе минерално-сировинског комплекса и утицаја бројних чинилаца различитих извора, генезе, побуде и генерисања, у рударству се одлуке у принципу доносе у мултиваријабилним условима са различитим ограничењима. У оваквој ситуацији, модел одлучивања се може дефинисати као скуп вектора

могућих алтернатива (варијанти решења) које доносиоцу одлуке (ДО) стоје на располагању, и постављених критеријума избора за доношење одлуке. Доношење управљачке одлуке, значи избор једне од могућих алтернатива, као најбоље, рационалне, најефикасније, оптималне или слично дефинисане [34, 50, 15].

У докторској дисертацији Марјана Худеја Мултиваријабилни модели управљања у рударству, на слици 2-1 (страна 17), дат је принципијелни алгоритам одлучивања, где је процес одлучивања дат у фазама: Први степен одлучивања је иницијално одлучивање у коме се врши идентификација проблема, затим аквизиција података и информација и дефинисање циљева и намена решења. Аналитичко одлучивање које даје квантитативно или квалитативно решење и врши нормативну проверу решења. Такође и у овом блоку одлучивањем са да или не прелази се у виши ниво одлучивања, односно коначно доношење одлуке по истом принципу целокупног тима.

Поједностављено објашњење доношења одлуке, своди се на задатак доносиоца одлуке (ДО) да изабере најбоље (најефикасније, најрационалније итд.) од расположивих алтернативних решења. Доношење одлуке било би мање захтевно и ризично да није непредвидљивих догађаја и промена у окружењу у време извршења одлуке [33].

Донсилац одлуке (ДО), може бити један или више стручњака који у том случају тимски доносе одлуке. Ради елиминисања или минимизирања субјективности доносиоца одлуке (ДО), увек када је то могуће препоручује се тимско доношење одлука [56, 13].

Алтернативе као средства за постизање једног или више циљева, представљају могућа решења проблема или која се међусобно искључују. Проблем одлучивања постоји захваљујући постојању више начина за постизање циља или циљева, када тога нема, нема ни одлучивања [34]. Формирање скупа алтернативних решења је кључно важан и најкреативнији део задатка у процесу одлучивања. Осим од познавања проблема, стручности, знања, искуства, способности и домишљатости актера у доношењу одлуке, формирање скупа алтернатива зависи и од врсте проблема. Нема општег упутства за генерисање алтернатива, а непосредни акт

одлуке је избор једне од алтернатива, у том смислу јасно је да је квалитет одлуке условљен квалитетом могућих алтернативних решења [13].

Услови представљају скуп улива који утичу на избор алтернативе, односно на исход одлуке.

Критеријум или критеријуми избора. Исход одлуке може зависити од једног критеријума, тада се каже да је проблем једнокритеријумски, међутим у пракси су чешћи случајеви да исход одлуке зависи од више показатеља тада се за проблем каже да је мултикритеријумски [15]. Осим од квалитета расположивих алтернатива, на квалитет одлуке утиче избор критеријума и одређивање критеријумских вредности за сваку од алтернатива. У решавању практичних проблема у рударству и шире индустрији, фигуришу бројни и различити критеријуми од којих су неки међусобно супростављени-конфликтни. Формулација критеријума може бити квантитативна (бројчане вредности, нпр. профит, трошкови, рентабилност, обим производње, потрошња итд.) или квалитативна (вербалне вредности, нпр. добро, лоше, најбоље, слабо, високо, ниско и др. [34, 36]. Избор критеријума и дефинисање критеријумских вредности алтернатива зависи од конкретног проблема, то је веома осетљив и захтеван задатак, са непосредним упливом на коначан исход одлуке. Осетљивост и захтевност задатака избора критеријума и критеријумских вредности по алтернативама, присутна је због неизбежности фактора субјективности, манифестованог преко одговорности и преференције ДО или тима за доношење одлуке, према критеријумима, њиховим вредностима, према ризицима и сл.

Модел-методе за избор алтернативе (доношење одлуке) конституисане су на квалитативном или квантитативном принципу. Квалитативне методе су базиране на анимацији експерата, квантитативне користе математичко-моделске алате за избор (најбоље, најефикасније, рационалне, оптималне итд.) једне између расположивих алтернатива [36].

3.2. Обележја рекултивације предела деградираних површинском експлоатацијом минералних сировина и утицај на животну средину

Рударство као једна од најстаријих привредних делатности, од самих почетака има у себи једну противуречност, суочавање са заштитом животне средине. Ова амбивалентност рударског заната присутна је од најстаријих дана њеног битисања као људске делатности, од првих трагова откопавања, вађења и прераде руда, па је као таква записана још у средњевековним писаним траговима код Агриколе. Још у римско доба он у својој књизи *De Re Metallica* из 1556. године пише:

Противници рударских радова аргумендују свој став тиме што, наводно, копање руде опустошује поља, сече шуме и гајеве,... било за подземне објекте, рударске уређаје, било топљење руде, бескрајно захтевају дрво. Сечење гајева и шума разгони птице извери од којих многе служе човеку за укусну храну. Испирање рудетрује токове и реке, убија или прогони рибе...

Покушавајући да нађе разумевање за овакве активности рудара он визионарски наставља:

...Рудари већим делом раскопавају горе које не доносе никакве плодове и које се налазе на неплодним местима. Штета од рудника не превазилази штету од других послова човека, његових насеља и градова, од војних дејстава...[1].

Процеси површинске експлоатације проузрокују неизбежни утицај на животну средину. У општем смислу утицаји се јављају у горњем делу литосфере, у целој хидросфери и у доњем делу атмосфере управо у непосредном контакту са активностима површинске експлоатације. Набројани елементи животне средине образују у целини биосферу која непосредно прихвата утицај технолошких процеса површинске експлоатације. Основна дејства и резултати утицаја површинске експлоатације на животну средину дати су у општем смислу у Табели 3.1. Карактер и обим утицаја су у сваком конкретном случају различити и одређују се на основу природних и производно-технолошких карактеристика експлоатације лежишта [38].

Табела 3.1. - Основна дејства и резултати утицаја површинске експлоатације на животну средину

Елементи животне средине	Дејства процеса експлоатације	Резултати утицаја
Ресурси воде	Одводњавање лежишта, измештање површинских токова. Истакање дренажне воде и воде из површинског копа. Изградња објеката за пречишћавање вода.	Исцрпљивање резерви површинских и подземних вода. Нарушавање хидрогеолошких и хидролошких режима простора површинских копова. Смањење количине воде и загађење водоносног басена.
Ваздушни простор	Контролисана и неконтролисана емисија штетних материја у атмосферу.	Запрашивање и загађивање атмосфере у зони и околини површинског копа. Скраћење века објеката и опреме. Пораст обољења живих организама.
Ресурси земље	Извођење рударских радова. Формирање одлагалишта и изградња комуникација и објеката.	Деградација земљине површине и формирање техногеног рељефа. Смањење површина и приноса земљишта. Увећање ерозионих процеса. Загађивање и засољавање плодног слоја. Погоршање животних услова живих организама.
Лежишта	Откопавање лежишта минералних сировина. Откопавање отквивке. Одводњавање лежишта. Самозапаљење угља. Разбацивање отпада. Истакање техничке воде.	Исцрпљивање минералних ресурса. Нарушавање геолошке структуре и геодинамичког састава простора лежишта. Снижавање нивоа и смањење резерви подземних вода. Загађивање земље. Убрзавање карстних процеса. Губици сировине при откопавању.

Проблеми нарушавања животне средине сваким даном постају све бројнији и сложенији. Размере угрожавања биосфере и екосистема, популациони притисци, смањивање необновљивих и обновљивих ресурса, изумирање врста и смањење биодиверзитета као последица људских активности, па и постављање питања планетарног опстанка човека су глобалне природе, па ни наша земља није поштеђена.

У свему томе, површинска експлоатација, а нарочито рударско-енергетски комплекси засновани на добијању електричне енергије из угља имају значајног удела. Загађивање ваздуха, воде и тла, заузимање пољопривредног и шумског земљишта, поремећаји екосистема, негативне трансформације предела и климе, поремећаји водног режима, бука и ризици од акцидентата овде су најизраженији.

Објективно површинска експлоатација минералних сировина, као најмасовнији облик експлоатације у рударству, носи највећу одговорност и ствара реалне проблеме еколошке природе, чињеница је да јој поједини зелени покрети данас желе навући стигму најодговорније привредне делатност и приписати много више негативног него што она стварно то чини. Све то настаје због визуелног утиска који остављају басени површинских копова угља као највећи проузроковачи разарања стенске масе, заузимања и деградација пољопривредног земљишта, уништавања шумских предела итд. Извођење рударских радова, можемо посматрати као део система површинске експлоатације временски ограничен са различитим техничко-технолошким процесима са мерама техничке и биолошке рекултивације као завршним у фази затварања копа у временском, просторном и техничком смислу. Примери успешно рекултивисаних деградирани простора површинских копова у свету, а мање и у нас су бројни. У историјском смислу могу нам послужити примери немачких површинских копова угља, где је оваква пракса бриге за животном средином у постексплоатационом периоду најраније заживела.

Као аргумент овом ставу наводимо пример површинског копа лигнита Fortuna у Немачкој, где су експлоатациони радови завршени 1993. године (Слика 3.1). Fortuna некадашњи део насеља, данас је град Rhein-Erft-Kreis. Рудничко насеље Fortuna основано је 1899. године у близини насеља Oberaussem. Крајем XIX века дошло је до наглог развоја индустрије базиране на угљу. У близини града постојала је фабрика брикета, а од 1910. године електрана Fortuna која је напајала Келн струјом. Насеље Fortuna, заједно са фабриком и електраном, затворено је након Другог светског рата. Током експлоатационог века на Руднику Fortuna откопано је 240 милиона тона угља.

Припремни радови за отварање површинског копа лигнита Fortuna Garsdorf почели су 1953. године, и површински коп је отворен 1955. године. Током експлоатационог века, на површинском копу Fortuna Garsdorf откопано је око 2,090 милиона метара кубних откривке и 1,030 милиона тона угља. Највећа дубина површинског копа је 360 m, а највећа годишња производња од 48 милиона тона угља остварена је 1979. године. Последње тоне угља на копу су произведене 13. маја 1993. године.

Рударским радовима укупно је захваћено 2,220 ha. Од тога је рекултивисано 1,730 ha у пољопривредне површине (Слика 3.2), 420 ha шуме и мочваре, а око 30 ha се налази под саобраћајницама. До краја 1993. године, око 50% захваћених површина је већ било рекултивисано. Данас се на месту на коме су се изводили рударски радови налазе фарме, а у зони завршних радова површинског копа, формирано је 1997. године језеро површине 20 ha, које са околним површинама заузима око 90 ha и има највећу дубину 25 m. Површина под шумама данас је двоструко већа него пре отпочињања рударских радова. Рекултивација на простору површинског копа Garsdorf завршена је 2005. године (Слика 3.2) [5].



Слика 3.1. - Површински коп Fortuna Garsdorf, завршна фаза



Слика 3.2. - Простор површинског копа Fortuna Garsdorf данас

Подручја обухваћена рударским активностима, без обзира на степен девастације, успешно се могу рекултивисати применом савремених мера техничке и биолошке рекултивације и привести новој намени у току експлоатације и у постексплоатационом периоду површинских копова.

Проблем одлучивања могућности коришћења новостворених предела и екосистема после завршене експлоатације угља на површинским коповима и извршеној техничкој и биолошкој рекултивацији, потврђују тезу о могућем *одрживом развоју у рударству*, јер није неминовно да оно што савремени човек деградира због својих потреба, буде неповратно изгубљено, већ напротив, може уз добру, правилну и бескомпромисну законску регулативу засновану на примени резултата научних истраживања да се унапреди и свестрано користи.

Основа за доношење одлуке о рекултивационом решењу мора да буде плански приступ коришћења предела после завршетка експлоатације минералних сировина на површинским коповима. На тој бази би проистекла и одговарајућа пројектна документација којом би се јасно дефинисао план рекултивације, однос пољопривредне и шумске рекултивације и обезбеђење оптималних супстрата за њихово извођење, са препорученим селективним одлагање откривке и уређивањем водених површина различите намене. Такође би се предвидело пресељење становништва уз размештај нових насеља и парковских пејзажних амбијената са изградњом пратеће инфраструктуре и саобраћајница. Просторно дефинисани нови спортско-рекреациони и културни садржаји као потреба нове социјалне структуре становништва планирани су у рекултивационим пределима некадашњих зона утицаја површинских копова.

Сталан процес развоја површинских копова условио је потребу за обављањем сукцесивне рекултивације на њима. Рекултивација представља низ мера којима се оштећене и деградиране површине враћају својој намени. Са становишта примењених мера обично се разликује техничка која чини претходницу и биолошка која представља завршни облик рекултивације.

У укупној експлоатацији минералних сировина у Србији површинска експлоатација се одвија на највећем броју лежишта: лигнитских угљева на 9,

бакарне руде на 4, гвоздене руде са никлом на два, олово-цинкане на једном до два објекта, неметаличних минералних сировина на шест, архитектонско-грађевинског АГ-камена на 38, глиништа на 78, шљунковито-песковитих алувијона на 23.

Према досада објављеним истражним радовима у нас справом се процењује да ће се површинском експлоатацијом деградирати преко 100,000 ha површина и то квалитетног пољопривредног земљишта у котлинама, алувијонима река, насељеним местима као и на просторима са развијеном инфраструктуром.

У циљу санације последица експлоатације лежишта минералних сировина и спречавања погоршавања услова живота током и након престанка рада копова, неопходно је да сваки рударски басен направи програм заштите животне средине који би дефинисао најважније активности и прецизно утврдио фазе реализације самог програма. Тиме се стичу услови да принципи одрживог развоја заживе и у нашим рударско-енергетским басенима на начин усвојених директива од стране савременог света.

Највидљивије карактеристике површинске експлоатације, са аспекта будуће рекултивације деградираних површина, представља заузимање великих површина површинским копом, спољашњим одлагалиштем, пратећим објектима, објектима припреме минералних сировина, инфраструктурних објеката, путевима и друго.

У погледу локације одлагалишта предвиђено је да постоје две основне врсте одлагалишта и то: спољашња и унутрашња одлагалишта. Унутрашње одлагалиште развија се у откопаном простору контуре површинског копа са могућношћу надвишења изнад површине терена. Код формирања спољашњих одлагалишта постоји више услова од којих се као значајни могу издвојити: запремина простора за прихватање потребних количина јаловине, дужина транспорта, економска вредност локације за формирање одлагалишта која подразумева стање на површини терена, затим могућност уклапања у непосредно и шире окружење.

Морфолошко уклапање одлагалишта у непосредно и шире окружење подразумева да се одлагалишта својим косинама и горњом површином уклапају у постојећи

облик терена. То се обезбеђује постепеним прелазима са хоризонталних на косе површине, као и постепеним преласком на различиту орјентацију косина одлагалишта у односу на терен у окружењу. Ово питање се лакше решава када се одлагалиште са више бокова ослања на терен јер самим тим се смањује број потребних површина за уклапање, у односу на одлагалишта формирана на равном терену када су све бочне косине и горња површина отворене за касније интервенције. Ово питање се истиче већ у фази пројектовања одлагалишта јер се на тај начин обезбеђују предуслови за техничку рекултивацију, односно основна идеја је да се већ у фази формирања одлагалишта добије такав облик који је близак завршној форми после техничке рекултивације. Ови захтеви се најједноставније изражавају преко дефинисања потребног угла нагиба косина одлагалишта и преко ограничења у погледу висине одлагалишта, тако да за радове техничке рекултивације преостане мањи обим радова на планирању косина етажа.

Код унутрашњих одлагалишта овај захтев се изражава као потреба да се унутрашњим одлагалиштем добије површина терена блиска првобитном изгледу терена. То је немогуће реализовати у потпуности, пошто формирањем спољашњег одлагалишта долази до значајног дефицита у потребним количинама отквивке и јаловине, тако да се и у том случају формирају благи прелази на завршним контурама површинских копова укључујући и евентуална надвишења терена [31].

Систем површинске експлоатације минералних сировина уопште, а специфично површински копови угља уз термо електране, као енергетско-индустријски комплекси, прате бројни негативни утицаји на животну средину па захтевају интегрално планирање, ревитализацију, рекултивацију и уређење деградираних природних геоморфолошких простора и предела у циљу њиховог свеобухватног новог коришћења у постексплоатационом периоду. Техничка рекултивација и реструктурирање откопних маса отквивке и међуслојне јаловине, нуде бројне могућности. Да би се избегле штетне последице развоја површинских копова, рударске активности треба да прати планирана и техничко-технолошки дефиниса, а организационо и динамички усклађена биолошка рекултивација одлагалишта и просторно и пејзажно уређење у сврху успостављања различитих вегетацијских и других екосистема на новоформираним депосолима. Бројна истраживања су

показала да је на овако нарушеним подручјима могуће створити нове пољопривредне, шумске, акваторне, ливадске и друге екосистеме.

Током осамдесетих година XX века квантитет производње корисне минералне сировине постављен је као приоритет. Тако су се рударски радова са циљем експлоатације корисне минералне сировине завршавали престанком откопавања, док су последице њиховог дејства биле од секундарног значаја. Тако су деградиране површине површинских копова и њихових одлагалишта препуштене спонтаном самозарашћивању. Природно самообнављање екосистема на једном нарушеном простору, захтева дуг временски период. Период спонтане ауторекултивације, насељавањем пионирских врста на нарушеним површинама зависио је од присуства хранљивих материја потребних за развој биљака.

Спољашња одлагалишта површинских копова угља састоје се од хоризонталних и благо нагнутих површина које чине берме сигурности и горње површине етажа и стрмих површина као косина одлагалишних етажа. Ове површине су предвиђене за техничку и касније биолошку рекултивацију ради реализације стратешког циља у области ревитализације и рекултивације простора и заштите природе. То су пре свега смањење неповољних утицаја експлоатације и прераде угља на стање пољопривредног земљишта, шума, вода, ваздуха, биљног и животињског света, те других природних и социо-економских услова живљења, као и предузимањем ефикасних мера за постепено остваривање сталног и приметног побољшавања еколошких, економских и амбијентално-пејзажних обележја подручја у зони експлоатације. Биолошка рекултивација одлагалишта јаловине врши се превасходно агробиолошком рекултивацијом и пошумљавањем, сагласно завршној концепцији просторне организације по обављеној експлоатације лигнита.

У природне параметре спадају: природне и новонастале карактеристике рељефа, климатске карактеристике подручја површинског копа, литолошка структура откривке и јаловине простора на којима ће се површински копови ширити, особине земљишта и депосола, карактеристике природне и на рекултивисаним површинама створене вегетације, итд. У техничко-технолошке параметре спадају: динамика експлоатације откривке по експлоатационим пољима, технологија

откопавања и одлагања откривке, локација одлагалишта, врсте и карактеристика примењене опреме, итд.

Типичне штетне последице проузроковане деловањем површинске експлоатације на непосредну околину и опште на животну средину су следеће:

- **на воду и водене ресурсе:** пресецање водотокова рударским радовима, измена микрослива, измена режима вода на захваћеном простору, измештање водотокова, стварање вештачких акумулација, измена нивоа подземних вода, загађење подземних и површинских вода;
- **на земљиште:** нарушавање плодног слоја солума, хумуса, који је необновљив природни ресурс, као и дубљег потенцијално плодног слоја који лежи испод зиратног земљишног слоја, деградација терена експлоатацијом и одлагалиштима у геоморфолошком и економском смислу, загађење земљишта прерађивачким капацитетима, појава ерозионих облика, деградација тла таложењем прашине и отпадних материја као и појава клизишта, одрона, слегања, једном речју измена геодиверзитета;
- **на ваздух:** дејство прашине при експлоатацији из прерађивачких капацитета, дејство гасова (CO, CO₂, NO и др.);
- **на биљни покривач:** уништавање површина под шумом и пољопривредних земљишта, и тиме трајно или за веома дуги период измена квалитета земљишта и култура које успевају као флора у виду биодиверзитета;
- **животињски свет:** нестанак појединих врста фауне и нарушавањем природних станишта еко-система на дужи временски период;
- **клима:** измене микроклиматских фактора, која директно утиче на опште климатске услове у области извођења експлоатационих радова и у широј зони;
- **објекти:** оштећење објеката, измене у инфраструктури пресецањем инфраструктурних објеката, промена режима у саобраћају, водоснабдевању итд;

- **социолошки аспекти:** измене у структури домаћинстава (посебно пољопривредних), измештање делова или целих насеља, гробаља и антропогена промена структуре, навика и културе и општег менталитета једног становништва;
- **археологија, споменици културе и природна заштићена подручја:** сужавање обима истраживања археолошких налазишта као што је римски војни логор Виминацијума и споменика културе манастир Рукумија у зони површинског копа угља Дрмно, праисторијских насебина старих 5,000 година п.н.е. на коповима Тамнава Запад и Исток у Рударском Басену Колубара, Национални парк на Фрушкој гори и др.

У циљу смањења штетних утицаја експлоатације сировина неопходно је, још у току експлоатације, приступити ревитализацији деградираног простора. У оквиру ревитализације најзначајнија ставка је рекултивација земљишта. Нерекултивисана јаловишта вишеструко угрожавају непосредну околину и становништво. На првом месту је штетан утицај ветрова који разносе фину праšину у којој могу бити присутне токсичне материје. Мале количине угља у одложеној јаловини склоне су самооксидацији при чему се у ваздух емитује CO, CO₂, оксиди сумпора итд. Постоји и стална опасност од попуштања брана и канала, као и од обрушавања неодржаваних завршних косина јаловишта. Атмосферске падавине испирају штетне материје (продукте прераде минералних сировина, или материјале са велике дубине које су се сад нашле на површини) и загађују систем подземних вода.

Крајњи циљ рекултивације је постизање пољопривредне, рекреационе, естетске или неке друге карактеристике обновљеног терена. Техничка рекултивација односи се на низ мера које се предвиђају у складу са пројектом рекултивације, а односе се на физичко привођење одлагалишта (спољашњег и унутрашњег) и осталих површина захваћених површинском експлоатацијом пројектованом изгледу. У то спадају: равнање површина и постизање пројектоване конфигурације терена, затим разастирање здравих слојева земљишта и на крају препокривање хумусног слоја.

Уопште узев, техничка рекултивација подразумева планирање површине терена, формирање рекултивационе површине, извођење и ублажавање нагиба бочних косина, изградњу путева, хидротехничких, мелиорационих и других објеката који прате радове на земљишним површинама. Извођење процеса техничке рекултивације захтева ангажовање основне и помоћне опреме, а рекултивисана површина врло је блиска по грађи недеградираном земљишту.

Техничка рекултивација практично, почиње паралелно са експлоатацијом минералне сировине. Одлике техничке рекултивације у овој раној фази су селективно откопавање и одлагање хумусног слоја јаловог покривача. Овакав третман хумусног слоја у првом моменту поскупљује експлоатацију, али се већ у следећем кораку рекултивације терена та инвестиција се враћа јер није потребно додатно оплемењивање земље и довоз плодног земљишта са других, удаљених локација.

Дебљина селективно откопаног слоја треба да задовољи следеће услове:

- услове које диктирају параметри опреме (висина и дубина копања багера),
- скинуте количине треба да обезбеде препокривање површине са које је скинут супстрат,
- економска исплативост (дебљина слоја треба да обезбеди минимум укупних трошкова за његову експлоатацију),
- дебљина слоја не сме прелазити максимално дозвољену висину етаже за дату опрему на одлагалишту,
- мора обезбедити покривање одлагалишта слојем дебљине довољним за развој биљака.

У завршној фази формирања одлагалишта хумусни слој се првенствено наноси на равне површине. Производна способност одложеног материјала за пољопривредну производњу требало би да буде приближна првобитној производној способности.

Правовремена рекултивација са што бржим искоришћавањем новоформираног простора доводи у склад, колико је то могуће, површинску експлоатацију и

природну средину, као и могућност приходавања са рекултивисаних површина било кроз продају производа, земљишта или субвенцију пореских олакшица.

Потреба за рекултивацијом терена која се мора одвијати паралелно са експлоатацијом најизраженија је у површинској експлоатацији угља пре свега у нас у Колубарском и Костолачком угљеном басену лигнита. Србија је од 1957. до 1993. године неповратно изгубила око 220,000 ha углавном пољопривредног земљишта (или око 4%) као последица експропријације земљишта ради експлоатације угља.

Познато је да је плодно зиратно земљиште танак део Земљине коре створен распадањем геолошке подлоге под утицајем климе, воде, флоре и фауне хиљадугодишњим педогенетским процесима. За формирање само једног центиметра дебљине хумусног покривача, потребно је 10,000 година, те се плодно тле сматра уз водне акумулације и чврсте, течне и гасовите минералне сировине, природним, необновљивим ресурсима на коме почива геостратешка снага једног народа и државе, његова привреда и живот уопште. Етички и цивилизацијски разлози нас обавезују да овим природним ресурсима газдујемо на један рационалан и домаћински начин, да их технолошки нераубујемо и сачувамо и оставимо будућим нараштајима у што повољнијем стању.

Процес биолошке рекултивације захтева ангажовање опреме, осмишљавање намене простора који се рекултивише, пројекат садње разноврсних садница које се одабирају на основу намене простора, климатских услова, микроклиме итд.

Експлоатација угља у Колубарском и Костолачком угљеном басену оставља за собом милионе јаловинског покривача откопаног, растрешеног и одложеног на јаловиштима. При томе се непродуктивни, јалови слојеви из дубине лежишта одлажу на површини прекривајући плодне површине, а нешто квалитетнији слојеви и хумус се скидају у првој фази радова, тако да се налазе на дну одлагалишта. Један од императива у површинској експлоатацији је селективно откопавање и одлагање хумуса како би се поново плодносни слојеви развукли по завршетку одлагања по новоформираној контури одлагалишта.

За експлоатацију угља на површинским коповима Колубарског и Костолачког угљеног басена карактеристично је да се нарушава првобитни склоп земљишта, депоновање се врши без издвајања најквалитетнијег дела, а преко њега се набацују моћне насlage неактивног материјала разноврсног текстурног састава, терен који остаје по проласку опреме за одлагање је врло нераван, неуједначен и коначно, површине које остају су неуређене, незаштићене, изложене ерозији и клизиштима. У досадашњем раду одлагалишта су углавном препуштана спонтаној рекултивацији - када се на оштећеним површинама и одлагалиштима јавља природна рекултивација.

3.3. Одлучивање током рекултивације

Циљ одлучивања и управљања је избор најбољег решења (алтернативе) из скупа могућих алтернативних решења, уз уважавање једног или више критеријума [36]. Критеријум или критеријуми су као мере за компарацију алтернатива опредељујући важни за квалитет одлучивања и управљања, односно избор најбоље алтернативе. Дефинисање критеријума је веома захтеван и одговоран задатак који задире у различита подручја [10]. Математичко-моделски приступи решавања управљачких задатака могу бити оптимизациони или нормативни [23].

У оптимизационом приступу, задатак се своди на тражење екстремне вредности функције критеријума (мах-мин), где критеријум (и) квантификује (у) понашање система и исходне ефекте, у задатим условима [27]. Дobar оптимизациони модел реалног проблема, подразумева коректно постављену(е) критеријумску (ке) функцију(е) и система ограничења (услова) [23]. Постоје бројне методе оптимизације, једна од најчешћих класификација ових метода у литератури је према присуству ограничења, на методе без ограничења, то јест, методе безусловне оптимизације (методе претраживања, Њутнова метода, градијентне методе,...) и методе са ограничењима - методе условљене оптимизације (линеарно програмирање, мрежно програмирање, метода Лагранжових мултипликатора, динамичко програмирање, метода казнене функције, елиминација и замена променљивих и др.) [23]. За рударство и геологију посебно је интересантна стохастичка оптимизација, особеност је постојање неизвесности [33, 9]. Два су основна стохастичка оптимизациона модела, експлицитни и имплицитни.

Рударско инжењерство у решавању конкретних оптимизационих проблема, најчешће користи дискретне моделе, где се уместо свеобухватног математичког модела, пројектују алтернативна решења [9]. У нормалном приступу проучава се анализира проблем у задатим условима са задатком проналажења најбољег (рационалног, ефикасног итд.) решења. У литератури се по аутоматизму мултиатрибутне, мултикритеријумске и мултициљне анализе, категоришу као нормативни прилази у одлучивању и управљању.

У процесу кључну улогу има доносилац одлуке (ДО), али иза понуђеног решења (предложене алтернативе у принципу не стоји доносилац одлуке већ стручњак или стручни тим та подршку одлучивању, оно ДО решење за доношење најбоље одлуке. У интерактивној анализи између доносиоца одлуке (ДО) и стручњака и или стручног тима за подршку одлучивања, може доћи до модификације предложених решења. Оваквим приступом повећава се сигурност и поузданост мултикритеријумског одлучивања, а непосредна одговорност доносиоца одлуке ДО садржана је у дефинисању критеријума, структурисању преференција према алтернативама и у доношењу одлуке о избору коначног решења [23].

У литератури постоји више мултикритеријумских модела, у зависности према начину укључивања доносиоца одлуке (ДО) у поступак [4, 35, 14].

1. Модели за одређивање неинфериорних решења
2. Модели са унапред израженим преференцијалом
3. Интерактивни модели
4. Стохастички модели
5. Модели компромисног програмирања

Према другој подели мултикритеријумски модели се групишу према класама проблема и поступку решавања [4, 21].

Модели са поступком

1. Модели са поступком анализе и рангирања алтернатива

Са аспекта математичко-моделског описа реалног система, две су врсте проблема у вишекритеријумском одлучивању:

1. Мултициљно одлучивање (МЦО)
2. Мултиатрибутно одлучивање (МАО), или мултикритеријумска анализа (МКА). Атрибут представља средство оцене нивоа неког од критеријума (циљева). Синоними за атрибуте су параметри, карактеристике, особине, перформансе, компоненте, фактори и сл. Модели МАО, одговарају слабо структурираним проблемима. У зависности од природе проблема код ових модела, могућа су три приступа у поступку решавања:
 - А) Рангирање, потребно је рангирати скуп свих алтернатива, од најбоље до најлошије,
 - Б) Избор једне алтернативе, потребно је изабрати најбољу алтернативу
 - Ц) Избор више алтернатива, бира се више алтернатива, на један од начина:
 - Полазећи од највишег ранга усваја се унапред дефинисан број алтернатива, или
 - Избор алтернатива са условима који нису уграђени у почетни модел.

Изглед и стање постексплоатационог предела разликују се код површинског копа брдског типа и копа равничарског типа, затим од дужине времена трајања, обима и интензитета експлоатационих радова, од карактеристика радне средине, од примењених техничко-технолошких метода, третмана према заштити животне средине током извођења рударских и експлоатационих радова, од природног и геоморфолошког окружења као и других утицајних фактора. Постексплоатационо уређење сваког предела треба да је предмет посебних стручних анализа и процена.

Ако занемаримо законску прерогативу као обавезу, побуда уређења постексплоатационих предела и заштита природе је мултифазна и крајње озбиљна Чине га пре свега етичке и цивилизацијске обавезе према еколошким аспектима природе и њеном очувању, према нашем нараштају и будућем потомству у моралној обавези да плодно зиратно земљиште као природни необновљиви ресурс не сме бити препуштено девастацији и трајном нарушавању, већ остављени будућим генерацијама као залог њиховог сигурног и стабилног богатог извора живота и битисања на овим наслеђеним просторима. Ова мотивација води

основним циљевима, дефинисању пројектних решења рекултивације и уређења постексплоатационих предела на један целовит и комплексан начин, са циљем правилног доношења одлука и избора најбољих решења.

Током уређења постексплоатационих предела, генерална је тежња планера и општа препорука да се од целокупне површине намењене рекултивацију, 25% искористи за водене садржаје, 55-75% резервише за шуме, 15-30% за пољопривредну производњу и 15% предвиди за очување природних ресурса.

У нашим условима површински копови угља као типични рударски објекти који заузимају велике површине најчешће су лоцирани на просторима или у близини где се налазе стамбена насеља, индустријски и инфраструктурни објекти, саобраћајне комуникације и речни водотокови. Често се, током експлоатационих радова јављају проблеми измештања привремених или трајних затечених објеката, делова или целокупних насеља (пример измештања насеља и сеоског гробља у Вреоцима).

Технолошким решењем техничке и биолошке рекултивације и уређења постексплоатационих површина, потребно је створити услове дугорочном процесу планирања, пројектовања и извођења радова, на простору постексплоатационих предела, након рекултивације и обезбедити услови за оснивање нових насеља, враћање измештених водотокова у природне токове, изградњу нових комуникација кроз новостворене пољопривредне, шумске и парковске пределе, подизање индустријских и инфраструктурних објеката, сточарских фарми, спортско-рекреативних и туристичко-излетничких комплекса или чак бањско-рехабилитационих и здравствених центара ако за то постоје услови.

Приликом конципирања уређења предела, треба имати у виду да рекултивисани површински копови са одлагалиштима могу бити важне *еколошке ћелије*, које поред економских вредности треба да имају и вредност као *рефугијум* за животиње и биљке, које су са других места култивисаног предела истеране, истребљене или угрожене. Еколошке ћелије могу имати секундарне *биотопе* великог значаја, развијајући се с временом у вредне регенерационе ћелије

потенцијала врста. На основу истраживања може се констатовати да у многим случајевима настајање *накнадних биотопа* води разноврснијој фауни и флори. Овакви резервати пружају нарочито специјализираним врстама уточишта и могућност преживљавања, којима структура култура на другим местима не омогућава задржавање станишта (птице, рептили, инсекти) [6].

У неким случајевима погодности намена влажних депресија копова може бити искоришћена у следеће сврхе:

1. НАУЧНЕ, и то у сврху:

1.1. Заштита природе, науке и образовање према следећим критеријумима погодностима

- Заступљеност ретких или вредних за заштиту врста и биоценоза;
- Ванпросечни диверзитет (разноврсност врста и биоценоза);
- Добра документација о научним истраживањима (нпр. сукцесија, места за презимљавање и одмор птица селица и др.);
- Не постоје последице од суседних намена (нпр. бука, еутрофизација вода као последица пољопривредног коришћења).

2. ОДМОР И РЕКРЕАЦИЈА:

- 2.1. Интензивно купање (Најмања површина под водом 3 до 5 ha);
- 2.2. Једрење и веслање (Минимална површина воде 20 ha)
- 2.3. Мото и ски спортови на води (Минимална површина воде 20 ha)
- 2.4. Веслачке регате (Укупна површина међусобно повезаних водених површина најмање 2,200 m дужине и 130 ширине);
- 2.5. Клизање (Константни ниво воде за време зимских месеци)
- 2.6. Спортски риболов (Минимална водена површина 2 ha, на више од половине водене површине дубина воде преко 2 m);
- 2.7. Трајни кампови (Минимална водена површина 3-5 ha)
- 2.8. Подручје викендица

3. РИБАРСТВО

4. ВОДОПРИВРЕДА

- 4.1. Ретензија за високе воде (Положај у непосредној близини река, брана)

4.2. Снабдевање пијаћом водом (Вода средње тврдоће и најбољег квалитета)

4.3. Пречишћавање текућих вода (Дубина најмање 3 m)

4.4. Лука или марина за бродарење по рекама (Положај непосредно уз реку/е; дубина најмање 3 m)

5. ДЕПОНИЈЕ

5.1. Рудничке, комуналне и др.

У неким случајевима намена сувих депресија копова може бити искоришћена у следеће сврхе:

1. НАУЧНЕ, исто као и код копова са влажном депресијом;
2. ШУМАРСТВО (Величина површине и повољна својства земљишта);
3. ПОЉОПРИВРЕДА (Величина површине, добра приступачност, повољно станиште и својства земљишта);
4. НАСЕЉА (Величина и положај површине, добра приступачност, геотехничка погодност терена, клима, и визуелни параметри);
5. ИНДУСТРИЈА (Потенцијални положај у подручју планирани индустријских објеката; добра приступачност инфраструктури, остало као код насеља);
6. ОДМОР РЕКРЕАЦИЈА И ПАРК (Величина површине, положај уз путању излетничког кретања, добра приступачност; заштићеност од ветра и погледа);
7. ДЕЧЈА ИГРАЛИШТА (Величина површине положај у видокругу подручја становања или непосредно на ивици насеља, без косина и стрмина где постоји опасност од клизања и обрушавања, песковита подлога, без буке);
8. ВЕЖБАЛИШТА ЗА АЛПИНИСТЕ (Довољна висина стеновитих падина, најмање 50 m), пешчари - стене које се не круне, мрве, живописна слика предела);
9. МОТО СПОРТ (Величина површине, положај на периферном подручју од градских центара, добра приступачност, без буке).

10. СТРЕЛИШТА (Величина површине - минимална величина траке 80*40 m за објекат са 50 m растојања и 130*70 m за објекат 100 m растојања, равне деонице, без каменитих и стеновитих косина, дубоки положај у околном терену, без буке).
11. ДЕПОНИЈЕ (Капацитет, по могућству што веће растојање од становања, положај изван зоне заштите вода, подручје са вредном заступљеношћу подземних вода и подручја плавлјења, положај ван подручја притицања површинских вода, положај у подручју мале брзине отицања подземних вода (од 0-10 m/дневно), дно копа најмање 2 m изнад средњих нивоа подземних вода, у подлози без грубог камена или пукотина у стенама, без оштећивања суседних коришћења (нпр. мирис, папир, бубе, гамад).

У процесу одлучивања избора најбољих, у циљу очувања животне средине и природног околиша и амбијенталности, морају се отклонити извесне дилеме и донети одговарајуће одлуке. Прва одлука везана је за дилему да ли приступити интегративном рекултивационом решењу, такозваној интеграцији или сегрегативном типу рекултивационог решења односно сегрегацији? У досадашњој инжењерској пракси, постексплоатационим подручјима се приступало на један класичан начин где је обично фаворизован сегрегационо-конзервациони приступ, који за приоритет има очување врста и станишта каква су до тада постојала.

У постексплоатационим пределима у којима се приоритет даје очувању природе и амбијенталних вредности, следећа одлука избора варијанте рекултивационог решења везана је за дилему која је начелне природе, да ли је глобални и приоритетни циљ заштита природности (природни процеси) или заштита врста (биодиверзитет).

Уколико је одлука на *очувању природних процеса*, други специфични циљеви се сматрају непостојећим, нити се могу предузимати посебне и друге специфичне акције.

Уколико је одлука супротна и даје предност *очувању врста*, потребно је дефинисати које врсте имају приоритет у заштити ако је немогуће заједничком

мером заштитити све врсте. Одлука о оваквој издиференцираности мора се дефинисати кроз листу циљних врста на основу потреба циљне врсте у односу на станиште.

Изван подручја приоритета, потребно је дефинисати облик коегзистенције између коришћења земљишта и његовог очувања. Тако се могу применити мреже станишта засноване на малим структурним елементима као што су живе ограде, мале водене акумулације и хортикултурни засади и друго, или дефинисати градијент интензитета искоришћења земљишта.

Поред Немачке која има богато искуство и велику традицију у мултифазном одлучивању током рекултивације и решавању деградираних површина у постексплоатационој фази у рударској индустрији о којој смо говорили на почетку поглавља, одличне резултате постижу и друге државе захваљујући строгој законској регулативи строгим мерама контроле.

Такав пример су САД, које на основу савезног Закона о контроли површинске експлоатације и обнављања из 1977. године имају одличне резултате у ревитализацији и рекултивацији површинских копова свих минералних сировина. Раније су осниване фарме као вид агромелиоративних поступака за довођење пострекултивационих предела у нове зелене оазе да би у новије време преовладао избор рестаурације напуштених простора у мочварне пределе као природних станишта за одмор птица у време њихових масовних пресељења. Овако очувани екосистеми имају функцију природних пречишћивачи и филтери воде а показали си и финансијску оправданост.

Ако су пак површински копови и одлагалишта лоцирани у шумовитим подручјима, у поступку одлучивања током рекултивације постексплоатационих предела подржава се пошумљавање или засађивање воћњака. Рекултивациони избор рударске компаније или нових власника може се огледати у опредељују за примарну вегетацију и ливаде, дозвољавајући природну сукцесију таквих биљних врста до нивоа климатогене шумске заједнице. У неким геоморфолошким условима депресије површинских копова су идеалне за формирање језера па се тада нарочито подстиче стабилизација косина одлагалишта а околно земљиште

пројектује за коришћење туристичких насеља, голф терене и спортско-рекреативних садржаја.

У Великој Британији су последњих деценија учињени значајни резултати у ревитализацији и рекултивацији старих рударских радова из прошлости уз сагласност и дозволу за уређењем земљишта која се доноси на локалном нивоу.

На одлуку о избору постексплоатационог коришћења земљишта, стандарди рекултивације могу бити опредељујући фактор у земљама са чврстом законском регулативом у овој области. Најсигурнији начин примене законске регулативне контроле је да се пре отпочињања експлоатације тражи одобрење за пројекат експлоатације од локалне, регионалне и националне, односно владине агенције (Аустралија, Канада, ЕЕЗ, Јужноафричка Република и САД). Регулатива већине земаља налази се између две крајности. Канада је на позицији једне крајности, у којој је локалним властима дато дискреционо право избора облика рекултивације. На другој позицији крајности су САД, са веома крутим националним стандардима. Заједничко обележје већине закона је захтев за селективним откопавањем и одлагањем плодног земљишта и финансијско обезбеђење (депозит), као облик гаранције да ће после обуставе рударских радова бити рекултивисано деградирано земљиште.

Поред законске регулативе, облик власништва је често значајан чинилац. Земљиште које је преузето од фармера претежно се рекултивише за пољопривредну намену; земљиште које је преузето од државе најчешће се рекултивише за паркове, рекреацију, станишта дивљих животиња и биљака. Земљиште у близини предграђа рекултивише се за градњу индустријских објеката, стамбених зграда, голф терена и сл. Земљиште које се граничи са парковима природе, рекултивише се за исту намену.

Битна је величина површине и рељеф деградираног земљишта. Мале површине до 20 ha најпогодније је рекултивисати у облик сличан окружењу или у парк. Површине од више квадратних километра могу бити рекултивисане у облике различите од доминантног окружујућег облика.

У обзир се морају узети и обележја популације становништва. Земљишта у подручјима рапидног популационог раста препоручљиво је урбанизовати или рекултивисати у парк како би се обезбедили пријатнији услови за живот. Старост, финансијско стање и културолошке карактеристике популације могу бити опредељујуће пресудни. Млада, ситуирана урбана популација може високо вредновати отворено, неразвијено земљиште за планинарење и лов, док ће старија популација можда преферирати пецање, голф, шетњу. Осиромашена популација ће у борби за преживљавање имати мало времена за рекреацију и желеће пре да узгаја поврће и друге намирнице.

Рељеф предела утиче на финално обликовање терена, што повратно утиче на тип биљних заједница које могу бити погодне за насељавање, као и на технологију њихове садње. Машинска садња је немогућа на великим нагибима, користи се само ручна садња.

Климатски фактори, као што је вегетациони период, температура, годишња количина падавина, ветар, просечна влажност ваздуха, број сунчаних дана и сл., лимитирају избор биљних врста.

Успостављање доброг вегетацијског покривача је условљено хемијским особинама земљишта, текстуром, структуром и компактношћу, средином за клијање и раст садница, приступачношћу воде и дренажом. Обезбеђење добре средине за коренов систем је кључ успеха биолошке рекултивације. Обезбеђење плодног хумусног слоја на површини пружа шире могућности за рекултивационе опције и успешнију рекултивацију депосола. Најнеповољнија варијанта површинске експлоатације минералних сировина је немогућност да се сачува слој првобитног плодног земљишта. На овај начин се лимитира успех рекултивације.

Без обзира на облик коришћења земљишта, успешна рекултивација постексплоатационих предела подразумева стабилне косине копова и одлагалишта, лимитираност ерозије, чисту површинску и подземну воду, ваздух без прашине, продуктивни биљни покривач и евентуалну насељеност дивљим врстама животиња и биљака [6].

3.4. Анализа најзначајнијих техничко-технолошких рекултивационих процеса

Анализом технолошких производних потпроцеса површинске експлоатације у оквиру периода система, разматра се могућност протока маса при откопавања откривке и експлоатацији угља, варијанте развоја фронта експлоатационих радова на површинском копу, техничко-технолошких решења отварања, експлоатације и затварања површинског копа, могућност управљања квалитетом производње угља, организација и планирање динамике површинске експлоатације.

Систем површинске експлоатације поред технолошких производних потпроцеса обухвата следеће периоде:

1. Припремни радови:
 - Припрема терена у зони отварања површинског копа,
 - Изградња пратећих објеката,
 - Одводњавање лежишта са одвођењем површинских вода,
2. Отварање,
3. Развој експлоатације,
4. Затварање, и
5. Рекултивација у току и након завршетка експлоатације [39].

Рекултивацију као период система површинске експлоатације треба у процесном смислу посматрати као технолошки процес технологије површинске експлоатације. Процес рекултивације може се поделити на следеће фазе, односно активности:

1. Техничка рекултивација,
 2. Биолошка рекултивација,
 3. Мониторинг радне средине, и
 4. Мониторинг животне средине.
1. Техничка рекултивација обухвата следеће потпроцесе:
 - 1.1. Планирање одлагалишних површина и косина
 - 1.1.1. Нивелисање и обликовање површина на етажама одлагалишта,

- 1.1.2. Обликовање косина одлагалишта,
 - 1.1.3. Fino равнање (планирање) површина одлагалишта,
 - 1.1.4. Израда канала за одводњавање, система за наводњавање и акваторијалних површина,
 - 1.1.5. Израда приступних саобраћајница.
- 1.2. Одржавање одлагалишних површина - косина, завршних косина и дна копа
 - 1.2.1. Израда нових комуникација или равнање и утабавање постојећих приступних путева,
 - 1.2.2. Планирање - нивелисање неравнина на хоризонталним површинама,
 - 1.2.3. Мелиоративно обогаћивање и стабилизација терена,
 - 1.2.4. Засецање и планирање берми сигурности под нагибом ка унутрашњости одлагалишта,
 - 1.2.5. Одржавање система одводњавања и система за наводњавање.
- 1.3. Припремање терена у и ван зоне површинског копа
 - 1.3.1. Планирање и измештање инфраструктурних, технолошких, логистичких, управних и помоћних објеката у границама површинског копа,
 - 1.3.2. Нивелисање и обликовање нарушених површина предметним објектима.
- 1.4. Анализирање радне средине
 - 1.4.1. Геомеханичка испитивања стабилности косина одлагалишта
 - 1.4.2. Геомеханичка испитивања стабилности косина површинског копа
 - 1.4.3. Праћење слегања и консолидације одлагалишта,
 - 1.4.3. Праћење појава клизишта и мере геотехничке стабилизације терена.
- 1.5. Планирање терена за коначну намену
 - 1.5.1. Грубо булдозерско равнање терена,

1.5.2. Фино грејдерско равнање терена,

1.5.3. Обарање берми сигурности тилтдозером;

1.6. Педолошка анализа терена

1.6.1. Узимање ин ситу узорака примарног земљишта и лабораторијска обрада;

1.6.2. Узимање ин ситу узорака депосола и лабораторијска обрада;

1.6.3. Узимање ин ситу узорака у зони површинског копа и непосредне околине деградираног околног земљишта.

1.7. Одлагање хумуса

1.7.1. Дефинисање количине, квалитета и порекла хумуса за разастирање;

1.7.2. Избор локације позајмишта хумуса;

1.7.3. Планирање хумуса хоризонталних површина избором технике и технологије;

1.7.4. Планирање хумуса косих површина са избором технике и технологије.

Техничка рекултивација као припрема биолошке рекултивације предвиђа низ технолошких процеса, као мера и поступака које можемо дефинисати као:

1.8. Нивелисање и обликовање површина на етажама одлагалишта,

1.9. Обликовање косина одлагалишта,

1.10. Планирање као фино равнање површина одлагалишта,

1.11. Израда канала за одводњавање и наводњавање,

1.12. Израда приступних саобраћајница.

Радови на формирању површинској слоја етажа на спољашњим одлагалиштима површинских копова угља одвијају се у три фазе. Редослед радова у оквиру једне фазе техничке рекултивације је следећи:

- ❖ израда нових или равнање постојећих приступних путева булдозером на одлагалишту;
- ❖ планирање - нивелисање неравнина на хоризонталним површинама и
- ❖ засецање берми [40].

2. Биолошка рекултивација обухвата следеће потпроцесе:

- Педолошка испитивања јаловинског супстрата на површинама предвиђеним за биолошку рекултивацију;
- Педолошка анализа и учешће хумусног слоја испред фронта радова у функцији откопавања и разастирања на површинама предвиђеним за биолошку рекултивацију.

2.1. Анализа фактора од утицаја на избор методе и карактер биолошке рекултивације

2.1.1. Агрохемијска анализа јаловине и природног земљишта;

2.1.2. Климатски фактори;

2.1.3. Избор мелиоративних метода јаловине са аспекта гајења биљака за биолошку рекултивацију, шумске мелиорације, пољопривредне агротехничке мелиорације, геотехничке мелиорације;

2.1.4. Конфигурација терена одлагалишта, косина копа и околине;

2.1.5. Опредељеност намене коришћења земљишта;

2.1.6. Анализа и квалитативна оцена одлагалишних и других површина које су раније рекултивисане (ауторекултивацијом, полурекултивације и друго).

2.2. Избор најпогодније методе и културе за биолошку рекултивацију

2.2.1. Анализа структуре површина по начину коришћења:

- равне површине,
- косе површине,
- посебне површине,

- површине ветрозаштитног појаса,
 - површине визуелно-естетског заштитног појаса.
- 2.3. Динамика извођења сетве, жетве и скупљање приноса
- 2.3.1. Припрема хумуса, садница, семенског материјала и ђубрива за садњу;
 - 2.3.2. Техника и технологија пошумљавања и затрављивања.
3. Мониторинг радне средине обухвата планско праћење и контролу
- 3.1. Мониторинг физичко-механичких карактеристика одложеног материјала;
 - 3.2. Мониторинг радних косина на отквивци и угљу;
 - 3.3. Мониторинг завршних генералних косина површинског копа и одлагалишта;
 - 3.4. Мониторинг емисије прашине и штетних гасова на радилишту и одлагалишту;
 - 3.5. Мониторинг буке.
4. Мониторинг животне средине обухвата планско праћење и контролу:
- 4.1. Ваздуха;
 - 4.2. Земљишта;
 - 4.3. Воде;
 - 4.4. Биљног и животињског света.

Током техничке рекултивације планирање одложених маса најчешће се обавља булдозерима по деоницама максималне дужине транспорта материјала од 50 m. У организацији радова треба водити рачуна о фактору слегања и консолидацији формираног одлагалишта. За консолидацију површина на спољашњим одлагалиштима довољан је период од 1 године по завршетку одлагања и формирању завршне фигуре на одлагалишту или деловима одлагалишта.

Организационо, радови на техничкој рекултивацији могу се изводити током целе календарске године, али је због временских услова најповољније да се изведе током пролећних, летњих и јесењих месеци.

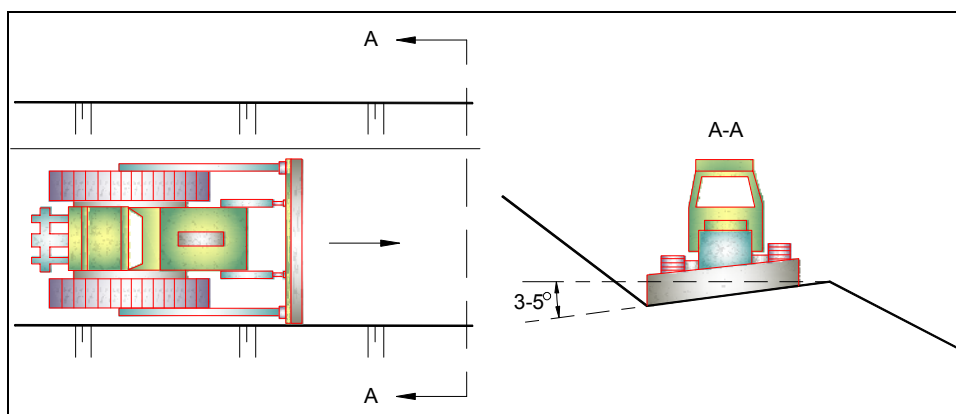
Унутрашње саобраћајнице, на површинама одлагалишта које се биолошки рекултивишу имају основни задатак да обезбеде излазак пољопривредне механизације на формиране парцеле. За ову врсту механизације биће довољно обезбедити земљане путеве, који ће се изградити од материјала на одлагалишту.

Саобраћајнице су условљене геометријом одлагалишта и основним правцима биолошке рекултивације. Пошто је предвиђено равнање свих етажних равни булдозером, путеви се само трасирају током извођења биолошке рекултивације, осим главних приступних путева који се могу изградити са макадамском коловозном конструкцијом.

Како се ради о растреситим и песковитим материјалима потребно је извршити одређене радове у функцији везивања песка и онемогућавања његовог развејавања.

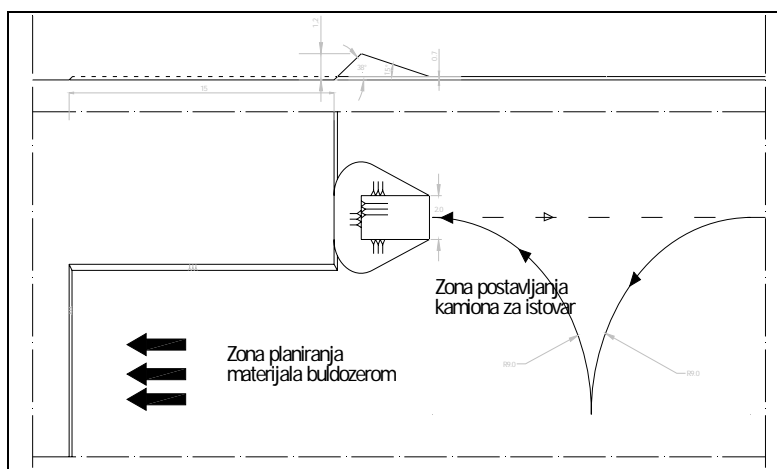
Приступни путеви на одлагалишту користе се за допрему тла, довоз садница и касније при коришћењу простора.

На одлагалиштима се булдозером најпре раде нови или равнају постојећи приступни путеви, затим планирају (нивелишу) неравнине на хоризонталним површинама и на крају када се заврше ови радови приступа се засецају берми етажа. Берме се засецају са падом ка ножици косине етаже у циљу смањења ерозионог утицаја површинских вода (Слика 3.3).



Слика 3.3. - Технолошка шема рада булдозера на завршном формирању берми

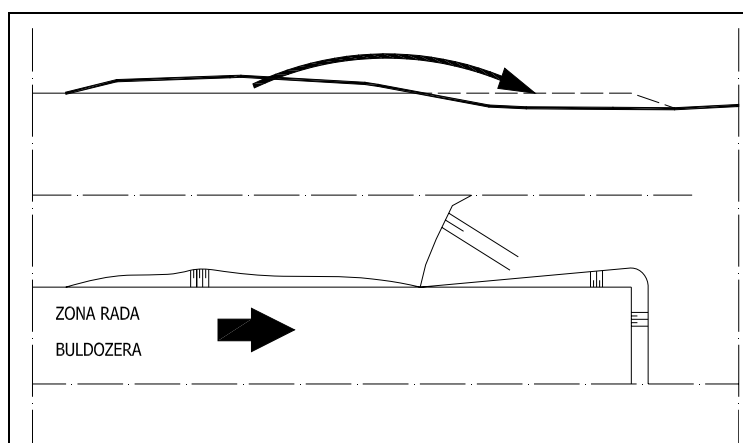
На слици 3.4, приказана је технолошка шема рада булдозера на планирању материјала на хоризонталним површинама са транспортом материјала камионом.



Слика 3.4. - Технолошка шема рада булдозера на планирању материјала са транспортом материјала камионом

Ова технолошка шема користи се и у случајевима када је неопходно планирање депресија већих размера које би захтевале транспорт материјала дужег од 50 m и када транспорт материјала булдозером није технолошки и економски рационалан.

Како су постојећи плануми равних површина у претходном периоду већ планирани и формирану у свом коначном облику, највећи део материјала за планирање површина планира се само радом булдозера. Технолошка шема рада булдозера на планирању материјала дата је на слици 3.5.



Слика 3.5. - Технологија рада булдозера на планирању

У оквиру спољашњих одлагалишта површинских копова угља можемо издвојити:

- Хоризонталне и благо нагнуте површине (берме и горње етажне површине) и
- Стрме површине косина одлагалишних етажа.

Како на нашим басенима угља у ранијем периоду пројектовања није била пракса намене одлагалишних простора у друге сврхе осим за рекултивацију, концепција коришћења одлагалишних површина је у реализацији основног стратешког циља у области ревитализације и рекултивације простора и заштите природе смањењем неповољних утицаја експлоатације и прераде угља у погледу:

1. Пољопривредног земљишта,
2. Шума,
3. Вода,
4. Ваздуха,
5. Флоре и фауне као биодиверзитета,
6. Природних и социо-економских услова живљења.

Упоредо са напред наведеним, треба вршити предузимање ефикасних мера за постепено остваривање перманентног и видљивог побољшавања еколошких, економских и амбијентално-пејзажних карактеристика ширег подручја.

Рекултивација одлагалишта јаловине врши се, у првом реду агробиолошком рекултивацијом и пошумљавањем у складу са завршном визијом организације простора у постексплоатационом периоду.

Основни предуслови за успешно спровођење програма биолошке рекултивације, обухватају техничку рекултивацију којом се обезбеђује планско распоређивање земљишних маса и регулација хидролошких услова, као и равнање и стабилност терена за биолошку рекултивацију.

Избор култура за рекултивацију зависи од мноштва фактора од којих су најважнији природни услови:

- Климатски,
- Орографски,
- Погодности антропосола за рекултивацију,

- Будућа намена новоформираних површина и величина локалитета.

Значајни фактори су и економски услови, који не смеју бити одлучујући али никако и занемарљиви.

Укључујући све наведене чињенице за избор култура, предности на косим површинама и на самом подножју косина у начелу се даје шумама, односно рекултивацији пошумљавањем.

Шумске дрвенасте врсте доприносе стабилности косих површина одлагалишних етажа, а самим тим доприносе и реинтеграцији деградираних простора, чиме се постиже бржа иницијација педолошких процеса у супстрату. Шумске заједнице се одликују великом количином зелене масе која фотосинтезише и ослобађа кисеоник у атмосферу, што је веома важно за животну средину.

Пошумљене површине се ревитализују и спонтаним насељавањем аутохтоне приземне шумске вегетације. Насељавање ове вегетације има за последицу повећан прилив органских материја у подлогу и доводе до интензивирања процеса оживљавања супстрата иницирањем процеса педогенезе и његовог поновног увођења у процес биолошког кружења.

У зависности од степена променљивости материјала откривке, земљишних и природно-климатских услова као и одабране намене терена, користе се следеће могућности биолошке рекултивације на површинским коповима:

- Наношење на технички рекултивисани терен потенцијално плодног слоја лесно-глиновитог састава дебљине 30-120 cm уз коришћење минералних ђубрива;
- Обрада технички рекултивисаног терена спровођењем мелиорационих радова (наношење кречњачких и минералних ђубрива, мелиоративно сађење);
- Обрада рекултивисаног терена коришћењем биоактивних препарата на бази угља за обогаћивање угљеником и активних произвођача земљишних микроорганизама.

Док су прва два начина биолошке рекултивације широко примењена у површинској експлоатацији, трећи начин се још увек налази у фази истраживања и провере. У последње време се све више директно повезују технолошки начини површинске експлоатације са рекултивацијом. Ту је у ствари изражен принцип обједињавања експлоатационих радова и рекултивације у један комплекс површинске експлоатације, где етапе техничке и биолошке рекултивације треба да доведу до обнављања плодности земље.

Шеме техничке рекултивације се у зависности од система површинске експлоатације као и касније намене могу поделити на:

- обједињене
- раздвојене и
- комбиноване.

Код обједињених шема техничке рекултивације, реализација свих радова на рекултивацији, укључујући и транспорт и одлагање на технички рекултивисан терен потенцијално плодног материјала, планирање површина, формирање косина одлагалишта и друге радове, врши се основном откопном и транспортном опремом без увођења специјалне технике.

Група раздвојених шема техничке рекултивације у односу на основни процес представља самостални технолошки процес рекултивације у оквиру система површинске рекултивације. Основна особина тих шема је извођење радова на рекултивацији посебном опремом која није у вези са експлоатацијом.

Група комбинованих шема техничке рекултивације односи се на технолошке шеме код којих се део радова изводи обједињеним, а део посебним технологијама. Предност ових шема је широки дијапазон примене и могућност оптимизације варијанти извођења експлоатације у односу на рекултивацију, постизање добрих економских показатеља и остварење годишњих потребних површина обновљеног терена.

При биолошкој рекултивацији остварују се корисне површине на рачун површинског копа. Максимални еколошко-економски ефекти постижу се

обогаћивањем плодног слоја минералним ђубривима, солима, органским састојцима и сађењем вишегодишњих биљака. Спровођењем мера за обнављање земљишних површина остварује се квалитетно превођење нарушеног терена површинском експлоатацијом у простране корисне комплексе који се не разликују значајно од претходних природних терена.

Савремена методологија планирања и пројектовање рекултивације спољашњег одлагалишта површинских копова заснива се на следећим критеријумима:

- Планирање (одлука о пост начину коришћења подручја захваћеног спољашњим одлагалиштем површинског копа);
- Положај у односу на насеље;
- Величина површине спољашњег одлагалишта површинског копа;
- Заштита матичног супстрата;
- Режији вода;
- Заштита вода;
- Формирање водених површина;
- Обликовање рељефа и контура спољашњег одлагалишта површинског копа;
- Повољно растојање од суседне намене;
- Озелењавање;
- Пољопривредна рекултивација;
- Заштита у току експлоатације;
- Рекреационе површине;
- Мултифункције предела.

4.0. ИСКУСТВЕНА РЕШЕЊА И МОДЕЛИ ПОГОДНИ ЗА ОДЛУЧИВАЊЕ КОД ИЗБОРА РЕКУЛТИВАЦИОНИХ РЕШЕЊА

4.1. Анализа могућих моделских приступа за подршку одлучивању током рекултивације

4.1.1. Басен угља Соколов у Чешкој

У раду *Non-productive principles of landscap rehabilitation after long-term opencast mining in north-west Bohemia*, непроизводни принципи рехабилитације површине терена након дуготрајног експлоатационог периода на површинским коповима у северозападној Бохемији [51], представљени су ремедијацијом еколошких и социјалних поремећаја проузрокованих експлоатацијом на површинском копу мрког угља у северо-западном делу Бохемије. Овакви примери рестаурације старих и напуштених рударских радова из прошлости, постављени су као приоритет за државну политике Чешке у погледу заштите животне средине. У циљу да се обезбеђивања концепт за пуну обнову земљишта после девастације након површинске експлоатације угља оформљен је специјалан интердисциплинарни пројектни тим Министарства за животну средину Чешке. Почетни стадијум Пројеката послужио је сумирању процена на основу добијених налаза - радова који су спроведени у области различитих мелиоративних активности на девастираним теренима током протеклог периода од преко 50 година. Главни циљеви пројекта су били најбоље искоришћење постојећег пејзажа управљањем заштите животне средине у складу са еколошким, естетским, функционалним и социјалним аспектима, укључујући опоравак историјског континуитета и разумевања *пејзажне меморије*.

Основне функције амбијенталне целине процењиване су на два различита нивоа. У великој размери, релевантни атрибути коришћени су на целом подручју басена мрког угља Соколов (220 km²). На мањој размери, основне карактеристике и

функције предела су анализирани у Litov-Chlum моделу у области од 2 km² (Слика 4.1).

Информације добијене из ове анализе коришћене су за формулисање модела рехабилитације постексплоатационе области у функцији дефинисања опште методолошких принципа.



Слика 4.1. - 3D визуелизација финалног модела постексплоатационе области подручја Соколовог басена мрког угља у северо-западној Бохемији, Чешка

4.1.2. Површински коп лигнита Аминтеон у Грчкој

У раду *A spatial decision support system for the optimal environmental reclamation of open-pit coal mines in Greece* [46], Просторни систем за подршку одлучивању оптималне заштите животне средине при рекултивацији површинских копова угља у Грчкој, говори се о коришћењу (SDSS) модела за избор оптималног решења у стратегији рекултивације постексплоатационог простора површинског копа лигнита Аминтеон угљеног басена у Западној Македонији на северу Грчке (Слика 4.2). Конвенционалне методе које се користе за планирање рекултивације карактерише недостатак интегративности података и дуготрајност анализе. У овом раду је предложен просторни систем за подршку доношења одлуке (SDSS - *spatial decision support system*) који минимизира ове проблеме, и нуди анализу интегративних података у оквиру једног компјутеризованог окружења. Географски информациони систем (GIS) и методе вишекритеријумског одлучивања (MCDM - *multi-criteria decision-making*), засноване на бинарним целим бројевима линеарног програмирања, интегрисани су да омогуће избор

одговарајућег коришћења земљишта у различитим деловима пост-експлоатационе области, узимајући у обзир друштвене, техничке, економске, еколошке и сигурносне критеријуме. Базиран на различитим развијеним рудничким картама, променљивост модела се процењује и укључује у објективну оптимизацију функцију. Нагласак је стављен на просторне диверсификације модела варијабли. Апликација показује да одлука у систему подршке омогућава рударској компанија да утврди на ефикасан начин специфичан начин коришћења земљишта (пољопривредно земљиште, шуме, рекреативни простор и индустријска зона) који се сматра да је најпогоднији за сваки део пројектованог уређења предела.

Фокусирањем на методе вишекритеријумског одлучивања (MCDM) ови модели често имају хијерархијску структуру. Највиши ниво представљају широки општи циљеви (на пример, побољшање плодности земљишта у рекултивисаном постексплоатационом терену). Они се могу поделити на више оперативних и практичних оцена нижих ниво циљева (на пример, повећање садржаја хранљивих материја, побољшање механичке особине тла). У (MCDM) моделима, вредносни судови могу бити потребни у избору одговарајућег атрибута, али мерење не мора да буде у новцу, као у случају коришћења анализе трошкова и користи као један критеријум. Штавише, критичка предност (MCDM) моделирања у групи одлука је капацитет за указивање на сличности или потенцијалне области сукоба између актера са различитим ставовима.

Аспекти заштите животне средине

Површинске копове угља одликују комплексне операције које могу да утичу на бројне еколошке факторе на различите начине. Аутори су описали *процесе* и *јаловинске токове* које се сматрају да имају већи потенцијал за загађење животне средине, односно наносе штету у областима површинске експлоатације лигнита. Добијени утицаји могу се сврстати у оне које се односе на експлоатациони век копа и трајаће до затварања рудника, као што је погоршање квалитета амбијенталног ваздуха услед емисије прашине, и оне трајног карактера изузимајући земљиште које ће се рекултивирати. У другој категорији су следећи утицаји: промена морфологије, промене у хидролошком систему, губитак станишта дивљих животиња, деградација пејзажне вредности, смањење вредности имовине, губитак површинског слоја хумуса и губитак пољопривредног

земљишта. Наведени утицаји морају да повећају интересовање уколико се планира искоришћење земљишта за пост-експлоатационом периоду.

Аспекти друштвено-економског карактера

Развој сваког великих рударског пројекта има за циљ стварање богатства и запослености, јачање, на овај начин, националне, регионалне и локалне економије. Ипак, постоје многи негативни социо-економски утицаји који могу да крше стандарде квалитета за насеља која се налазе у непосредној близини рударских области. Ови утицаји могу се сажети у следеће три категорије: промене у економским активностима, заузимање земљишта на дуги период (углавном после много деценија) и ограничен приступ јавним услугама. За рударску компанију, развој односа с јавношћу на основу узајамног поштовања и разумевања са локалним властима је кључни параметар за прихватање вршења активности површинске експлоатације и рекултивациони план. Из тог разлога, рударске компаније морају да обезбеде све интересне групе са свим информацијама неопходним да објасне не само очекиване утицаје на животну средину, већ и повластице које проистичу за локалне заједнице.

Планирање за пост-експлоатациони период

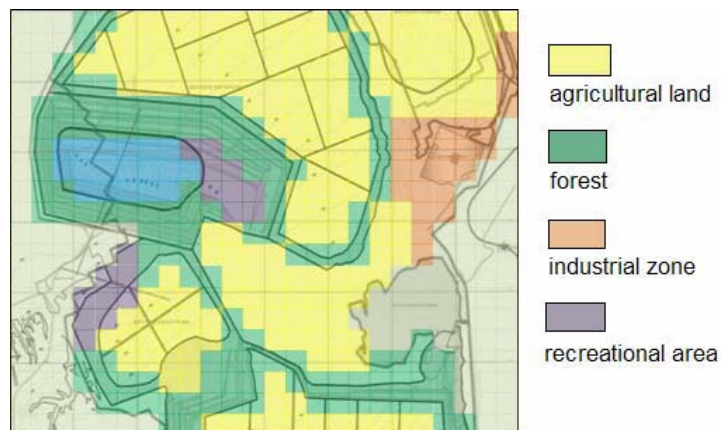
Према еколошким дозволама које регулишу пословање рударских компанија у посматраном подручју, рудник је дужан да спроведе и финансира рекултивацију земљаних радова. Међутим, ови радови могу да се покажу неадекватним за осигурање економског просперитета локалних заједница. Дакле, од раних фаза техничких рекултивационих и мелиоративних радова, локалне власти морају да се слажу са рударском компанијом око стратегије развоја заштите животне средине, која ће бити реализована кроз све рекултивационе активности. У том смислу, предложени модел (SDSS - *spatial decision support system*) обезбеђује јавности, локалним властима и стручњацима омогућава изражавања мишљења на два начина: (1) постављање ограничења или представљање својих жеља у вези са процентом покривености пост-експлоатационог подручја по питању намене земљишта, и (2) предлагање конкретних типова земљишта за коришћење одређених делова пост-експлоатационог подручја.

Када је проблем описан и извори информација идентификовани, модел просторног вишекритеријумског одлучивања фокусира се на избор критеријума. То је процес који зависи од карактеристика проблема одлучивања, иако постоје неке технике које олакшавају избор параметара који утичу на доношење одлука. У случају подручја површинског копа лигнита Аминтеон одређивање начина коришћења земљишта заснива се на мултифазном поступку избора низа критеријума приказаних на слици 4.3. Критеријуми су подељени на оне који показују просторне варијације и оне без просторног карактера. У кораку 1, који обухвата све ове критеријуме у просторном без карактера, приоритета и ограничења, проглашена су на начин који утиче на формулисање коначног циља моделирања поступка.

Осим тога, просторне анализе критеријума разликују се од критеријума у кораку 2, који се користе за избор једне од следећих начина коришћења земљишта: пољопривредно земљиште, шума, рекреативни простор и индустријска зоне, а критеријуми корак 3, које су релевантне за погодности земљишта за подршку брзог развој вегетације, а користе се за одређивање врсте дрвећа или типа рекултивације.



Слика 4.2. - Орто снимак ширег подручја површинског копа лигнита Аминтеон



Слика 4.3. - Коначни предлог начина коришћења земљишта у постексплоатационом подручју површинског копа лигнита Аминтеон

4.1.3. Систем подршке одлучивања применом аналитичког хијерархијског процеса на примеру површинског копа угља у басену Seyitomer у Турској

У раду *A decision support system using analytical hierarchy process (AHP) for the optimal environmental reclamation of an open-pit mine* [3] под називом Систем за подршку одлучивању коришћењем аналитичког хијерархијског процеса (АНП) за оптималну заштиту животне средине рекултивацијом површинског копа, из 2006. године, аутор се бави избором оптималног метода рекултивације као једаног од најважнијих фактора у избору пројектантског избора изгледа - дизајна површинског копа и одлагалишта, као и планирању производње. Он такође утиче на економска разматрања у дизајну површинског копа у функцији плана локације и његове дубине. Осим тога, избор је комплексна тимска проблематика, вишекритеријумска одлука проблема. Тимски рад у процесу доношења одлука може бити побољшан применом систематског и логичног приступ за процену приоритета на основу инпута више стручњака из различитих функционалних области у оквиру рударске компаније. Аналитички хијерархијски процес (АНП) може бити веома користан пошто укључује неколико доносилаца одлука са различитим конфликтним циљевима у циљу проналажења консензусне одлуку.

У овом раду, избор оптималног метода рекултивације помоћу (АНП) модела заснован је на оцени количина и капацитета производње угља на површинском копу угља који се налази у региону Seyitomer у Турској. Употреба предложеног модела указује да се може применити за побољшање тимског доношења одлука у избору рекултивационе методе која задовољава оптималне специфичности.

Такође, утврђено је да процес одлучивања има систематско коришћење и предложени модел може да смањи време потребно за избор оптималне методе.

Утицаји на животну средину у површинској експлоатацији су бројни и разноврсни. Рударски процеси изазивају деградацију земљишта, губитак површинског земљишта, шума и пољопривредног земљишта, промену топографије и хидролошких услова, и загађење површинских и подземних вода. Оштећење животне средине се обично види као неизбежна последица рударске индустрије у функцији одржавања националног развоја. Такође је пожељно да се оптимизују и минимизују утицаји на животну средину правилним усвајањем одговарајућих рударских техничких решења, да би брзо повратили већ оштећене делове и идентификовали области осетљиве на еколошке штете у блиској будућности. Све ово је потребно ради брзе, приступачне, прегледне, исплативе, мулти-временске информативности које се тичу животне средине и статуса како истраживачког тако и експлоатационог простор.

Током скоро три деценије, аналитички хијерархијски процесни (АНР) модели и fuzzy логика су напредовали као формално средство за решавање имплицитних непрецизности у широком спектру проблема, на пример, у индустријској контроли, војним операцијама, економији, техници, медицини, поузданости, препознавању и класификација. АНР метода је примењена у овој Студији, пре свега због своје некохерентне способности примене квалитативних и квантитативних критеријума у коришћењу избора рекултивационе методе. Осим тога, може се лако разумети и применити у свим рударским одлукама оперативних менаџера.

Такође, (АНР) метода може да помогне да се побољша процес доношења одлука. Хијерархијска структура која се користи у формулисању (АНР) модела може омогућити да сви чланови евалуационог тима за визуелизацију систематских проблема у погледу релевантних критеријума и подкритеријума. Тим такође може представљати и допринос за ревидирање хијерархијске структуре, ако је потребно, са додатним критеријумима. Осим тога, употребом (АНР) модела, тим за евалуацију систематски може упоредити и утврдити приоритете критеријума и

подкритеријума. На основу ове информације, екипа може упоредити неколико рекултивационих метода ефикасно и извршити избор оптималног метода.

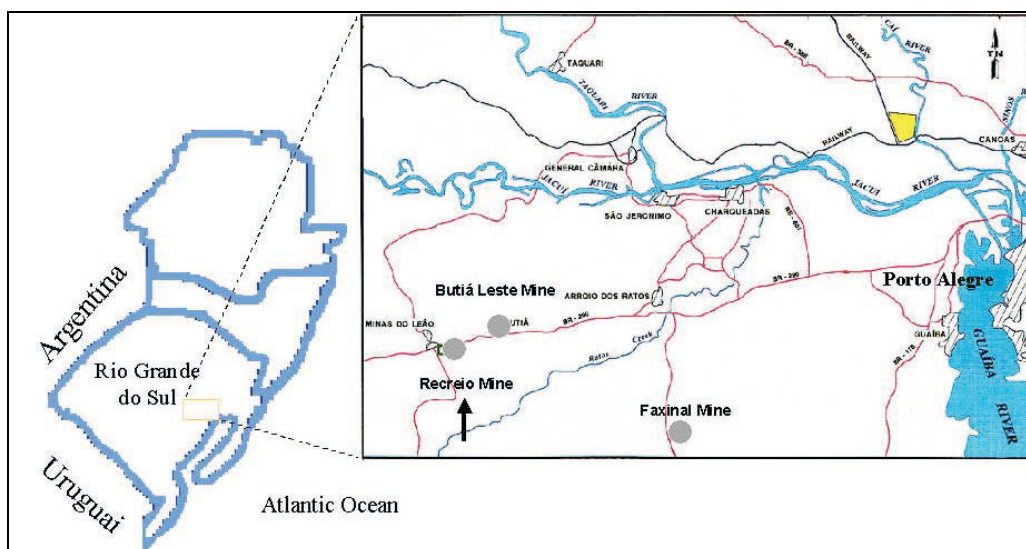
Овај метод је развио Saaty и применио у својим радовима 1980, 1986, и 1994. (АНР) структуре решавају проблем одлучивања у нивоима који одговарају нечије разумевање ситуације: циљеви, критеријум, под-критеријум, и алтернативе. Разбијањем проблема по нивоима, доносилац одлуке може да се фокусира на мање скупове одлука. Употреба (АНР) модела за доношење одлука укључује четири корака. Биће претпостављено да ће се захтеви кандидата оцењивати помоћу критеријум вредности.

*4.1.4. Рударски угљени басен *Recreio* у области *Rio Grande do Sul* у Бразилу*

У раду *Environmental Reclamation Practice in a Brazilian Coal Mine - An Economical Approach* [29], аутори се баве економским приступом развоја животне средине у пракси рекултивације бразилских рудника угља са површинском експлоатацијом. Рекултивација постексплоатационих простора, а нарочито површинских копова угља је светски проблем. Овај рад представља пример Бразила, где су економски аспекти рекултивације, нарочито узети у обзир. Основни циљ студије је да се трансформише санациони поступак у економски процес, интегришући коришћење земљишта након санације у развојни профитабилни постексплоатациони поступак. Неке од активности су разматране у овој студији и укључују следеће: 1. коришћење површинских копова као депоније односно одлагалишни простор, 2. коришћење околног простор за развој шума, и 3. развијање травњак, шума аутохтоних врста и изградњу рибњака и развој рибарства.

За подручја која су била минирана препоручује се: 1. складиштење великих количина отпада по конкурентној цени а ниском ризику по животну средину; 2. економски исплатив комерцијални развој шума и 3. Формирање вештачких језера и других водених површина која могу бити интегрисани у пејзажно амбијенталну целину са креирањем активног водоснабдевања и површина за гајење стоке. Историјски посматрано експлоатација угља у Бразилу се дешава у *Rio Grande do Sul* од 1883. године (слике 4.4 и 4.5). Претходни површински копови угља обично су узурпирани велике површине области (Teixeira и др, 1996), а до 1980. године

мало је урађено на рекултивацији копова угља. Од тог времена, уведени су строжи закони о заштити животне средине па су рударске компаније почеле да развијају своје програме у овој области. Одрживо снабдевање минерала захтева равнотежу између развојних, еколошких, социјалних и културних циљева (Ламберт, 1996). Развој профитабилних активности након санације минираних подручје је веома важно за одрживост рударских радова. Сходно томе, високи трошкови у вези са процесом рекултивације, посебно у областима рударства, довело је до неопходности креирања нове праксе у тој области.



Слика 4.4. - Локације Рударске угљеног басена Recreio у оквиру области Rio Grande do Sul у Бразилу



Слика 4.5 - Панорама површинског копа Recreio са дисконтинуалним радом услед претходног мињања средњих партија угља са правцем на предовања фронта радова, откопавањем откривке и њеног депоновања, односно одлагања на одлагалишту

Садња вишегодишњих трава одвија на одговарајући начин праћено пошумљавањем. Праћење и одржавање обављају се на континуираној основи. Слика 4.6 приказује општу слику главних рекултивационих процедура које се користе током и у постексплоатационом периоду.



Слика 4.6. - Рекултивација на формираном одлагалишту током процеса експлоатације угља са контролисаним ерозионим процесом у централном делу и засадом траве, и пошумљеним багремаром у горњем делу изнад одлагалишта

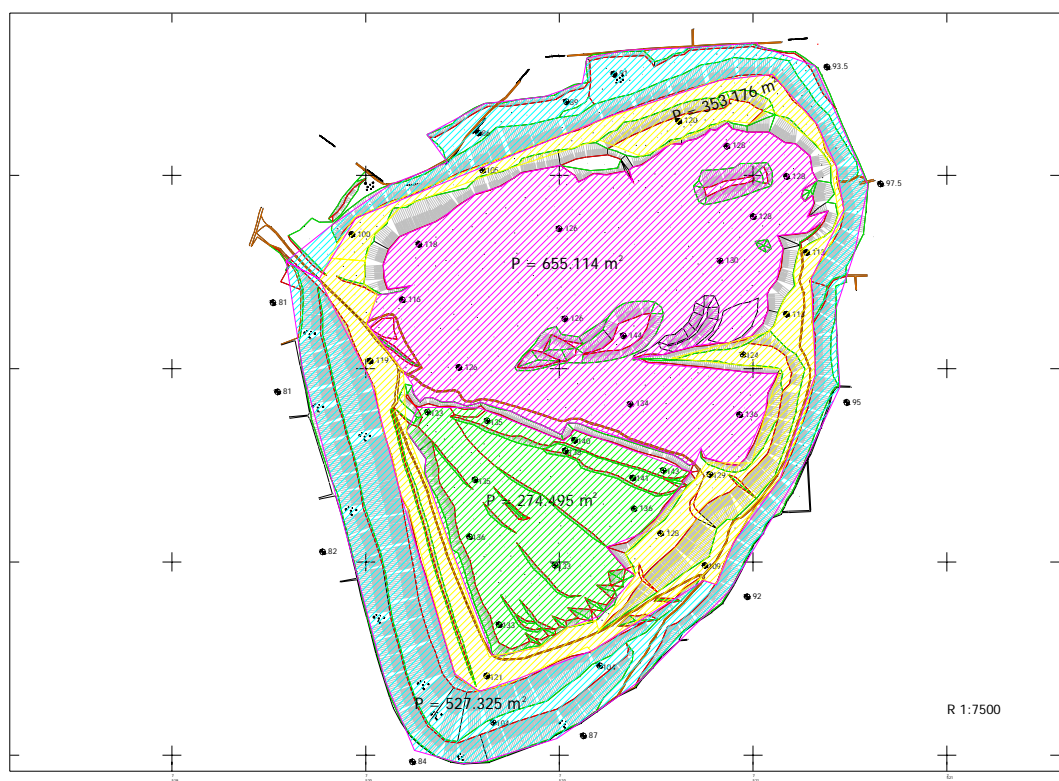
Основни циљ рударске компаније Copelmi Ltd, која се бави експлоатационим и постексплоатационим активностима на басенима угља у Бразилу, с обзиром на одрживост и перспективност ових процеса и операција, је да се трансформише процес санације земљишта и рекултивациона процедура у одржив економски процес. Идеја је да се интегришу коришћење земљишта након процеса рекултивације, на начин да се развије рентабилно пословање постексплоатационих активности. Неке од активности су:

1. Коришћење депресије површинског копа као депоније у периоду затварања,
2. Коришћење околног простор за развој шума, и
3. Успостављање пашњака, шума и језера за рибарство.

4.1.5. Рекултивација спољашњег одлагалишта површинског копа Дрмно костолачког басена угља

Спољашње одлагалиште површинског копа Дрмно налази се источно од површинског копа Дрмно, северно од села Брадарац и простире се на површини од 200 ha, захватајући катастарске општине Брадарац и Кличевац. Одлагање откритке и јаловине на спољашњем одлагалишту површинског копа Дрмно започето је 1983. године, а завршено је 1997. године. За то време одложено је $75,000,000 \text{ m}^3$ јаловине и формирана површина од око $2,000,000 \text{ m}^2$.

На простору спољашњег одлагалишта вршено је неселективно одлагање откритке. Хоризонталне и стрме површине формиране су радом континуалне опреме (одлагач) и помоћне опреме (булдозер). Стање спољашњег одлагалишта површинског копа Дрмно пре завршне рекултивације је приказано на слици 4.7, где 51.4% спољашњег одлагалишта припада хоризонталним и благо нагнутим површинама, док 48.6% припада косим површинама.



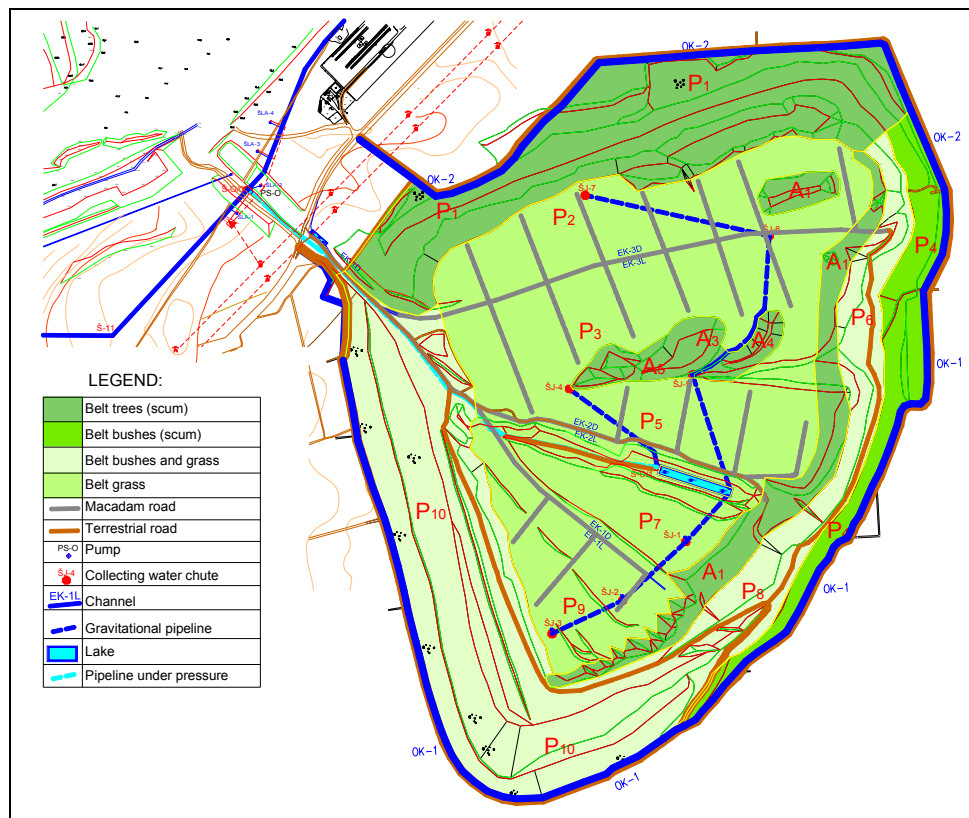
Слика 4.7. - Спољашње одлагалиште површинског копа Дрмно пре завршне рекултивације

Као рационално и ефикасно технолошки условљено решење, реализована је организација и извршење радова агротехничке рекултивације планирањем и

равнањем већег дела завршних површина са постојећим солумом. За рекултивацију је примењена еурекултивација, а у ту сврху простор одлагалишта је мелиоративним мерама доведен у стање погодно за пољопривредну производњу или за пошумљавање, ливаде и пашњаке.

Постојећим површинама је дат облик којим је обезбеђено еколошки повољно уклапање ових површина у постојећу средину и створени услови за биолошку рекултивацију у мери у којој је постојећом технологијом одлагања то било могуће. Мерама техничке рекултивације створени су услови за коначно формирање површина спољашњег одлагалишта.

Припрема одлагалишта за спровођење биолошке рекултивације састојала се у равнању хоризонталних и благо нагнутих површина са одговарајућим падом за одвођење атмосферских падавина (Слика 4.8 и 4.9). На косим површинама већег нагиба изведено је пошумљавање.



Слика 4.8. - Реализовани план рекултивације спољашњег одлагалишта површинског копа Дрмно



Слика 4.9. Изглед благе косине рекултивисаног спољашњег одлагалишта копа Дрмно

Техничка рекултивација подразумева припрему терена за биолошку рекултивацију, а реализована је низом предвиђених мера и поступака који се састоје у следећем:

- нивелисање и обликовање површина на етажама одлагалишта,
- обликовање косина одлагалишта,
- фино равнање (планирање) површина одлагалишта,
- израда канала и језера и
- израда приступних саобраћајница.

Одводњавање површина спољашњег одлагалишта спроводи се системом етажних и ободних канала. Етажни канали су лоцирани са обе стране главних саобраћајница и прикупљену воду од атмосферских падавина спроводиће до таложника који се налази у подножју одлагалишта. Из таложника вода се спроводи даље каналом уз пут Дрмно-Кличевац.

За верификацију избора варијанте планирања рекултивације коришћена је матрица ризика која омогућаваја релативно брз, једноставан и савремени начин за избор алтернативне одлуке за вишекритеријумске проблеме одлучивања. Матрице су формиране као однос вероватноћа појаве ризика и низа критеријума који се разматрају у односу на последице еколошког, економског и социјалног карактера.

Вероватноћа појаве ризика од најбитнијих негативних ефеката подељена је у пет класа могућих стања система (Табела 4.1). Такође, издвојене су две најважније групе критеријума вероватноћа којима се обухвата угрожавање безбедности и заштите и угрожавања животне средине и интереса заједнице. Број класа и група је прилагођен и оптимизован за сваки предметни објекат.

Табела 4.1. - Вероватноће ризика

Класе вероватноћа	Вероватноће појаве ризика због угрожавања безбедности одлагалишта и животне средине (број догађаја/година)	Вероватноће појаве ризика због угрожавања животне средине и интереса заједнице (број догађаја/година)
Није вероватно (Н)	<0.01%	<0.1%
Мало вероватно (М)	0.01 - 0.1%	0.1 - 1%
Средње вероватно (С)	0.1 - 1%	1 - 10%
Веома вероватно (В)	1 - 10%	10 - 50%
Очекивано (О)	>10%	>50%

За услове рекултивације одлагалишта површинског копа Дрмно постављена је листа критеријума дата у табели 4.2. Рангирање по могућим последицама од занемарујућих до екстремних је извршено условно у пет нивоа (Табела 4.2) али и прилагођено конкретној ситуацији. Свака варијанта планирања је рангирана од најбоље до најгоре у складу са вреднованим индикаторима ризика.

Табела 4.2. - Последице ризика и критеријуми

Ниво последица	Биолошки утицај и коришћење земљишта	Утицај законске регулативе	Интерес заједнице и имиџ	Здравље и сигурност рада
Екстремни	Катастрофални утицај, необновљиво стање	Не постоје законске олакшице- Затварање копа или оштре рестрикције за рад	Узнемирење јавности, смањење производње, повлачење лиценци, велике одштете	Фатално стање и могућност несрећа
Висок	Важан утицај, скоро необновљиво стање	Често неиспуњавање законских обавеза, губитак поверења	Јак политички и финансијски утицај јавности, промена процедура и праксе	Озбиљне повреде са могућим фаталним крајем
Средњи	Значајан утицај, обновљиво стање	Повремено неиспуњавање законских обавеза	Повремено скретање пажње јавности и минималне промене процедура уз допунске консултације	Мање повреде, потенцијално могуће озбиљније повреде, мали ризик фаталног краја, губици радног времена

Низак	Низак утицај	Ретко и маргинално неиспуњавање законских обавеза, мањи губитак поверења и повећано извештавање	Ретко скретање пажње јавности и нормална комуникација	Неопходна прва помоћ, мали ризик од озбиљних повреда
Занемарујући	Немерљиви утицај	Не крше се законске обавезе	Не скреће се пажња јавности	Нема утицаја

4.2. Предлог најприкладнијих моделских анализа; природних, техничко-технолошких, правно-економских и друштвено-организационих фактора за подршку одлучивања током рекултивацији

Радни век рударског пројекта започиње са првим откривањем појава минерализације и траје све до реинтеграције експлоатационог подручја након откопавања минералних сировина, назад у друштво. У овом временском периоду неколико активности има утицаја на предметне области: геолошко истраживање, припрема рударског поља за површинско откопавање (одводњавање, пресељење становништва, дислоцирање природних и инфраструктурних објеката, итд.), оспособљавање инфраструктуре (управна зграда рудника са пратећим радничким објектима, радионице, и др.), откопавања, припрема и прерада минералних сировина и јаловине, активности око рекултивације и затварања рудника, предмет су дугорочног праћења након експлоатационих радова. Ове техничко-технолошке активности утичу на природне и друштвено-културне структуре које су постојале и пре отпочињања рударства. Рударски пројекти могу променити природни и социјални амбијент у и око експлоатационе области веома озбиљно и за дуже време. У принципу, ми знамо датум отварања лежишта, почетак и крај рударских активности, али је питање када се коначно завршавају рударски пројекти? Често, су до данас, рударске активности престајале након кратког упоредивог профитабилног времена без реинтеграције деградираних области и утицаја на друштвену средину у последњим деценијама и делимично стотина година. Ова ситуација зависи од сопственог нивоа развоја друштва: правни, административни и технички инструменти су на једној страни а образовање, осетљивост и одговорност људи који делују су на другој страни.

Концепт одрживог развоја рударства - Одрживо рударство постмодерног друштва се паралелно развија са техничким рударским пројектом, пројектом управљања променама у природи и друштвеним структурама. Главни циљеви такве стратегије су: Минимизирање утицаја на животну средину током радног века и реинтеграција поремећених делова животне средине после затварања рудника у складу са јавним интересима. У погледу економског и политичког значаја индустрије минерала, ниво њихове производње не очекује се да буде фундаментално промењен у наредним деценијама.

То није само због величине постојећих депозита који се могу економски подићи под повољним условима, већ и због текућег процеса иновација у сектору експлоатације руда и прерађивачке индустрије, које су све више и више еколошки и друштвено прихватљиви.

Еколошки прихватљиво рударство је синоним за индустрију минерала која са великим напором не избегава, не смањује, односно надокнађује привремене и / или трајне негативне последице у природном амбијенту током целог процеса ланца производње и прераде минерала узимајући у обзир аспекте економске ефикасности пројеката. У изузетним случајевима државни интереси, као што су сигурност снабдевања, могу да имају предност над економским разлозима. Исто важи и за друштвено прихватљиве рударске активности, које морају да избегну, смање и надокнаде негативне промене у екологији и социјалном сектору у највећој могућој мери.

Концепт одрживог рударства зависи од природних услова, с једне стране, који ће морати да буду прихваћени као константа, на преовлађујуће општим условима и повезаностима са друштвеним идејама и захтевима (правни систем), као и са стањем технике и ниво стечених знања, са друге стране (Слика 4.10) [Drebenstedt, 2003]. Резултати концепта одрживог рударства зато морају да се разликују у просторним и временским аспектима. Просторна диференцијација је нужно изазвана природом, ако се узму у обзир различити услови таложења минерала, као и различити начини коришћења земљишта у погледу природних и климатских аспеката пре и након минирања земље. Услови настанка лежишта могу бити различити и стога захтевају различите рударске стратегије.

Ниво развоја, доступност техничке опреме, рударска техничко-технолошка решења примењена у распореду пост-експлоатационих предела као и други фактори могу изазвати временску раздвојеност, са нивоом развоја као и доступности рударских и рекултивационих техника под утицајем ширих друштвених, правних и економских услова. Осим тога, фактори из прошлости могу имати различит утицај у истом временском нивоу што доводи до просторне разлике.

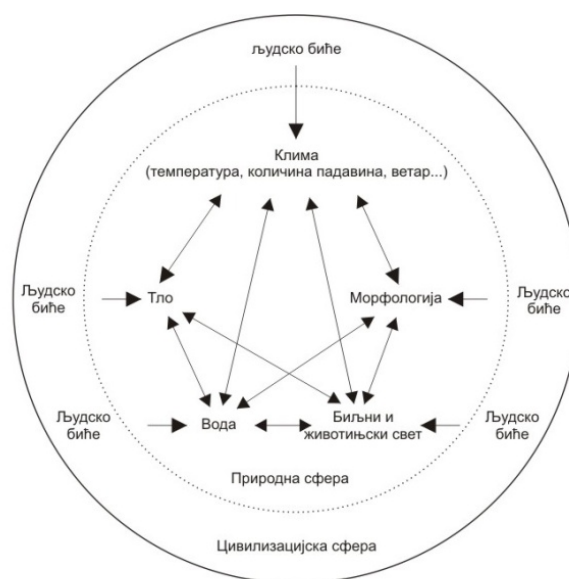
Утицај природних услова - Природни и просторни услови разликују се у великој мери, са природним простором кога у великој мери дефинише локација типичне вегетације. Четири локацијска абиотичка фактора који одређују вегетацију, односно морфологију, земљиште, климу, као и површинске и подземне воде првобитно су били од пресудног значаја за карактеризацију природног простора. Како се ови локацијски фактори односе и на људске интересе у коришћењу овог простора, човек се мора посматрати као важан утицајни фактор који врши утицај на систем те је у развијеним земљама највећи део постексплоатационог простора претворио у културне амбијентално пејзажне целине.



Слика 4.10. - Фактори који утичу на стање свести концепта одрживог рударства

Фактори локалитета у блиској интеракцији једних са другима (Слика 4.11) детерминишу како у погледу квантитета, тако и у погледу квалитета у вези њихове учестаности и трајања. Земљиште, је производ развоја постојећег геолошког материјала који је под утицајем климе, подземне воде, вегетација као и ерозије. Тип вегетације, заузврат, је одређен земљиштем, климом и водним

режимом. Подземне и површинске воде настају под утицајем преовлађујуће климе (падавина), од вегетације (потрошња, испаравање, површинске дренаже), земљишних услова (филтрације), структуре површине терена (дренажни канали, растојање од нивоа подземних вода) итд. Геологија лежишта припада природним условима. Различите врсте лежишта, према положају у односу на површину терену, према дубини настанка, према слојевитости и углу залегања, директно утичу на тип рударских операција и методе експлоатације које су од утицаја на природну средину.



Слика 4.11. - Интеракција између факторе локација

Утицај рударске технике и технологије - У зависности од врсте лежишта, могу се применити различите рударске технике. Експлоатација на површинским коповима, заузврат, омогућава опције селективног процеса производње и запуњавања, погодном заменом маса подлоге тла, као и за дизајнирање рељефа земљишта (Табела 4.3). Комбинована употреба роторних багера и покретних транспортера са транспортерима са гумерном траком стварају одличне услови за селективан рад и формирање одлагалишта од међуслојне јаловине и откривке, што олакшава процес пројектовања земљишног рељефа. Такође, морају се узети у обзир гранични услови конкретног лежишта везани за дизајн и постексплоатациони облик предела.

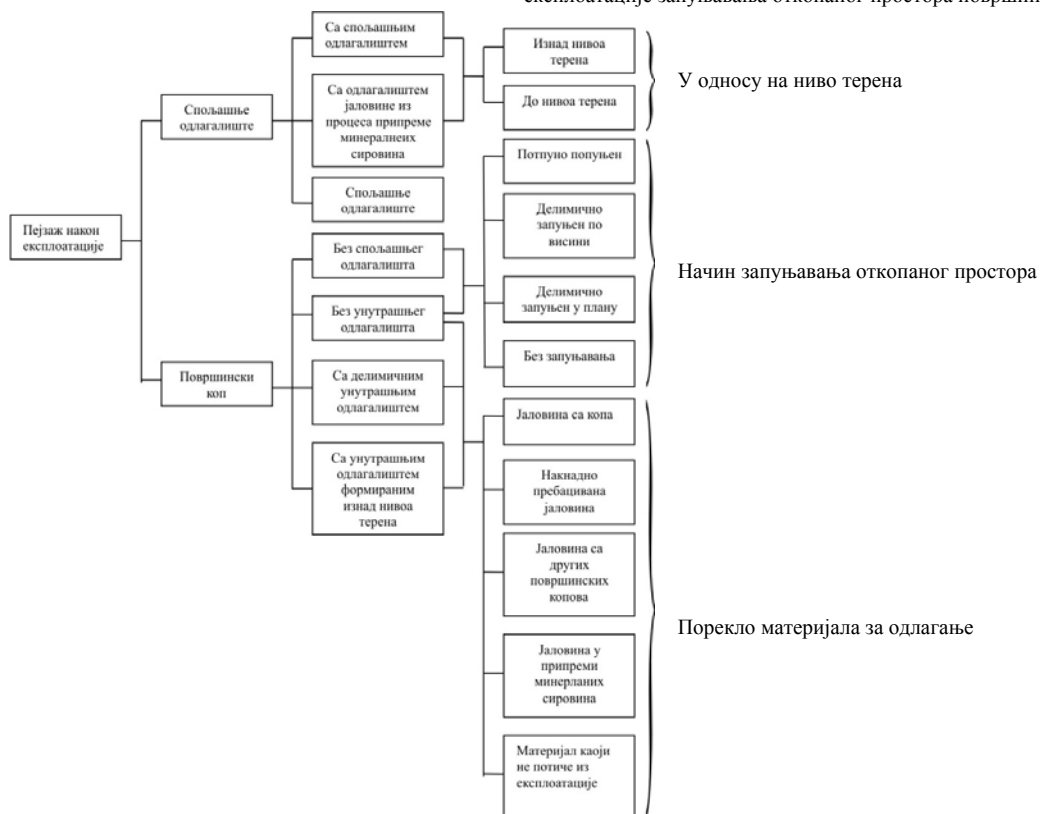
Табела 4.3. - Рударски системи за површинску експлоатацију са аспекта рекултивације

Добијање - Експлоатација	Технолошки комплекси		Процена аспекта рекултивације			
	Транспорт	Одлагање	Селективно		Масовна диспозиција	Обликовање релефа
			откопавање	одлагање		
Роторни багер	Транспортни мост		+	О	-	О
	Одлагач		+	О	О	О
	Трака / Воз	Одлагач	+	+	+	+
	Воз	Плужни одлагач	+	+	+	О
	Воз	Хидромониторски	+	-	О	-
Багер ведричар	Транспортни мост за откривку		О	О	-	О
	Трака / Воз	Одлагач	О	+	+	+
	Воз	Плужни одлагач	О	+	+	О
	Воз	Хидромониторски	О	-	О	-
	Багер са једном утоварном кашиком	Воз	Плужни одлагач	+	+	+
Камион				+	+	+

Објашњење: - не одговара, О ограничена погодност, + добра погодност

Слика 4.12 показује класификацију пост-експлоатационих пејзажа на бившим површинским коповима, облике заосталих депресија или језера, у зависности од локације на одлагалишту јаловине и пореклу депонованог материјала. Дистрибуција јаловине мораће да се планира у складу са наменом земљишта у дужем временском периоду правећи разлику између појединачних услова таложења и разматрања свих копова у рударском басену.

Основни облици пејзажа Основне алтернативе Алтернативе одлагања и формирања одлагалишта након експлоатације запуњавања откопаног простора површинског копа



Слика 4.12. - Могућности стварања пост-експлоатационих предела у површинској експлоатацији

Стварање унутрашњих одлагалишта је најбоље решење за смањење преосталог депресионог простора, успостављање геомеханичке стабилности и сигурног постексплоатационог коришћења земљишта. Делом ће и даље постојати масовни дефицит који се не може надокнадити од откривке истог рудника. Преостала депресија може се испунити водом било ког порекла. Постојање заостале депресије може се избећи, или смањењем његове величине, додавањем јаловине из других рудника или другим не-рударским материјалима. Масени дефицит може се смањити и насипање материјала из рударства са сопствених спољашњих одлагалишта, јаловине или од депонованог пепела термоелектране.

Утицај правне и финансијске регулативе - Као што је наведено у претходном одељку, природни услови сугеришу неколико опција за коришћење постексплоатационог земљишта. Обавеза рекултивације земљишта која се примењује за рударство постоји у многим рударским регионима света, с тим што је процес доношења одлука веома разнолик од земље до земље. Строги прописи у развијеном свету прописују формирање финансијских резерви у рударским компанијама, тако да је правилно затварање рудника обезбеђено мање више у сваком тренутку, демократско учешће великог дела јавности и институција, а посебно оних који су погођени или имају интерес око рударских активности. Према међународним стандардима рудник отпочињањем пројекта експлоатације већ треба да има план и пројекат рекултивације који може да стави на увид заинтересованој јавности.

Општа правила за рекултивацију - Под појмом рекултивације Drebenstedt подразумева све активности у вези са утицајем реинтеграције природног околиша у животну средину. Подела на техничку и биолошку рекултивацију потврдила је своју вредност кроз праксу. Оба корака су неопходна за рекултивацију у смислу креирања нове, пост-експлоатационе културе предела, што одговара правилном искоришћењу рекултивисаног рудничког простора. Правилан распоред и изглед површине терена (ревитализација, рударска рекултивација и др.), за коју је одговорна рударска компанија и на коју она може утицати у току рударских активности, мора да узима у обзир предвиђену сврху коришћења земљишта и стога обухвата следеће задатке:

- Разастирање погодне подлоге на површини терена
- Побољшање квалитета подлоге за запуњавање, ако има потребе
- Пројектовање и обезбеђивање стабилних ерозионо граничних косина рељефа
- Обезбеђивање одвођења површинских вода
- Развијање система путева на површини

Рударски посао је завршен када је доказано да су створени договорени услови за предвиђену пост-експлоатациону активност на земљишту. Тада је на другим стручњацима, као што су пољопривредни или шумарски инжењери, да је корисно култивишу и да се брину о предметним областима. У том смислу, процедуре и приступи су исти у свим европским земљама. Неке од рударских компанија узгајање земљишта и шума препуштају својим специјалистима, или користе трећа лица, пре него што пренесу заинтересованост одржавања шума и пољопривредног земљишта на нове кориснике или власнике.

Друге компаније предају земљишта одмах трећим лицима за даљу употребу. То све зависи од конкретне ситуације, о странкама које учествују у облигацији и од званичних прописа.

Мере као што су:

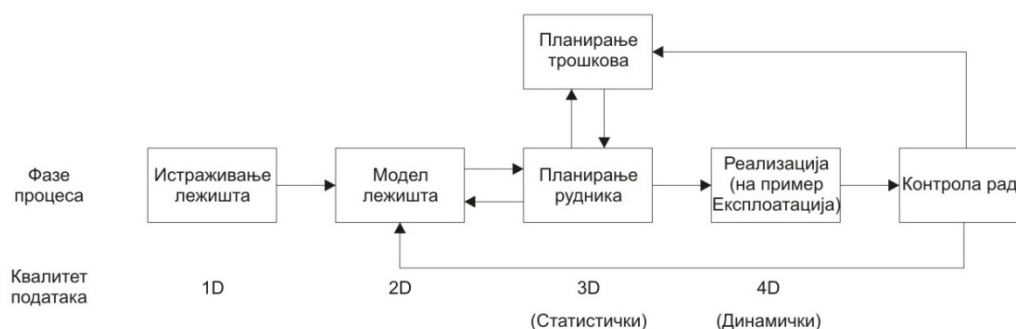
- Процене вредности обрадивог слоја откривке у циљу одговарајућег технолошког процеса откопавања и поступка одлагања;
- Прибављање мишљења геолошких стручњака за јаловишта која могу бити изведена побољшаним мерама од селективних и прикладних земљишта;
- Утврђивање плодореда, у циљу обогаћивања садржаја хумуса на пољопривредном земљишту, мора се извршити на научној и практичној основи узимајући у обзир специфичне услове локације.

Интегрисано рудничко планирање и оперативни систем за одрживо рударство

Да би се планирање и мониторинг рударског процеса, интегрално планирање и оперативно управљање алатима могло да користи, биће потребни следећи модули:

- Геохемијски и хидролошки модел лежишта
- План рударских, одлагалишних и активности запуњавања
- Систем материјалног дистрибутивног праћења
- Геохемијски модел јаловишта

Интегрално планирање и оперативни концепт заснован на приступу информационим токовима дат је на слици 4.13.



Слика 4.13. - Проток информација у руднику интегрисаног планирања и управљања

Главни циљ рудника интегрисаног планирања и оперативног система управљања је да се планирају све активности са утицајем на природу и животну средину с обзиром на најдоступније информације о геолошком саставу откопаног материјала. Коришћењем ових информација, поспешује се квалитетније селективно откопавање и одлагање, обликовање рељефа и друге операције. Систем региструје информације у реалним условима, па на пример модел одлагалишта исходи после процеса одлагања.

Гео-хемијске анализе стена као дела лежишног модела, неопходне су како би се планирале мере које су потребне за формирање киселих вода, за управљање квалитетом сировина или за друштвено одговорне вредности управљања слојева јаловине. Хидролошки модели могу да се користе за документовање тока подземних и површинских вода. Узорковање на месту екстракције или на одлагалишту, подржава моделе на најефикаснији начин. Узимајући у обзир потенцијал киселих вода током рударског планирања и обезбеђивање квалитета минералних сировина, чини гео-техничку безбедност извесном.

Интегрисано планирање и управљање системом, ако се примени на структуру и дизајн одлагалишног простора, може да одреди и контролише расположиве масе релативно прецизно по питању одлагалишне локације, као и о количини и квалитету (гранични капацитет, кисело- базна равнотежа, и потенцијално киселе кише). У смислу киселе водопривреде, систем планирања ће омогућити одговарајућу одлагалишну конфигурацију и управљање - менаџмент, јер структура и дизајн одлагалишта су скоро у потпуности познати.

Модификовано интегрисано рударско планирања и оперативни систем може бити ефикасно користан за енергетски и еколошки безбедан систем за екстракцију. Систем акумулира обраду информација од бушења до припреме минералних сировина дефинисањем оптималних параметара радних процеса.

Концепт одрживог рударства заснован је на комплексу природно-геолошких, техничко-технолошких и друштвено-економским услова. У складу са државном постмодерном техником помаже се рударским компанијама да избегну негативни утицај на животну средину, коришћењем савремених метода планирања и контроле. Законске основе се морају даље развијати успостављањем ефикасних инструмената за спречавање финансијских проблема или одговорности. Почети пре рударских активности са јасним концептом који треба развијати за реинтеграцију нарушених делова животне средине у друштву, како за природно тако и за друштвено окружење. Реализација реинтеграције мора да буде део текућег плана рада са смањењем утицаја временског фактора на минимум. Образовање и истраживање су важни делови времена животног циклуса стратегије рударства [22].

4.3. Математичко-моделски приступи погодни за одлучивање

4.3.1. Увод у вишекритеријумско одлучивање

Критеријум за оптимизацију је најчешће економске природе, углавном зато што се сматра да повећани доходак или профит води проширеној репродукцији, а да ово даље води општем благостању. Да ово задње није тачно може да потврди свако ко живи у средини са убрзаним развојем индустријализације. Досадашњи

развој није много бринуо о људској и уопште природној околини. Годишњи модел, астронома Н. Siedentopf-а то лепо илуструје. Тим моделом се 170 милиона година земљине историје кондензује у једну годину од 365 дана. Према моделу човек је почео да хода по земљи и користи оруђа 30. децембра и за 6 минута искоренио је око 200 животињских врста. 31. децембра, 30 минута до поноћи, човек је почео да обрађује земљиште што представља први његов напор да мења површину Земље. Сва технолошка еволуција траје 20 минута. Индустријска револуција почиње 36 секунди пре поноћи и у задњих 30 секунди човек сагорева сва текућа и гасна горива, која су раније формирана, доводећи у опасност и основни услов за живот, биланс кисеоника.

Погоршани квалитет ваздуха и воде и остали лоши утицаји на природну околину указују да су досадашњи критеријуми оптималног развоја довели до неповољне ситуације, иако су поједина решења била оптимална. То је изазвало потребу да се измени концепт оптималног развоја и да се са оптимизације по једном критеријуму, обично економском, пређе на оптимизацију по **више критеријума** којима се обухватају све (или бар главне) компоненте и последице развоја.

Задњих 30 година јавља се тежња да се оптимизација врши по **више критеријума**.

Критеријуми у оптимизационом моделу служе да се олакша вредновање понашања система и ефеката у односу на системе из околине. У том смислу критеријуми морају бити специфични, очигледни, фокусирани на "примајуће" системе и да укључују временску димензију. Коректна поставка проблема оптимизације подразумева избор коректних критеријумских функција. Приликом дефинисања критеријумских функција треба обухватити све (или што је могуће више) релевантне последице активности система који се оптимизира.

Теорија нормативног одлучивања проучава поступке како да се анализира и реши проблем и постигне оптимално решење за дату конкретну ситуацију и са постојећим информацијама. Дескриптивна теорија одлучивања проучава како се одлуке доносе у пракси и какве структуре одлучивања постоје, у различитим друштвено-политичким системима. У литератури се често прави разлика између оптимизације, вишекритеријумске (вишециљне) оптимизације и одлучивања.

Овде се сматра да је вишекритеријумска оптимизација нормативни прилаз у одлучивању.

Оптимизација (посебно вишекритеријумска) је сложени процес долажења до решења и одвија се у више фаза и на више нивоа одлучивања. Шематски приказ општег процеса оптимизације дат је на слици 4.14. Основни кораци или фазе у оптимизацији су:

1. Дефинисање циљева и намена система и идентификација начина постизања жељених циљева,
2. Формални (математички) опис система и дефинисање начина вредновања и критеријумских функција,
3. Коришћење постојећих нормативних метода; оптимизација у ужем смислу,
4. Усвајање коначног решења или доношење коначне одлуке,
5. Ако коначно решење није усвојено, средити нове информације и поновити поступак од прва два корака, поновним дефинисањем задатка.

У класичној (једнокритеријумској) оптимизацији се такође јављају наведени кораци, али се не наглашавају и под оптимизацијом се обично подразумева одређивање оптималног решења (или екстремума критеријумске функције), што донекле овде одговара кораку 3. У вишекритеријумској оптимизацији посебно долази до изражаја 4. фаза, која одговара постоптималној анализи у класичној оптимизацији.



Слика 4.14. - Шематски приказ процеса оптимизације

На нивоу одлучивања кључну улогу има *доносилац одлуке*. У сложеним системима често доносилац одлуке није једна особа, већ је то скуп особа, са специфичним структурама скупа. У таквим случајевима технички ниво треба да предложи доносиоцу одлуке скуп добрих одлука (алтернативних решења), водећи рачуна о томе да олакша доношење коначне одлуке, што значи да предложена решења треба да су јасно, кратко и прецизно образложена и да њихов број буде релативно мали. У интерактивном процесу између наведена два нивоа долази до модификације предложених решења и обично процес конвергира на коначном решењу (осим када одлучиоци не желе коначно решење).

Примена метода оптимизације је деликатна због неопходне интеракције између нивоа одлучивања и техничког нивоа, а доносилац одлуке често и не познаје методе оптимизације. Технички ниво обично не познаје снагу одлучиоца, чак и када доносилац одлуке има хијерархијску структуру, што отежава укључивање преференције доносиоца одлуке у моделе оптимизације. Међутим, оптимизација није узалудна, чак и када се политичким одлучивањем не усвоји *оптимално* решење, јер таква одлука може бити *опасна* за доносиоца одлуке ако се зна да је оптимално решење нешто друго него оно што је усвојено, што је јак разлог да такви случајеви не буду чести.

Проширивањем концепта вишекритеријумске оптимизације покрива се велики део теорије одлучивања. Основни задатак теорије одлучивања је да развија општу теорију за решавање проблема вишекритеријумског одлучивања са више доносиоца одлуке. Специјални случајеви теоријских резултата су: децентрализовано управљање, минимакс управљање, стохастичко управљање, теорија тима [41].

Прву формулацију проблема вишекритеријумског одлучивања дао је *Pareto* још 1896. године а уводи се у операциона истраживања 1951. године у раду *Nonlinear Programing*, аутора *H. W. Kuhn-a* и *A. W. Tcker-a*. Од тада до данас следи развој и примена низа метода за вишекритеријумску оптимизацију у решавања проблема из веома различитих области.

Вишекритеријумско одлучивање се среће у случају када постоји већи број, конфликтних критеријума. Класичне оптимизационе методе користе један критеријум при одлучивању, односно решавању, чиме се драстично умањује и реалност проблема који се могу решавати. Само постојање више критеријума одлучивања чини методу и добијено решење блиско реалном начину доношења одлука и добијања решења проблема.

Сви проблеми вишекритеријумског одлучивања имају неке заједничке карактеристике:

1. Већи број критеријума, односно, атрибута, које мора поставити доносилац одлуке.
2. Конфликт међу критеријумима, као најчешћи случај код реалних проблема.
3. Несамерљиве (неупоредиве) јединице мере, сваки критеријум, односно, атрибут може имати различите (несамерљиве) јединице мере.
4. Пројектовање или избор. Решење ове врсте проблема су или пројектовање најбоље акције (алтернативе) или избор најбоље акције из скупа претходно дефинисаних акција.

Сагласно овој последњој карактеристици, проблеми вишекритеријумског одлучивања се класификују у две основне групе:

1. Вишеатрибутивно одлучивање
2. Вишециљно одлучивање

Разлике особина две наведене групе су приказане у табели 4.4.

Табела 4.4. - Разлике особина вишеатрибутивног и вишециљног одлучивања

	VAO	VCO
КРИТЕРИЈУМ (дефинисан)	атрибутима	циљевима
ЦИЉ	имплицитан	експлицитан
АТРИБУТ	експлицитан	имплицитан
ОГРАНИЧЕЊА	неактивна	активна
АКЦИЈЕ (алтернативе)	коначан број дискретне	бесконачан број континуалне
ИНТЕРАКЦИЈА са доносиоцем одлуке	није изразита	изразита
ПРИМЕНА	избор / евалуација	пројектовање

4.3.1.1. Вишеатрибутивно одлучивање

Појам у области вишеатрибутивног одлучивања је атрибут. Сваки атрибут треба да обезбеди средство оцене нивоа једног критеријума (циља). По правилу већи број атрибута треба да карактерише сваку акцију и они се бирају на основу изабраних критеријума од стране доносиоца одлуке.

Типичан начин приказивања проблема вишеатрибутивног одлучивања је матрична форма. Тако је матрица одлучивања 0 матрица ($m \times n$) чији елементи x_{ij} означавају вредности i -те акције, a_i , $i = 1, 2, \dots, m$ у односу на j -ти, атрибут, A_j , $j = 1, 2, \dots, n$.

$$0 = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdot & \cdot & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdot & \cdot & x_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdot & \cdot & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (4.1)$$

Акције се описују са две врсте атрибута: квантитативним и квалитативним. Квантитативним атрибутима се може дати одређена вредност (број) док се код квалитативних атрибута ради о описној оцени (на пример: одличан, врло добар, добар довољан, недовољан)

Трансформације квалитативних атрибута

За претварање квалитативних атрибута у интервал скале често се користи тзв. биполарна скала. Изабере се рецимо, скала од (10) тачака, па се онда (0) додели најнижем нивоу, а (10) највишем који се може физички реализовати. Средина интервала (5) је важна јер представља границу између пожељног и непожељног. Ако се (10) резервише за екстремно висок квалитет атрибута, тада би врло висок ниво могао да носи 9 поена, а висок змеђу 5, 1 и 8, 9 рецимо 7 поена. На сличан начин ниском нивоу би се могло доделити 3 поена, а врло ниском нивоу 1 поен.

Други, такође често коришћен начин трансформације, је нормализација атрибута, која може бити двојака:

1. Векторска нормализација: сваки вектор - врста одлучивања се подели са својом нормом, при чему се нормализована вредност n_{ij} нормализоване матрице одлучивања N , добија из израза:

$$n_{ij} = \frac{x_{ij}}{\left(\sum_{i=1}^m x_{ij}^2\right)^{1/2}}, \quad i=1,2,\dots,m, \quad j=1,2,\dots,n \quad (4.2)$$

2. Линеарна скала: израз (резултат) неког критеријума се подели његовом максималном вредношћу. Трансформисани израз x_{ij} се значи рачуна на основу израза:

$$l_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max x_{ij}}, \quad i=1,2,\dots,m, \quad j=1,2,\dots,n \quad (4.3)$$

Очигледно да се вредности l_{ij} крећу у интервалу I - m , J - n , а да је повољнији резултат онај који се ближи јединици.

У циљу трансформације квалитативних или такозваних. фази (нејасних) атрибута, при решавању проблема вишеатрибутивног одлучивања, у последње време се све више користе резултати из теорије *фази скупова*.

У случају када проблеми вишеатрибутивног одлучивања захтевају информације о релативном значају појединих атрибута, најчешће коришћени начин дефинисања тих значаја је додељивање одговарајућег скупа тежина. За n критеријума скуп тежина је:

$$t^T = (t_1, t_2, \dots, t_n) \\ gde \text{ је:} \quad (4.4) \\ \sum_{i=1}^n t_i = 1$$

4.3.1.2. Вишециљно одлучивање

За вишециљно одлучивање, као другу велику групу метода вишекритеријумског одлучивања, карактеристично је да све до сада развијене методе, имају следеће заједничке особине:

- скуп циљева који могу бити квантификовани,

- скуп дефинисаних ограничења и
- процес добијања информација (експлицитних или имплицитних) о идентификованим циљевима (који не морају бити квантификовани).

Последње побројана карактеристика је од посебног значаја, обзиром да већину реалних циљева је врло тешко квантификовати. Стога је за коришћење методе из ове групе потребно располагати процесом који би био у стању да обезбеди одређени ниво квантификације свих циљева.

Два основна модела из вишециљног одлучивања су вишекритеријумско програмирање и циљно програмирање.

4.3.1.2.1. Вишекритеријумско програмирање (VP)

Општи математички модел има облик:

$$\max[f_1(x), \dots, f_p(x)], p \geq 2 \quad (4.5)$$

са ограничењима:

$$g_i(x) \leq 0, i = 1, 2, \dots, m \quad (4.6)$$

где је x n - димензионални вектор.

Ако су између променљивих везе линеарне, модел постаје:

$$\max \sum_{j=1}^n c_{kj} \cdot x_j, k = 1, 2, \dots, p \quad (4.7)$$

са ограничењима:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot x_j &\leq b_i, & i = 1, 2, \dots, m \\ x_j &\geq 0, & j = 1, 2, \dots, n \end{aligned} \quad (4.8)$$

где су:

p - број критеријума,

m - број ограничења,

n - број непознатих,

c_{kj} = коефицијенти k - те функције критеријума уз j -ту променљиву,

a_{ij} - елементи матрице ограничења, b_i - елементи у вектору слободних чланова.

Овако дефинисан проблем може се решити на више начина:

1. Вишекритеријумском симплекс методом
2. Метода Zionts - Walleniusa, итд.

4.3.1.2.2. *Циљно програмирање*

Општи математички модел задатка циљног програмирања има облик:

$$\begin{aligned} \min \sum_{k=1}^p (d_k^- + d_k^+) \\ \sum_{j=1}^n c_{kj} x_j + d_k^- - d_k^+ = f_k, \quad k = 1, 2, \dots, p \end{aligned} \quad (4.9)$$

са ограничењима:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i, \quad i = 1, 2, \dots, m \\ x_1, \dots, x_n, d_1^-, \dots, d_p^-, d_1^+, \dots, d_p^+ \geq 0 \end{aligned} \quad (4.10)$$

где су:

f_k - жељени ниво k -тог циља, $k = 1, 2, \dots, p$,

d_k^- - ненегативно одступање од жељеног нивоа k -тог циља, $k = 1, 2, \dots, p$ и

d_k^+ - позитивно одступање од жељеног нивоа k -тог циља, $k = 1, 2, \dots, p$.

За разлику од приступа вишекритеријумског програмирања идеја циљног програмирања се заснива на минимизацији одступања, достигнутих у односу на жељене циљеве, а дефинисане од стране доносиоца одлуке, при чему увек мора важити услов да је $(d_k^-)(d_k^+) = 0$

Решавање модела циљног програмирања се врши модификованом *симплекс методом*.

Постоје различите класификације метода за вишекритеријумско одлучивање и овде ће поред основне класификације на две велике групе (методе вишеатрибутивног одлучивања и вишециљног одлучивања) бити приказана и класификација ових метода на следећих пет група.

1. Методе за одређивање неинфериорних решења: одређује се скуп неинфериорних решења, а оставља се доносиоцу одлуке да на основу своје преференције усвоји коначно решење.
2. Методе са унапред израженом преференцијом; формира се синтетна (резултантна) критеријумска функција па се задатак даље решава као једнокритеријумски.
3. Интерактивне методе: доносилац одлуке постепено изражава своју преференцију интерактивним коришћењем одговарајуће методе.
4. Стохастичке методе: у оптимизациони модел се укључују и показатељи неизвесности.
5. Методе за истицање подскупа неинфериорних решења: сужавање скупа неинфериорних решења се постиже увођењем додатних елемената одлучивања.

4.3.2. Поставка проблема вишекритеријумске оптимизације

Проблем вишекритеријумске оптимизације за нединамичке системе формулише се у следећем облику:

$$\max_{x \in X} F(x) \quad (4.11)$$

где је: $F(x)$ - векторска критеријумска функција чије су компоненте појединачне критеријумске функције $f_i(x)$, $i = 1, 2, \dots, n$;

x је векторска променљива (вектор одлучивања)

Другим речима треба максимизирати све критеријумске функције $f_i(x)$, $i = 1, 2, \dots, n$, при чему је n број критеријума или критеријумских функција, а X допустив скуп.

Ако постоји решење које истовремено максимизира све критеријумске функције $f_i(x)$ онда је оно оптимално решење постављеног задатка. Међутим, такво решење не мора да постоји, што је и најчешћи случај, па се због тог уводи појам неинфериорног решења.

Решење $x^+ \in X$ је неинфериорно решење задатка вишекритеријумског одлучивања ако не постоји друго $x' \in X$, тако да је $F(x') \geq F(x^+)$ и $f_i(x') > f_i(x^+)$ бар за једно i .

У литератури се поред назива неинфериорна решења срећу и називи Парето-оптимална, ефикасна, доминантна.

Тачка у простору допустивих решења је инфериорна ако је за неку другу тачку (решење) бар једна критеријумска функција побољшања, а остале нису погоршане. За неинфериорна решења побољшање једне може се постићи само уз погоршање неке друге критеријумске функције (бар једне).

Одређивањем скупа неинфериорних решења решен је задатак одређивања векторског максимума. Међутим, у реалним проблемима вишекритеријумске оптимизације мора се усвојити једно решење као најбоље и које ће се реализовати.

Оптимизациони поступак се може формално дефинисати следећим пресликавањем:

$$O: (S, Q, G) \rightarrow x^* \quad (4.12)$$

O пресликава тројку (S, Q, G) у оптималну тачку у простору одлучивања, где су: S - опис система, Q - критеријум за оптимизацију, G - ограничења и x^* - најбоље решење или одлука.

Оптимизациони критеријум Q омогућава вредновање и упоређивање могућих решења, из допустивог скупа X ; формално:

$$Q: X \rightarrow R^N \quad (4.13)$$

где је: R^N - коначан, n -димензионални простор чији елемент r је n -торка (r_1, \dots, r_n) , реалних бројева, а r_i означава вредност i -те критеријумске функције. У случају једнокритеријумске оптимизације имамо пресликавање $O: X \rightarrow R$, што своди оптимизациони задатак на избор максималног елемента у датом скупу реалних бројева. У задацима вишекритеријумског одлучивања, где је $n > 1$, пресликавање $Q: X \rightarrow R^N$ даје резултат n -торку и оптимизациони поступак није завршен. То

условљава развој посебних метода које помажу у решавању задатка вишекритеријумске оптимизације.

У вишекритеријумској оптимизацији критеријум Q укључује више критеријумских функција и структуру преференције R .

$$Q = (F(x), R) \quad (4.14)$$

Структура преференције R треба да садржи информације, или дефинисане релације за упоређивање и уређење неинфериорних решења у простору одлучивања, или у простору критеријумских функција. То значи да је глобални оптимизациони критеријум Q двојка чији су елементи векторска критеријумска функција са дефинисаним релацијама преференције, критеријумски простор је уређени скуп. Скуп R^n је комплетно уређен релацијом преференције (боље од или једнако са) ако за сваки пар r и r' је $r \succ r'$ или $r' \succ r$ и ако је релација рефлексивна, транзитивна и антисиметрична.

Дефинисање структуре преференције представља посебан проблем у вишекритеријумској оптимизацији који је нарочито изражен у фази усвајања коначне одлуке. Поред овога јавља се и проблем мере квалитета и ефикасности које је понекад тешко рангирати. Због свега овога доносилац одлуке, односно лице које доноси коначну одлуку о избору оптималног решења има нарочито важну улогу. Његова основна улога је да дефинише критеријуме и структуру преференције. Доносилац одлуке осим у фази одлучивања има централну улогу и у фази дефинисања циљева и намена система и идентификацији начина постизања постављених циљева. остале фазе вишекритеријумског одлучивања одвијају се на техничком нивоу. Начин учешћа доносиоца одлуке зависи од начина укључивања структуре преференције у оптимизациони поступак и према овоме издваја се три прилаза у вишекритеријумској оптимизацији.

1. Функција вишекритеријумског утилитета (користи), која садржи поједине критеријуме и структуру преференције дата је у виду математичке функције и представља критеријумску функцију за оптимизацију. У овом случају не постоји проблем у избору оптималне одлуке.

2. Двоетапни прилаз, који подразумева у првом степену одређивање скупа неинфериорних решења а у другом степену сужавање скупа и избор коначног решења.
3. Итеративни оптимизациони поступак код кога се структура преференције укључује у оптимизациони процес постепено и итеративно.

4.3.2.1. Методе одређивања неинфериорних решења

Овим методама се решава проблем максимизације векторске критеријумске функције

$$\max_{x \in X} (f_1(x), f_2(x), \dots, f_n(x)) \quad (4.15)$$

где је: x - векторска променљива, X - допустив простор одлучивања,

$\omega_i(x)$ - i -та критеријумска функција, n - број критеријума.

Основна карактеристика ових метода је одређивање читавог скупа неинфериорних решења без укључивања преференције. Основна претпоставка је да преференција није дефинисана па из тог разлога није могуће формирати једну критеријумску функцију према којој би се одредило оптимално решење. Међутим, и без потпуног познавања преференције нека допустива решења се могу елиминисати на основу вредности критеријумских функција. Таквом елиминацијом долази се до скупа неинфериорних решења.

4.3.2.2. Методе тежинских коефицијената

Метода тежинских коефицијената је најстарија метода за вишекритеријумску оптимизацију. По њој се уводе тежински коефицијенти ω_i за сваку критеријумску функцију $\omega_i(x)$ па се проблем вишекритеријумске оптимизације своди на проналажење скаларне функције :

$$\max_{x \in X} \sum_{i=1}^n \omega_i f_i(x) \quad (4.16)$$

Скуп неинфериорних решења може се добити под условом да су критеријумске функције $\omega_i(x)$ конвексне, као и да је допустив скуп X , конвексан скуп. При томе треба имати у виду да је:

$$\omega_i \geq 0 \text{ и} \quad (4.17)$$

$$\sum_{i=1}^n \omega_i = 1 \quad (4.18)$$

Недостатак ове методе је то што су рачунања потребна за одређивање неинфериорних решења обимна и доносилац одлуке након установљавања скупа неинфериорних решења тешко може донети коначну одлуку. Осим овога применљива је само на конвексним допустивим скуповима.

4.3.2.3. Метода ограничења у простору критеријумских функција

Овом методом се решава задатак облика

$$\max_{x \in X} f_i(x) \quad (4.19)$$

уз ограничење: $\omega_j(x) \geq z_j$, $j \neq i$, $j = 1, 2, \dots, n$, где се за z_j задаје доња гранична вредност j -те критеријумске функције. Задатак вишекритеријумске оптимизације, код ове методе се дефинише тако што се само за један критеријум дефинише критеријумска функција $\omega_i(x)$, а остали критеријуми се укључују преко ограничења простора критеријумских функција.

Варирањем вредности z_j , $j \neq i$, $j = 1, 2, \dots, n$, одређује се скуп неинфериорних решења.

Варирање вредности z_j почиње од доње граничне вредности ω_j^{\min} , које се добију на следећи начин:

Реши се n скаларних проблема

$$\max_{x \in X} f_k(x), k = 1, \dots, n \quad (4.20)$$

и добије се n оптималних решења x_k^* , $k = 1, \dots, n$. Затим се израчунају вредности свих критеријумских функција за сва та оптимална решења па се минималне вредности критеријумских функција усвајају за ω_j^{\min} .

Недостатак ове методе је тај што је обим рачунања јако велики и решења се могу тешко пратити ако је број критеријумских функција већи од 3.

4.3.2.4. Вишекритеријумска симплекс метода

Вишекритеријумска симплекс метода је развијена за одређивање неинфериорних решења линеарних задатака вишекритеријумске оптимизације. Математичка формулација линеарног векторског задатка дат је у облику:

$$\min C_x \quad (4.21)$$

уз ограничење:

$$b \geq A_x, x \geq 0 \quad (4.22)$$

где је C матрица коефицијента критеријумских функција. Овде је i -та критеријумска функција $C_i x$, где је C_i i -та врста матрице C .

Алгоритам одређивања скупа неинфериорних решења је нешто сложенији него у претходним случајевима па неће бити посебно описиван.

Генерално ову методу карактерише тиме да не даје никакав путоказ о избору оптималног решења из скупа неинфериорних решења тако да у првој фази она може дати корисне резултате али је неопходно да се у другој фази обрађују сужења скупа неинфериорних решења.

4.3.2.5. Методе са унапред израженом преференцијом

Ове методе се базирају на претпоставци да постоји потпуно или делимично уређење простора критеријумских функција и то пре процеса вишекритеријумске оптимизације. Уређење простора критеријумских функција је могуће ко је позната преференција доносиоца одлуке тако да се могу дефинисати релације уређења. Познавање релација уређења омогућава да се процес елиминације спроведе и у скупу неинфериорних решења. Ако је дефинисана релација потпуног уређења критеријумског простора, тада неинфериорност и оптималност остају еквивалентни. Познавање преференције на почетку процеса вишекритеријумске оптимизације омогућава формулацију задатка вишекритеријумске оптимизације у виду задатка једнокритеријумске оптимизације. Тешкоће у примени ових метода

настају када доносилац одлука не може или неће да изрази своју преференцију без сагледавања бар прелиминарних резултата вишекритеријумске оптимизације.

Од метода које припадају овој групи треба поменути:

- Методу вишеатрибутивног утилитета;
- Циљно програмирање;
- Методу сурогат вредности размене;
- Методу PROMETHEE
- Методу ELECTRE

Метода ELECTRE (Elimination and Choice Translating Reality) је развијена за парцијално уређење скупа решења на основу преференција доносиоца одлуке. Ова метода је погодна за дискретне проблеме и за случајеве разнородних критеријума (атрибута). Иначе, метода има више својих варијанти а овде ћемо објаснити математички модел оригиналне методе ELECTRE.

4.3.2.6. Метода PROMETHEE

Метода PROMETHEE је развијена за вишекритеријумску анализу скупа елемената и примењивана је за рангирање алтернатива. Постоје четири варијанте методе PROMETHEE (Preference Ranking Organization Methods for Enrichment Evaluation). PROMETHEE I даје парцијални, II потпуни а III интервални поредак алтернатива, док тип IV представља проширење PROMETHEE III за непрекидне скупове. Овде се приказује метода PROMETHEE II.

Метода PROMETHEE уводи функцију преференције $P(a,b)$ за алтернативе a и b које су вредноване критеријумским функцијама (означимо једну од њих са f). Алтернатива a је боља од b према критеријуму f ако је $f(a) > f(b)$. Функција преференције се дефинише на следећи начин:

$$P(a,b) = \begin{cases} 0, & \text{ако је } f(a) \leq f(b) \\ P(f(a) - f(b)), & \text{ако је } f(a) > f(b) \end{cases} \quad (4.43)$$

Ради краћег писања уводи се ознака d , $d = f(a) - f(b)$.

Аутори методе PROMETHEE [36] предлажу шест типова функције преференције

I Једноставан критеријум

$$P(a, b) = \begin{cases} 0, & \text{ако је } d \leq 0 \\ 1, & \text{ако је } d > 0 \end{cases} \quad (4.44)$$

II Квази-критеријум

$$P(a, b) = \begin{cases} 0, & \text{ако је } d \leq q \\ 1, & \text{ако је } d > q \end{cases} \quad (4.45)$$

III Критеријум са линеарном преференцијом

$$P(a, b) = \begin{cases} 0, & \text{ако је } d \leq 0 \\ d/p, & \text{ако је } 0 < d \leq p \\ 1 & \text{ако је } d > p \end{cases} \quad (4.46)$$

IV Нивојски критеријум

$$P(a, b) = \begin{cases} 0, & \text{ако је } d \leq q \\ 1/2, & \text{ако је } q < d \leq p \\ 1 & \text{ако је } d > p \end{cases} \quad (4.47)$$

V Критеријум са линеарном преференцијом и облашћу индиферентности

$$P(a, b) = \begin{cases} 0, & \text{ако је } d \leq q \\ (d - q)/(p - q), & \text{ако је } q < d \leq p \\ 1 & \text{ако је } d > p \end{cases} \quad (4.48)$$

VI Гаусов критеријум

$$P(a, b) = \begin{cases} 0, & \text{ако је } d \leq 0 \\ 1 - \exp(-d^2 / 2\sigma^2), & \text{ако је } d > 0 \end{cases} \quad (4.49)$$

Вредности параметара q , p и σ треба одредити или задати за сваку критеријумску функцију према усвојеном типу преференције. Функција преференције $P(a, b)$ се односи на једнокритеријумско упоређивање алтернатива a и b .

Вишекритеријумски индекс преференције алтернативе a над b дефинисан је изразом

$$\prod(a, b) = \sum_{i=1}^n w_i P_i(a, b) \quad (4.50)$$

где је n - број критеријума; w_i - тежина i -тог критеријума.

Овде је уведен услов да је сума тежина w једнака јединици, који се лако постиже нормализацијом оригиналних тежина.

За вишекритеријумску анализу метода *PROMETHEE* уводи токове преференције

$$\phi_j^+(a_j) = \sum_{m=1}^J \prod (a_j, a_m) \quad (\text{позитивни ток}) \quad (4.51)$$

$$\phi_j^-(a_j) = \sum_{m=1}^J \prod (a_m, a_j) \quad (\text{негативни ток}) \quad (4.52)$$

Као меру за вишекритеријумско рангирање метода *PROMETHEE II* уводи нето ток

$$\phi_j(a_j) = \phi_j^+(a_j) - \phi_j^-(a_j); \quad j = 1, \dots, J \quad (4.53)$$

где је J - број алтернатива.

Алтернатива a_j је вишекритеријумски боља од a_k ако је $\phi_j > \phi_k$

Метода *PROMETHEE* је посебан случај опште методе утилитета, јер се предлажу конкретне (шест) форме функције (функције преференције) преко којих се дефинише и утилитет [36].

5.0. ПРОЦЕДУРАЛНИ АЛГОРИТАМ ОДЛУЧИВАЊА КОД ИЗБОРА РЕКУЛТИВАЦИЈЕ

5.1. Структурни елементи алгоритма одлучивања током рекултивације

Задатак оптимизације је да се изврши избор најбоље варијанте из низа могућих варијанти, или из низа повољних варијанти, у смислу усвојеног критеријума. Критеријум дефинише квалитет управљања и представља меру за поређење приликом одабирања најбоље варијанте. Критеријум се изражава критеријумском (циљном) функцијом која за најбољу варијанту (решење) треба да достигне глобални екстремум, с обзиром на ограничења која представљају могућност постизања циља. Постављање критеријума за оптимизацију одређеног система је тежак и одговоран задатак. Оптимизација на основу техничког или економског критеријума обухвата само један део проблема пројектовања и коришћења система. Оптимизација у математичком смислу се увек своди на тражење екстремума критеријумске функције под датим условима и ограничењима. За оптимизацију система користе се различите методе, зависно од типа релација у математичком моделу, критеријумске функције и ограничења.

Практично је немогуће формирати математички модел и оптимизациони алгоритам који би детаљно обухватили цео комплексни систем. Радије се посебно анализирају делови система (подсистеми), а затим на основу добијених резултата и интеракција међу подсистемима разматра се и цео систем.

На овај начин, сложени оптимизациони задатак се решава са два нивоа рачунања. На пројектантском нивоу одређују се параметри система, а на *управљачком* нивоу одређује се оптимално управљање за дате параметре. Због интеракције ова два нивоа, овим прилазом се одређују оптимални параметри система за оптимално управљање системом.

Поступак решавања оптимизационог проблема има пет фаза:

1. Формулација проблема.
2. Израда математичког модела који репрезентује реални систем,
3. Избор и примена методе, избор алгоритма и програма за рачунар (евентуалне модификације или развој нове методе, разрада алгоритма и израда програма за рачунар),
4. Тестирање модела и добијеног решења,
5. Имплементација.

Да би се применила нека оптимизациона метода, у већини случајева потребна је математичка формализација проблема, односно математички модел. Ако математички модел добро репрезентује проблем, тада ће и решење добијено помоћу модела бити добро решење датог проблема.

У инжењерској пракси планирања система користи се прилаз *дискретних модела* када се, уместо израде свеобухватног математичког модела, пројектују варијантна решења. За овакав прилаз поступак решавања оптимизационог проблема има следеће фазе:

1. Формулисање проблема
2. Прикупљање података о систему
3. Дефинисање критеријума за вредновање алтернативних решења (варијанти)
4. Формулисање (и израда) алтернативних решења
5. Вредновање алтернатива
6. Оптимизација - избор најбоље алтернативе
7. Коначни пројекат (завршно пројектовање)
8. Имплементација

Оптимизациони модели помажу процесу одлучивања омогућавајући аналитичару да повеже све податке и релације у датој ситуацији а резултат тога треба да омогући избор добре (оптималне) алтернативе, савлађујући све комплексности задатка. Циљ примене оптимизационе методе треба да је: снабдевање доносиоца одлуке добрим (бољим у односу на постојеће стање) информацијама, које указују на последице и утицаје изабране одлуке (плана или стратегије).

Избор оптимизационе методе зависи од природе проблема (линеарност, континуалност, извесност, време), броја критеријума, могућношћу учешћа доносиоца одлуке, захтеване детаљности анализе итд. [47].

Структурни елементи алгоритамског решења за одлучивање у процесима рекултивацији, представљају низ алгоритамских блокова логички међусобно повезаних и усклађених у једну континуалну и диференцирану аналитичку целину.

Почетна фаза у структури везана је за добро инжењерско дефинисање проблема који представља осмишљавање и решавање постексплоатационих предела насталих рударском активношћу на површинским коповима угља.

Пројектни задатак који се поставља пред рударску компанију представља на неки начин иницијацију покретања процеса за доношење одлуке о избору облика рекултивације на деградираним просторима. У другом кораку прикупљања података о систему врши се ажурирање расположивих података и подлога за објективну анализу могућих рекултивационих решења.

Логичким блоком типа (да/не) поставља се питање пред пројектантски тим да ли су подаци и расположива пројектна документација до којих се дошло у припремној фази довољни или је потребно извршити додатна доистраживања, прикупљање нових података, извршити нова ажурирања истих или аналитички предложити наставак истраживања на бази постојећих подлога сматрајући их довољним.

На бази формулисања и израде алтернативних решења врши се детерминација примљених расположивих решења и дефинишу критеријуми за вредновање ових алтернативних решења или варијанти.

Вредновање алтернатива и новим логичким блоком и алгоритамском петљом IF/THEN долази се до излазне листе могућих применљивих алтернативних решења (варијанти).

Избор математичког модела заснован је на подробној анализи могућих моделских приступа заснованих на аналогним решењима из инжењерске праксе у свету као и

теоријских метода вишекритеријумске анализе. На основу још једног логичког блока и алгоритамске петље IF/THEN долази се до оптималног или најбољег решења рангираног у листи приоритета рекултивационих решења.

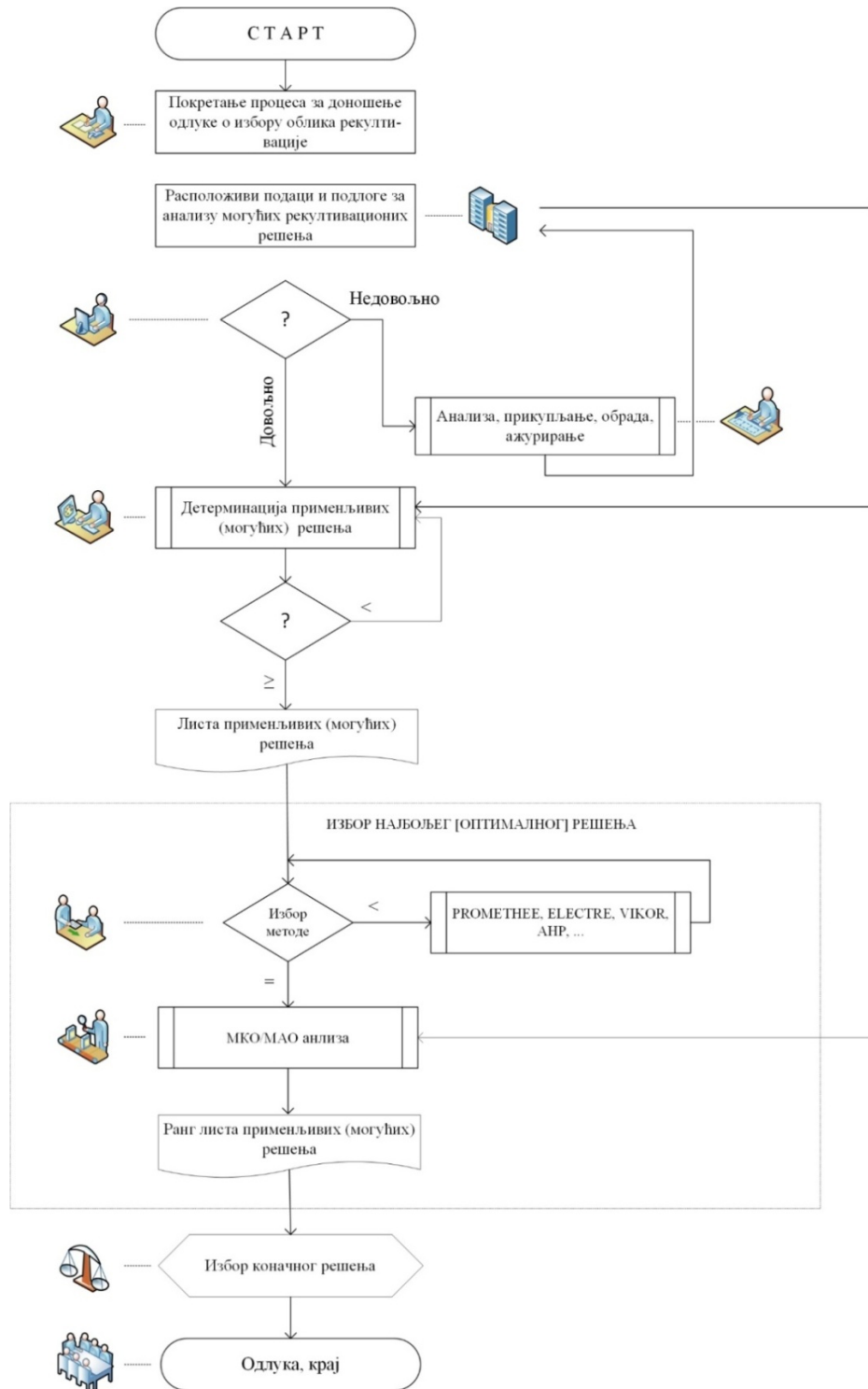
Ранг листу применљивих могућих решења као излазни резултат изабраног математичког модела, у нашем случају је избор оптималног захвата, односно оптималног рекултивационог решења предела изведен је вишекритеријумском анализом помоћу случаја PROMETHEE методе.

Избор коначног решења оставља се целокупном тимском одлучивању, јер садржи одређене дозе субјективног, па планери у једном мултидисциплинарном одлучивању не могу да донесу најуравнотеженију одлуку.

5.2. Алгоритамско решење процедуралног одлучивања

На слици 5.1, представљен је Алгоритам процедуралног одлучивања у поступку избора рекултивационог решења за постексплоатационе пределе у површинској експлоатацији корисних минералних сировина.

Ова методологија је универзалног карактера те је применљива и за рекултивацију површинских копова и одлагалишта металних, неметалних и енергетских минералних сировина. Како су предмет ове докторске дисертације рекултивациони процеси, односно решења површинских копова угља, као полигони анализе узета су три велика угљенокопа у нас. Прво ће се тестирати површински коп Кленовник неактивни коп у затварању који се налази у склопу косточачког угљеног басена. Затим ће се тестирати активан површински коп и одлагалишни простор копа Тамнава Западно Поље у склопу колубарског угљеног басена и као трећи биће тестиран активан површински коп са одлагалиштима Богутово Село у склопу угљевичког угљеног басена у Републици Српској.



Слика 5.1. - Алгоритам процедуралног одлучивања у поступку избора рекултивационог решења

Први корак у отпочињању активности у једној рударској компанији у погледу рекултивационих радова представља покретање процеса за доношење одлуке о избору облика рекултивације на једном постојећем постексплоатационом терену

или ако је могуће још у фази пројектовања отварања површинских копова. Затим се приступа прикупљању расположивих података и подлога за анализу могућих рекултивационих решења

На основу расположивости потребних података, одлучује се да ли је документација довољна или је потребно доистраживање, додатно пркупљање, и њихова обрада и ажурирање. На овај или она начин ако поседујемо довољну количину улазних података и потребну документације и подлоге вршимо детерминацију применљивих и техничко-технолошки могућих рекултивационих решења.

У овој фази модела предвиђен је табеларни приказ могућих, претпостављених варијанти или алтернатива рекултивационих решења, као листа променљивих могућих решења уређења постексплоатационих предела датог у следећем поглављу (Табела 5.1). Оваквим процесним моделирањем обједињеног система рекултивације предвиђено је укупно 20 алтернативних променљивих могућих пројектованих рекултивационих садржаја и уређивања постексплоатациони предела површинских копова и одлагалишта.

Такође, поред систематизованих могућих решења - варијанти, у Табели 5.2 истог поглавља дати су и критеријуми по којима ће се вршити избор различитих типова рекултивационих решења која у себи обједињују како техничку и биолошку рекултивацију, тако и пројектно решење уређења датог предела па представља одговарајуће потпроцесе система површинске експлоатације. Избором 12 критеријума покривен је техничко-технолошки, организациони, економски, социјални и естетски аспект вредновања изабраних рекултивационих решења односно обједињених процесних активности.

Неки од табеларно датих критеријума у Табели 5.3. - Категоризација критеријума, могу се представити нумеричком вредношћу и/или описном вредношћу, док су у исто време неки критеријуми алтернативно пожељни, алтернативно нужни или без алтернативе било као детерминистички или као описни подаци.

Вредновањем критеријума кроз табелу 5.4. прво су дефинисане граничне вредности којима теже поједини критеријуми и то као минимум (min) и максимум

(max), а затим је вреднован сваки критеријум понаособ описним скраћеницама, да би их табелом 5.5. нумерички детерминисали бодовањем по вредносној категоризацији од 0.5 до 10 и обрнуто, у зависности да ли теже максимуму или минимуму.

Избор Модела нелинеарног програмирања своди се на Вишекритеријумско одлучивање и Вишеатрибутивно одлучивање. Трансформацијом квалитативних атрибута могуће је извршити Вишециљно одлучивање, Вишекритеријумско програмирање и Циљно програмирање. Методе вишекритеријумске оптимизације могу бити Методе одређивања неинфериорних решења, Методе тежинских коефицијената, Метода ограничења у простору критеријумских функција, Вишекритеријумска симлекс метода, Методе са унапред израженом преференцијом и методе *ELECTRE*, *VIKOR*, *AHP* и друге.

У циљу добијања најбољег рекултивационог решења извођењем вишекритеријумског одлучивања и општим поступком оптимизације изабрана је као најефикаснија метода *PROMETHEE* са математичким моделом израђеним на Факултету Организационих наука Универзитета у Београду и презентованим кроз табеларне приказе у кораку 1, 2, 3, и 4 сваког проблемског задатка.

Без улажења у анализу и оцену вишеатрибутивних модела, при избору модела превагу је имало искуство у његовом коришћењу, постигнути резултати и уграђеност у *PROMETHEE* модел шест генерализованих критеријума за исказивање преференција доносиоца одлуке, што ублажава субјективитет доносиоца одлуке. Ово не негира остале методе и не искључује њихову применљивост у решавању овог типа проблема.

За сва три примера површинских копова дат је приказ проблема који подразумева краћи опис техничко-технолошког поступка рада са откопно-утоварног, транспортног и одлагалишног аспекта, примењене методе експлоатације, расположиве опреме и механизације као предуслов избора методе рекултивације.

Модел проблема изведен је по описаном поступку из поглавља 5.3 Избор варијанти рекултивације и критеријума уређења постексплоатациониоих предела површинских копова угља за сваки коп посебно и дат детаљан табеларни приказ

резултата у виду анализе проблема и излазних резултата. Заједничко за све примере је слична ранг листа примењивих рекултивационих решења, тако да је пошумљавање у сва три случају најбоље - оптимално решење. Затим следе различите комбинације пољопривредних делатности (ратарство и повртарство) и мешовитог пошумљавања са пољопривредом са проширењем природних резервата (биодиверзитета) што доприноси одрживом развоју ових некад пољопривредних крајева, изградње индивидуалних газдинстава и реституције сеоска насеља као одличан вид регенерације руралног становништва. У сваком случају за један пољопривредан крај каква је тамнавска и косточачка равница ови резултати се уклапају у постојећи еко систем и представљају правилан избор у погледу биодиверзитетског, пејзажног, антропогеног и друштвеног наслеђа и традиције.

Што се тиче угљевичког краја после пошумљавања следе проширење природних резервата (биодиверзитета), сточарско-фармерски комплекс и различити видови пољопривредне (и воћарства) и шумарске делатности, водене површине и друго као одличан вид регенерације овог брдско-планинског краја.

Ова решења су логична с обзиром на процентуалну највећу заступљеност ових решења с једне стране, и њихове ниже цене као инвестиционих захвата и у погледу експлоатације у односу на конкурентна једнократна и скупља решења.

Избор коначних рекултивационих решења посматраних као процес доносе тимови стручњака различитих инжењерских профила и експерти других области с обзиром да је проблем рекултивације деградираних површина у рударству један интердисциплинарни мултифункционални проблем који задире у све друштвене поре.

На слици 5.1 дат је алгоритам процедуралног одлучивања у поступку избора рекултувационог решења који може послужити у поступном решавању проблема оптимизације управљања процесима рекултивације на површинским коповима лежишта минералних сировина јер је универзалног карактера, а применљив је и на конкретне случајеве предметних копова угља Кленовник, Тамнава Западно Поље и Богutowo Село у оквиру ове докторске дисертације.

5.3. Избор варијанти рекултивације и критеријума уређења постексплоатационих предела површинских копова угља

У овом поглављу представљен је табеларни приказ могућих, претпостављених варијанти или алтернатива рекултивационих решења, као и њихове комбинације која могу послужити у анализи избора уређења постексплоатационих предела (Табела 5.1). Предмет наших истраживања представљају три примера површинских копова угља посматраних као полигони експерименталне анализе избора типа рекултивације и одговарајућег уређења предела. Оваквим процесним моделирањем обједињеног система рекултивације предвиђено је укупно 20 алтернативних могућности пројектовања рекултивационих садржаја и уређивања постексплоатациони предела површинских копова и одлагалишта.

Табела 5.1. - Варијанте или алтернативе рекултивационих решења

Ред. број	Варијанте или алтернативе рекултивационих решења
A ₁	Шумарство
A ₂	Пољопривреда - ратарство и повртарство
A ₃	Пољопривреда - воћарство
A ₄	Пољопривреда - виноградарство, винарство и подрумарство
A ₅	Шумарство и пољопривреда (комбинације A ₁ /A ₂ , A ₃ , A ₄)
A ₆	Акваторијални комплекс (водене површине) + рибарство A ₆ /A ₁ -A ₅ , A ₇
A ₇	Спортско рекреативни комплекс и у комбинацији A ₇ /A ₁ -A ₆
A ₈	Парковско и хортикултурно уређење (пејзажна архитектура) A ₈ /A ₆ , A ₇
A ₉	Простор за стамбену градњу и у комбинацији A ₉ /A ₈
A ₁₀	Зона за индустријску градњу
A ₁₁	Пољопривредна насеља и реституција за сеоска насеља + A ₁₁ /A ₁ -A ₆
A ₁₂	Музејско-археолошки и културно-историјски простор + A ₁₂ /A ₁ , A ₄ , A ₈
A ₁₃	Туристички комплекс + A ₁₃ / A ₁ , A ₄ , A ₆ , A ₇ , A ₈ , A ₁₂
A ₁₄	Школско-едукативни комплекс + A ₁₄ / A ₁ , A ₆ , A ₇ , A ₈ , A ₁₂
A ₁₅	Опитно-истраживачки центри (војни и цивилни) + A ₁₅ /A ₅ , A ₆ , A ₇ , A ₈ , A ₁₄
A ₁₆	Привремена одлагалишта (пепела, шљаке, јаловине, комуналног отпада) + A ₁₆ /A ₁ , A ₁₀
A ₁₇	Бањско-здравствени комплекс + A ₁₇ / A ₁ , A ₄ , A ₆ , A ₇ , A ₈ , A ₁₂ , A ₁₃
A ₁₈	Сточарско-фармерски комплекс + A ₁₈ / A ₅ , A ₆ , A ₇ , A ₈ , A ₁₁ , A ₁₃
A ₁₉	Проширење природних резервата (биодиверзитета) + A ₁₉ / A ₁ , A ₄ , A ₆ , A ₇ , A ₈ , A ₁₂ , A ₁₃ , A ₁₇ , A ₁₈
A ₂₀	Препуштање спонтаној сукцесији и ауторекултивацији

Поред систематизованих варијанти, у табели 5.2 дати су и критеријуми по којима ће се вршити избор различитих типова рекултивационих решења која у себи обједињују како техничку и биолошку рекултивацију, тако и пројектно решење уређења датог предела па представља одговарајуће потпроцесе система површинске експлоатације. Избором 12 критеријума покривен је техничко-технолошки, организациони, економски, социјални и естетски аспект вредновања изабраних рекултивационих решења односно обједињених процесних активности.

Табела 5.2. - Критеријуми

Ред. број	Критеријуми
К ₁	Висина инвестиционих улагања по јединици површине
К ₂	Инвестициони период - време инвестирања
К ₃	Време повраћаја уложених средстава
К ₄	Годишњи трошкови континуираног одржавања по јединици површине
К ₅	Уклопљивост рекултивационог решења у амбијенталну целину
К ₆	Локалне потребе (интерес локалне заједнице)
К ₇	Технолошка сложеност извођења рекултивационих радова
К ₈	Организациона захтевност (сложеност) извођења радова
К ₉	Време пост рекултивационог континуираног одржавања
К ₁₀	Процентуални удео рекултивационе форме (варијанте) у укупном рекултивационом захвату
К ₁₁	Социјални и економски значај рекултивације за локалну заједницу
К ₁₂	Корелациони однос просторне и временске динамике рекултивационих радова

Неки од табеларно датих критеријума могу се представити нумеричком вредношћу, као на пример критеријум К₁ Висина инвестиционих улагања по јединици површине или пак К₂ време инвестирања посматрано као инвестициони период, што их у исто време не ослобађа алтернативног али у исто време и нужног описног категорисања, представљено у Табели 5.3 Категоризација критеријума. У исто време неки критеријуми су алтернативни пожељни само као описно вредновани од К₅ до К₈ и од К₁₁ до К₁₂, док су неки као на пример К₁₀ без алтернативе дати нумерички пошто представљају процентуални удео рекултивационе форме (варијанте) у укупном рекултивационом захвату.

Табела 5.3. - Категоризација критеријума

Ред. број	Критеријуми	Категорија	
		Д	О
K₁	Висина инвестиционих улагања по јединици површине	x	X
K₂	Инвестициони период - време инвестирања	x	X
K₃	Време повраћаја уложених средстава	x	X
K₄	Годишњи трошкови континуираног одржавања по јединици површине	x	X
K₅	Уклопљивост рекултивационог решења у амбијенталну целину		X
K₆	Локалне потребе (интерес локалне заједнице)		X
K₇	Технолошка сложеност извођења рекултивационих радова		X
K₈	Организациона захтевност (сложеност) извођења радова		X
K₉	Време пост рекултивационог континуираног одржавања	x	X
K₁₀	Процентуални удео рекултивационе форме (варијанте) у укупном рекултивационом захвату	x	
K₁₁	Социјални и економски значај рекултивације за локалну заједницу		X
K₁₂	Корелациони однос просторне и временске динамике рекултивационих радова		X

Тумач: Д - детерминистичка; О - описна; x - без алтернативе;
x - алтернативно (пожељно); x - алтернативно (необходно);

Пошто смо дефинисали категоризацију критеријума, односно начин и могућности на који ће категорије бити представљена у моделу, извршили смо вредновање критеријума кроз Табелу 5.4. У овој табели смо прво дефинисали граничне вредности којима теже поједини критеријуми и то математичком дефинисаношћу минимума (min) и максимума (max). Затим смо назначили симболом тачно \surd оне критеријуме који се могу нумерички детерминисати и алтернативно описним скраћеницама извршили бодовање по вредносној категоризацији. Тако на пример критеријум **K₁** Висина инвестиционих улагања по јединици површине има 6 шест вредносних категорија која када се преведу из бројчаних на описне могу бити веома високе (ВВ), затим високе (В), средње високе (СВ), средње (С), средњениске (СН) и на крају ниске (Н). Овај тип означавања урађен је за свих 12 дванаест критеријума, са изузетком критеријума **K₁₀** за који смо нагласили да је без алтернативан и да се може дати само нумерички пошто представљају процентуални удео рекултивационе форме (варијанте) у укупном рекултивационом захвату.

Табела 5.4. - Вредновање критеријума

Ред. број	Критеријуми	В р е д н о в а њ е							
		min/max	Д	О					
К ₁	Висина инвестиционих улагања по јединици површине	min	√	ВВ	В	СВ	С	СН	Н
				веома висока	висока	средње висока	средња	средње ниска	ниска
К ₂	Инвестициони период – време инвестирања	max	√	ВД	Д	СД	К		
				веома дуг	дугачак	средње дуг	кратак		
К ₃	Време повраћаја уложених средстава	min	√	ДР	СР	КР			
				дугорочно	средњерочно	краткорочно			
К ₄	Годишњи трошкови континуираног одржавања по јединици површине	min	√	В	С	М			
				велики	средњи	мали			
К ₅	Уклопљивост рекултивационог решења у амбијенталну целину	max		ВД	ДО	СД	МД		
				веома добра	добра	средње добра	мање добра		
К ₆	Локалне потребе (интерес локалне заједнице)	max		ВЗ	З	МЗ			
				високо значајне	значајне	мање значајне			
К ₇	Технолошка сложеност извођења рекултивационих радова	min		ВС	СЛ	МС			
				веома сложена	сложена	мање сложена			
К ₈	Организациона захтевност (сложеност) извођења радова	min		ВЗ	З	МЗ			
				веома захтевно	захтевно	мање захтевно			
К ₉	Време пост рекултивационог континуираног одржавања	min	√	ВД	СД	К			
				веома дуго	средње дуго	кратко			
К ₁₀	Процентуални удео рекултивационе форме (варијанте) у укупном рекултивационом захвату	max	√						
К ₁₁	Социјални и економски значај рекултивације за локалну заједницу	max		ВЗ	З	МЗ			
				високо значајан	значајан	мање значајан			
К ₁₂	Корелациони однос просторне и временске динамике рекултивационих радова	max		ВД	Д	СД	МД		
				веома добар	добар	средње добар	мање добар		

У Табели 5.5. представљена је конверзија описних у нумеричке вредности критеријумских оцена, где су вредносне оцене за критеријуме К2, К5, К6, К11, и К12 који теже максимуму дате кроз вредносне оцене од 10 до 0.5 са кораком односно распон вредновања од 0.5, а вредносне оцене за критеријуме К1, К3, К4, К7, К8, и К9 који теже минимуму дате кроз вредносне оцене од 0.5 до 10 са кораком односно распонем вредновања од 0.5.

Табела 5.5. - Конверзија описних у нумеричке вредности критеријумских оцена

Max						Min						
Вред.оцене	Критеријум					Вред.оцене	Критеријум					
	К2	К5	К6	К11	К12		К1	К3	К4	К7	К8	К9
10.0	ВД	ВД	ВЗ	ВЗ	ВД	0.5	ВВ	ДР	М	МС	МЗ	К
9.5						1.0						
9.0						1.5						
8.5						2.0						
8.0						2.5						
7.5	Д	ДО	З	З	Д	3.0	В	СР	С	СЛ	З	СД
7.0						3.5						
6.5						4.0						
6.0						4.5						
5.5						5.0						
5.0	С	СД	З	З	СД	5.5	С	СР	С	СЛ	З	СД
4.5						6.0						
4.0						6.5						
3.5						7.0						
3.0						7.5						
2.5	К	МД	МЗ	МЗ	МД	8.0	СН	КР	В	ВС	ВЗ	ВД
2.0						8.5						
1.5						9.0						
1.0						9.5						
0.5						10.0						

Избором алтернатива рекултивационих решења за деградиране постексплоатационе пределе уклапамо се у претходно дефинисане циљеве просторног планирања предела рударских лигнитских басена какви су Колубарски и Костолачки у Републици Србији и Угљевички у Републици Српској који су предмет ових истраживања.

Зато је целисходно бити у сарадњи са субјектима развоја и релевантним органима локалне самоуправе у процедурама детаљног планирања и пројектовања активности изградње, уређења простора и коришћења природних богатстава.

Треба ангажовати референтне институције за идентификују површина терена и земљишта, објекте и појаве од посебног значаја у погледу вредности био и геодиверзитета и естетике предела, и то за:

- добро развијене и репрезентативне делове шумских заједница у фитоценолошком погледу у циљу очувања екосистемске разноврсности подручја фитоценоза и субасоцијација храстових и других шума;
- места, односно делове шумских и ливадско-пашњачких површина са ретким, ендемичним, лековитим, јестивим и другим значајним дрвенастим и зељастим биљкама;
- делове станишта ретких животињских врста, посебно водених и мочварних биотопа (места гнезђења, исхране и одмора птица, боравка слепих мишева, фауне водоземаца и гмизаваца и др);
- значајна геолошка места (палеонтолошки, стратиграфски, петролошки, структурни објекти геонаслеђа), геоморфолошки и хидролошки феномени (видиковци, меандарски делови активних и напуштених речних корита, извори, природни водотоци и баре);
- репрезентативна, стара, ретка и у културно-историјском погледу значајна стабла дрвећа;
- природне амбијенте висококвалитетних естетско-амбијенталних обележја.
- објеката геонаслеђа представљених атрактивним и за науку и образовање занимљивим геолошким, геоморфолошким или хидрографским феноменима;
- локалитета са очуваним шумским састојинама;
- станишта ретких биљних и животињских врста и њихових заједница;
- природних амбијената висококвалитетних естетских обележја, уколико се наведене природне вредности утврде при планирању или извођењу радова на коришћењу природних ресурса, изградњи објеката и уређењу простора.
- локалитета евентуалних палеонтолошких и археолошких налазишта током експлоатације лигнита или извођења других земљаних радова

Планирањем и пројектовањем се као локалитети са ограниченим коришћењем природних богатстава и простора утврђују амбијенти културно-историјских вредности који могу добити статус заштићених околина непокретних културних

добара, као што су споменици културе, објекти народног градитељства, археолошког налазишта, и друго.

При утврђивању планских намена простора примењује се принцип: водити рачуна о евентуалном конфликту између привредног и другог коришћења простора и ресурса са потребама и циљевима очувања природе. У случају да се конфликт не може разрешити на нивоу постојећих стручних и научних информација и политичких механизма кроз које се конституише јавни интерес у вези прече, приоритетне намене, прибегава се додатним истраживањима и изради Стратешке оцене утицаја на животну средину и других комплексних анализа, које укључују и економске и социјалне аспекте.

Просторним планом се потврђује законска обавеза рекултивације простора на којима се врши експлоатација минералних сировина, јаловишта и депонија комуналног и индустријског отпада као и примене мера техничке и биолошке заштите околине од непожељних утицаја ових радова и објеката на околину. Такође, идентификује се потреба и утврђује просторни оквир за пошумљавање и објекте и мере антиерозивне заштите (од водне и еолске ерозије), првенствено на површинским коповима, јаловиштима и пепелиштима [24].

Као примери вишекритеријумске анализе алтернативних избора рекултивационих решења узети су површински копови угља различитих типова, облика лежишта, техничко-технолошких решења и периода система површинске експлоатације:

- Тамнава Западно Поље као активан пространи равничарски површински коп са хоризонталним и благо нагнутиим слојевима и прослојцима корисне минералне сировине и међуслојне јаловине који захтева континуалну технологију откопавања и одлагања са применом селективног рада;
- Богутово Село са дисконтинуалном технологијом откопавања угља и јаловине са селективним радом на једном активном и издељеном површинском копу угља на ревиру са комплексним техничко-технолошким решењима стрмог и раслојеног лежишта брдског типа.
- Такође, анализиран је и неактиван површински коп костолачког угљеног басена Кленовник који се налази у периоду затварања.

6.0. ПРИМЕНЕ ВИШЕАТРИБУТНОГ МОДЕЛА ОДЛУЧИВАЊА КОД ИЗБОРА РЕШЕЊА РЕКУЛТИВАЦИЈЕ

6.1. Рекултивација површинског копа Кленовник

6.1.1. Приказ проблема

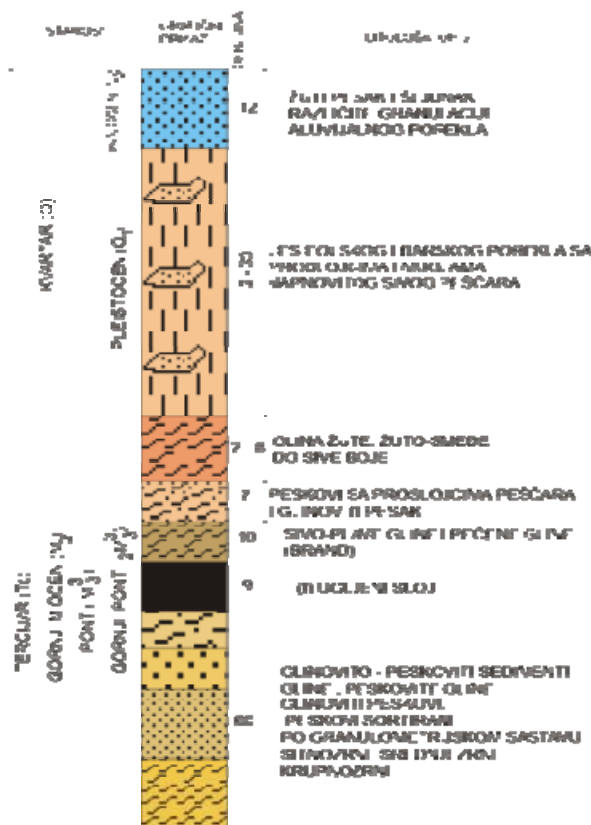
Лежиште Кленовник и припадајући површински коп Кленовник налазе се у средишњем делу Костолачког угљеног басена. Једини активан површински коп на коме се тренутно врши експлоатација угља у оквиру костолачког басена угља је површински коп Дрмно, док су копови Ћириковац и Кленовник у фази затварања (конзервирања). Лежиште Кленовник прво је експлоатисано јамски и периоду од 1883. до 1959. и површински од 1973. године где се откопавао први угљени слој. Други и трећи угљени слој, испод овог лежишта и шире, третирају се као лежиште Ћириковац.

Површина терена пре изградње површинског копа, била је равничарска, типична за овај крај са виноградима и шумарцима. Као последица експлоатације угља видљиво је удубљење површинског копа, делимично запуњено унутрашњим одлагалиштем откривке и узвишење спољног одлагалишта откривке, које је делимично рекултивисано.

У оквиру реконструкције угљеног басена Костолац (1965-1970) отворено је ново Поље Кленовник на коме је почела производња угља 1973. године. Поље Кленовник континуирано је радило на допуњавању производњу угља са површинског копа Ћириковац за потребе рада термоелектрана и снабдевање тржишта комадним угљем са годишњим капацитетом од 350,000 до 550,000 тона. Од 1975. године уведена је континуална технологија на откривци са БТО системом, чиме су знатно побољшани услови рада и повећава сигурност производње угља.

Геолошке карактеристике лежишта: Лежиште Кленовник обухвата терен, површине око 1.2 km², западно од реке Млаве. Границу му чине линија исклићења и угљеног слоја (са запада, југа и истока), а за северну границу узета је вештачка граница са површинским копом Стари Костолац.

Од свих лежишта и површинских копова угља у Костолачком басену, лежиште Кленовник је најближе Костоцу на удаљености од 1 до 2 km од њега.



Слика 6.1. - Литостратиграфски стуб лежишта угља Кленовник

Лежиште Кленовник сачињава меки мрки угаљ (лигнит) који је изграђен од седимената понта, који су на графичкој документацији означени као доњи плиоцен (*Pl₁*), (по старој подели), затим од квартарних наслага - плеистоцена и холоцена (Слика 6.1 и 6.3).

У оквиру експлоатационог поља Кленовник транспорт угља се обављао парном вучом по колосеку од 900 mm и вагонима 10, 16, 25 и 50 m³, где се највећи део угља допремао у ТЕ Костолац А, а мањи део се издвајао као комадни, за индустријску и

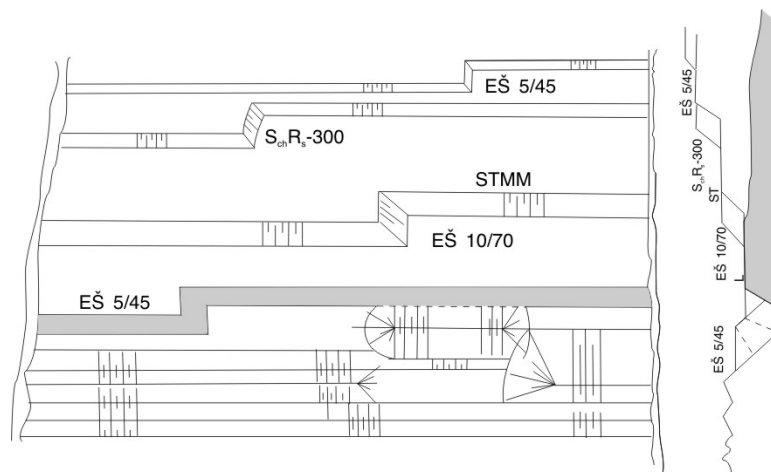
широку потрошњу. Укупна количина откопаног угља, у периоду од 1973. до 2008. године, износила је 8,997,413 t.

На површинском копу Кленовник током рада од 1982. до 2009. године, у карактеристичној експлоатацији је била континуална и дисконтинуална откопно-транспортно-одлагалишна опрема дата у табели 6.1 [44].

Табела 6.1. - Откопно-транспортно-одлагалишна опрема на површинском копу Кленовник

Година	Капацитет на јаловини	Опрема на јаловини	Капацитет на угљу	Опрема на угљу
1982-1990	3,500,000	SchRs 300 SRs 250 SRs 470 ЕЅ 5/45, 3 ком ЕЅ 10/10 Траке В 1400 Одлагач Ars 3000	650,000	ЕЅ 5/45 Парне локомотиве вагони 25 m ³
1990-2004	2,000,000	SchRs 300 ЕЅ 5/45 - 3 ком ЕЅ 10/10 - 2 ком Траке В 1200 Одлагач BRs 2400	450,000	ЕЅ 5/45 Парне локомотиве вагони 25 m ³
2004-2009	1,000,000	ЕЅ 5/45 - 1 ком ЕЅ 10/10 - 2 ком Директно пребацивање	200,000	ЕЅ 5/45 Парне локомотиве вагони 25 m ³

Технологија експлоатације: Принципијелна технолошка шема рада приказана је на слици 6.2. На откривци су две етаже. На вишој етажи откопава багер SchRs 300. Надвишења изнад његове откопне висине откопава багер ЕЅ 5/45 и откривку пребацује поред косине етаже, коју багер SchRs 300 приповратку купи. Багер SchRs 300 откривку додаје самоходном транспортеру који је пребацује поред косине етаже багера ЕЅ 10/70, који је затим пребацује у унутрашње одлагалиште. На нижој етажи ради багер ЕЅ 10/70. Висински откопава око 12 m, а дубински 7-8 m. Укупна висина етаже је око 20 m. Откривку са етаже и пребачену откривку са више етаже пребацује ЕЅ 10/70 у откопани простор. На унутрашњем одлагалишту ради багер ЕЅ 5/45, багер део откривке пребацује ради ослобађања ножице угљене етаже и формира етажу висине око 10 m.

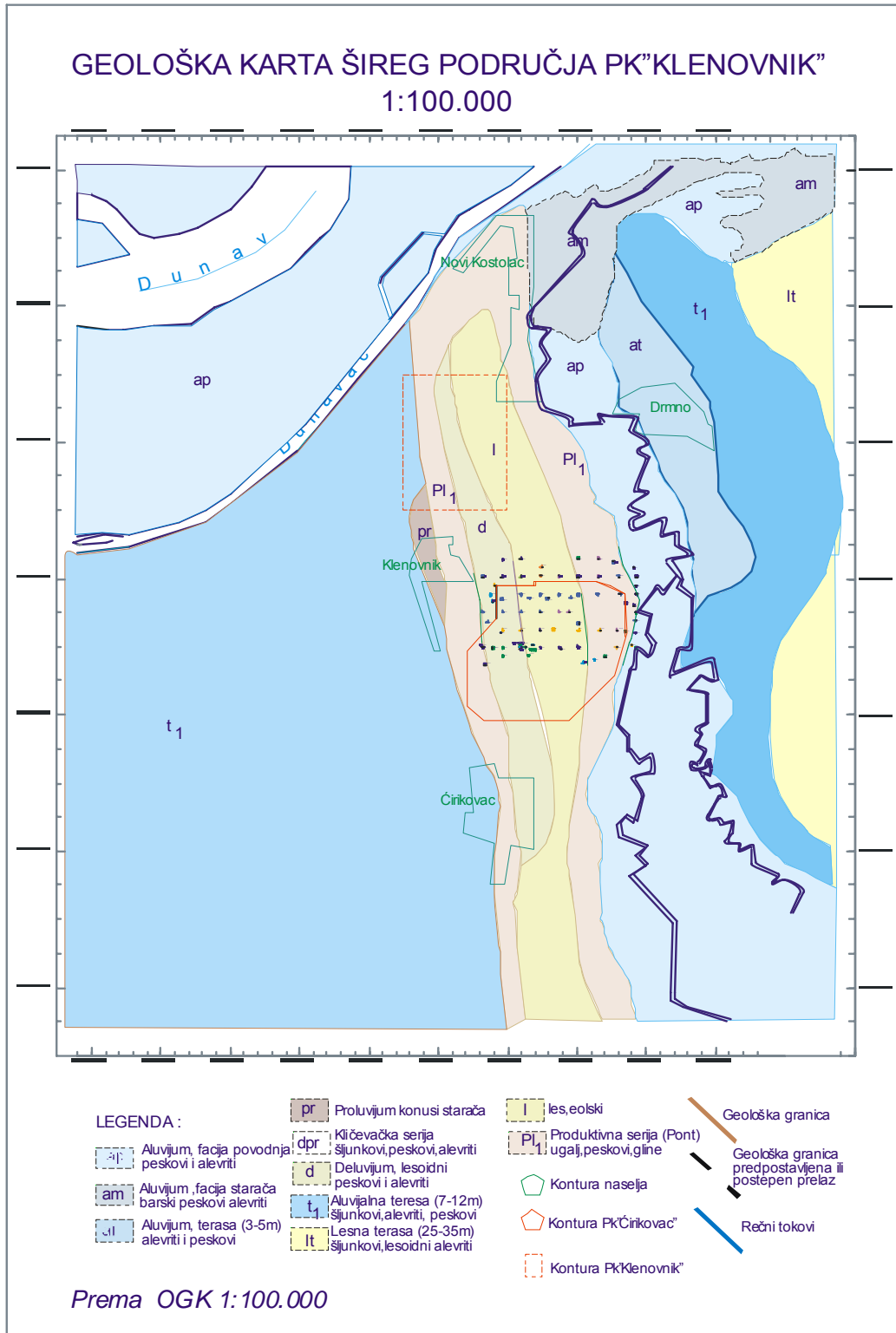


Слика 6.2. - Основна технолошка шема рада на површинском копу Кленовник

На откопавању угља ради ЕЅ 5/45 у дубинском раду под веома тешким условима, изнад старих јамских и делимично зарушених радова. У првој и другој смени ради на утовару угља у вагоне, а у трећој смени на чишћењу угља од јаловине која се зарушила у старим јамским радовима [7].

Досадашња рударска делатност знатно је утицала на изглед терена у пределу лежишта Кленовник. Услед јамске експлоатације дошло је до слегања површине терена изнад откопаних делова лежишта, али се то сада мање примећује. Знатно је видљивији утицај површинске експлоатације. Откопана контура површинског копа представља техногену депресију. Одлагалишта откривке на терену се манифестују као техногена узвишења. Све то битно мења морфологију терена и амбијент у визуелном смислу.

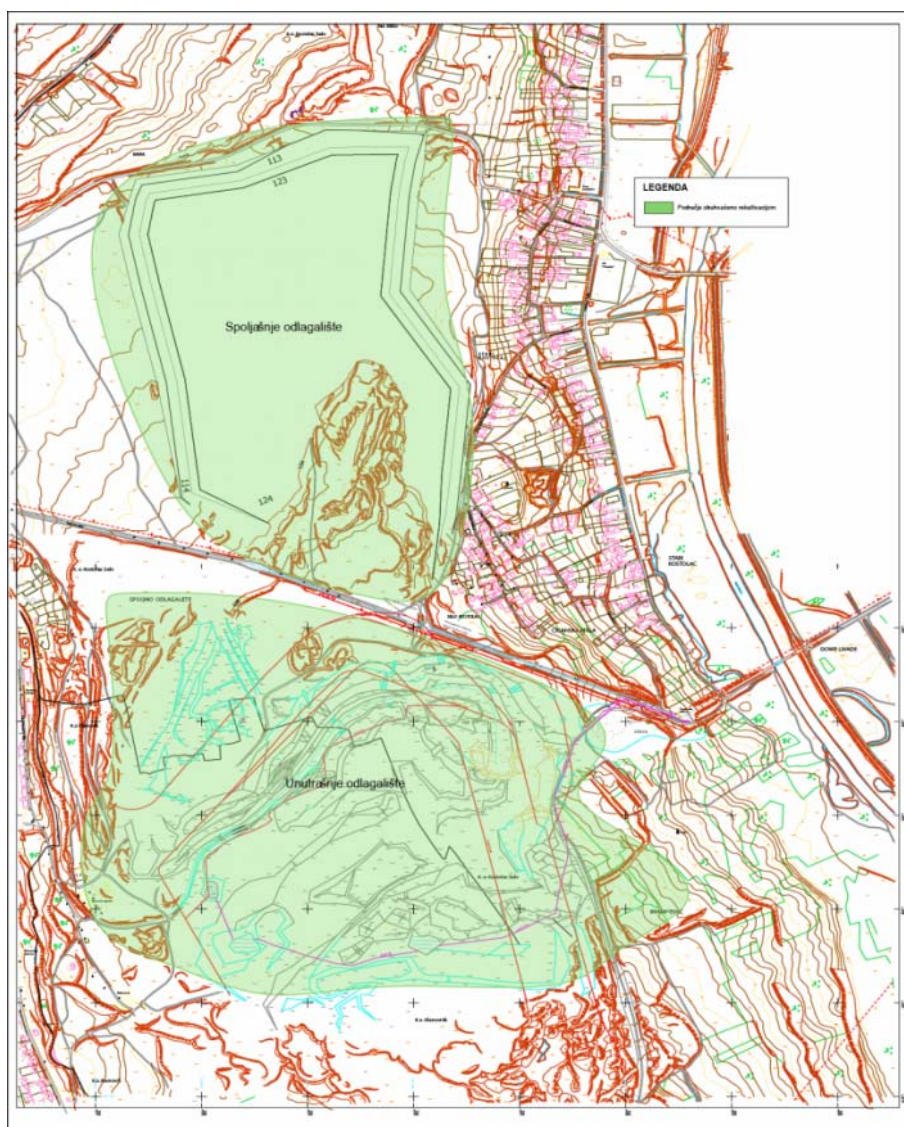
Спољашње одлагалиште површинског копа Кленовник налази се у непосредној близини града Костолца и села Стари Костолац, на око 500 m северно од границе површинског копа Кленовник. Геометријска фигура одлагалишта условљена је примењеном технологијом одлагања откривке. У случају предметног одлагалишта примењен је континуални систем рада, тј. транспорт транспортерима са траком и одлагање одлагачем у дубинском раду, који за последицу дају специфичну геометријску фигуру одлагалишта. Одлагалишни транспортер померан је радијално у смеру ка истоку и сукцесивно продужаван у правцу севера. Значај рекултивисаног простора посебно се огледа са аспекта близине насеља, асфалтних путева, као и то да се налази на само педесетак метара изнад града Костолца.



Слика 6.3 - Прегледна геолошка карта ширег басена угља Костолац са лежиштима Кленовник, Тириковац и Дрмно

Анализом и концепцијским решењем рекултивације и просторног уређење експлоатационог поља површинског копа Кленовник, обухваћена је површина од $1,815,250 \text{ m}^2$ ($P_{\text{унутраш.одлаг.}} = 1,030,000 \text{ m}^2 + P_{\text{спољаш.одлаг.}} = 785,250 \text{ m}^2$).

Техничком рекултивацијом, односно нивелационим радовима на простору унутрашњег одлагалишта обухваћена је површина од $324,000 \text{ m}^2$. На простору спољашњег одлагалишта нивелационим радовима и рекултивацијом захваћена је површина од $593,250 \text{ m}^2$. Спонтаном процесу природне сукцесије препуштена је површина од $192,000 \text{ m}^2$. На слици 6.4. приказано је постојеће стање експлоатационог поља површинског копа Кленовник, са маркираним површинама унутрашњег и спољашњег одлагалишта [44].



Слика 6.4. - Постојеће стање експлоатационог поља површинског копа Кленовник

6.1.2. Модел проблема

Увидом у Студију и идејни пројекат затварања површинског копа Кленовник, који је урадио Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду, 2013. године, узете су алтернативе пројектованих рекултивационих техничких решења за валидацију овог модела. Она су подразумевале површине рекултивационих варијанти, јединична инвестициона улагања и могући максимални процентуални удео за оне случајеве који су идентични са атрибутима као у табели 6.2 и табели 6.3 као и улазном матрицом датом кроз табелу 6.4. Остали подаци су претпостављени на основу аналогних случајева површинских копова угља у фази затварања.

Табела 6.2. - Површински коп Кленовник (описне вредности)

Ред. број	Варијанте или алтернативе	К р и т е р и ј у м и										
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈	K ₉	K ₁₀	K ₁₁
	Оцена	min	max	min	min	max	max	min	min	min	max	max
Преференција	0,7	0,6	0,6	0,8	0,5	0,9	0,3	0,3	0,6	0,1	0,85	
1.	A ₁ - Шумарство	10000	ВД	ДР	М	ВД	3	СЛ	3	ВД	90	ВЗ
2.	A ₂ - Пољопривреда (ратарство и повртарство)	15000	К	КР	С	ВД	ВЗ	СЛ	3	ВД	75	ВЗ
3.	A ₃ - Пољопривреда (воћарство и виноградарство)	17000	С	СР	С	ВД	ВЗ	СЛ	3	ВД	85	ВЗ
4.	A ₄ - Пољопривреда (у комбинацији са А1-А3, А6-А8)	25000	Д	КР	В	ДО	3	СЛ	3	ВД	97	ВЗ
5.	A ₅ - Шумарство и пољопривреда	14000	С	СР	В	ДО	3	СЛ	3	СД	87	ВЗ
6.	A ₆ - Акваторијални комплекс (водене површине за спорт и рекреацију) + рибарство у комбинацији А1-А5, А7	27000	К	ДР	М	СД	3	МС	МЗ	ВД	85	3
7.	A ₇ - Спортско рекреативни комплекс и у комбинацији А1-А6	32000	С	ДР	В	ВД	ВЗ	СЛ	3	ВД	94	3
8.	A ₈ - Парковско и хортикултурно уређење (пејзажна архитектура) у комбинацији са А6, А7	25000	К	ДР	В	ДО	ВЗ	СЛ	3	ВД	100	ВЗ
9.	A ₁₂ - Музејски и културно-историјски простор у комбинацији са А1, А6, А8	37000	К	ДР	В	ДО	ВЗ	ВС	3	ВД	100	ВЗ
10.	A ₂₀ - Препуштање спонтаној сукцесији и ауторекултивацији	2000	К	СР	М	СД	МЗ	МС	МЗ	К	100	МЗ

Напомена: Вредности за K₁ дате су у (€/ha), а за K₁₀ у процентима.

Рекултивациони модел добија на својој аутентичности кроз наведене табеле 6.2, 6.3 и 6.4, које представљају комбинацију алтернатива кроз редове и критеријуме кроз колоне чинећи у математичком смислу матричну структуру. Наиме, прво је формирана Табела 6.2, са описним вредностима за све варијанте изузев критеријума K1 и K10 у којима су вредности изражене нумерички по претходно објашњеним могућностима. Вредности критеријума K1 дате су нумерички у новчаним јединицама еврима по јединичној површини рекултивисаног простора у хектарима, док су вредности критеријума K10 изражене такође нумерички у процентима. За све критеријуме задате су вредности преференције у опсегу од 0 до 1 и оне нису мењане кроз све примере полигоних модела анализираних површинских копова. Након тога, формирана је табела 6.3, са свим нумеричким вредностима добијених конверзијом описних у нумеричке вредности критеријумских оцена са редукцијом коефицијента за $1 \cdot 10^3$.

Табела 6.3. - Површински коп Кленовник (нумеричке вредности)

ред. број	Варијанте или алтернативе	К р и т е р и ј у м и										
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈	K ₉	K ₁₀	K ₁₁
	Оцена	min	max	min	min	max	max	min	min	min	max	max
	Преференција	0.7	0.6	0.6	0.8	0.5	0.9	0.3	0.3	0.6	0.1	0.85
1.	A ₁ - Шумарство	10	7	14	2	9	6	4	4	8	90	8.5
2.	A ₂ - Пољопривреда (ратарство и повртарство)	15	4	8.5	4	9	8.5	6	6	8	75	10
3.	A ₃ - Пољопривреда (воћарство и виноградарство)	17	5	12	5.5	9	8.5	7	5	8	85	10
4.	A ₄ - Пољопривреда (у комбинацији са A1-A3, A6-A8)	25	4	11	8	9	6	8.5	7	8	97	8
5.	A ₅ - Шумарство и пољопривреда	14	7	12	3	10	9	7.5	5.5	8	87	9
6.	A ₆ - Акваторијални комплекс (водене површине за спорт и рекреацију) + рибарство у комбинацији A ₁ -A ₅ , A ₇	27	7	14	7	8	4	9	6.5	15	85	5
7.	A ₇ - Спортско рекреативни комплекс и у комбинацији A ₁ -A ₆	32	4	12	8	9.5	9.5	10	7	15	94	7
8.	A ₈ - Парковско и хортикултурно уређење (пејзажна архитектура) у комбинацији са A ₆ , A ₇	25	4	12	8.5	9	8.5	9.5	6	12	100	8
9.	A ₁₂ - Музејски и културно-историјски простор у комбинацији са A ₁ , A ₆ , A ₈	37	4	12	8.5	9	10	10	8	12	100	9
10.	A ₂₀ - Препуштање спонтаној сукцесији и ауторекултивацији	2	1.5	20	0.01	2	2	0.5	0.5	1.5	100	0.5

Напомена: Вредности за K₁ редуковане су за 10³

Приказ решења модела рекултивационих процеса на примеру полигона површинског копа Кленовник поставља се формирањем квантификационе иницијалне матрице одлучивања представљеног у Табели 6.4. Унос података из претходне табеле 6.3. као подлоге чини први корак у вусекритеријумској анализи по Методи *PROMETHEE* са преференцијалима у последњем реду који не сачињава овако штампану матричну структуру улазних података, већ се кроз корак 2 у низу табеларних форми врши одређивање преференције k_1 - tip I (max). У Дисертацији је дата само прва квантификована иницијална матрица у виду табеларне форме кроз корак 1 и Табеле 6.5, док све остале сачињавају део прилога исте.

Прелиминарном анализом установљено је да су за услове површинског копа Кленовник могућа следећа рекултивациона решења: a_1 - A_1 Шумарство, a_2 - A_2 Пољопривреда (ратарство и повртарство), a_3 - A_3 - Пољопривреда (воћарство и виноградарство), a_4 - A_4 - Пољопривреда (у комбинацији са A_1 - A_3 , A_6 - A_8), a_5 - A_5 - Шумарство и пољопривреда (у комбинацији са A_2, A_3, A_4), a_6 - A_6 - Акваторијални комплекс (водене површине за спорт и рекреацију) + рибарство у комбинацији A_1 - A_5 , A_7 , a_7 - A_7 - Спортско рекреативни комплекс и у комбинацији A_1 - A_6 , a_8 - A_8 - Парковско и хортикултурно уређење (пејзажна архитектура) у комбинацији са A_6 , A_7 , a_9 - A_{12} Музејски и културно-историјски простор у комбинацији са A_1 , A_6 , A_8 , a_{10} - A_{20} - Препуштање спонтаној сукцесији и ауторекултивацији

Табела 6.4. - Квантификована иницијална матрица одлучивања (O): (КОРАК 1) за површински коп Кленовник

Алтернативе	Критеријуми										
	К1	К2	К3	К4	К5	К6	К7	К8	К9	К10	К11
a_1	10	7	14	2	9	6	4	4	8	90	8.5
a_2	15	4	8.5	4	9	8.5	6	6	8	75	10
a_3	17	5	12	5.5	9	8.5	7	5	8	85	10
a_4	25	4	11	8	9	6	8.5	7	8	97	8
a_5	14	7	12	3	10	9	7.5	5.5	8	87	9
a_6	27	7	14	7	8	4	9	6.5	15	85	5
a_7	32	4	12	8	9.5	9.5	10	7	15	94	7
a_8	25	4	12	8.5	9	8.5	9.5	6	12	100	8
a_9	37	4	12	8.5	9	10	10	8	12	100	9
a_{10}	2	1.5	20	0.01	2	2	0.5	0.5	1.5	100	0.5
Типкритериј.	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Тежина	0.7	0.6	0.6	0.8	0.5	0.9	0.3	0.3	0.6	0.1	0.85
Екстрем	min	max	min	min	max	max	min	min	min	max	max

Оцењено је да 10 критеријума покрива еколошке, техничко-технолошке, економске, пејзажне, локалне социјалне и друге аспекте вредновања важне за избор решење рекултивације: **K₁** - Висина инвестиционих улагања по јединици површине, **K₂** Инвестициони период - време инвестирања, **K₃** - Време повраћаја уложених средстава, **K₄** - Годишњи трошкови континуираног одржавања по јединици површине, **K₅** - Уклопљивост рекултивационог решења у амбијенталну целину, **K₆** Локалне потребе (интерес локалне заједнице), **K₇** - Технолошка сложеност извођења рекултивационих радова, **K₈** Организациона захтевност (сложеност) извођења радова, **K₉** - Време пост рекултивационог континуираног одржавања, **K₁₀** - Процентуални удео рекултивационе форме (варијанте) у укупном рекултивационом захвату,

На основу вишекритеријумске анализе методом *PROMETHEE* добијена је Табела 6.5, која даје вредности индекса преференција појединих пројектних рекултивационих решења као могућих алтернативних варијанти уређења пострекултивационих предела бившег површинског копа Кленовник костолачког угљеног басена. Рангирањем је добијено најбоље - оптимално решење за дате пределе и оно представља алтернативу рангирану под бројем 1. a_5 , којом се предлаже враћање деградираних површина експлоатационог поља Кленовник шумарским и пољопривредним засадама комбиновано воденим површинама, парковским, спортско рекреативним и сличним садржајима У даљем поретку следе: 2. a_2 (A_2) пољопривреда - ратарство и повртарство; 3. a_3 (A_3) - пољопривреда - воћарство; 4. a_1 (A_1) - пошумљавање; 5. a_4 (A_7) - спортско рекреативни комплекс; 6. a_{10} (A_{20}) - препуштање спонтаној сукцесији и ауторекултивацији; 7. a_9 (A_{12}) музејски и културно-историјски простор у комбинацији са A_1 , A_6 , A_8 ; 8. a_7 (A_7) - спортско рекреативни комплекс и у комбинацији A_1 - A_6 ; 9. a_8 - A_8 - парковско и хортикултурно уређење (пејзажна архитектура) у комбинацији са A_6 , A_7 ; и на крају, 10. a_6 (A_6) - акваторијални комплекс (водене површине за спорт и рекреацију) и рибарство у комбинацији A_1 - A_5 .

Табела 6.5 - Одређивање индекса преференција (IP) и ранг алтернативних решења: (КОРАК 3) за површински коп Кленовник

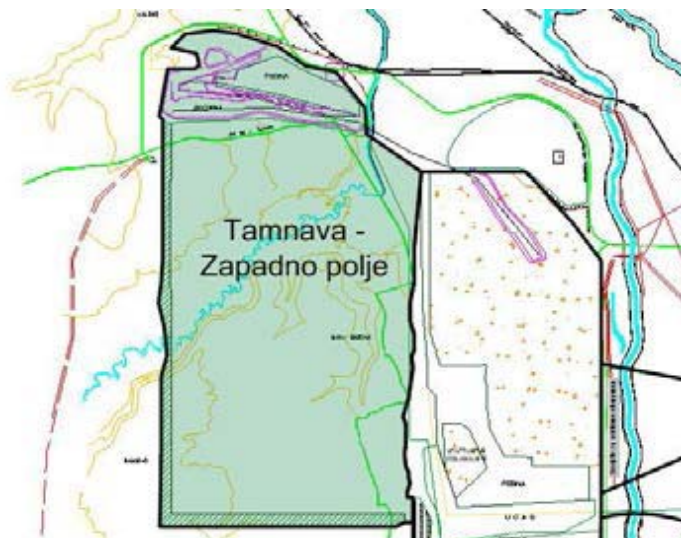
	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	a ₆	a ₇	a ₈	a ₉	a ₁₀	T ⁺	T	Rang
a ₁	0.0000	0.4085	0.4085	0.5282	0.3239	0.8310	0.6408	0.6408	0.5070	0.5634	0.5391	0.2387	4
a ₂	0.3592	0.0000	0.3521	0.6690	0.2606	0.9014	0.6408	0.5986	0.6408	0.5634	0.5540	0.3130	2
a ₃	0.3592	0.1408	0.0000	0.6690	0.2183	0.9014	0.6408	0.6408	0.6408	0.5634	0.5305	0.2629	3
a ₄	0.0986	0.0141	0.0986	0.0000	0.0986	0.7606	0.5000	0.3521	0.5070	0.5634	0.3326	-0.1205	5
a ₅	0.4789	0.6268	0.5845	0.7887	0.0000	0.9155	0.7606	0.9014	0.6268	0.5634	0.6941	0.5094	1
a ₆	0.0000	0.0986	0.0845	0.2394	0.0000	0.0000	0.3944	0.2394	0.3944	0.5634	0.2238	-0.5102	10
a ₇	0.3592	0.2746	0.2746	0.2606	0.1549	0.4930	0.0000	0.3732	0.3873	0.5634	0.3490	-0.1925	8
a ₈	0.2394	0.0141	0.0141	0.1972	0.0141	0.7606	0.4577	0.0000	0.1972	0.5634	0.2731	-0.2207	9
a ₉	0.3732	0.1549	0.1549	0.2887	0.1549	0.6056	0.4014	0.2746	0.0000	0.5634	0.3302	-0.1502	7
a ₁₀	0.4366	0.4366	0.4366	0.4366	0.4366	0.4366	0.4366	0.4225	0.4225	0.0000	0.4335	-0.1299	6
T	0.3005	0.2410	0.2676	0.4531	0.1847	0.7340	0.5415	0.4937	0.4804	0.5634			

Пољопривредне рекултивационе форме у виду ратарско-повртарских и воћарско-виноградарских засада у комбинацији са шумским засадима и воденим површинама, чији је однос цена, површина и друго значајно добар односно оптимално висок у корелацији са другим алтернативама, у сваком случају за један пољопривредан крај каква је Стишка равница и Подунавље, ови резултати се уклапају у постојећи еко систем и представљају правилан избор у погледу биодиверзитетског и пејзажног наслеђа. [8,20]

6.2. Рекултивација површинског копа Тамнава Западно Поље

6.2.1. Приказ проблема

Површински коп Тамнава Западно Поље грађен је за потребе снабдевања угљем ТЕ-ТО Колубара Б. Како је у међувремену изградња ове термоелектране прекинута, а наставак неизван, са једне стране, са друге стране скорашњи престанак рада површинског копа Тамнава Источно Поље, условили су да се заврши изградња I фазе ($6 \cdot 10^6$ t угља годишње) површинског копа. Експлоатационо поље је у атарима села Каленић, Мали Борак, Скобаљ и Јабучје, обухвата површину од око 45 km² (дужине у правцу север-југ 15 km и ширине у правцу исток-запад 3 km).



Слика 6.5. - Прегледна карта површинског копа Тамнава Западно Поље

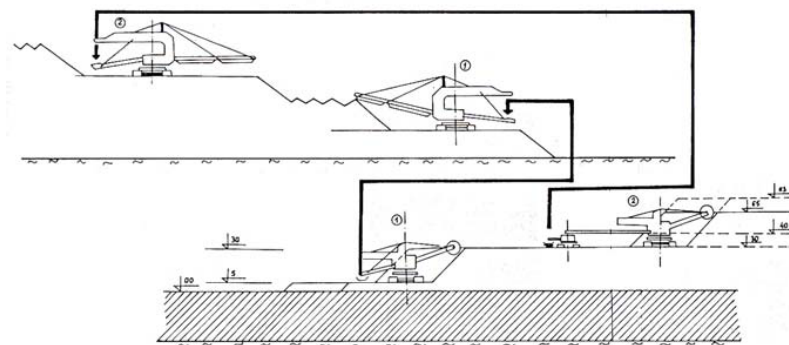
Геолошка и хидрогеолошка обележја: Терен је благо брежуљкаст, испресецан низом јаруга и долином реке Кладнице. Генерални пад терена је од запада према истоку. Брежуљкасти део терена је у геоморфолошком смислу језерска тераса. Подину продуктивне серије представљају горње понтски седименти: пескови, дебљине 100-150 m.

Угљена серија је хетерогеног састава, поред слојева угља, граде је слојеви и прослојци угљевитих и сивозелених глина и пескова различитих дебљина и простирања. Први угљени слој (горњи) који захвата цело експлоатационо поље, карактерише већа раслојеност у односу на други угљени слој, посебно у јужном и југозападном делу лежишта. У делу поља где јалови прослојци не заузимају више од 20% укупне дебљине слоја, дебљина првог угљеног слоја је 10-20 m, са повећањем јалових прослојака дебљина слоја се повећава до 60 m. Први угљени слој раздвојен је од другог угљеног слоја међуслојним песком. Дебљина пескова је 2-20 m.

Други угљени слој лежи непосредно испод међуслојних пескова, дебљине је 2-10m, у јужном делу поља где се раслојава, дебљина са јаловим прослојцима је до 20 m. Кровину угљене серије чине горњопонтски седименти (алеврити, глиновити пескови и средњезрни до ситнозрни пескови), квартарни седименти са језерским терасним наслагама и алувијалним наслагама река Кладнице и Враничине. У оквиру литолошких чланова лежишта, постоје хидрогеолошки колектори и у

њима формиране издани слободних подземних вода: алувијална, терасна, повлатна, међуслојна и подинска.

Технологија експлоатације: Површински коп је отворен у северном делу дуж профилске линије 170, са два усека отварања, северним дужине 1,460 m паралелним са профилском линијом 170 и североисточни, дужине 1,998 m. Други усек омогућио је директну везу угљеног и јаловинског фронта са сабирним транспортерима за угаљ из површинског копа Тамнава Источно Поље, а преко ових са дробиличним постројењем и са спољним одлагалиштем (унутрашње одлагалиште копа Тамнава Источно Поље) за време отварања копа. Откопане масе откривке из усека одложене су у зони северне и североисточне границе копа на спољном одлагалишту. Усек је изведен багером дреглајном ЕШ 10/70. Укупно је одложено око $1,838 \text{ } \check{m}^3$.



Слика 6.6. - Принципијелна технолошка шема откопавања и одлагања откривке на површинском копу Тамнава Западно Поље

Спољно одлагалиште копа Тамнава Западно Поље налази се у саставу унутрашњег одлагалишта копа Тамнава Источно Поље. Маса јаловине које се депонују на овом одлагалишту одлажу се на две етаже (дубинска и висинска) преко раније одложених маса. Фронтви етажа копа напредују према југу. Етаже се пружају по правцу исток-запад, почетне дужине око 1,000 m, коначне дужине 3,000 m. На откривци се развијају две основне етаже (са подетажама) на којима масу откопавају роторни багери. На првој етажи ради роторни багер SRs 2000. Откривка I БТО система се транспортује транспортерима класе 1,600 mm до унутрашњег одлагалишта Источног поља, на коме откривку одлаже одлагач $A_2RsB 8500*60$. Откривку до повлате угљеног слоја откопава роторни багер SchRs 630. Откривка се

транспортује транспортерима са тракама класе 1,600 mm, а одлагање обавља самоходни транспортер BRs 1600 на унутрашњем одлагалишту [7].

Од 2007. године откопавање откривке врши се са два система.

- I БТО систем чине: Роторни багер SRs 2000 32/5 + VR, транспортери са траком $B = 2000$ mm (4 ком.), и одлагач A₂Rs-B 8500*60.
- II БТО систем чини: Роторни багер SchRs 630 25/6 и самоходни транспортер BRs 1400 (37+50)*16, транспортери са траком $B = 1600$ mm (4 ком.), и одлагач ARs (BRs) 1600 (28+50)*17.

По Главном рударском пројекту, напредовање фронта радова на откривци је требало да буде паралелно, по правцу запад-исток, ка југу. Међутим, због проблема са решавањем експропријације и неблаговремене изградње објеката заштите копа од површинских вода, напредовање фронта радова, током протеклих година, је било интензивно на западној граници копа док је на источној знатно у заостатку. Због тога се напредовање фронта радова одвија радијално.

Откопавање угља врши се, такође, са два система.

- I БТД систем чине: Роторни багер SchRs 630 25/6 и самоходни транспортер BRs 1600 (17.5+32.5)*15, који раде поред транспортера са траком $B = 1600$ mm (2 ком.).
- II БТД систем чине: Ведричар ERs 1000/20, који ради поред транспортера са траком $B = 1600$ mm (2 ком.).

Утовар угља, са етажних транспортера I и II БТД система, врши се на сабирни транспортер $B = 2000$ mm који транспортује угаљ, преко стационарних транспортера са траком $B = 2000$ mm (2 ком.) до дробилане.

Утовар међуслојне јаловине, из угља, се преко, расподелних уређаја (2 ком.), врши у транспортер са траком за међуслојну јаловину, који је постављен паралелно са сабирним транспортером за угаљ, и који транспортује међуслојну јаловину на унутрашње одлагалиште. На транспорту међуслојне јаловине, на унутрашње одлагалиште, ангажовани су транспортери са траком $B = 2000$ mm (2

ком.). Одлагање међуслојне јаловине врши се одлагачем ARs (BRs) 1600 (28+50)*17.

На простору унутрашњег одлагалишта површинског копа Тамнава Западно Поље предвиђено је одлагање пепела, шљаке и карбонатног муља, као и гипса, који се јављају као нуспроизвод приликом рада термоелектране Колубара Б. Према *Стратегији развоја енергетике Републике Србије до 2015. године* предвиђена је градња термоелектране Колубара Б снаге 2*350 MW. Сагоревањем угља, као нус производ, издвајаће се око 200 t/h пепела, шљаке и карбонатног муља, као и гипса око 16 t/h. Радови на формирању завршне етаже на површинском копу, а самим тим и касета, извођени су у сагласности са уредном техничком документацијом. Формирана је касета за одлагање гипса и у завршној фази је формирање прве касете за одлагање пепела, шљаке и карбонатног муља. Предвиђена је изградња укупно 5 касета, свака запремине сса $8 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Касете се формирају остављањем простора у висинском блоку, приликом рада одлагача на одлагању маса, а коначан облик касете (нагиб и висина) биће формиран радом багером дреглајном ЕШ 6/45 и грађевинском механизацијом.

У последњих година појављују се проблеми који су имали за последицу одступање од првобитног правца развоја копа, односно правца напредовања фронта рударских радова на откопавању јаловине и угља тако и на развоју унутрашњег одлагалишта. Ти проблеми су директно условили немогућност одлагања јаловине у целом фронту одлагања по правцу запад-исток. Одлагање јаловине само на западној страни копа је, у одређеном тренутку, довело до проблема недостатка смештајног простора, па се дошло у ситуацију да су се одлагалишни блокови I и II БТО система превише приближили. Током 2010. године, због недостатка смештајног простора, било је неопходно са међуслојном јаловином изаћи на спољашње одлагалиште.

Један од начина за превазилажење новонастале ситуације је издизање завршне етаже на унутрашњем одлагалишту, за један ниво од 15 m. Ово подразумева да би постојећа касета за гипс и пепео, шљаку и карбонатни муљ била одложени, а у висинском блоку завршне етаже, на истом простору, биле би формиране нове

касете. Простор за касете формираће се радом одлагача I БТО система на одлагању маса на завршној етажи унутрашњег одлагалишта.

Табела 6.6. - Преглед опреме површинског копа Тамнава Западно Поље

Редни број	Машина	Q_t (m ³ гm/h)	Q_{teh} (чm ³ /h)	Q_{god} (чm ³ /god)
1.	SRs 2000	6,000	3,000	12,000,000
2.	SchRs 630	4,100	2,000	8,000,000
3.	SchRs 630	4,100	2,000	8,000,000
4.	A ₂ RsB 8500*60	8,500	4,000	/
5.	BRs 1600	4,800	2,000	8,000,000
6.	SchRs 1600 25/3	6,600	3,500	14,000,000
7.	BRs 2000	8,800	8,000	/
8.	A ₂ RsB 12000	12,000	11,000	/

Угаљ се откопава багером SRs 630, и транспортује до везног транспортера површинског копа Тамнава Источно Поље, а овим до дробиличног постројења. Јаловину из угљеног слоја откопава багер SchRs 630 (откопава и угаљ) и помоћу самоходног транспортера пребацује у откопани простор. У Табели 4.13 дат је преглед опреме са капацитетима [41].

Роторни багер SchRs 1600 25/3, одлагач A₂Rs-B 8500*60 и транспортери са траком BRs 2000 раде на II БТО систему од средине 2009. године, од када су укључене и расподелне станице намењене за рад на угљу. У Актуелизованом инвестиционом програму изградње површинског копа Тамнава Западно Поље (2007. година) предвиђена је набавка још једног роторног багера SchRs 630 25/6 (за откопавање угља) и одлагача за међуслојну јаловину A₂Rs-B 12000 [7].

6.2.2. Модел проблема

На примеру површинског копа Тамнава Западно Поље за разлику од копа Кленовник увршћен је још критеријум K_{12} Корелациони однос просторне и временске динамике рекултивационих радова, који може бити категорисан алтернативно и пожељно описном квантификацијом, с обзиром да је применљив за копове који су у раду односно на којима се врши активна експлоатација.

Табела 6.7. - Површински коп Тамнава Западно Поље (описне вредности)

Ред. број	Варијанте или алтернативе	К р и т е р и ј у м и											
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈	K ₉	K ₁₀	K ₁₁	K ₁₂
	Оцена	min	max	min	min	max	max	min	min	min	max	max	max
	Преференција	0.7	0.6	0.6	0.8	0.5	0.9	0.3	0.3	0.6	0.1	0.85	0.25
1.	A ₁ - Шумарство	1500	ВД	ДР	М	ВД	З	СЛ	З	ВД	25%	ВЗ	Д
2.	A ₂ - Пољопривреда (ратарство и повр.)	11000	К	КР	С	ВД	ВЗ	СЛ	З	ВД	40%	ВЗ	СД
3.	A ₅ - Шумарство и пољопривреда (комбинације A ₁ /A ₂ .)	12500	Д	СР	С	ВД	З	СЛ	З	ВД	15%	ВЗ	СД
4.	A ₆ - Акваторијални комплекс (водене површине) + рибарство A ₆ /A ₁ -A ₅ , A ₇	2500	К	ДР	М	ДО	З	МС	МЗ	ВД	10%	З	МД
5.	A ₇ - Спортско рекреативни комплекс и у комбинацији A ₇ /A ₁ -A ₆	15000	С	ДР	В	ДО	ВЗ	СЛ	З	ВД	15%	З	МД
6.	A ₁₀ - Зона за индустријску градњу	30000	К	ДР	В	ДО	ВЗ	СЛ	МЗ	К	5%	ВЗ	Д
7.	A ₁₁ - Пољопривредна насеља и реституција за сеоска насеља + A ₁₁ /A ₁ -A ₆	25000	ВД	СР	В	ВД	ВЗ	СЛ	З	ВД	20%	ВЗ	МД
8.	A ₁₆ - Привремена одлагалишта (пепела, шљаке, јаловине и др.) + A ₁₆ /A ₁ , A ₁₀	10000	К	КР	М	ДО	З	МС	МЗ	К	3%	З	ВД
9.	A ₁₈ - Сточарско-фармерски комплекс + A ₁₈ / A ₅ , A ₆ , A ₇ , A ₈ , A ₁₁ , A ₁₃	20000	ВД	ДР	В	ВД	ВЗ	СЛ	З	ВД	10%	ВЗ	МД
10.	A ₁₉ - Проширење природних резервата (биодиверзитета) + A ₁₉ / A ₁ , A ₄ , A ₆ , A ₇ , A ₈ , A ₁₂ , A ₁₃ , A ₁₇ , A ₁₈ ,	1000	ВД	СР	С	ВД	З	СЛ	МЗ	СД	20%	З	СД
11.	A ₂₀ - Препуштање спонтаној сукцесији /ауторекултивацији	0.01	К	СР	М	СД	МЗ	МС	МЗ	К	5%	МЗ	Д

Напомена: Вредности за K₁ дате су у (€/ha), а за K₁₀ у процентима

Табела 6.8. - Површински коп Тамнава Западно Поље (нумеричке вредности)

Ред. број	Варијанте или алтернативе	К р и т е р и ј у м и											
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈	K ₉	K ₁₀	K ₁₁	K ₁₂
		Оцена	min	max	min	min	max	max	min	min	min	max	max
	Преференција	0,7	0,6	0,6	0,8	0,5	0,9	0,3	0,3	0,6	0,1	0,85	0,25
1.	A ₁ - Шумарство	1,5	9,0	2,0	2,0	9,0	6,0	4,0	4,0	8,0	80	8,5	6,5
2.	A ₂ - Пољопривреда (ратарство и поврт.)	11	1,5	8,5	6,0	9,0	8,5	6,0	6,0	8,0	75	8,75	4,0
3.	A ₅ - Шумарство и пољопривреда (комбинације A ₁ /A ₂ .)	12,5	6,0	5,0	4,0	9,0	7,25	5,0	5,0	8,0	90	8,75	5,25
4.	A ₆ - Акваторијални комплекс (водене површине) + рибарство A ₆ /A ₁ -A ₅ , A ₇	2,5	1,5	2,0	2,0	6,5	4,0	2,0	2,0	8,0	10	5,25	2,0
5.	A ₇ - Спортско рекреативни комплекс и у комбинацији A ₇ /A ₁ -A ₆	15	5,0	2,5	8,0	6,5	9,0	6,5	6,5	9,5	15	7,0	2,0
6.	A ₁₀ - Зона за индустријску градњу	30	2,0	2,5	8,0	6,5	9,0	5,0	3,0	2,0	40	8,5	6,5
7.	A ₁₁ - Пољопривредна насеља и реституција за сеоска насеља + A ₁₁ /A ₁ -A ₆	25	9,0	5,0	8,0	9,5	9,5	5,0	6,5	8,0	20	9,0	2,0
8.	A ₁₆ - Привремена одлагалишта (пепела, шљаке, јаловине и др.) + A ₁₆ /A ₁ , A ₁₀	10	1,5	8,5	2,0	6,5	5,5	2,0	2,0	2,0	3	5,5	9,0
9.	A ₁₈ - Сточарско-фармерски комплекс + A ₁₈ / A ₅ , A ₆ , A ₇ , A ₈ , A ₁₁ , A ₁₃	20	9,0	2,5	8,0	9,0	9,5	6,5	5,0	9,5	10	8,0	2,0
10.	A ₁₉ - Проширење природних резервата (биодиверзитета) + A ₁₉ / A ₁ , A ₄ , A ₆ , A ₇ , A ₈ , A ₁₂ , A ₁₃ , A ₁₇ , A ₁₈ ,	1	8,0	5,0	5,0	9,5	6,0	5,0	3,0	5,0	20	5,0	4,0
11.	A ₂₀ - Препуштање спонтаној сукцесији и ауторекултацији	0,01	1,5	5,25	2,0	4,0	2,0	2,0	2,0	2,0	30	1,75	6,5

Напомена: Вредности за K₁ редуковане су за 10³

Поред тога, овде су као варијантна решења у односу на пример Кленовника дати: A₁₆ - Привремена одлагалишта (пепела, шљаке, јаловине и др.) што се током експлоатацији по пројекту и остварује и A₇ - Сточарско-фармерски комплекс као могуће решење у постексплоатационом периоду, као и A₁₉ - Проширење природних резервата (биодиверзитета), A₁₁ - Пољопривредна насеља и реституција за сеоска насеља, A₁₀ - Зона за индустријску градњу и A₁₉ - Проширење природних резервата (биодиверзитета).

6.2.3. Приказ и анализа решења

Приказ решења модела рекултивационих процеса на примеру полигона површинског копа Тамнава Западно поље поставља се формирањем квантификационе матрице одлучивања представљеног у Табели 6.9 Унос података из претходне табеле 6.8 као подлоге чини први корак у вишекритеријумској анализи по методи *PROMETHEE* са преференцијалима истим као у претходном случају за првих K_{11} критеријума + додати за критеријум K_{12} .

Наиме, у овом примеру матричну структуру чини 12 критеријума представљених у колонама и 11 атрибута рекултивационих варијанти датих у редовима.

Табела 6.9. - Квантификована иницијална матрица одлучивања (O): (КОРАК 1) за површински коп Тамнава Западно Поље

Алтернативе	Критеријуми											
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12
a ₁	1.5	9	2	2	9	6	4	4	8	80	8.5	6.5
a ₂	11	1.5	8.5	6	9	8.5	6	6	8	75	8.75	4
a ₃	12.5	6	5	4	9	7.25	5	5	8	90	8.75	5.25
a ₄	2.5	1.5	2	2	6.5	4	2	2	8	10	5.25	2
a ₅	15	5	2.5	8	6.5	9	6.5	6.5	9.5	15	7	2
a ₆	30	2	2.5	8	6.5	9	5	3	2	40	8.5	6.5
a ₇	25	9	5	8	9.5	9.5	5	6.5	8	20	9	2
a ₈	10	1.5	8.5	2	6.5	5.5	2	2	2	3	5.5	9
a ₉	20	9	2.5	8	9	9.5	6.5	5	9.5	10	8	2
a ₁₀	1	8	5	5	9.5	6	5	3	5	20	5	4
a ₁₁	0.01	1.5	5.25	2	4	2	2	2	2	30	1.75	6.5
Типкритериј.	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Тежина	0.7	0.6	0.6	0.8	0.5	0.9	0.3	0.3	0.6	0.1	0.85	0.25
Екстрем	min	max	min	min	max	max	min	min	min	max	max	max

Прелиминарном анализом установљено је да су за услове површинског копа Тамнава Западно поље могућа следећа рекултивациона решења: a₁-A₁ - шумарство, a₂ - A₂ пољопривреда (ратарство и повртарство), a₃-A₅ шумарство и пољопривреда у комбинацији a₁ и a₂, a₄-A₆ акваторијални комплекс (водене површине за спорт и рекреацију) + рибарство у комбинацији a₁-a₅, a₅-A₇ - спортско-рекреативни комплекс и у комбинацији са a₁-a₄, a₆-A₁₀ - зона за индустријску градњу, a₇-A₁₁ - пољопривредна насеља и реституција за сеоска насеља у комбинацији a₁-a₄, a₈-A₁₆ - привремена одлагалишта (пепела, шљаке,

јаловине и др.) у комбинацији a_1 - a_6 , a_9 - A_{18} - Сточарско-фармерски комплекс у комбинацији са туристичким и парковским уређењем и у комбинацији са a_3 , a_4 , a_5 , и a_{11} , a_{10} - A_{19} - проширење природних резервата и (биорезервата) у комбинацији са већим бројем решењем и a_{11} - A_{20} - препуштање спонтаној сукцесији (ауторекултивацији).

На основу вишекритеријумске анализе методом *PROMETHEE* добијена је Табела 6.10, која даје вредности индекса преференција појединих пројектних рекултивационих решења као могућих алтернативних варијанти уређења пострекултивационих предела на површинском копу и одлагалишном простору копа Тамнава Западно Поље колубарског басена угља. Рангирањем је добијено најбоље - оптимално решење за дате пределе и оно представља 1. a_1 - A_1 - Пошумљавање; затим следе: 2. a_7 - A_{11} - Пољопривредна насеља и реституција за сеоска насеља, 3. a_3 - A_5 - Шумарство и пољопривреда у комбинацији, 4. a_{10} - A_{19} - Проширење природних резервата (биодиверзитета), 5. a_6 - A_{10} - Зона за индустријску градњу, 6. a_8 - A_{16} - Привремена одлагалишта (пепела, шљаке, јаловине и комуналног отпада), 7. a_4 - A_6 - Акваторијални комплекс (водене површине) + рибарство, 8. a_9 - A_{18} - Сточарско- фармерски комплекс, 9. a_2 - A_2 - Пољопривреда (ратарство и повртарство), 10. a_{11} - A_{20} - Препуштање спонтаној сукцесији и ауторекултивацији и 11. a_5 - A_7 - Спортско рекреативни комплекс.

Табела 6.10. - Одређивање индекса преференција (IP): (КОРАК 3)

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	a_{10}	a_{11}	T^+	T^-	Ранг
a_1	0.0000	0.5615	0.5462	0.6000	0.8615	0.5538	0.4692	0.6538	0.6923	0.5385	0.5462	0.6023	0.3638	1
a_2	0.2692	0.0000	0.2462	0.4000	0.6769	0.4538	0.3308	0.3615	0.5538	0.2846	0.3615	0.3938	-0.0985	9
a_3	0.2846	0.4538	0.0000	0.4923	0.7692	0.5462	0.3308	0.5462	0.5538	0.4462	0.5462	0.4969	0.1038	3
a_4	0.0923	0.4154	0.4154	0.0000	0.5077	0.4154	0.4154	0.2154	0.5077	0.4385	0.4385	0.3862	-0.0623	7
a_5	0.1385	0.3231	0.2308	0.3769	0.0000	0.2000	0.2000	0.4692	0.1231	0.3615	0.5308	0.2954	-0.2869	11
a_6	0.2769	0.5462	0.4077	0.5077	0.3692	0.0000	0.2846	0.4692	0.3692	0.5077	0.5462	0.4285	0.0069	5
a_7	0.3462	0.5769	0.4385	0.4538	0.5923	0.5462	0.0000	0.5462	0.3615	0.3615	0.5308	0.4754	0.1146	2
a_8	0.2231	0.4538	0.4538	0.4000	0.4538	0.3615	0.4538	0.0000	0.4538	0.4769	0.3846	0.4115	-0.0431	6
a_9	0.1385	0.3692	0.3231	0.4385	0.4846	0.4154	0.2462	0.5462	0.0000	0.4538	0.5308	0.3946	-0.0685	8
a_{10}	0.3231	0.6769	0.4154	0.5615	0.6385	0.4000	0.4077	0.5231	0.5462	0.0000	0.5308	0.5023	0.0685	4
a_{11}	0.2923	0.5462	0.4538	0.2538	0.4692	0.3231	0.4692	0.2154	0.4692	0.4692	0.0000	0.3962	-0.0985	10
T^-	0.2385	0.4923	0.3931	0.4485	0.5823	0.4215	0.3608	0.4546	0.4631	0.4338	0.4946			

Очигледно је и на овом примеру, пресудан утицај на избор пошумљавања имала апсолутно најнижа цена од 1,500 €/ha, и релативно висока могућа површина

заузимања шумом, поред осталих повољних критеријуми који су утицали на доношење овакве одлуке. Затим следе изградња пољопривредних насеља и реституција за сеоска насеља као одличан вид регенерације сеоских домаћинстава која су морала бити уклоњена на путу освајања тамнавског лигнита на левој обали Колубаре. Затим долазе пољопривредне и шумарске рекултивационе форме у виду комбинованог пошумљавања и пољопривреде и проширење природних резервата (биодиверзитета) што доприноси одрживом развоју овог равничарског и некад пољопривредног краја. У сваком случају за један пољопривредан крај каква је тамнавска равница и колубарски крај уопште ови резултати се уклапају у постојећи еко систем и представљају правилан избор у погледу биодиверзитетског, пејзажног, антропогеног и друштвеног наслеђа и традиције.

И на крају ове анализе добија се у завршној табеларној форми у оквиру ПРИЛОГА II-4 - Одређивање свих парова потпуних поредака $[P^+, \Gamma^+]$ и $[P^-, \Gamma^-]$ као излазни резултат која представља завршни 4. корак у наведеној вишекритеријумској анализи. [18]

6.3. Рекултивација површинског копа Богutowo Село - Угљевик

6.3.1. Приказ проблема

Први подаци о геологији простора Угљевика датирају још из 1880. године, а први радови на експлоатацији угља започели су 1899. године јужно и југоисточно од старог насеља Угљевик у изданацким зонама. До 1967. године угаљ је добијан са површинских копова Стара Јама, Мићићи I, Мићићи II и Богutowaц, као и из Старе Јаме.

Интензивна геолошка истраживања обављена су у периоду од 1958. до 1962. године, када су на подручју Богutowo Село - Северни ревер и Богutowo Село - Јужни ревер избушене потребне истражне бушотине. Детаљна геолошка истраживања сировинске базе ревера Богutowo Село - Север изведена су 1975. године када је избушено 55 истражних бушотина.

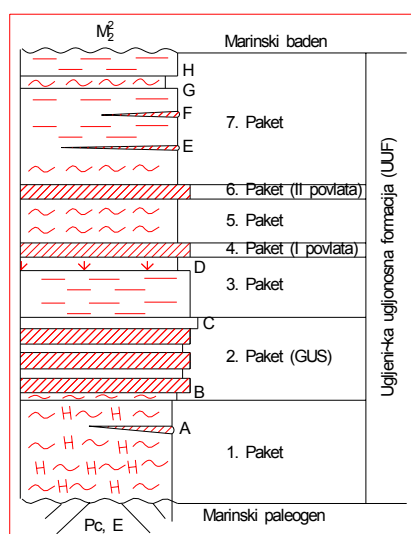
Од 1997. године до данас на простору површинског копа Богутово Село - Север углавном су реализована инжењерско - геолошка и геомеханичка истраживања југозападне, западне, северне и источне косине.

Геолошка грађа: Лежиште угља Богутово Село представља приближно средишњи део генетски и депозиционо јединственог угљевичког угљоносног простора (подељен на два дела палеогеним седиментима), који се налази између Тобута на западу и Глиња на истоку, затим Забрђа на северу и Прибоја на југу.

Генерално посматрано, моноклинална угљоносна јединица са два маркантна гравитациона раседа подељена је у блокове при чему дисконтинуитет угљених слојева (вертикална компонента кретања дуж раседа) износи и преко 170 m. Такви блокови у локалним условима првог реда имају ознаку ревира, као што је случај и са северним ревиrom лежишта угља Богутово Село.

Слатководне угљоносне творевине, у стубу смештене између палеогене маринске подине и такође, маринске баденске повлате, представљају угљевичку угљоносну формацију. Она је издељена на јединице нижег реда - пакете као што је приказано на слици 6.7.

Стратиграфску грађу простора лежишта Богутово Село карактерише присуство палеогених маринских седимената у подини, слатководних угљоносних творевина (Угљевичка угљоносна формација) и маринске баденске повлате.

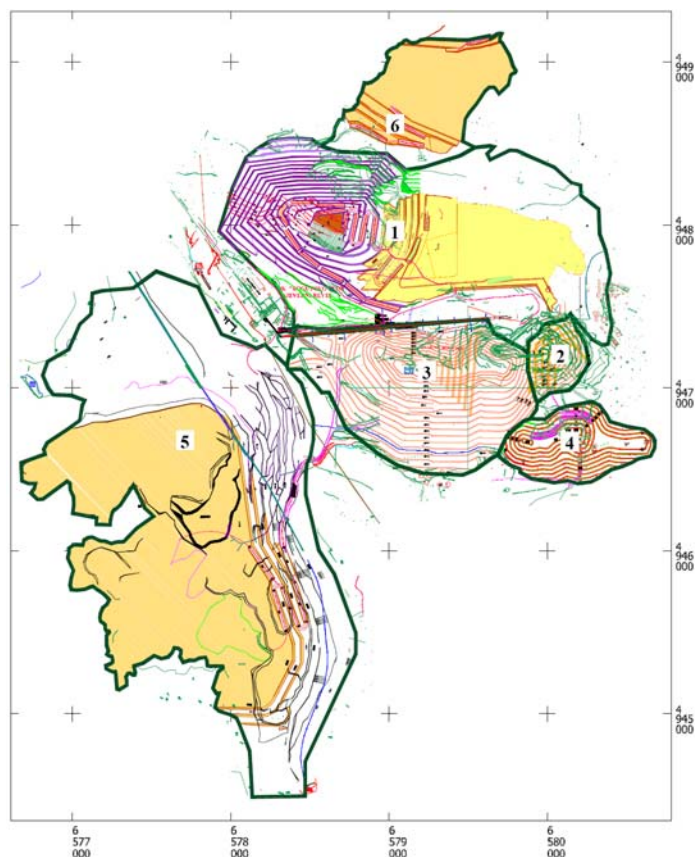


Слика 6.7. - Шематски стуб угљевичке угљоносне формације

Површински коп Богутово село у својој завршној косини се простире на површини од око 3.5 km^2 , при чему површина простора Северног ревира износи око 2.3 km^2 , а површина Јужног ревира око 1.2 km^2 .

Максимална дужина површинског копа је у правцу исток-запад и износи 2.4 km и односи се на Северни ревир док максимална дужина Јужног ревира у истом правцу је 1.7 km . Максимална ширина Површинског копа у правцу север-југ износи око 2 km , при чему је ширина северног ревира 1.05 km а јужног ревира 0.95 km .

Површински коп Богутово Село - Угљевик је подељен на Северни и Јужни ревир. На основу досадашњих геолошких и геофизичких истраживања која су дала податке о структурним, квантитативним и квалитативним карактеристикама лежишта угља, затим на основу геомеханичких карактеристика лежишта, рељефа, водотокова и објеката на површини терена извршено је ограничење копа у плану и по дубини.



Слика 6.8. - Површине обухваћене рударским радовима (1 - Северни ревир, 2 - Ревир Стара Јама, 3 - Јужни ревир, 4 - Ревир Јаблани, 5 - Западно одлагалиште, 6 - Северно одлагалиште)

Динамика извођења рударских радова по годинама рада дефинисана је на основу прорачунатих количина откривке и угља по реверима и заданог годишњег капацитета на производњи угља у циљу поузданог снабдевања термоелектране угљем. Производња угља која је обезбеђивана из Северног ревера површинског копа, по пројекту је требало да буде завршена 2009. године, када је отпочела експлоатација угља у Јужном ревиру. Радови на откопавању откривке у Јужном ревиру отпочели су 2004. године, са капацитетом од 1,100,000 $\text{чm}^3/\text{god}$. Да би у петој години експлоатације тај капацитет постигао 5,950,000 $\text{чm}^3/\text{god}$. Рударским радовима обезбеђивана је сигурна производња потребних количина угља, прво се обезбеђивала само из Северног, затим истовремено из Северног и Јужног ревера и на крају само из Јужног ревера површинског копа Богутово Село.

Избор експлоатације: На површинском копу Богутово Село - Угљевик, усвојен је дисконтинуални систем експлоатације што подразумева:

- откопавање и утовар откривке и угља хидрауличним и откривке ужетним багерима кашикарима, запремине кашике $E = 4.6$ до 14 m^3 ;
- транспорт откривке до одлагалишта и угља до бункера дробиличног постројења камионима носивости 75 до 120 t;
- одлагање откривке камионима и булдозерима на спољашња и унутрашње одлагалиште;
- селективно откопавање угља хидрауличним багерима запремине кашике $E = 4.6$ до 9.0 m^3 ;
- откопавање и утовар чврстих стена (силификовани и кредни кречњак) хидрауличним багером са повећаном силом копања запремине кашике $E = 5.2 \text{ m}^3$.

Припрема и отпрема угља за термоелектрану изводи се кроз примарно и секундарно дробљење, а затим транспорт угља транспортерима са траком до депоније термоелектране Угљевик. Угаљ из I и II кровинског слоја се прерађује и пласира за широку потрошњу. Такође, се део угља из главног слоја прерађује на сувој класирници и отпрема за широку потрошњу.

Усвојени систем експлоатације угља и откривке је и до сада био у примени, с том разликом што је за стенске масе откривке са повећаним карактеристикама чврстоће примењиван технолошки процес бушења и минирања за њихову претходну фрагментацију. Набавком нове опреме и то хидрауличног багера Liebherr 984C запремине кашике 5.2 m^3 опремљеног уређајем за фрагментацију чврстих делова јаловинског материјала, нестала је потреба за применом бушачко-минерских радова. Тиме се постиже и потпуно уклањање негативних ефеката минерских радова на стабилност косина површинског копа и сигурност извођења радова, а која је у условима изражене тектонике и присутности инжењерско-геолошких процеса који доводе до појава нестабилности косина површинског копа, веома значајна. Систем и параметри експлоатације откривке и угља на површинском копу су у потпуности прилагођени карактеристикама постојеће основне откопне и транспортне механизације. У погледу капацитета дати су одговарајући предлози за набавку нове опреме.

На површинском копу Богутово Село, откопавање и утовар откривке изводи се са хидрауличним и ужетним багерима кашикарима и то: DEMAG НМ 241, RH 120, RH 75, RH 40, LIEBHERR 984C, ЕКГ 8и и ЕШ 6/45. Откопавање и утовар угља изводи се хидрауличним багерима запремине кашике од 4.6 до 8.1 m^3 , а повремено и багерима већег капацитета.

Селективно откопавање угља: У циљу обезбеђења квалитета угља предвиђено је селективно откопавање угља I и II кровинског угљеног слоја, као и одстрањивање јалових прослојака дебљине веће од 0.5 m из главног угљеног слоја. Откопавање се изводи са хидрауличним багерима запремине кашике $E = 4.6$ до 9 m^3 , на етажама висине 10 m и поделом етаже на подетаже од 5 m у циљу ефикаснијег и сигурнијег рада багера на откопавању и утовару угља.

Избор технологије селективног откопавања условљен је геолошким, технолошким, сигурносним и економским факторима, као и развојем рударских радова на откривци. У геолошке факторе спадају: просторни распоред угља и јаловине, карактер и број контаката између њих и физичко-механичка својства угља и јаловине. Технолошки фактори су висина и нагиб етаже, врста и тип

опреме за откопавање и утовар, као и вид примењеног транспорта. Економски фактори се односе на захтеве потрошача за квалитетом угља и цену откопавања.

При избору технолошке шеме откопавања предност се даје оној, која у датим условима обезбеђује највећу сигурност у раду, максимално искоришћење лежишта и минимално разблажење уз максимално искоришћење опреме и економске ефекте.

Изводе се две варијанте добијања угља и то рад у попречним блоковима и рад у уздужним блоковима са откопавањем од кровине према подини. Технолошки, прво се откопава угаљ у горњем делу блока до контакта са јаловинским прослојком и утовара у камионе. Затим се откопава јаловински прослојак који се одлаже у откопани простор или утовара у камионе за транспорт јаловине. На крају се откопава угаљ у доњем делу блока. Поступак је идентичан и када се откопава прослојак угља на етажи где је основна маса материјала јаловина.

Површине нарушене експлоатацијом угља на простору површинског копа Богutowo Село обухватају површине ревира у којима је вршено откопавање отквивке, угља и слојне и међуслојне јаловине, као и површине спољашњих одлагалишта и индустријским кругом. Укупна површина земљишта захваћена утицајима рударских радова по пројектном решењу износи 815.7 ха, а од тога по реверима и одлагалиштима (Табела 6.11, Слика 6.8).

Табела 6.11. - Површине захваћене рударским радовима

Ред. број	Рударски објекат	Површина m ²	Површина ха
1.	Северни ревир	2,311,000	231.10
2.	Ревир Стара Јама	140,000	14.00
3.	Јужни ревир	1,059,000	105.90
4.	Ревир Јаблани	322,000	32.20
5.	Западно одлагалиште	3,737,000	373.70
6.	Северно одлагалиште	588,000	58.80
7.	Укупно	8,157,000	815.70

Како до сад није дефинисана будућа намена овог простора, део поменутих површина које су представљене спољашњим одлагалиштима су намењене за рекултивацију. Простор површинског копа у целини, односно појединих ревира, и у

будућности ће бити у функцији експлоатације угља угљевичког угљеног басена, као простор резервисан за смештај откривке и јаловине са будућих површинских копова и пепела и шљаке из термоелектране. На овај начин може се реализовати основни стратешки циљ у области ревитализације и рекултивације простора и заштите животне средине: смањење неповољних утицаја експлоатације и прераде лигнита на стање пољопривредног земљишта, шума, вода, ваздуха, живог света и других природних и социо-економских услова живљења, упоредо са предузимањем ефикасних мера за постепено остваривање сталног и приметног побољшавања еколошких, економских и амбијентално-пејзажних обележја целог подручја [45].

6.3.2. Модел проблема

Табела 6.12. - Површински коп Богutowo село (описне вредности)

Ред. Број	Варијанте или алтернативе	К р и т е р и ј у м и											
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈	K ₉	K ₁₀	K ₁₁	K ₁₂
	Оцена	min	max	min	min	max	max	min	min	min	max	max	max
	Преференција	0,7	0,6	0,6	0,8	0,5	0,9	0,3	0,3	0,6	0,1	0,85	0,25
1.	A ₁ - Шумарство	СН	ВД	ДР	М	ВД	З	СЛ	З	ВД	33	БЗ	Д
2.	A ₂ - Пољопривреда (ратарство и повртарство)	3000	К	СР	С	ВД	ВЗ	СЛ	З	ВД	20	БЗ	Д
3.	A ₃ - Пољопривреда (воћарство)	10000	Д	КР	С	ВД	ВЗ	СЛ	З	ВД	20	БЗ	Д
4.	A ₅ - Шумарство и пољопривреда (комбинације A ₁ /A ₂ ,A ₃ ,A ₃)	25000	Д	СР	С	ВД	ВЗ	СЛ	З	ВД	24,3	БЗ	Д
5.	A ₆ - Акваторијални комплекс (водене површине) + рибарство A ₆ /A ₁ -A ₅ , A ₇	12670	К	ДР	М	СД	З	МС	МЗ	СД	5	З	МД
6.	A ₁₀ -Зона за индустријску градњу	2500	С	ДР	В	ДО	ВЗ	СЛ	З	СД	7	БЗ	Д
7.	A ₁₆ . Привремена одлагалишта (пепела, шљаке, јаловине и др.) + A ₁₆ /A ₁ , A ₁₀	30000	К	КР	С	ДО	З	СЛ	МЗ	К	10	З	Д
8.	A ₁₈ - Сточарско-фармерски комплекс + A ₁₈ / A ₅ , A ₆ , A ₇ , A ₈ , A ₁₁ , A ₁₃	10000	ВД	ДР	В	ВД	ВЗ	ВС	ВЗ	БД	10	БЗ	СД
9.	A ₁₉ - Проширење природних резервата (биодиверзитета) + A ₁₉ / A ₁ , A ₄ , A ₆ ,A ₇ , A ₈ , A ₁₂ , A ₁₃ , A ₁₇ , A ₁₈ ,	20000	Д	ДР	С	ВД	З	СЛ	З	СД	5	З	СД

Напомена: Вредности за K₁ дате су у (€/ha), а за K₁₀ у процентима.

Табела 6.13. - Површински коп Богutowo село (нумеричке вредности)

Ред. Број	Варијанте или алтернативе	К р и т е р и ј у м и											
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈	K ₉	K ₁₀	K ₁₁	K ₁₂
		Оцена		min	max	min	min	max	max	min	min	min	max
	Преференција	0,7	0,6	0,6	0,8	0,5	0,9	0,3	0,3	0,6	0,1	0,85	0,25
1.	A ₁ - Шумарство	3	9,5	3,0	3,0	8,0	7,0	5,0	4,5	8,5	80	8,5	6,5
2.	A ₂ - Пољопривреда (ратарство и повртарство)	10	2,5	6,5	6,0	8,5	8,5	6,5	6,0	8,0	20	8,75	7,0
3.	A ₃ - Пољопривреда (воћарство)	25	6,0	7,5	5,25	9,0	9,0	6,0	5,5	8,5	70	9,0	6,0
4.	A ₅ - Шумарство и пољопривреда (комбинације A ₁ /A ₂ ,A ₃ .)	12,67	6,0	5,6	4,75	8,5	8,25	6,5	5,3	8,25	80	8,75	6,5
5.	A ₆ - Акваторијални комплекс (водене површине) + рибарство A ₆ /A ₁ -A ₅ ,	2,5	2,5	1,5	3,0	4,0	4,0	3,0	3,0	5,0	10	4,0	2,0
6.	A ₁₀ -Зона за индустријску градњу	30	4,0	3,5	8,5	6,5	9,0	6,0	5,0	5,0	7	8,5	6,0
7.	A ₁₆ . Привремена одлагалишта (пепела, шљакe, жаловине и др.) + A ₁₆ /A ₁ , A ₉	10	2,5	7,5	4,0	6,5	5,0	4,0	3,5	3,0	30	5,0	7,0
8.	A ₁₈ - Сточарско-фармерски комплекс + A ₁₈ / A ₅ , A ₆ , A ₇ , A ₈ , A ₁₁ , A ₁₃	20	9,0	2,0	9,0	9,5	9,5	7,5	7,0	9,0	30	9,5	3,0
9.	A ₁₉ - Проширење природних резервата (биодиверзитета) + A ₁₉ /A ₁ , A ₄ , A ₆ ,A ₇ , A ₈ , A ₁₂ , A ₁₃ , A ₁₇ , A ₁₈ ,	1	6,0	3,5	4,0	8,0	7,0	5,0	4,0	5,0	25	5,0	4,0

Напомена: Вредности за K₁редуковане су за 10³.

На примеру површинског копа Богutowo Село, такође као и за коп Тамнава Западно Поље, увршћен је још критеријум K₁₂ Корелациони однос просторне и временске динамике рекултивационих радова, који може бити категорисан алтернативно и пожељно описном квантификацијом, с обзиром да је применљив за копове на којима се врши активна експлоатација (дато у Табели 6. 12). Наиме, као и у претходна два случаја конверзијом описних у нумеричке вредности критеријумских оцена добијена је Табела 6.13, која је математички искористива за испуњавање Квантификоване матрице одлучивања у програму за вишекритеријумску оптимизацију методом Прометеј израђене на Факултету Организационих наука Универзитета у Београду приказане Табелом 6.14. Овај манипулативни и оперативни унос улазних података представља уједно и први корак овог модела. Све остале табеларне приказе које представљају део решења добијене копјутерском обрадом, представљају излазне резултате (кораци: 2, 3, и 4) и део су прилога.

6.3.3. Приказ и анализа решења

Табела 6.14. - Квантификована иницијална матрица одлучивања (O): (КОРАК 1) за површински коп Богutowo Село

Алтернативе	Критеријуми											
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12
a ₁	3	9.5	3	3	8	7	5	4.5	8.5	80	8.5	6.5
a ₂	10	2.5	6.5	6	8.5	8.5	6.5	6	8	20	8.75	7
a ₃	25	6	7.5	5.25	9	9	6	5.5	8.5	70	9	6
a ₄	12.67	6	5.6	4.75	8.5	8.25	6.5	5.3	8.25	80	8.75	6.5
a ₅	2.5	2.5	1.5	3	4	4	3	3	5	10	4	2
a ₆	30	4	3.5	8.5	6.5	9	6	5	5	7	8.5	6
a ₇	10	2.5	7.5	4	6.5	5	4	3.5	3	30	5	7
a ₈	20	9	2	9	9.5	9.5	7.5	7	9	30	9.5	3
a ₉	1	6	3.5	4.0	8	7	5	4	5	25	5	4
Типкритериј.	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Тежина	0.7	0.6	0.6	0.8	0.5	0.9	0.3	0.3	0.6	0.1	0.85	0.25
Екстрем	min	max	min	min	max	max	min	min	min	max	max	max

Табела 6.15. - Одређивање индекса преференција (IP): (КОРАК 3)

	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	a ₆	a ₇	a ₈	a ₉	T ⁺	T	Ранг
a ₁	0.0000	0.5231	0.5615	0.5077	0.4923	0.6385	0.7769	0.5615	0.4923	0.5692	0.2212	1
a ₂	0.4769	0.0000	0.3308	0.3769	0.4000	0.4923	0.4385	0.4538	0.3846	0.4192	-0.0885	7
a ₃	0.3462	0.6692	0.0000	0.3923	0.4923	0.5462	0.4538	0.3615	0.4000	0.4577	-0.0106	5
a ₄	0.4385	0.3692	0.5154	0.0000	0.4923	0.5846	0.5462	0.4692	0.4000	0.4769	0.0154	4
a ₅	0.3846	0.5077	0.5077	0.5077	0.0000	0.4308	0.4154	0.5077	0.3077	0.4462	-0.0462	6
a ₆	0.2308	0.5077	0.2308	0.4154	0.4769	0.0000	0.4538	0.3462	0.3077	0.3712	-0.1692	9
a ₇	0.2231	0.3231	0.4538	0.4538	0.4923	0.4692	0.0000	0.4538	0.2385	0.3885	-0.1269	8
a ₈	0.4385	0.5462	0.6385	0.5308	0.4923	0.6538	0.5308	0.0000	0.5462	0.5471	0.0962	3
a ₉	0.2462	0.6154	0.5077	0.5077	0.6000	0.5077	0.5077	0.4538	0.0000	0.4933	0.1087	2
T	0.3481	0.5077	0.4683	0.4615	0.4923	0.5404	0.5154	0.4510	0.3846			

На основу вишекритеријумске анализе методом *PROMETHEE* добијена је Табела 6.15, која даје вредности индекса преференција појединих пројектних рекултивационих решења као могућих алтернативних варијанти уређења пострекултивационих предела на површинском копу и одлагалишним просторима на примеру Богutowo Село угљевичког басена угља. Рангирањем је добијено најбоље - оптимално решење за дате пределе и оно представља:

1. a₁-A₁ - Пошумљавање, 2. a₉-A₁₉ - Проширење природних резервата (биодиверзитета), 3. a₈-A₁₈ - Сточарско-фармерски комплекс, 4. a₄-A₅ - Шумарство и пољопривреда у комбинацији, 5. a₃-A₃ - Пољопривреда (воћарство) 6. a₅-A₆ -

Акваторијални комплекс (водене површине) + рибарство, 7. a_2-A_2 - Пољопривреда (ратарство и повртарство), 8. a_7-A_{16} - Привремена одлагалишта (пепела, шљаке, јаловине и комуналног отпада), 9. a_6-A_{10} - Зона за индустријску градњу;

Очигледно је на овом примеру Богутовог села, као и у случају Тамнаве Западног поља, пресудан утицај на избор пошумљавања имала апсолутно најнижа цена од 1,500 €/ha, и релативно висока могућа површина заузимања шумом, поред осталих повољних критеријуми који су утицали на доношење овакве одлуке. Затим следе Проширење природних резервата (биодиверзитета), сточарско-фармерски комплекс и различити видови пољопривредне и шумарске делатности као одличан вид регенерације овог брдско-планинског краја.

И на крају ове анализе добија се табеларни приказ одређивање свих парова потпуних поредака $[P^+, \Gamma^+]$ и $[P^-, \Gamma^-]$ као излазни резултат која представља завршни 4. корак у наведеној вишекритеријумској анализи и саставни је део прилога 3.

7.0. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ ДАЉИХ ИСТРАЖИВАЊА

Рекултивација предела деградираних рударским радовима, у фокусу теме ове докторске дисертације, по природи и захтевности је сложеног мултидисциплинарног карактера, представља синтезу низа секвенцијалних активности: рударско-технолошких, инжењерско-геолошких (геотехничких и хидрогеолошких), хидротехничких, просторно-планерских, биоинжењерских (агрономских и шумарских мелиорационих), социјалних, пословних и других активности са циљем враћања природних функција техногено нарушеном пределу и стварања услова за нове функције простора, као што је пољопривреда, шумарство, рибарство, рекреација, туризам, простор за градитељство различите намене, парковске и пејзажно амбијенталне целине и сл.

Инжењерски посматрано функционална и структурна сложеност рудничких система (*извршиоци - радна средина – машине - окружење*) и мултиваријабилност експлоатационих и постексплоатационих услова у простору извођења рударских радова, дефинишу атрибутивност система са кључним одредницама: сложеност, променљивост, вишезначност, секвенцијалност, осетљивост и ризик. У оваквим условима за доношење одлука и управљање процесом, осим поузданих података, неопходни су и одговарајући моделски приступ. Вишеатрибутни математички модели у принципу добро апроксимирају проблеме ове врсте. Међутим на исход вишеатрибутне анализе утиче више елемената, као што су: препознат или понуђен број алтернатива, могућност узајамног комбиновања алтернатива, детерминисаност атрибута, избор и метрика критеријума, и сл. У том смислу докторску дисертацију карактерише актуелност и специфичност теме, што потврђује листа библиографских јединица у литературном попису и избор рудничких објекта за извођење експерименталних провера.

Планирана истраживања реализована су, а остварени резултати су теоријског и практичног значаја. Теоријска истраживања могућих приступа погодних за подршку одлучивању и управљање рекултивацијом површинских копова претпоставила су, а резултати експерименталних тестова на 3 различита рудничка објекта (површински копови угља Кленовник, Тамнава Западно поље и Богутово село) потврдили практичну вредност постављеног алгоритма вишеатрибутног процедуралног поступка одлучивања.

У спознајном смислу издвајају се три резултата: Прво, то је детерминација конститутивних чинилаца алгоритма вишеатрибутног процедуралног поступка одлучивања; Друго, на критичком односу према постојећим приступима у овој области, развијен је аутентичан алгоритам процесног одлучивања у поступку избора најбољег рекултивационог решења; Треће, потврђена практична применљивост развијеног алгоритма избора решења рекултивације и уређења деградираних предела површинских копова.

Претпоставка успешне примене предложеног алгоритма процедуралног поступка анализе и доношења управљачких одлука код избора решења рекултивације и уређења рударским радовима деградираних предела, у мултиваријабилном амбијенту, своди се на три услова: избора, тачност и довољност фактографије задатог проблема, бројност и адаптивност сагледаних алтернатива, и критичан однос према исходном (компромисном) решењу. Предложени алгоритам је поуздан у примени али не и свемогућ, валидност избора решења рекултивације и уређења деградираних предела функционално је зависна од поштовања наведених услова. То упућује на потребу обазривости при припреми и обради улазних података - од детекције и избора алтернатива до постављања критеријума и генерисања критеријумске метрике, која може бити квалитативно или квантитативно исказана. У оба случаја, а особито код квалитативног исказа, због уплива субјективности актера одлучивања, мора се успоставити системски механизам објективности. Тимски рад је најефикасније решење под условом уједначене и адекватне стручности актера у тиму.

Верификација оваквог приступа и алгоритма процедуралног поступка анализе и доношења управљачких одлука, коришћењем вишеатрибутне математичко-моделске платформе *PROMETHEE*, извршена је на примерима избора рекултивационих решења површинских копова угља Кленовник, Тамнава Западно Поље и Богутово Село у басенима Костолац, Колубара и Угљевик. Исходни резултати потврђују исправност предложеног приступа и валидност алгоритма.

Сазнања из истраживања у оквиру дисертације, отворила су нова питања и иницирала потенцијалне теме даљих истраживања у овој области, пре свега ка одлучивању код избора рекултивационог решења заснованог на мултимоделским анализима са имплементираном фази логиком, али потенцијално интересантан истраживачки правац може бити ка мешовитом целобројном програмирању.

8.0. ЛИТЕРАТУРНИ ИЗВОРИ

1. Агрикола, *De Re Metallica*, 1556.
2. Adams K., Dretas C., Panagopoulos I., Voudouris N., Kourtis A., *Application of Project management principles for the reclamation of old mine sites, the case of Thoricos bay in Lavrion, Greece*, 2005.
3. Bascetin, A., *A decision support system using analytical hierarchy process (AHP) for the optimal environmental reclamation of an open-pit mine*, 2006;
4. Belegundu A. D., Chandrupatla T. R., *Optimization Concepts and Applications in Engineering*, Cambridge University Press, 2nd edition, pg. 478, 2011.
5. Вујић С., *Пројектовање рекултивације и уређење предела површинских копова*, Научна монографија, Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду и Академија инжењерских наука Србије, стр.13-14, слика 1.1, слика 1.2., стр. 61-64; Београд, 2009;
6. Вујић С., *Пројектовање рекултивације и уређење предела површинских копова*, Научна монографија, Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду и Академија инжењерских наука Србије, стр. 61-64, Београд, 2009;
7. Вујић С., *Селективно откопавање и одлагање отквивке у функцији рекултивације површинских копова угља*, Научна Монографија, Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду, Академија инжењерских наука Србије и ЕПС, стр. 82-85, слике, 1.13, 1.14, 1.15, 1.16; стр. 92-93, 96 и слике 1.19, 1.20; стр 97, 98, 101, стр. 22-23, 26-27, слике 2.9, 2.10 и Табела 2.8; 2006, Београд;
8. Вујић С., **Димитријевић**, Б., Николић Ј., Милошевић Д., Макар Н., Марјанац С., *Избор рекултивационог решења површинског копа Кленовник вишеатрибутном анализом: Моделски приступ код избора*, XL SYM-OP-IS 2013, Златибор, 8-12 септембра 2013;
9. Вујић С. и др., *Вишекритеријумски оптимизациони модел просторног планирања система површинских копова техничког камена - увод у проблем*, XXV Symopis, стр. 581-585, Херцег Нови, 1998;
10. Vujić S. i dr., *A location-allocation model of mining facilities planning at strategic level*, Proceedings of the VII International Symposium on Application of Mathematical Methods and Computers in Geology, Mining and Metallurgy, pg. 5-12, Sophia, Bulgaria, 1998;
11. Vujić S., Miljanović I., Maksimović S., Milutinović A., Benović T., Hudej M., **Dimitrijević B.**, Čebašek V., Gajić G., 2010, Optimal dynamic management of exploitation life of the mining machinery: models with undefined interval Journal of Mining Science, ISSN: 1062-7391, Vol. 46, No. 4, July-August 2010, ISSN: 1062-7391, (425-430). Рад у врхунском међународном часопису (M21)
12. Vujić Slobodan, Miljanović Igor, Boševski Stefko, Kasaš Karolj, Milutinović Aleksandar, Gojković Nebojša, Josipović Pejović Milena, **Dimitrijević Bojan**, Gajić Grozdana, Čebašek Vladimir, OPTIMAL DYNAMIC MANAGEMENT OF EXPLOITATION LIFE OF THE MINING MACHINERY: MODELS WITH LIMITED DURATION, Journal of Mining Science

- ISSN: 1062-7391, Vol. 46, No.5, September-October 2010, 554-560, ISSN: 1062-7391. Рад у врхунском међународном часопису (M21)
13. Vujić S., Hudej M. i dr., *Results of the promethee method application in selecting the technological system at the Majdan III open pit mine*, Archives of Mining Sciences, Polish Academy of Sciences, Committee of Mining, Karkow, Issue 4, 2013;
 14. Вујошевић, М., *Методе оптимизације у инжењерском менаџменту*, Академија инжењерских наука Србије и Факултет организационих наука Универзитета у Београду, стр. 161, Београд, 2012;
 15. Vujošević M., *Operativni menadžment: Kvantitativne metode*, Društvo operacionih istraživača Jugoslavije, Beograd, 1997, str. 262,
 16. Gerhard Wiegleb, Birgit Felinks, *Primary succession in the post-mining landscapes of Lower Lusatia - chance or necessity*, Ecological Engineering 17, pg. 199-217, 2001, www.elsevier.com/locate/ecoleng;
 17. Dahmen D. Karcher C., K.-Heinz Richartz, *Optimization of coal output by increasing the steepness of the lignite slope in the rim slopesystem of the Hambach opencast mine*, World of Mining – Surface & Underground 59 No. 1, page 27, 2007, Germany, 8th International Symposium Continuous Surface Mining, September 24 to 27, 2006 at RWTH Aachen, 2007, Germany;
 18. **Димитријевић Б.**, Избор рекултивационог решења површинског копа Тамнава Западно поље вишеатрибутном анализом, 6. Међународна конференција УГАЉ 2013, , стр. 37-42, Југословенски Комитет за површинску експлоатацију Савеза инжењера рударства и геологије Србије, Златибор, 2-5 октобра 2013;
 19. **Димитријевић Б.**, Степановић С.: *Приказ пројектног решења технолошких процеса рекултивације спољашњег одлагалишта површинског копа Дрмно костолачког угљеног басена*, Зборник IV Међународна конференција УГАЉ 2008., стр 40-46, ISBN: 978-867352-193-0, Рударско-геолошки факултет у Београду и Југословенски Комитет за површинску експлоатацију Савеза инжењера рударства и геологије Србије, Београд, 2008;
 20. **Dimitrijevic B.**, Vujić S., Matic I., Marijanac S., Nikolic J., Colakovic V., **МНОГОАТРИБУТНАЈА МОДАЉНАЈА ПОДДЕРЖКА ПРИ ВЫБОРЕ РЕКУЛТИВАЦИЈИ УГОЉНОГО КАРЬЕРА «КЛЕНОВНИК» ВУГОЉНОМ БАСЕЙНЕ «КОСТОЛАЦ»**, Физико – техничке проблеме развојке пољезних ископаемых, ISSN: 0015-3273 / **MULTIATTRIBUTE MODEL SUPPORT IN SELECTING THE LAND RECLAMATION AT THE OPEN PIT MINE «KLENOVNIK» OF THE COAL BASIN «KOSTOLAC»**, Journal of Mining Science, Springer, ISSN: 1062-7391 (print version), ISSN: 1573-8736 (electronic version), Институт горног дела Сибирског оделенија Росийској Академији Наук, Новосибирск Россия. Публикује се у оба часописа. Прихваћен за број 2 ФТПРПИУ 2014. Приложена потврда. Рад у врхунском међународном часопису (M21)
 21. Doumpos M., Zopounidis C., *Multicriteria Decision Aid Classification Methods (Applied Optimization)*, Kluwer Academic Publishers, Netherlands, pg. 268, 2010;
 22. Drebenstedt C., *Active mining: Environmental aspects of mining - Example from lignite extraction, in: Sustainable Mining and Environment - a German-Latin American Perspective*, Breitkreuz C., Drebenstedt C., (eds.), pg. 15-22, Technische Universität Bergakademie Freiberg, Germany;
 23. Ehrgott M., *Multicriteria Optimization, Springer Berlin-Heidelberg*, 2nd edition, pg. 336, 2005;
 24. Институт за архитектуру и урбанизам, *Просторни план подручја експлоатације колубарског лигнитског басена*, Београд, 2013;
 25. Јовићић Весна, *Управљање процесом рекултивације спољашњих одлагалишта површинских копова*, Магистарски рад, Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду, 2013;
 26. Јовићић Влада, *Моделирање основних пословних процеса површинске експлоатације угља*, Магистарски рад, Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду, 2009;

27. Кречевинац, С., Чангаловић, М., Ковачевић-Вујичић, В., Мартић, М., Вујошевић, М., *Операциона истраживања*, Факултет организационих наука Универзитета у Београду, стр. 586, Београд, 2004;
28. Кричак Л., Степановић С., **Димитријевић Б.:** *Идејно решење рекултивације површинских копова и одлагалишта костолачког угљеног басена у функцији дугорочног развоја*, VII Међународна конференција о површинској експлоатацији ОМС 2007, Зборник радова, стр. 119-126., ISBN 86-7352-157-2, Рударско-геолошки факултет у Београду и Југословенски Комитет за површинску експлоатацију Савеза инжењера рударства и геологије Србије, Бања Врујци, 2007;
29. Корпе J. C., Grigorieff A., Costa J. F., *Environmental Reclamation Practice in a Brazilian Coal Mine - An Economical Approach*, Coal 2005. - Operators' Conference Coal, Faculty of Engineering of University of Wollongong & the Australasian Institute of Mining and Metallurgy, pg. 277-282, 2005,
30. Кукрика М., **Димитријевић Б.:** *Предлог методологије за мерење перформанси процеса*, Зборник радова 10. Међународна научна конференција о површинској експлоатацији Opencast Mining Conference - ОМС 2012, стр 167-176, Рударско-геолошки факултет у Београду и Југословенски Комитет за површинску експлоатацију Савеза инжењера рударства и геологије Србије, ISBN 978-88-83497-40-5, Златибор, 2012;
31. Лазић А., *Пројектовање површинских копова са моделирањем система експлоатације*, Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду, стр. 254-255, Београд, 2006;
32. Милошевић Д., Шубарановић Т., **Димитријевић Б.:** *Верификација дисконтинуалног система на угљу Рудника Угљевик*, Прегледни рад, Национални часопис ТЕХНИКА, YU ISSN 0040-2176, UDC: 62(062.2) (497.1) Vol. 1/2007, Београд, 2007;
33. Newman, A., Rubio, E., Caro, R., Weintraub, A., Eureka, K., *A Review of Operations Research in Mine Planning, Interfaces*; Vol. 40, No. 3, pg. 222-245, 2010;
34. Николић И., Боровић С., *Вишекритеријумска оптимизација*, ЦВШ ВЈ - Београд, стр. 996, Београд;
35. Ogricović S., *Optimizacija sistema*, Građevinski fakultet Beograd, str. 422, 1992, Beograd;
36. Оприцовић С., *Вишекритеријумска оптимизација система у грађевинарству*, Грађевински факултет у Београду, стр. 302, стр. 19 и 20; Београд, 1998;
37. Panagoroulos I., Karayannis A., Adamb K., Aravossis K., *Application of risk management techniques for the remediation of an old mining site in Greece*, Waste Management 29 pg. 1739–1746, 2009, www.elsevier.com/locate/vasman;
38. Павловић В., *Рекултивација површинских копова и одлагалишта*, Научна монографија, Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду, Југословенски Комитет за површинску експлоатацију, стр. 1 и Табела 1.1, Београд, 2000;
39. Павловић В., *Системи површинске експлоатације*, Научна монографија, Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду, Југословенски Комитет за површинску експлоатацију, стр. 3-4, Београд, 1998;
40. Павловић В., и др., *Open pit mine spoil dump recultivation design and eco-control model*, 3rd International Conference AMIREG 2009, Athens, Greece, 2009;
41. Павловић В. и сарадници, *Актуелизовани инвестициони програм изградње површинског копа Тамнава-Западно поље*, Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду, Табела 4.3., Београд, 2007;
42. Павловић В. и сарадници, *Допунски Рударски пројекат затварања површинског копа Грачаница-Гацко*, Центар за површинску експлоатацију, Београд, 2005;
43. Павловић В. и сарадници, *Пројекат рекултивације спољашњег одлагалишта на површинском копу Дрмно*, Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду, 2010;

44. Павловић В. и сарадници (...Димитријевић Б.), *Студија и идејни пројекат затварања површинског копа Кленовник*, Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду, слике 1.2 - 1.12; слике 1.18 а, б и 1.19 а, б; слике 1.23 -1.26, слика 5.3; Табела 5.1; 2013, Београд;
45. Павловић В. и сарадници, *Технички пројекат експлоатације откривке и угља на површинском копу Богutowo село Угљевик за период од 2004. до 2008*, слике 4.6-4.9, Табела 5.22, Центар за површинску експлоатацију, Београд, 2004;
46. Pavloudaki F., Galetakis M., Roumpos Ch., *A spatial decision support system for the optimal environmental reclamation of open-pit coal mines in Greece*, International Environmental Modelling and Software Society (IEMSs), 2008;
47. Петрић Ј., *Нелинеарно програмирање*, Научна књига, Београд, 1979;
48. Petrić J. i dr., *Metode planiranja u SOUR*, Научна књига, Београд, 1982;
49. René Krawczynski, *Succession of Collembola in the the post-mining landscapes of Lower Lusatia*, Doctoral disertation, Technical University of Cottbus, 2006;
50. Sage A., P., Armstrong J. E., *Introduction to Systems Engineering*, Wiley-Interscience, 1st edition, pg 568, 2000;
51. Sklenicka P., Prikry I., Svoboda I., and Lhota T., *Non-productive principles of landscap rehabilitation after long term opencast mining in North-West Bohemia*, The Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy, March 2004;
52. Schulz D., *Recultivation of mining waste dumps in the Ruhr area, Germany*, Water, Air, Soil Pollution, pg. 91, (1/2)+89-98, 1996;
53. Tajdus A., Koziol W., Kawalec P., *Present state and prospects of lignite extraction in Poland*, World of Mining - Surface & Underground 59 (2007) No. 1, pages 36, The 8th International Symposium Continuous Surface Mining, September 24 to 27, 2006 at RWTH Aachen, Germany;
54. The Lusatian Lignite Mining Region, *Research network minesite recultivation*, Newsletter No. 2 July 1997, Germany;
55. Filiz Torpak, *Mine reclamation financial bonding and regulation*, Master Thesis, Department of Mining of The Graduate School of Natural and Applied Sciences of Middle east Technical University;
56. Čuprić M., Tumala Rao, V.M., *Savremeno odlučivanje: metode i primena*, Научна књига, str. 421;71; 421, Београд, 1991;
57. Шубарановић Т., Петровић Б., **Димитријевић Б.**, *Рекултивација Западног спољашњег одлагалишта на површинском копу угља Грачаница-Гацко*, Зборник радова са Интегрисаног међународног симпозијума TIORIR 11, Књига 1, стр. 493-499, ISBN: 978-86-7352-257-9, Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду, Златибор, 2011;
58. Whitbread-Abrutat P., *A Radical approach to post-mining regeneration – case studies from cornwall*, UK, International Conference Sustainable Post-mining Land Management, Poland, 2005;
59. **Dimitrijević, B.**, Miljanović I.: A selection of land reclamation solution at the "Bogutowo село"-Ugljevik open pit mine by multi-attribute analysis, Bulletin of Mines, Mining Institute, Belgrade, ISSN 0035-9637, UDK 622, 2013, (1-5). Прихваћен, јунски број 2014, приложена потврда.

ПРИЛОЗИ

Прилог 1:

ВИШЕКРИТЕРИЈУМСКА АНАЛИЗА ИЗБОРА РЕКУЛТИВАЦИОНОГ РЕШЕЊА ЕКСПЛОАТАЦИОНОГ ПОЉА ПОВРШИНСКОГ КОПА КЛЕНОВНИК

КОРАК 1: Квантификована иницијална матрица одлучивања

Табела I-1

Алтернативе	КРИТЕРИЈУМИ										
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11
a ₁	10	7	14	2	9	6	4	4	8	90	8.5
a ₂	15	4	8.5	4	9	8.5	6	6	8	75	10
a ₃	17	5	12	5.5	9	8.5	7	5	8	85	10
a ₄	25	4	11	8	9	6	8.5	7	8	97	8
a ₅	14	7	12	3	10	9	7.5	5.5	8	87	9
a ₆	27	7	14	7	8	4	9	6.5	15	85	5
a ₇	32	4	12	8	9.5	9.5	10	7	15	94	7
a ₈	25	4	12	8.5	9	8.5	9.5	6	12	100	8
a ₉	37	4	12	8.5	9	10	10	8	12	100	9
a ₁₀	2	1.5	20	0.01	2	2	0.5	0.5	1.5	100	0.5
Типкритер.	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Тежина	0.7	0.6	0.6	0.8	0.5	0.9	0.3	0.3	0.6	0.1	0.85
Екстрем	max	max	min	min	max	max	min	min	min	max	max

КОРАК 2: Одређивање функција преференције

Табела I-2

k₁ - тип I (min):

a ₁ , a _s	$x = k_1(a_1) - k_1(a_s)$	P ₁ (a ₁ , a _s)
s = 2	$x = 10 - 15 = -5$	1
s = 3	$x = 10 - 17 = -7$	1
s = 4	$x = 10 - 25 = -15$	1
s = 5	$x = 10 - 14 = -4$	1
s = 6	$x = 10 - 27 = -17$	1
s = 7	$x = 10 - 32 = -22$	1
s = 8	$x = 10 - 25 = -15$	1
s = 9	$x = 10 - 37 = -27$	1
s = 10	$x = 10 - 2 = 8$	0
a ₂ , a _s	$x = k_1(a_2) - k_1(a_s)$	P ₁ (a ₂ , a _s)
s = 1	$x = 15 - 10 = 5$	0
s = 3	$x = 15 - 17 = -2$	1
s = 4	$x = 15 - 25 = -10$	1
s = 5	$x = 15 - 14 = 1$	0
s = 6	$x = 15 - 27 = -12$	1
s = 7	$x = 15 - 32 = -17$	1
s = 8	$x = 15 - 25 = -10$	1
s = 9	$x = 15 - 37 = -22$	1
s = 10	$x = 15 - 2 = 13$	0
a ₃ , a _s	$x = k_1(a_3) - k_1(a_s)$	P ₁ (a ₃ , a _s)
s = 1	$x = 17 - 10 = 7$	0
s = 2	$x = 17 - 15 = 2$	0
s = 4	$x = 17 - 25 = -8$	1
s = 5	$x = 17 - 14 = 3$	0

s = 6	$x = 17 - 27 = -10$	1
s = 7	$x = 17 - 32 = -15$	1
s = 8	$x = 17 - 25 = -8$	1
s = 9	$x = 17 - 37 = -20$	1
s = 10	$x = 17 - 2 = 15$	0
a_4, a_s	$x = k_1(a_4) - k_1(a_s)$	$P_1(a_4, a_s)$
s = 1	$x = 25 - 10 = 15$	0
s = 2	$x = 25 - 15 = 10$	0
s = 3	$x = 25 - 17 = 8$	0
s = 5	$x = 25 - 14 = 11$	0
s = 6	$x = 25 - 27 = -2$	1
s = 7	$x = 25 - 32 = -7$	1
s = 8	$x = 25 - 25 = 0$	0
s = 9	$x = 25 - 37 = -12$	1
s = 10	$x = 25 - 2 = 23$	0
a_5, a_s	$x = k_1(a_5) - k_1(a_s)$	$P_1(a_5, a_s)$
s = 1	$x = 14 - 10 = 4$	0
s = 2	$x = 14 - 15 = -1$	1
s = 3	$x = 14 - 17 = -3$	1
s = 4	$x = 14 - 25 = -11$	1
s = 6	$x = 14 - 27 = -13$	1
s = 7	$x = 14 - 32 = -18$	1
s = 8	$x = 14 - 25 = -11$	1
s = 9	$x = 14 - 37 = -23$	1
s = 10	$x = 14 - 2 = 12$	0
a_6, a_s	$x = k_1(a_6) - k_1(a_s)$	$P_1(a_6, a_s)$
s = 1	$x = 27 - 10 = 17$	0
s = 2	$x = 27 - 15 = 12$	0
s = 3	$x = 27 - 17 = 10$	0
s = 4	$x = 27 - 25 = 2$	0
s = 5	$x = 27 - 14 = 13$	0
s = 7	$x = 27 - 32 = -5$	1
s = 8	$x = 27 - 25 = 2$	0
s = 9	$x = 27 - 37 = -10$	1
s = 10	$x = 27 - 2 = 25$	0
a_7, a_s	$x = k_1(a_7) - k_1(a_s)$	$P_1(a_7, a_s)$
s = 1	$x = 32 - 10 = 22$	0
s = 2	$x = 32 - 15 = 17$	0
s = 3	$x = 32 - 17 = 15$	0
s = 4	$x = 32 - 25 = 7$	0
s = 5	$x = 32 - 14 = 18$	0
s = 6	$x = 32 - 27 = 5$	0
s = 8	$x = 32 - 25 = 7$	0
s = 9	$x = 32 - 37 = -5$	1
s = 10	$x = 32 - 2 = 30$	0
a_8, a_s	$x = k_1(a_8) - k_1(a_s)$	$P_1(a_8, a_s)$
s = 1	$x = 25 - 10 = 15$	0
s = 2	$x = 25 - 15 = 10$	0
s = 3	$x = 25 - 17 = 8$	0
s = 4	$x = 25 - 25 = 0$	0
s = 5	$x = 25 - 14 = 11$	0
s = 6	$x = 25 - 27 = -2$	1
s = 7	$x = 25 - 32 = -7$	1
s = 9	$x = 25 - 37 = -12$	1

s = 10	$x = 25 - 2 = 23$	0
a_9, a_s	$x = k_1(a_9) - k_1(a_s)$	$P_1(a_9, a_s)$
s = 1	$x = 37 - 10 = 27$	0
s = 2	$x = 37 - 15 = 22$	0
s = 3	$x = 37 - 17 = 20$	0
s = 4	$x = 37 - 25 = 12$	0
s = 5	$x = 37 - 14 = 23$	0
s = 6	$x = 37 - 27 = 10$	0
s = 7	$x = 37 - 32 = 5$	0
s = 8	$x = 37 - 25 = 12$	0
s = 10	$x = 37 - 2 = 35$	0
a_{10}, a_s	$x = k_1(a_{10}) - k_1(a_s)$	$P_1(a_{10}, a_s)$
s = 1	$x = 2 - 10 = -8$	1
s = 2	$x = 2 - 15 = -13$	1
s = 3	$x = 2 - 17 = -15$	1
s = 4	$x = 2 - 25 = -23$	1
s = 5	$x = 2 - 14 = -12$	1
s = 6	$x = 2 - 27 = -25$	1
s = 7	$x = 2 - 32 = -30$	1
s = 8	$x = 2 - 25 = -23$	1
s = 9	$x = 2 - 37 = -35$	1

k_2 - тип I (max):

a_1, a_s	$x = k_2(a_1) - k_2(a_s)$	$P_2(a_1, a_s)$
s = 2	$x = 7 - 4 = 3$	1
s = 3	$x = 7 - 5 = 2$	1
s = 4	$x = 7 - 4 = 3$	1
s = 5	$x = 7 - 7 = 0$	0
s = 6	$x = 7 - 7 = 0$	0
s = 7	$x = 7 - 4 = 3$	1
s = 8	$x = 7 - 4 = 3$	1
s = 9	$x = 7 - 4 = 3$	1
s = 10	$x = 7 - 1.5 = 5.5$	1
a_2, a_s	$x = k_2(a_2) - k_2(a_s)$	$P_2(a_2, a_s)$
s = 1	$x = 4 - 7 = -3$	0
s = 3	$x = 4 - 5 = -1$	0
s = 4	$x = 4 - 4 = 0$	0
s = 5	$x = 4 - 7 = -3$	0
s = 6	$x = 4 - 7 = -3$	0
s = 7	$x = 4 - 4 = 0$	0
s = 8	$x = 4 - 4 = 0$	0
s = 9	$x = 4 - 4 = 0$	0
s = 10	$x = 4 - 1.5 = 2.5$	1
a_3, a_s	$x = k_2(a_3) - k_2(a_s)$	$P_2(a_3, a_s)$
s = 1	$x = 5 - 7 = -2$	0
s = 2	$x = 5 - 4 = 1$	1
s = 4	$x = 5 - 4 = 1$	1
s = 5	$x = 5 - 7 = -2$	0
s = 6	$x = 5 - 7 = -2$	0
s = 7	$x = 5 - 4 = 1$	1
s = 8	$x = 5 - 4 = 1$	1
s = 9	$x = 5 - 4 = 1$	1
s = 10	$x = 5 - 1.5 = 3.5$	1
a_4, a_s	$x = k_2(a_4) - k_2(a_s)$	$P_2(a_4, a_s)$
s = 1	$x = 4 - 7 = -3$	0

s = 2	$x = 4 - 4 = 0$	0
s = 3	$x = 4 - 5 = -1$	0
s = 5	$x = 4 - 7 = -3$	0
s = 6	$x = 4 - 7 = -3$	0
s = 7	$x = 4 - 4 = 0$	0
s = 8	$x = 4 - 4 = 0$	0
s = 9	$x = 4 - 4 = 0$	0
s = 10	$x = 4 - 1.5 = 2.5$	1
a_5, a_s	$x = k_2(a_5) - k_2(a_s)$	$P_2(a_5, a_s)$
s = 1	$x = 7 - 7 = 0$	0
s = 2	$x = 7 - 4 = 3$	1
s = 3	$x = 7 - 5 = 2$	1
s = 4	$x = 7 - 4 = 3$	1
s = 6	$x = 7 - 7 = 0$	0
s = 7	$x = 7 - 4 = 3$	1
s = 8	$x = 7 - 4 = 3$	1
s = 9	$x = 7 - 4 = 3$	1
s = 10	$x = 7 - 1.5 = 5.5$	1
a_6, a_s	$x = k_2(a_6) - k_2(a_s)$	$P_2(a_6, a_s)$
s = 1	$x = 7 - 7 = 0$	0
s = 2	$x = 7 - 4 = 3$	1
s = 3	$x = 7 - 5 = 2$	1
s = 4	$x = 7 - 4 = 3$	1
s = 5	$x = 7 - 7 = 0$	0
s = 7	$x = 7 - 4 = 3$	1
s = 8	$x = 7 - 4 = 3$	1
s = 9	$x = 7 - 4 = 3$	1
s = 10	$x = 7 - 1.5 = 5.5$	1
a_7, a_s	$x = k_2(a_7) - k_2(a_s)$	$P_2(a_7, a_s)$
s = 1	$x = 4 - 7 = -3$	0
s = 2	$x = 4 - 4 = 0$	0
s = 3	$x = 4 - 5 = -1$	0
s = 4	$x = 4 - 4 = 0$	0
s = 5	$x = 4 - 7 = -3$	0
s = 6	$x = 4 - 7 = -3$	0
s = 8	$x = 4 - 4 = 0$	0
s = 9	$x = 4 - 4 = 0$	0
s = 10	$x = 4 - 1.5 = 2.5$	1
a_8, a_s	$x = k_2(a_8) - k_2(a_s)$	$P_2(a_8, a_s)$
s = 1	$x = 4 - 7 = -3$	0
s = 2	$x = 4 - 4 = 0$	0
s = 3	$x = 4 - 5 = -1$	0
s = 4	$x = 4 - 4 = 0$	0
s = 5	$x = 4 - 7 = -3$	0
s = 6	$x = 4 - 7 = -3$	0
s = 7	$x = 4 - 4 = 0$	0
s = 9	$x = 4 - 4 = 0$	0
s = 10	$x = 4 - 1.5 = 2.5$	1
a_9, a_s	$x = k_2(a_9) - k_2(a_s)$	$P_2(a_9, a_s)$
s = 1	$x = 4 - 7 = -3$	0
s = 2	$x = 4 - 4 = 0$	0
s = 3	$x = 4 - 5 = -1$	0
s = 4	$x = 4 - 4 = 0$	0
s = 5	$x = 4 - 7 = -3$	0

s = 6	$x = 4 - 7 = -3$	0
s = 7	$x = 4 - 4 = 0$	0
s = 8	$x = 4 - 4 = 0$	0
s = 10	$x = 4 - 1.5 = 2.5$	1
a_{10}, a_s	$x = k_2(a_{10}) - k_2(a_s)$	$P_2(a_{10}, a_s)$
s = 1	$x = 1.5 - 7 = -5.5$	0
s = 2	$x = 1.5 - 4 = -2.5$	0
s = 3	$x = 1.5 - 5 = -3.5$	0
s = 4	$x = 1.5 - 4 = -2.5$	0
s = 5	$x = 1.5 - 7 = -5.5$	0
s = 6	$x = 1.5 - 7 = -5.5$	0
s = 7	$x = 1.5 - 4 = -2.5$	0
s = 8	$x = 1.5 - 4 = -2.5$	0
s = 9	$x = 1.5 - 4 = -2.5$	0

k_3 - тип I (min):

a_1, a_s	$x = k_3(a_1) - k_3(a_s)$	$P_3(a_1, a_s)$
s = 2	$x = 14 - 8.5 = 5.5$	0
s = 3	$x = 14 - 12 = 2$	0
s = 4	$x = 14 - 11 = 3$	0
s = 5	$x = 14 - 12 = 2$	0
s = 6	$x = 14 - 14 = 0$	0
s = 7	$x = 14 - 12 = 2$	0
s = 8	$x = 14 - 12 = 2$	0
s = 9	$x = 14 - 12 = 2$	0
s = 10	$x = 14 - 20 = -6$	1
a_2, a_s	$x = k_3(a_2) - k_3(a_s)$	$P_3(a_2, a_s)$
s = 1	$x = 8.5 - 14 = -5.5$	1
s = 3	$x = 8.5 - 12 = -3.5$	1
s = 4	$x = 8.5 - 11 = -2.5$	1
s = 5	$x = 8.5 - 12 = -3.5$	1
s = 6	$x = 8.5 - 14 = -5.5$	1
s = 7	$x = 8.5 - 12 = -3.5$	1
s = 8	$x = 8.5 - 12 = -3.5$	1
s = 9	$x = 8.5 - 12 = -3.5$	1
s = 10	$x = 8.5 - 20 = -11.5$	1
a_3, a_s	$x = k_3(a_3) - k_3(a_s)$	$P_3(a_3, a_s)$
s = 1	$x = 12 - 14 = -2$	1
s = 2	$x = 12 - 8.5 = 3.5$	0
s = 4	$x = 12 - 11 = 1$	0
s = 5	$x = 12 - 12 = 0$	0
s = 6	$x = 12 - 14 = -2$	1
s = 7	$x = 12 - 12 = 0$	0
s = 8	$x = 12 - 12 = 0$	0
s = 9	$x = 12 - 12 = 0$	0
s = 10	$x = 12 - 20 = -8$	1
a_4, a_s	$x = k_3(a_4) - k_3(a_s)$	$P_3(a_4, a_s)$
s = 1	$x = 11 - 14 = -3$	1
s = 2	$x = 11 - 8.5 = 2.5$	0
s = 3	$x = 11 - 12 = -1$	1
s = 5	$x = 11 - 12 = -1$	1
s = 6	$x = 11 - 14 = -3$	1
s = 7	$x = 11 - 12 = -1$	1
s = 8	$x = 11 - 12 = -1$	1
s = 9	$x = 11 - 12 = -1$	1

s = 10	$x = 11 - 20 = -9$	1
a_5, a_s	$x = k_3(a_5) - k_3(a_s)$	$P_3(a_5, a_s)$
s = 1	$x = 12 - 14 = -2$	1
s = 2	$x = 12 - 8.5 = 3.5$	0
s = 3	$x = 12 - 12 = 0$	0
s = 4	$x = 12 - 11 = 1$	0
s = 6	$x = 12 - 14 = -2$	1
s = 7	$x = 12 - 12 = 0$	0
s = 8	$x = 12 - 12 = 0$	0
s = 9	$x = 12 - 12 = 0$	0
s = 10	$x = 12 - 20 = -8$	1
a_6, a_s	$x = k_3(a_6) - k_3(a_s)$	$P_3(a_6, a_s)$
s = 1	$x = 14 - 14 = 0$	0
s = 2	$x = 14 - 8.5 = 5.5$	0
s = 3	$x = 14 - 12 = 2$	0
s = 4	$x = 14 - 11 = 3$	0
s = 5	$x = 14 - 12 = 2$	0
s = 7	$x = 14 - 12 = 2$	0
s = 8	$x = 14 - 12 = 2$	0
s = 9	$x = 14 - 12 = 2$	0
s = 10	$x = 14 - 20 = -6$	1
a_7, a_s	$x = k_3(a_7) - k_3(a_s)$	$P_3(a_7, a_s)$
s = 1	$x = 12 - 14 = -2$	1
s = 2	$x = 12 - 8.5 = 3.5$	0
s = 3	$x = 12 - 12 = 0$	0
s = 4	$x = 12 - 11 = 1$	0
s = 5	$x = 12 - 12 = 0$	0
s = 6	$x = 12 - 14 = -2$	1
s = 8	$x = 12 - 12 = 0$	0
s = 9	$x = 12 - 12 = 0$	0
s = 10	$x = 12 - 20 = -8$	1
a_8, a_s	$x = k_3(a_8) - k_3(a_s)$	$P_3(a_8, a_s)$
s = 1	$x = 12 - 14 = -2$	1
s = 2	$x = 12 - 8.5 = 3.5$	0
s = 3	$x = 12 - 12 = 0$	0
s = 4	$x = 12 - 11 = 1$	0
s = 5	$x = 12 - 12 = 0$	0
s = 6	$x = 12 - 14 = -2$	1
s = 7	$x = 12 - 12 = 0$	0
s = 9	$x = 12 - 12 = 0$	0
s = 10	$x = 12 - 20 = -8$	1
a_9, a_s	$x = k_3(a_9) - k_3(a_s)$	$P_3(a_9, a_s)$
s = 1	$x = 12 - 14 = -2$	1
s = 2	$x = 12 - 8.5 = 3.5$	0
s = 3	$x = 12 - 12 = 0$	0
s = 4	$x = 12 - 11 = 1$	0
s = 5	$x = 12 - 12 = 0$	0
s = 6	$x = 12 - 14 = -2$	1
s = 7	$x = 12 - 12 = 0$	0
s = 8	$x = 12 - 12 = 0$	0
s = 10	$x = 12 - 20 = -8$	1
a_{10}, a_s	$x = k_3(a_{10}) - k_3(a_s)$	$P_3(a_{10}, a_s)$
s = 1	$x = 20 - 14 = 6$	0
s = 2	$x = 20 - 8.5 = 11.5$	0

s = 3	$x = 20 - 12 = 8$	0
s = 4	$x = 20 - 11 = 9$	0
s = 5	$x = 20 - 12 = 8$	0
s = 6	$x = 20 - 14 = 6$	0
s = 7	$x = 20 - 12 = 8$	0
s = 8	$x = 20 - 12 = 8$	0
s = 9	$x = 20 - 12 = 8$	0

k₄ - tip I (min):

a ₁ , a _s	$x = k_4(a_1) - k_4(a_s)$	P ₄ (a ₁ , a _s)
s = 2	$x = 2 - 4 = -2$	1
s = 3	$x = 2 - 5.5 = -3.5$	1
s = 4	$x = 2 - 8 = -6$	1
s = 5	$x = 2 - 3 = -1$	1
s = 6	$x = 2 - 7 = -5$	1
s = 7	$x = 2 - 8 = -6$	1
s = 8	$x = 2 - 8.5 = -6.5$	1
s = 9	$x = 2 - 8.5 = -6.5$	1
s = 10	$x = 2 - 0.01 = 1.99$	0
a ₂ , a _s	$x = k_4(a_2) - k_4(a_s)$	P ₄ (a ₂ , a _s)
s = 1	$x = 4 - 2 = 2$	0
s = 3	$x = 4 - 5.5 = -1.5$	1
s = 4	$x = 4 - 8 = -4$	1
s = 5	$x = 4 - 3 = 1$	0
s = 6	$x = 4 - 7 = -3$	1
s = 7	$x = 4 - 8 = -4$	1
s = 8	$x = 4 - 8.5 = -4.5$	1
s = 9	$x = 4 - 8.5 = -4.5$	1
s = 10	$x = 4 - 0.01 = 3.99$	0
a ₃ , a _s	$x = k_4(a_3) - k_4(a_s)$	P ₄ (a ₃ , a _s)
s = 1	$x = 5.5 - 2 = 3.5$	0
s = 2	$x = 5.5 - 4 = 1.5$	0
s = 4	$x = 5.5 - 8 = -2.5$	1
s = 5	$x = 5.5 - 3 = 2.5$	0
s = 6	$x = 5.5 - 7 = -1.5$	1
s = 7	$x = 5.5 - 8 = -2.5$	1
s = 8	$x = 5.5 - 8.5 = -3$	1
s = 9	$x = 5.5 - 8.5 = -3$	1
s = 10	$x = 5.5 - 0.01 = 5.49$	0
a ₄ , a _s	$x = k_4(a_4) - k_4(a_s)$	P ₄ (a ₄ , a _s)
s = 1	$x = 8 - 2 = 6$	0
s = 2	$x = 8 - 4 = 4$	0
s = 3	$x = 8 - 5.5 = 2.5$	0
s = 5	$x = 8 - 3 = 5$	0
s = 6	$x = 8 - 7 = 1$	0
s = 7	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 8	$x = 8 - 8.5 = -0.5$	1
s = 9	$x = 8 - 8.5 = -0.5$	1
s = 10	$x = 8 - 0.01 = 7.99$	0
a ₅ , a _s	$x = k_4(a_5) - k_4(a_s)$	P ₄ (a ₅ , a _s)
s = 1	$x = 3 - 2 = 1$	0
s = 2	$x = 3 - 4 = -1$	1
s = 3	$x = 3 - 5.5 = -2.5$	1
s = 4	$x = 3 - 8 = -5$	1
s = 6	$x = 3 - 7 = -4$	1

s = 7	$x = 3 - 8 = -5$	1
s = 8	$x = 3 - 8.5 = -5.5$	1
s = 9	$x = 3 - 8.5 = -5.5$	1
s = 10	$x = 3 - 0.01 = 2.99$	0
a_6, a_s	$x = k_4(a_6) - k_4(a_s)$	$P_4(a_6, a_s)$
s = 1	$x = 7 - 2 = 5$	0
s = 2	$x = 7 - 4 = 3$	0
s = 3	$x = 7 - 5.5 = 1.5$	0
s = 4	$x = 7 - 8 = -1$	1
s = 5	$x = 7 - 3 = 4$	0
s = 7	$x = 7 - 8 = -1$	1
s = 8	$x = 7 - 8.5 = -1.5$	1
s = 9	$x = 7 - 8.5 = -1.5$	1
s = 10	$x = 7 - 0.01 = 6.99$	0
a_7, a_s	$x = k_4(a_7) - k_4(a_s)$	$P_4(a_7, a_s)$
s = 1	$x = 8 - 2 = 6$	0
s = 2	$x = 8 - 4 = 4$	0
s = 3	$x = 8 - 5.5 = 2.5$	0
s = 4	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 5	$x = 8 - 3 = 5$	0
s = 6	$x = 8 - 7 = 1$	0
s = 8	$x = 8 - 8.5 = -0.5$	1
s = 9	$x = 8 - 8.5 = -0.5$	1
s = 10	$x = 8 - 0.01 = 7.99$	0
a_8, a_s	$x = k_4(a_8) - k_4(a_s)$	$P_4(a_8, a_s)$
s = 1	$x = 8.5 - 2 = 6.5$	0
s = 2	$x = 8.5 - 4 = 4.5$	0
s = 3	$x = 8.5 - 5.5 = 3$	0
s = 4	$x = 8.5 - 8 = 0.5$	0
s = 5	$x = 8.5 - 3 = 5.5$	0
s = 6	$x = 8.5 - 7 = 1.5$	0
s = 7	$x = 8.5 - 8 = 0.5$	0
s = 9	$x = 8.5 - 8.5 = 0$	0
s = 10	$x = 8.5 - 0.01 = 8.49$	0
a_9, a_s	$x = k_4(a_9) - k_4(a_s)$	$P_4(a_9, a_s)$
s = 1	$x = 8.5 - 2 = 6.5$	0
s = 2	$x = 8.5 - 4 = 4.5$	0
s = 3	$x = 8.5 - 5.5 = 3$	0
s = 4	$x = 8.5 - 8 = 0.5$	0
s = 5	$x = 8.5 - 3 = 5.5$	0
s = 6	$x = 8.5 - 7 = 1.5$	0
s = 7	$x = 8.5 - 8 = 0.5$	0
s = 8	$x = 8.5 - 8.5 = 0$	0
s = 10	$x = 8.5 - 0.01 = 8.49$	0
a_{10}, a_s	$x = k_4(a_{10}) - k_4(a_s)$	$P_4(a_{10}, a_s)$
s = 1	$x = 0.01 - 2 = -1.99$	1
s = 2	$x = 0.01 - 4 = -3.99$	1
s = 3	$x = 0.01 - 5.5 = -5.49$	1
s = 4	$x = 0.01 - 8 = -7.99$	1
s = 5	$x = 0.01 - 3 = -2.99$	1
s = 6	$x = 0.01 - 7 = -6.99$	1
s = 7	$x = 0.01 - 8 = -7.99$	1
s = 8	$x = 0.01 - 8.5 = -8.49$	1
s = 9	$x = 0.01 - 8.5 = -8.49$	1

k_5 - tip 1 (max):

a_1, a_5	$x = k_5(a_1) - k_5(a_5)$	$P_5(a_1, a_5)$
s = 2	$x = 9 - 9 = 0$	0
s = 3	$x = 9 - 9 = 0$	0
s = 4	$x = 9 - 9 = 0$	0
s = 5	$x = 9 - 10 = -1$	0
s = 6	$x = 9 - 8 = 1$	1
s = 7	$x = 9 - 9.5 = -0.5$	0
s = 8	$x = 9 - 9 = 0$	0
s = 9	$x = 9 - 9 = 0$	0
s = 10	$x = 9 - 2 = 7$	1
a_2, a_5	$x = k_5(a_2) - k_5(a_5)$	$P_5(a_2, a_5)$
s = 1	$x = 9 - 9 = 0$	0
s = 3	$x = 9 - 9 = 0$	0
s = 4	$x = 9 - 9 = 0$	0
s = 5	$x = 9 - 10 = -1$	0
s = 6	$x = 9 - 8 = 1$	1
s = 7	$x = 9 - 9.5 = -0.5$	0
s = 8	$x = 9 - 9 = 0$	0
s = 9	$x = 9 - 9 = 0$	0
s = 10	$x = 9 - 2 = 7$	1
a_3, a_5	$x = k_5(a_3) - k_5(a_5)$	$P_5(a_3, a_5)$
s = 1	$x = 9 - 9 = 0$	0
s = 2	$x = 9 - 9 = 0$	0
s = 4	$x = 9 - 9 = 0$	0
s = 5	$x = 9 - 10 = -1$	0
s = 6	$x = 9 - 8 = 1$	1
s = 7	$x = 9 - 9.5 = -0.5$	0
s = 8	$x = 9 - 9 = 0$	0
s = 9	$x = 9 - 9 = 0$	0
s = 10	$x = 9 - 2 = 7$	1
a_4, a_5	$x = k_5(a_4) - k_5(a_5)$	$P_5(a_4, a_5)$
s = 1	$x = 9 - 9 = 0$	0
s = 2	$x = 9 - 9 = 0$	0
s = 3	$x = 9 - 9 = 0$	0
s = 5	$x = 9 - 10 = -1$	0
s = 6	$x = 9 - 8 = 1$	1
s = 7	$x = 9 - 9.5 = -0.5$	0
s = 8	$x = 9 - 9 = 0$	0
s = 9	$x = 9 - 9 = 0$	0
s = 10	$x = 9 - 2 = 7$	1
a_5, a_5	$x = k_5(a_5) - k_5(a_5)$	$P_5(a_5, a_5)$
s = 1	$x = 10 - 9 = 1$	1
s = 2	$x = 10 - 9 = 1$	1
s = 3	$x = 10 - 9 = 1$	1
s = 4	$x = 10 - 9 = 1$	1
s = 6	$x = 10 - 8 = 2$	1
s = 7	$x = 10 - 9.5 = 0.5$	1
s = 8	$x = 10 - 9 = 1$	1
s = 9	$x = 10 - 9 = 1$	1
s = 10	$x = 10 - 2 = 8$	1
a_6, a_5	$x = k_5(a_6) - k_5(a_5)$	$P_5(a_6, a_5)$
s = 1	$x = 8 - 9 = -1$	0
s = 2	$x = 8 - 9 = -1$	0
s = 3	$x = 8 - 9 = -1$	0

s = 4	$x = 8 - 9 = -1$	0
s = 5	$x = 8 - 10 = -2$	0
s = 7	$x = 8 - 9.5 = -1.5$	0
s = 8	$x = 8 - 9 = -1$	0
s = 9	$x = 8 - 9 = -1$	0
s = 10	$x = 8 - 2 = 6$	1
a_7, a_s	$x = k_5(a_7) - k_5(a_s)$	$P_5(a_7, a_s)$
s = 1	$x = 9.5 - 9 = 0.5$	1
s = 2	$x = 9.5 - 9 = 0.5$	1
s = 3	$x = 9.5 - 9 = 0.5$	1
s = 4	$x = 9.5 - 9 = 0.5$	1
s = 5	$x = 9.5 - 10 = -0.5$	0
s = 6	$x = 9.5 - 8 = 1.5$	1
s = 8	$x = 9.5 - 9 = 0.5$	1
s = 9	$x = 9.5 - 9 = 0.5$	1
s = 10	$x = 9.5 - 2 = 7.5$	1
a_8, a_s	$x = k_5(a_8) - k_5(a_s)$	$P_5(a_8, a_s)$
s = 1	$x = 9 - 9 = 0$	0
s = 2	$x = 9 - 9 = 0$	0
s = 3	$x = 9 - 9 = 0$	0
s = 4	$x = 9 - 9 = 0$	0
s = 5	$x = 9 - 10 = -1$	0
s = 6	$x = 9 - 8 = 1$	1
s = 7	$x = 9 - 9.5 = -0.5$	0
s = 9	$x = 9 - 9 = 0$	0
s = 10	$x = 9 - 2 = 7$	1
a_9, a_s	$x = k_5(a_9) - k_5(a_s)$	$P_5(a_9, a_s)$
s = 1	$x = 9 - 9 = 0$	0
s = 2	$x = 9 - 9 = 0$	0
s = 3	$x = 9 - 9 = 0$	0
s = 4	$x = 9 - 9 = 0$	0
s = 5	$x = 9 - 10 = -1$	0
s = 6	$x = 9 - 8 = 1$	1
s = 7	$x = 9 - 9.5 = -0.5$	0
s = 8	$x = 9 - 9 = 0$	0
s = 10	$x = 9 - 2 = 7$	1
a_{10}, a_s	$x = k_5(a_{10}) - k_5(a_s)$	$P_5(a_{10}, a_s)$
s = 1	$x = 2 - 9 = -7$	0
s = 2	$x = 2 - 9 = -7$	0
s = 3	$x = 2 - 9 = -7$	0
s = 4	$x = 2 - 9 = -7$	0
s = 5	$x = 2 - 10 = -8$	0
s = 6	$x = 2 - 8 = -6$	0
s = 7	$x = 2 - 9.5 = -7.5$	0
s = 8	$x = 2 - 9 = -7$	0
s = 9	$x = 2 - 9 = -7$	0

k_6 - tip I (max):

a_1, a_s	$x = k_6(a_1) - k_6(a_s)$	$P_6(a_1, a_s)$
s = 2	$x = 6 - 8.5 = -2.5$	0
s = 3	$x = 6 - 8.5 = -2.5$	0
s = 4	$x = 6 - 6 = 0$	0
s = 5	$x = 6 - 9 = -3$	0
s = 6	$x = 6 - 4 = 2$	1
s = 7	$x = 6 - 9.5 = -3.5$	0

s = 8	$x = 6 - 8.5 = -2.5$	0
s = 9	$x = 6 - 10 = -4$	0
s = 10	$x = 6 - 2 = 4$	1
a_2, a_s	$x = k_6(a_2) - k_6(a_s)$	$P_6(a_2, a_s)$
s = 1	$x = 8.5 - 6 = 2.5$	1
s = 3	$x = 8.5 - 8.5 = 0$	0
s = 4	$x = 8.5 - 6 = 2.5$	1
s = 5	$x = 8.5 - 9 = -0.5$	0
s = 6	$x = 8.5 - 4 = 4.5$	1
s = 7	$x = 8.5 - 9.5 = -1$	0
s = 8	$x = 8.5 - 8.5 = 0$	0
s = 9	$x = 8.5 - 10 = -1.5$	0
s = 10	$x = 8.5 - 2 = 6.5$	1
a_3, a_s	$x = k_6(a_3) - k_6(a_s)$	$P_6(a_3, a_s)$
s = 1	$x = 8.5 - 6 = 2.5$	1
s = 2	$x = 8.5 - 8.5 = 0$	0
s = 4	$x = 8.5 - 6 = 2.5$	1
s = 5	$x = 8.5 - 9 = -0.5$	0
s = 6	$x = 8.5 - 4 = 4.5$	1
s = 7	$x = 8.5 - 9.5 = -1$	0
s = 8	$x = 8.5 - 8.5 = 0$	0
s = 9	$x = 8.5 - 10 = -1.5$	0
s = 10	$x = 8.5 - 2 = 6.5$	1
a_4, a_s	$x = k_6(a_4) - k_6(a_s)$	$P_6(a_4, a_s)$
s = 1	$x = 6 - 6 = 0$	0
s = 2	$x = 6 - 8.5 = -2.5$	0
s = 3	$x = 6 - 8.5 = -2.5$	0
s = 5	$x = 6 - 9 = -3$	0
s = 6	$x = 6 - 4 = 2$	1
s = 7	$x = 6 - 9.5 = -3.5$	0
s = 8	$x = 6 - 8.5 = -2.5$	0
s = 9	$x = 6 - 10 = -4$	0
s = 10	$x = 6 - 2 = 4$	1
a_5, a_s	$x = k_6(a_5) - k_6(a_s)$	$P_6(a_5, a_s)$
s = 1	$x = 9 - 6 = 3$	1
s = 2	$x = 9 - 8.5 = 0.5$	1
s = 3	$x = 9 - 8.5 = 0.5$	1
s = 4	$x = 9 - 6 = 3$	1
s = 6	$x = 9 - 4 = 5$	1
s = 7	$x = 9 - 9.5 = -0.5$	0
s = 8	$x = 9 - 8.5 = 0.5$	1
s = 9	$x = 9 - 10 = -1$	0
s = 10	$x = 9 - 2 = 7$	1
a_6, a_s	$x = k_6(a_6) - k_6(a_s)$	$P_6(a_6, a_s)$
s = 1	$x = 4 - 6 = -2$	0
s = 2	$x = 4 - 8.5 = -4.5$	0
s = 3	$x = 4 - 8.5 = -4.5$	0
s = 4	$x = 4 - 6 = -2$	0
s = 5	$x = 4 - 9 = -5$	0
s = 7	$x = 4 - 9.5 = -5.5$	0
s = 8	$x = 4 - 8.5 = -4.5$	0
s = 9	$x = 4 - 10 = -6$	0
s = 10	$x = 4 - 2 = 2$	1
a_7, a_s	$x = k_6(a_7) - k_6(a_s)$	$P_6(a_7, a_s)$

s = 1	$x = 9.5 - 6 = 3.5$	1
s = 2	$x = 9.5 - 8.5 = 1$	1
s = 3	$x = 9.5 - 8.5 = 1$	1
s = 4	$x = 9.5 - 6 = 3.5$	1
s = 5	$x = 9.5 - 9 = 0.5$	1
s = 6	$x = 9.5 - 4 = 5.5$	1
s = 8	$x = 9.5 - 8.5 = 1$	1
s = 9	$x = 9.5 - 10 = -0.5$	0
s = 10	$x = 9.5 - 2 = 7.5$	1
a_8, a_s	$x = k_6(a_8) - k_6(a_s)$	$P_6(a_8, a_s)$
s = 1	$x = 8.5 - 6 = 2.5$	1
s = 2	$x = 8.5 - 8.5 = 0$	0
s = 3	$x = 8.5 - 8.5 = 0$	0
s = 4	$x = 8.5 - 6 = 2.5$	1
s = 5	$x = 8.5 - 9 = -0.5$	0
s = 6	$x = 8.5 - 4 = 4.5$	1
s = 7	$x = 8.5 - 9.5 = -1$	0
s = 9	$x = 8.5 - 10 = -1.5$	0
s = 10	$x = 8.5 - 2 = 6.5$	1
a_9, a_s	$x = k_6(a_9) - k_6(a_s)$	$P_6(a_9, a_s)$
s = 1	$x = 10 - 6 = 4$	1
s = 2	$x = 10 - 8.5 = 1.5$	1
s = 3	$x = 10 - 8.5 = 1.5$	1
s = 4	$x = 10 - 6 = 4$	1
s = 5	$x = 10 - 9 = 1$	1
s = 6	$x = 10 - 4 = 6$	1
s = 7	$x = 10 - 9.5 = 0.5$	1
s = 8	$x = 10 - 8.5 = 1.5$	1
s = 10	$x = 10 - 2 = 8$	1
a_{10}, a_s	$x = k_6(a_{10}) - k_6(a_s)$	$P_6(a_{10}, a_s)$
s = 1	$x = 2 - 6 = -4$	0
s = 2	$x = 2 - 8.5 = -6.5$	0
s = 3	$x = 2 - 8.5 = -6.5$	0
s = 4	$x = 2 - 6 = -4$	0
s = 5	$x = 2 - 9 = -7$	0
s = 6	$x = 2 - 4 = -2$	0
s = 7	$x = 2 - 9.5 = -7.5$	0
s = 8	$x = 2 - 8.5 = -6.5$	0
s = 9	$x = 2 - 10 = -8$	0

k_7 - tip I (min):

a_1, a_s	$x = k_7(a_1) - k_7(a_s)$	$P_7(a_1, a_s)$
s = 2	$x = 4 - 6 = -2$	1
s = 3	$x = 4 - 7 = -3$	1
s = 4	$x = 4 - 8.5 = -4.5$	1
s = 5	$x = 4 - 7.5 = -3.5$	1
s = 6	$x = 4 - 9 = -5$	1
s = 7	$x = 4 - 10 = -6$	1
s = 8	$x = 4 - 9.5 = -5.5$	1
s = 9	$x = 4 - 10 = -6$	1
s = 10	$x = 4 - 0.5 = 3.5$	0
a_2, a_s	$x = k_7(a_2) - k_7(a_s)$	$P_7(a_2, a_s)$
s = 1	$x = 6 - 4 = 2$	0
s = 3	$x = 6 - 7 = -1$	1
s = 4	$x = 6 - 8.5 = -2.5$	1

s = 5	$x = 6 - 7.5 = -1.5$	1
s = 6	$x = 6 - 9 = -3$	1
s = 7	$x = 6 - 10 = -4$	1
s = 8	$x = 6 - 9.5 = -3.5$	1
s = 9	$x = 6 - 10 = -4$	1
s = 10	$x = 6 - 0.5 = 5.5$	0
a_3, a_s	$x = k_7(a_3) - k_7(a_s)$	$P_7(a_3, a_s)$
s = 1	$x = 7 - 4 = 3$	0
s = 2	$x = 7 - 6 = 1$	0
s = 4	$x = 7 - 8.5 = -1.5$	1
s = 5	$x = 7 - 7.5 = -0.5$	1
s = 6	$x = 7 - 9 = -2$	1
s = 7	$x = 7 - 10 = -3$	1
s = 8	$x = 7 - 9.5 = -2.5$	1
s = 9	$x = 7 - 10 = -3$	1
s = 10	$x = 7 - 0.5 = 6.5$	0
a_4, a_s	$x = k_7(a_4) - k_7(a_s)$	$P_7(a_4, a_s)$
s = 1	$x = 8.5 - 4 = 4.5$	0
s = 2	$x = 8.5 - 6 = 2.5$	0
s = 3	$x = 8.5 - 7 = 1.5$	0
s = 5	$x = 8.5 - 7.5 = 1$	0
s = 6	$x = 8.5 - 9 = -0.5$	1
s = 7	$x = 8.5 - 10 = -1.5$	1
s = 8	$x = 8.5 - 9.5 = -1$	1
s = 9	$x = 8.5 - 10 = -1.5$	1
s = 10	$x = 8.5 - 0.5 = 8$	0
a_5, a_s	$x = k_7(a_5) - k_7(a_s)$	$P_7(a_5, a_s)$
s = 1	$x = 7.5 - 4 = 3.5$	0
s = 2	$x = 7.5 - 6 = 1.5$	0
s = 3	$x = 7.5 - 7 = 0.5$	0
s = 4	$x = 7.5 - 8.5 = -1$	1
s = 6	$x = 7.5 - 9 = -1.5$	1
s = 7	$x = 7.5 - 10 = -2.5$	1
s = 8	$x = 7.5 - 9.5 = -2$	1
s = 9	$x = 7.5 - 10 = -2.5$	1
s = 10	$x = 7.5 - 0.5 = 7$	0
a_6, a_s	$x = k_7(a_6) - k_7(a_s)$	$P_7(a_6, a_s)$
s = 1	$x = 9 - 4 = 5$	0
s = 2	$x = 9 - 6 = 3$	0
s = 3	$x = 9 - 7 = 2$	0
s = 4	$x = 9 - 8.5 = 0.5$	0
s = 5	$x = 9 - 7.5 = 1.5$	0
s = 7	$x = 9 - 10 = -1$	1
s = 8	$x = 9 - 9.5 = -0.5$	1
s = 9	$x = 9 - 10 = -1$	1
s = 10	$x = 9 - 0.5 = 8.5$	0
a_7, a_s	$x = k_7(a_7) - k_7(a_s)$	$P_7(a_7, a_s)$
s = 1	$x = 10 - 4 = 6$	0
s = 2	$x = 10 - 6 = 4$	0
s = 3	$x = 10 - 7 = 3$	0
s = 4	$x = 10 - 8.5 = 1.5$	0
s = 5	$x = 10 - 7.5 = 2.5$	0
s = 6	$x = 10 - 9 = 1$	0
s = 8	$x = 10 - 9.5 = 0.5$	0

s = 9	$x = 10 - 10 = 0$	0
s = 10	$x = 10 - 0.5 = 9.5$	0
a_8, a_s	$x = k_7(a_8) - k_7(a_s)$	$P_7(a_8, a_s)$
s = 1	$x = 9.5 - 4 = 5.5$	0
s = 2	$x = 9.5 - 6 = 3.5$	0
s = 3	$x = 9.5 - 7 = 2.5$	0
s = 4	$x = 9.5 - 8.5 = 1$	0
s = 5	$x = 9.5 - 7.5 = 2$	0
s = 6	$x = 9.5 - 9 = 0.5$	0
s = 7	$x = 9.5 - 10 = -0.5$	1
s = 9	$x = 9.5 - 10 = -0.5$	1
s = 10	$x = 9.5 - 0.5 = 9$	0
a_9, a_s	$x = k_7(a_9) - k_7(a_s)$	$P_7(a_9, a_s)$
s = 1	$x = 10 - 4 = 6$	0
s = 2	$x = 10 - 6 = 4$	0
s = 3	$x = 10 - 7 = 3$	0
s = 4	$x = 10 - 8.5 = 1.5$	0
s = 5	$x = 10 - 7.5 = 2.5$	0
s = 6	$x = 10 - 9 = 1$	0
s = 7	$x = 10 - 10 = 0$	0
s = 8	$x = 10 - 9.5 = 0.5$	0
s = 10	$x = 10 - 0.5 = 9.5$	0
a_{10}, a_s	$x = k_7(a_{10}) - k_7(a_s)$	$P_7(a_{10}, a_s)$
s = 1	$x = 0.5 - 4 = -3.5$	1
s = 2	$x = 0.5 - 6 = -5.5$	1
s = 3	$x = 0.5 - 7 = -6.5$	1
s = 4	$x = 0.5 - 8.5 = -8$	1
s = 5	$x = 0.5 - 7.5 = -7$	1
s = 6	$x = 0.5 - 9 = -8.5$	1
s = 7	$x = 0.5 - 10 = -9.5$	1
s = 8	$x = 0.5 - 9.5 = -9$	1
s = 9	$x = 0.5 - 10 = -9.5$	1

k_8 - tip I (min):

a_1, a_s	$x = k_8(a_1) - k_8(a_s)$	$P_8(a_1, a_s)$
s = 2	$x = 4 - 6 = -2$	1
s = 3	$x = 4 - 5 = -1$	1
s = 4	$x = 4 - 7 = -3$	1
s = 5	$x = 4 - 5.5 = -1.5$	1
s = 6	$x = 4 - 6.5 = -2.5$	1
s = 7	$x = 4 - 7 = -3$	1
s = 8	$x = 4 - 6 = -2$	1
s = 9	$x = 4 - 8 = -4$	1
s = 10	$x = 4 - 0.5 = 3.5$	0
a_2, a_s	$x = k_8(a_2) - k_8(a_s)$	$P_8(a_2, a_s)$
s = 1	$x = 6 - 4 = 2$	0
s = 3	$x = 6 - 5 = 1$	0
s = 4	$x = 6 - 7 = -1$	1
s = 5	$x = 6 - 5.5 = 0.5$	0
s = 6	$x = 6 - 6.5 = -0.5$	1
s = 7	$x = 6 - 7 = -1$	1
s = 8	$x = 6 - 6 = 0$	0
s = 9	$x = 6 - 8 = -2$	1
s = 10	$x = 6 - 0.5 = 5.5$	0
a_3, a_s	$x = k_8(a_3) - k_8(a_s)$	$P_8(a_3, a_s)$

s = 1	$x = 5 - 4 = 1$	0
s = 2	$x = 5 - 6 = -1$	1
s = 4	$x = 5 - 7 = -2$	1
s = 5	$x = 5 - 5.5 = -0.5$	1
s = 6	$x = 5 - 6.5 = -1.5$	1
s = 7	$x = 5 - 7 = -2$	1
s = 8	$x = 5 - 6 = -1$	1
s = 9	$x = 5 - 8 = -3$	1
s = 10	$x = 5 - 0.5 = 4.5$	0
a_4, a_s	$x = k_8(a_4) - k_8(a_s)$	$P_8(a_4, a_s)$
s = 1	$x = 7 - 4 = 3$	0
s = 2	$x = 7 - 6 = 1$	0
s = 3	$x = 7 - 5 = 2$	0
s = 5	$x = 7 - 5.5 = 1.5$	0
s = 6	$x = 7 - 6.5 = 0.5$	0
s = 7	$x = 7 - 7 = 0$	0
s = 8	$x = 7 - 6 = 1$	0
s = 9	$x = 7 - 8 = -1$	1
s = 10	$x = 7 - 0.5 = 6.5$	0
a_5, a_s	$x = k_8(a_5) - k_8(a_s)$	$P_8(a_5, a_s)$
s = 1	$x = 5.5 - 4 = 1.5$	0
s = 2	$x = 5.5 - 6 = -0.5$	1
s = 3	$x = 5.5 - 5 = 0.5$	0
s = 4	$x = 5.5 - 7 = -1.5$	1
s = 6	$x = 5.5 - 6.5 = -1$	1
s = 7	$x = 5.5 - 7 = -1.5$	1
s = 8	$x = 5.5 - 6 = -0.5$	1
s = 9	$x = 5.5 - 8 = -2.5$	1
s = 10	$x = 5.5 - 0.5 = 5$	0
a_6, a_s	$x = k_8(a_6) - k_8(a_s)$	$P_8(a_6, a_s)$
s = 1	$x = 6.5 - 4 = 2.5$	0
s = 2	$x = 6.5 - 6 = 0.5$	0
s = 3	$x = 6.5 - 5 = 1.5$	0
s = 4	$x = 6.5 - 7 = -0.5$	1
s = 5	$x = 6.5 - 5.5 = 1$	0
s = 7	$x = 6.5 - 7 = -0.5$	1
s = 8	$x = 6.5 - 6 = 0.5$	0
s = 9	$x = 6.5 - 8 = -1.5$	1
s = 10	$x = 6.5 - 0.5 = 6$	0
a_7, a_s	$x = k_8(a_7) - k_8(a_s)$	$P_8(a_7, a_s)$
s = 1	$x = 7 - 4 = 3$	0
s = 2	$x = 7 - 6 = 1$	0
s = 3	$x = 7 - 5 = 2$	0
s = 4	$x = 7 - 7 = 0$	0
s = 5	$x = 7 - 5.5 = 1.5$	0
s = 6	$x = 7 - 6.5 = 0.5$	0
s = 8	$x = 7 - 6 = 1$	0
s = 9	$x = 7 - 8 = -1$	1
s = 10	$x = 7 - 0.5 = 6.5$	0
a_8, a_s	$x = k_8(a_8) - k_8(a_s)$	$P_8(a_8, a_s)$
s = 1	$x = 6 - 4 = 2$	0
s = 2	$x = 6 - 6 = 0$	0
s = 3	$x = 6 - 5 = 1$	0
s = 4	$x = 6 - 7 = -1$	1

s = 5	$x = 6 - 5.5 = 0.5$	0
s = 6	$x = 6 - 6.5 = -0.5$	1
s = 7	$x = 6 - 7 = -1$	1
s = 9	$x = 6 - 8 = -2$	1
s = 10	$x = 6 - 0.5 = 5.5$	0
a_9, a_s	$x = k_8(a_9) - k_8(a_s)$	$P_8(a_9, a_s)$
s = 1	$x = 8 - 4 = 4$	0
s = 2	$x = 8 - 6 = 2$	0
s = 3	$x = 8 - 5 = 3$	0
s = 4	$x = 8 - 7 = 1$	0
s = 5	$x = 8 - 5.5 = 2.5$	0
s = 6	$x = 8 - 6.5 = 1.5$	0
s = 7	$x = 8 - 7 = 1$	0
s = 8	$x = 8 - 6 = 2$	0
s = 10	$x = 8 - 0.5 = 7.5$	0
a_{10}, a_s	$x = k_8(a_{10}) - k_8(a_s)$	$P_8(a_{10}, a_s)$
s = 1	$x = 0.5 - 4 = -3.5$	1
s = 2	$x = 0.5 - 6 = -5.5$	1
s = 3	$x = 0.5 - 5 = -4.5$	1
s = 4	$x = 0.5 - 7 = -6.5$	1
s = 5	$x = 0.5 - 5.5 = -5$	1
s = 6	$x = 0.5 - 6.5 = -6$	1
s = 7	$x = 0.5 - 7 = -6.5$	1
s = 8	$x = 0.5 - 6 = -5.5$	1
s = 9	$x = 0.5 - 8 = -7.5$	1

k_9 - тип I (min):

a_1, a_s	$x = k_9(a_1) - k_9(a_s)$	$P_9(a_1, a_s)$
s = 2	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 3	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 4	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 5	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 6	$x = 8 - 15 = -7$	1
s = 7	$x = 8 - 15 = -7$	1
s = 8	$x = 8 - 12 = -4$	1
s = 9	$x = 8 - 12 = -4$	1
s = 10	$x = 8 - 1.5 = 6.5$	0
a_2, a_s	$x = k_9(a_2) - k_9(a_s)$	$P_9(a_2, a_s)$
s = 1	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 3	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 4	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 5	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 6	$x = 8 - 15 = -7$	1
s = 7	$x = 8 - 15 = -7$	1
s = 8	$x = 8 - 12 = -4$	1
s = 9	$x = 8 - 12 = -4$	1
s = 10	$x = 8 - 1.5 = 6.5$	0
a_3, a_s	$x = k_9(a_3) - k_9(a_s)$	$P_9(a_3, a_s)$
s = 1	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 2	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 4	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 5	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 6	$x = 8 - 15 = -7$	1
s = 7	$x = 8 - 15 = -7$	1
s = 8	$x = 8 - 12 = -4$	1

s = 9	$x = 8 - 12 = -4$	1
s = 10	$x = 8 - 1.5 = 6.5$	0
a_4, a_s	$x = k_9(a_4) - k_9(a_s)$	$P_9(a_4, a_s)$
s = 1	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 2	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 3	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 5	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 6	$x = 8 - 15 = -7$	1
s = 7	$x = 8 - 15 = -7$	1
s = 8	$x = 8 - 12 = -4$	1
s = 9	$x = 8 - 12 = -4$	1
s = 10	$x = 8 - 1.5 = 6.5$	0
a_5, a_s	$x = k_9(a_5) - k_9(a_s)$	$P_9(a_5, a_s)$
s = 1	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 2	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 3	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 4	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 6	$x = 8 - 15 = -7$	1
s = 7	$x = 8 - 15 = -7$	1
s = 8	$x = 8 - 12 = -4$	1
s = 9	$x = 8 - 12 = -4$	1
s = 10	$x = 8 - 1.5 = 6.5$	0
a_6, a_s	$x = k_9(a_6) - k_9(a_s)$	$P_9(a_6, a_s)$
s = 1	$x = 15 - 8 = 7$	0
s = 2	$x = 15 - 8 = 7$	0
s = 3	$x = 15 - 8 = 7$	0
s = 4	$x = 15 - 8 = 7$	0
s = 5	$x = 15 - 8 = 7$	0
s = 7	$x = 15 - 15 = 0$	0
s = 8	$x = 15 - 12 = 3$	0
s = 9	$x = 15 - 12 = 3$	0
s = 10	$x = 15 - 1.5 = 13.5$	0
a_7, a_s	$x = k_9(a_7) - k_9(a_s)$	$P_9(a_7, a_s)$
s = 1	$x = 15 - 8 = 7$	0
s = 2	$x = 15 - 8 = 7$	0
s = 3	$x = 15 - 8 = 7$	0
s = 4	$x = 15 - 8 = 7$	0
s = 5	$x = 15 - 8 = 7$	0
s = 6	$x = 15 - 15 = 0$	0
s = 8	$x = 15 - 12 = 3$	0
s = 9	$x = 15 - 12 = 3$	0
s = 10	$x = 15 - 1.5 = 13.5$	0
a_8, a_s	$x = k_9(a_8) - k_9(a_s)$	$P_9(a_8, a_s)$
s = 1	$x = 12 - 8 = 4$	0
s = 2	$x = 12 - 8 = 4$	0
s = 3	$x = 12 - 8 = 4$	0
s = 4	$x = 12 - 8 = 4$	0
s = 5	$x = 12 - 8 = 4$	0
s = 6	$x = 12 - 15 = -3$	1
s = 7	$x = 12 - 15 = -3$	1
s = 9	$x = 12 - 12 = 0$	0
s = 10	$x = 12 - 1.5 = 10.5$	0
a_9, a_s	$x = k_9(a_9) - k_9(a_s)$	$P_9(a_9, a_s)$
s = 1	$x = 12 - 8 = 4$	0

s = 2	$x = 12 - 8 = 4$	0
s = 3	$x = 12 - 8 = 4$	0
s = 4	$x = 12 - 8 = 4$	0
s = 5	$x = 12 - 8 = 4$	0
s = 6	$x = 12 - 15 = -3$	1
s = 7	$x = 12 - 15 = -3$	1
s = 8	$x = 12 - 12 = 0$	0
s = 10	$x = 12 - 1.5 = 10.5$	0
a_{10}, a_s	$x = k_9(a_{10}) - k_9(a_s)$	$P_9(a_{10}, a_s)$
s = 1	$x = 1.5 - 8 = -6.5$	1
s = 2	$x = 1.5 - 8 = -6.5$	1
s = 3	$x = 1.5 - 8 = -6.5$	1
s = 4	$x = 1.5 - 8 = -6.5$	1
s = 5	$x = 1.5 - 8 = -6.5$	1
s = 6	$x = 1.5 - 15 = -13.5$	1
s = 7	$x = 1.5 - 15 = -13.5$	1
s = 8	$x = 1.5 - 12 = -10.5$	1
s = 9	$x = 1.5 - 12 = -10.5$	1

k_{10} - tip I (max):

a_1, a_s	$x = k_{10}(a_1) - k_{10}(a_s)$	$P_{10}(a_1, a_s)$
s = 2	$x = 90 - 75 = 15$	1
s = 3	$x = 90 - 85 = 5$	1
s = 4	$x = 90 - 97 = -7$	0
s = 5	$x = 90 - 87 = 3$	1
s = 6	$x = 90 - 85 = 5$	1
s = 7	$x = 90 - 94 = -4$	0
s = 8	$x = 90 - 100 = -10$	0
s = 9	$x = 90 - 100 = -10$	0
s = 10	$x = 90 - 100 = -10$	0
a_2, a_s	$x = k_{10}(a_2) - k_{10}(a_s)$	$P_{10}(a_2, a_s)$
s = 1	$x = 75 - 90 = -15$	0
s = 3	$x = 75 - 85 = -10$	0
s = 4	$x = 75 - 97 = -22$	0
s = 5	$x = 75 - 87 = -12$	0
s = 6	$x = 75 - 85 = -10$	0
s = 7	$x = 75 - 94 = -19$	0
s = 8	$x = 75 - 100 = -25$	0
s = 9	$x = 75 - 100 = -25$	0
s = 10	$x = 75 - 100 = -25$	0
a_3, a_s	$x = k_{10}(a_3) - k_{10}(a_s)$	$P_{10}(a_3, a_s)$
s = 1	$x = 85 - 90 = -5$	0
s = 2	$x = 85 - 75 = 10$	1
s = 4	$x = 85 - 97 = -12$	0
s = 5	$x = 85 - 87 = -2$	0
s = 6	$x = 85 - 85 = 0$	0
s = 7	$x = 85 - 94 = -9$	0
s = 8	$x = 85 - 100 = -15$	0
s = 9	$x = 85 - 100 = -15$	0
s = 10	$x = 85 - 100 = -15$	0
a_4, a_s	$x = k_{10}(a_4) - k_{10}(a_s)$	$P_{10}(a_4, a_s)$
s = 1	$x = 97 - 90 = 7$	1
s = 2	$x = 97 - 75 = 22$	1
s = 3	$x = 97 - 85 = 12$	1
s = 5	$x = 97 - 87 = 10$	1

s = 6	$x = 97 - 85 = 12$	1
s = 7	$x = 97 - 94 = 3$	1
s = 8	$x = 97 - 100 = -3$	0
s = 9	$x = 97 - 100 = -3$	0
s = 10	$x = 97 - 100 = -3$	0
a_5, a_s	$x = k_{10}(a_5) - k_{10}(a_s)$	$P_{10}(a_5, a_s)$
s = 1	$x = 87 - 90 = -3$	0
s = 2	$x = 87 - 75 = 12$	1
s = 3	$x = 87 - 85 = 2$	1
s = 4	$x = 87 - 97 = -10$	0
s = 6	$x = 87 - 85 = 2$	1
s = 7	$x = 87 - 94 = -7$	0
s = 8	$x = 87 - 100 = -13$	0
s = 9	$x = 87 - 100 = -13$	0
s = 10	$x = 87 - 100 = -13$	0
a_6, a_s	$x = k_{10}(a_6) - k_{10}(a_s)$	$P_{10}(a_6, a_s)$
s = 1	$x = 85 - 90 = -5$	0
s = 2	$x = 85 - 75 = 10$	1
s = 3	$x = 85 - 85 = 0$	0
s = 4	$x = 85 - 97 = -12$	0
s = 5	$x = 85 - 87 = -2$	0
s = 7	$x = 85 - 94 = -9$	0
s = 8	$x = 85 - 100 = -15$	0
s = 9	$x = 85 - 100 = -15$	0
s = 10	$x = 85 - 100 = -15$	0
a_7, a_s	$x = k_{10}(a_7) - k_{10}(a_s)$	$P_{10}(a_7, a_s)$
s = 1	$x = 94 - 90 = 4$	1
s = 2	$x = 94 - 75 = 19$	1
s = 3	$x = 94 - 85 = 9$	1
s = 4	$x = 94 - 97 = -3$	0
s = 5	$x = 94 - 87 = 7$	1
s = 6	$x = 94 - 85 = 9$	1
s = 8	$x = 94 - 100 = -6$	0
s = 9	$x = 94 - 100 = -6$	0
s = 10	$x = 94 - 100 = -6$	0
a_8, a_s	$x = k_{10}(a_8) - k_{10}(a_s)$	$P_{10}(a_8, a_s)$
s = 1	$x = 100 - 90 = 10$	1
s = 2	$x = 100 - 75 = 25$	1
s = 3	$x = 100 - 85 = 15$	1
s = 4	$x = 100 - 97 = 3$	1
s = 5	$x = 100 - 87 = 13$	1
s = 6	$x = 100 - 85 = 15$	1
s = 7	$x = 100 - 94 = 6$	1
s = 9	$x = 100 - 100 = 0$	0
s = 10	$x = 100 - 100 = 0$	0
a_9, a_s	$x = k_{10}(a_9) - k_{10}(a_s)$	$P_{10}(a_9, a_s)$
s = 1	$x = 100 - 90 = 10$	1
s = 2	$x = 100 - 75 = 25$	1
s = 3	$x = 100 - 85 = 15$	1
s = 4	$x = 100 - 97 = 3$	1
s = 5	$x = 100 - 87 = 13$	1
s = 6	$x = 100 - 85 = 15$	1
s = 7	$x = 100 - 94 = 6$	1
s = 8	$x = 100 - 100 = 0$	0

$s = 10$	$x = 100 - 100 = 0$	0
a_{10}, a_s	$x = k_{10}(a_{10}) - k_{10}(a_s)$	$P_{10}(a_{10}, a_s)$
$s = 1$	$x = 100 - 90 = 10$	1
$s = 2$	$x = 100 - 75 = 25$	1
$s = 3$	$x = 100 - 85 = 15$	1
$s = 4$	$x = 100 - 97 = 3$	1
$s = 5$	$x = 100 - 87 = 13$	1
$s = 6$	$x = 100 - 85 = 15$	1
$s = 7$	$x = 100 - 94 = 6$	1
$s = 8$	$x = 100 - 100 = 0$	0
$s = 9$	$x = 100 - 100 = 0$	0

k_{11} - tip I (max):

a_1, a_s	$x = k_{11}(a_1) - k_{11}(a_s)$	$P_{11}(a_1, a_s)$
$s = 2$	$x = 8.5 - 10 = -1.5$	0
$s = 3$	$x = 8.5 - 10 = -1.5$	0
$s = 4$	$x = 8.5 - 8 = 0.5$	1
$s = 5$	$x = 8.5 - 9 = -0.5$	0
$s = 6$	$x = 8.5 - 5 = 3.5$	1
$s = 7$	$x = 8.5 - 7 = 1.5$	1
$s = 8$	$x = 8.5 - 8 = 0.5$	1
$s = 9$	$x = 8.5 - 9 = -0.5$	0
$s = 10$	$x = 8.5 - 0.5 = 8$	1
a_2, a_s	$x = k_{11}(a_2) - k_{11}(a_s)$	$P_{11}(a_2, a_s)$
$s = 1$	$x = 10 - 8.5 = 1.5$	1
$s = 3$	$x = 10 - 10 = 0$	0
$s = 4$	$x = 10 - 8 = 2$	1
$s = 5$	$x = 10 - 9 = 1$	1
$s = 6$	$x = 10 - 5 = 5$	1
$s = 7$	$x = 10 - 7 = 3$	1
$s = 8$	$x = 10 - 8 = 2$	1
$s = 9$	$x = 10 - 9 = 1$	1
$s = 10$	$x = 10 - 0.5 = 9.5$	1
a_3, a_s	$x = k_{11}(a_3) - k_{11}(a_s)$	$P_{11}(a_3, a_s)$
$s = 1$	$x = 10 - 8.5 = 1.5$	1
$s = 2$	$x = 10 - 10 = 0$	0
$s = 4$	$x = 10 - 8 = 2$	1
$s = 5$	$x = 10 - 9 = 1$	1
$s = 6$	$x = 10 - 5 = 5$	1
$s = 7$	$x = 10 - 7 = 3$	1
$s = 8$	$x = 10 - 8 = 2$	1
$s = 9$	$x = 10 - 9 = 1$	1
$s = 10$	$x = 10 - 0.5 = 9.5$	1
a_4, a_s	$x = k_{11}(a_4) - k_{11}(a_s)$	$P_{11}(a_4, a_s)$
$s = 1$	$x = 8 - 8.5 = -0.5$	0
$s = 2$	$x = 8 - 10 = -2$	0
$s = 3$	$x = 8 - 10 = -2$	0
$s = 5$	$x = 8 - 9 = -1$	0
$s = 6$	$x = 8 - 5 = 3$	1
$s = 7$	$x = 8 - 7 = 1$	1
$s = 8$	$x = 8 - 8 = 0$	0
$s = 9$	$x = 8 - 9 = -1$	0
$s = 10$	$x = 8 - 0.5 = 7.5$	1
a_5, a_s	$x = k_{11}(a_5) - k_{11}(a_s)$	$P_{11}(a_5, a_s)$
$s = 1$	$x = 9 - 8.5 = 0.5$	1

s = 2	$x = 9 - 10 = -1$	0
s = 3	$x = 9 - 10 = -1$	0
s = 4	$x = 9 - 8 = 1$	1
s = 6	$x = 9 - 5 = 4$	1
s = 7	$x = 9 - 7 = 2$	1
s = 8	$x = 9 - 8 = 1$	1
s = 9	$x = 9 - 9 = 0$	0
s = 10	$x = 9 - 0.5 = 8.5$	1
a_6, a_s	$x = k_{11}(a_6) - k_{11}(a_s)$	$P_{11}(a_6, a_s)$
s = 1	$x = 5 - 8.5 = -3.5$	0
s = 2	$x = 5 - 10 = -5$	0
s = 3	$x = 5 - 10 = -5$	0
s = 4	$x = 5 - 8 = -3$	0
s = 5	$x = 5 - 9 = -4$	0
s = 7	$x = 5 - 7 = -2$	0
s = 8	$x = 5 - 8 = -3$	0
s = 9	$x = 5 - 9 = -4$	0
s = 10	$x = 5 - 0.5 = 4.5$	1
a_7, a_s	$x = k_{11}(a_7) - k_{11}(a_s)$	$P_{11}(a_7, a_s)$
s = 1	$x = 7 - 8.5 = -1.5$	0
s = 2	$x = 7 - 10 = -3$	0
s = 3	$x = 7 - 10 = -3$	0
s = 4	$x = 7 - 8 = -1$	0
s = 5	$x = 7 - 9 = -2$	0
s = 6	$x = 7 - 5 = 2$	1
s = 8	$x = 7 - 8 = -1$	0
s = 9	$x = 7 - 9 = -2$	0
s = 10	$x = 7 - 0.5 = 6.5$	1
a_8, a_s	$x = k_{11}(a_8) - k_{11}(a_s)$	$P_{11}(a_8, a_s)$
s = 1	$x = 8 - 8.5 = -0.5$	0
s = 2	$x = 8 - 10 = -2$	0
s = 3	$x = 8 - 10 = -2$	0
s = 4	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 5	$x = 8 - 9 = -1$	0
s = 6	$x = 8 - 5 = 3$	1
s = 7	$x = 8 - 7 = 1$	1
s = 9	$x = 8 - 9 = -1$	0
s = 10	$x = 8 - 0.5 = 7.5$	1
a_9, a_s	$x = k_{11}(a_9) - k_{11}(a_s)$	$P_{11}(a_9, a_s)$
s = 1	$x = 9 - 8.5 = 0.5$	1
s = 2	$x = 9 - 10 = -1$	0
s = 3	$x = 9 - 10 = -1$	0
s = 4	$x = 9 - 8 = 1$	1
s = 5	$x = 9 - 9 = 0$	0
s = 6	$x = 9 - 5 = 4$	1
s = 7	$x = 9 - 7 = 2$	1
s = 8	$x = 9 - 8 = 1$	1
s = 10	$x = 9 - 0.5 = 8.5$	1
a_{10}, a_s	$x = k_{11}(a_{10}) - k_{11}(a_s)$	$P_{11}(a_{10}, a_s)$
s = 1	$x = 0.5 - 8.5 = -8$	0
s = 2	$x = 0.5 - 10 = -9.5$	0
s = 3	$x = 0.5 - 10 = -9.5$	0
s = 4	$x = 0.5 - 8 = -7.5$	0
s = 5	$x = 0.5 - 9 = -8.5$	0

s = 6	x = 0.5 - 5 = -4.5	0
s = 7	x = 0.5 - 7 = -6.5	0
s = 8	x = 0.5 - 8 = -7.5	0
s = 9	x = 0.5 - 9 = -8.5	0

КОРАК 3: Одређивање индекса преференција

Табела I-3

	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	a ₆	a ₇	a ₈	a ₉	a ₁₀	T ⁺	T	Rang
a ₁	0.0000	0.4085	0.4085	0.5282	0.3239	0.8310	0.6408	0.6408	0.5070	0.5634	0.5391	0.2387	4
a ₂	0.3592	0.0000	0.3521	0.6690	0.2606	0.9014	0.6408	0.5986	0.6408	0.5634	0.5540	0.3130	2
a ₃	0.3592	0.1408	0.0000	0.6690	0.2183	0.9014	0.6408	0.6408	0.6408	0.5634	0.5305	0.2629	3
a ₄	0.0986	0.0141	0.0986	0.0000	0.0986	0.7606	0.5000	0.3521	0.5070	0.5634	0.3326	-0.1205	5
a ₅	0.4789	0.6268	0.5845	0.7887	0.0000	0.9155	0.7606	0.9014	0.6268	0.5634	0.6941	0.5094	1
a ₆	0.0000	0.0986	0.0845	0.2394	0.0000	0.0000	0.3944	0.2394	0.3944	0.5634	0.2238	-0.5102	10
a ₇	0.3592	0.2746	0.2746	0.2606	0.1549	0.4930	0.0000	0.3732	0.3873	0.5634	0.3490	-0.1925	8
a ₈	0.2394	0.0141	0.0141	0.1972	0.0141	0.7606	0.4577	0.0000	0.1972	0.5634	0.2731	-0.2207	9
a ₉	0.3732	0.1549	0.1549	0.2887	0.1549	0.6056	0.4014	0.2746	0.0000	0.5634	0.3302	-0.1502	7
a ₁₀	0.4366	0.4366	0.4366	0.4366	0.4366	0.4366	0.4366	0.4225	0.4225	0.0000	0.4335	-0.1299	6
T ⁻	0.3005	0.2410	0.2676	0.4531	0.1847	0.7340	0.5415	0.4937	0.4804	0.5634			

КОРАК 4: Одређивање свих парова потпуних поредака [P⁺, I⁺] и [P⁻, I⁻]

Табела I-4

	a ₁				a ₂				a ₃				a ₄				a ₅				a ₆				a ₇				a ₈				a ₉				a ₁₀							
	P ⁺	P ⁻	I ⁺	I ⁻	P ⁺	P ⁻	I ⁺	I ⁻	P ⁺	P ⁻	I ⁺	I ⁻	P ⁺	P ⁻	I ⁺	I ⁻	P ⁺	P ⁻	I ⁺	I ⁻	P ⁺	P ⁻	I ⁺	I ⁻	P ⁺	P ⁻	I ⁺	I ⁻	P ⁺	P ⁻	I ⁺	I ⁻	P ⁺	P ⁻	I ⁺	I ⁻	P ⁺	P ⁻	I ⁺	I ⁻				
a ₁	--	--	--	--	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	ne	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	DA	DA	ne	DA	DA	DA	ne	DA	DA	DA	ne	DA	DA	DA	ne	DA	ne	DA
a ₂	ne	DA	ne	DA	--	--	--	--	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA
a ₃	DA	DA	DA	DA	ne	DA	ne	DA	--	--	--	--	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA
a ₄	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	ne	DA	--	--	--	--	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA
a ₅	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	--	--	--	--	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA
a ₆	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	--	--	--	--	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA
a ₇	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	DA	DA	ne	DA	--	--	--	--	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA
a ₈	DA	DA	ne	DA	DA	DA	ne	DA	DA	DA	ne	DA	DA	DA	ne	DA	DA	DA	ne	DA	DA	DA	ne	DA	DA	DA	ne	DA	--	--	--	--	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA
a ₉	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	DA	DA	ne	DA	--	--	--	--	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA
a ₁₀	ne	DA	DA	DA	ne	DA	DA	DA	ne	DA	DA	DA	ne	DA	DA	DA	ne	DA	DA	DA	ne	DA	DA	DA	ne	DA	DA	DA	ne	DA	DA	DA	ne	DA	ne	DA	--	--	--	--	--	--	--	--

Цео поступак се завршава Кораком 5, који представља Граф вишег ранга по методи PROMETHEE II, али у овом делу истраживања није посебно испитиван.

Прилог 2:

ВИШЕКРИТЕРИЈУМСКА АНАЛИЗА ИЗБОРА РЕКУЛТИВАЦИОНОГ РЕШЕЊА ЕКСПЛОАТАЦИОНОГ ПОЉА ПОВРШИНСКОГ КОПА ТАМНАВА ЗАПАДНО ПОЉЕ

КОРАК 1: Квантификована иницијална матрица одлучивања

Табела II-1

Алтернативе	Критеријуми											
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12
a ₁	1.5	9	2	2	9	6	4	4	8	80	8.5	6.5
a ₂	11	1.5	8.5	6	9	8.5	6	6	8	75	8.75	4
a ₃	12.5	6	5	4	9	7.25	5	5	8	90	8.75	5.25
a ₄	2.5	1.5	2	2	6.5	4	2	2	8	10	5.25	2
a ₅	15	5	2.5	8	6.5	9	6.5	6.5	9.5	15	7	2
a ₆	30	2	2.5	8	6.5	9	5	3	2	40	8.5	6.5
a ₇	25	9	5	8	9.5	9.5	5	6.5	8	20	9	2
a ₈	10	1.5	8.5	2	6.5	5.5	2	2	2	3	5.5	9
a ₉	20	9	2.5	8	9	9.5	6.5	5	9.5	10	8	2
a ₁₀	1	8	5	5	9.5	6	5	3	5	20	5	4
a ₁₁	0.01	1.5	5.25	2	4	2	2	2	2	30	1.75	6.5
Типкритериј.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Тежина	0.7	0.6	0.6	0.8	0.5	0.9	0.3	0.3	0.6	0.1	0.85	0.25
Екстрем	min	max	min	min	max	max	min	min	min	max	max	max

КОРАК 2: Одређивање функција преференције

Табела II - 2

k₁ - tip I (max):

a ₁ , a _s	$x = k_1(a_1) - k_1(a_s)$	P ₁ (a ₁ , a _s)
s = 2	$x = 1.5 - 11 = -9.5$	1
s = 3	$x = 1.5 - 12.5 = -11$	1
s = 4	$x = 1.5 - 2.5 = -1$	1
s = 5	$x = 1.5 - 15 = -13.5$	1
s = 6	$x = 1.5 - 30 = -28.5$	1
s = 7	$x = 1.5 - 25 = -23.5$	1
s = 8	$x = 1.5 - 10 = -8.5$	1
s = 9	$x = 1.5 - 20 = -18.5$	1
s = 10	$x = 1.5 - 1 = 0.5$	0
s = 11	$x = 1.5 - 0.01 = 1.49$	0
a ₂ , a _s	$x = k_1(a_2) - k_1(a_s)$	P ₁ (a ₂ , a _s)
s = 1	$x = 11 - 1.5 = 9.5$	0
s = 3	$x = 11 - 12.5 = -1.5$	1
s = 4	$x = 11 - 2.5 = 8.5$	0
s = 5	$x = 11 - 15 = -4$	1
s = 6	$x = 11 - 30 = -19$	1
s = 7	$x = 11 - 25 = -14$	1
s = 8	$x = 11 - 10 = 1$	0
s = 9	$x = 11 - 20 = -9$	1
s = 10	$x = 11 - 1 = 10$	0
s = 11	$x = 11 - 0.01 = 10.99$	0

a_3, a_s	$x = k_1(a_3) - k_1(a_s)$	$P_1(a_3, a_s)$
s = 1	$x = 12.5 - 1.5 = 11$	0
s = 2	$x = 12.5 - 11 = 1.5$	0
s = 4	$x = 12.5 - 2.5 = 10$	0
s = 5	$x = 12.5 - 15 = -2.5$	1
s = 6	$x = 12.5 - 30 = -17.5$	1
s = 7	$x = 12.5 - 25 = -12.5$	1
s = 8	$x = 12.5 - 10 = 2.5$	0
s = 9	$x = 12.5 - 20 = -7.5$	1
s = 10	$x = 12.5 - 1 = 11.5$	0
s = 11	$x = 12.5 - 0.01 = 12.49$	0
a_4, a_s	$x = k_1(a_4) - k_1(a_s)$	$P_1(a_4, a_s)$
s = 1	$x = 2.5 - 1.5 = 1$	0
s = 2	$x = 2.5 - 11 = -8.5$	1
s = 3	$x = 2.5 - 12.5 = -10$	1
s = 5	$x = 2.5 - 15 = -12.5$	1
s = 6	$x = 2.5 - 30 = -27.5$	1
s = 7	$x = 2.5 - 25 = -22.5$	1
s = 8	$x = 2.5 - 10 = -7.5$	1
s = 9	$x = 2.5 - 20 = -17.5$	1
s = 10	$x = 2.5 - 1 = 1.5$	0
s = 11	$x = 2.5 - 0.01 = 2.49$	0
a_5, a_s	$x = k_1(a_5) - k_1(a_s)$	$P_1(a_5, a_s)$
s = 1	$x = 15 - 1.5 = 13.5$	0
s = 2	$x = 15 - 11 = 4$	0
s = 3	$x = 15 - 12.5 = 2.5$	0
s = 4	$x = 15 - 2.5 = 12.5$	0
s = 6	$x = 15 - 30 = -15$	1
s = 7	$x = 15 - 25 = -10$	1
s = 8	$x = 15 - 10 = 5$	0
s = 9	$x = 15 - 20 = -5$	1
s = 10	$x = 15 - 1 = 14$	0
s = 11	$x = 15 - 0.01 = 14.99$	0
a_6, a_s	$x = k_1(a_6) - k_1(a_s)$	$P_1(a_6, a_s)$
s = 1	$x = 30 - 1.5 = 28.5$	0
s = 2	$x = 30 - 11 = 19$	0
s = 3	$x = 30 - 12.5 = 17.5$	0
s = 4	$x = 30 - 2.5 = 27.5$	0
s = 5	$x = 30 - 15 = 15$	0
s = 7	$x = 30 - 25 = 5$	0
s = 8	$x = 30 - 10 = 20$	0
s = 9	$x = 30 - 20 = 10$	0
s = 10	$x = 30 - 1 = 29$	0
s = 11	$x = 30 - 0.01 = 29.99$	0
a_7, a_s	$x = k_1(a_7) - k_1(a_s)$	$P_1(a_7, a_s)$
s = 1	$x = 25 - 1.5 = 23.5$	0
s = 2	$x = 25 - 11 = 14$	0
s = 3	$x = 25 - 12.5 = 12.5$	0
s = 4	$x = 25 - 2.5 = 22.5$	0
s = 5	$x = 25 - 15 = 10$	0
s = 6	$x = 25 - 30 = -5$	1
s = 8	$x = 25 - 10 = 15$	0

s = 9	$x = 25 - 20 = 5$	0
s = 10	$x = 25 - 1 = 24$	0
s = 11	$x = 25 - 0.01 = 24.99$	0
a_8, a_s	$x = k_1(a_8) - k_1(a_s)$	$P_1(a_8, a_s)$
s = 1	$x = 10 - 1.5 = 8.5$	0
s = 2	$x = 10 - 11 = -1$	1
s = 3	$x = 10 - 12.5 = -2.5$	1
s = 4	$x = 10 - 2.5 = 7.5$	0
s = 5	$x = 10 - 15 = -5$	1
s = 6	$x = 10 - 30 = -20$	1
s = 7	$x = 10 - 25 = -15$	1
s = 9	$x = 10 - 20 = -10$	1
s = 10	$x = 10 - 1 = 9$	0
s = 11	$x = 10 - 0.01 = 9.99$	0
a_9, a_s	$x = k_1(a_9) - k_1(a_s)$	$P_1(a_9, a_s)$
s = 1	$x = 20 - 1.5 = 18.5$	0
s = 2	$x = 20 - 11 = 9$	0
s = 3	$x = 20 - 12.5 = 7.5$	0
s = 4	$x = 20 - 2.5 = 17.5$	0
s = 5	$x = 20 - 15 = 5$	0
s = 6	$x = 20 - 30 = -10$	1
s = 7	$x = 20 - 25 = -5$	1
s = 8	$x = 20 - 10 = 10$	0
s = 10	$x = 20 - 1 = 19$	0
s = 11	$x = 20 - 0.01 = 19.99$	0
a_{10}, a_s	$x = k_1(a_{10}) - k_1(a_s)$	$P_1(a_{10}, a_s)$
s = 1	$x = 1 - 1.5 = -0.5$	1
s = 2	$x = 1 - 11 = -10$	1
s = 3	$x = 1 - 12.5 = -11.5$	1
s = 4	$x = 1 - 2.5 = -1.5$	1
s = 5	$x = 1 - 15 = -14$	1
s = 6	$x = 1 - 30 = -29$	1
s = 7	$x = 1 - 25 = -24$	1
s = 8	$x = 1 - 10 = -9$	1
s = 9	$x = 1 - 20 = -19$	1
s = 11	$x = 1 - 0.01 = 0.99$	0
a_{11}, a_s	$x = k_1(a_{11}) - k_1(a_s)$	$P_1(a_{11}, a_s)$
s = 1	$x = 0.01 - 1.5 = -1.49$	1
s = 2	$x = 0.01 - 11 = -10.99$	1
s = 3	$x = 0.01 - 12.5 = -12.49$	1
s = 4	$x = 0.01 - 2.5 = -2.49$	1
s = 5	$x = 0.01 - 15 = -14.99$	1
s = 6	$x = 0.01 - 30 = -29.99$	1
s = 7	$x = 0.01 - 25 = -24.99$	1
s = 8	$x = 0.01 - 10 = -9.99$	1
s = 9	$x = 0.01 - 20 = -19.99$	1
s = 10	$x = 0.01 - 1 = -0.99$	1

k_2 - tip I (max):

a_1, a_s	$x = k_2(a_1) - k_2(a_s)$	$P_2(a_1, a_s)$
s = 2	$x = 9 - 1.5 = 7.5$	1
s = 3	$x = 9 - 6 = 3$	1

s = 4	$x = 9 - 1.5 = 7.5$	1
s = 5	$x = 9 - 5 = 4$	1
s = 6	$x = 9 - 2 = 7$	1
s = 7	$x = 9 - 9 = 0$	0
s = 8	$x = 9 - 1.5 = 7.5$	1
s = 9	$x = 9 - 9 = 0$	0
s = 10	$x = 9 - 8 = 1$	1
s = 11	$x = 9 - 1.5 = 7.5$	1
a_2, a_s	$x = k_2(a_2) - k_2(a_s)$	$P_2(a_2, a_s)$
s = 1	$x = 1.5 - 9 = -7.5$	0
s = 3	$x = 1.5 - 6 = -4.5$	0
s = 4	$x = 1.5 - 1.5 = 0$	0
s = 5	$x = 1.5 - 5 = -3.5$	0
s = 6	$x = 1.5 - 2 = -0.5$	0
s = 7	$x = 1.5 - 9 = -7.5$	0
s = 8	$x = 1.5 - 1.5 = 0$	0
s = 9	$x = 1.5 - 9 = -7.5$	0
s = 10	$x = 1.5 - 8 = -6.5$	0
s = 11	$x = 1.5 - 1.5 = 0$	0
a_3, a_s	$x = k_2(a_3) - k_2(a_s)$	$P_2(a_3, a_s)$
s = 1	$x = 6 - 9 = -3$	0
s = 2	$x = 6 - 1.5 = 4.5$	1
s = 4	$x = 6 - 1.5 = 4.5$	1
s = 5	$x = 6 - 5 = 1$	1
s = 6	$x = 6 - 2 = 4$	1
s = 7	$x = 6 - 9 = -3$	0
s = 8	$x = 6 - 1.5 = 4.5$	1
s = 9	$x = 6 - 9 = -3$	0
s = 10	$x = 6 - 8 = -2$	0
s = 11	$x = 6 - 1.5 = 4.5$	1
a_4, a_s	$x = k_2(a_4) - k_2(a_s)$	$P_2(a_4, a_s)$
s = 1	$x = 1.5 - 9 = -7.5$	0
s = 2	$x = 1.5 - 1.5 = 0$	0
s = 3	$x = 1.5 - 6 = -4.5$	0
s = 5	$x = 1.5 - 5 = -3.5$	0
s = 6	$x = 1.5 - 2 = -0.5$	0
s = 7	$x = 1.5 - 9 = -7.5$	0
s = 8	$x = 1.5 - 1.5 = 0$	0
s = 9	$x = 1.5 - 9 = -7.5$	0
s = 10	$x = 1.5 - 8 = -6.5$	0
s = 11	$x = 1.5 - 1.5 = 0$	0
a_5, a_s	$x = k_2(a_5) - k_2(a_s)$	$P_2(a_5, a_s)$
s = 1	$x = 5 - 9 = -4$	0
s = 2	$x = 5 - 1.5 = 3.5$	1
s = 3	$x = 5 - 6 = -1$	0
s = 4	$x = 5 - 1.5 = 3.5$	1
s = 6	$x = 5 - 2 = 3$	1
s = 7	$x = 5 - 9 = -4$	0
s = 8	$x = 5 - 1.5 = 3.5$	1
s = 9	$x = 5 - 9 = -4$	0
s = 10	$x = 5 - 8 = -3$	0
s = 11	$x = 5 - 1.5 = 3.5$	1

a_6, a_s	$x = k_2(a_6) - k_2(a_s)$	$P_2(a_6, a_s)$
s = 1	$x = 2 - 9 = -7$	0
s = 2	$x = 2 - 1.5 = 0.5$	1
s = 3	$x = 2 - 6 = -4$	0
s = 4	$x = 2 - 1.5 = 0.5$	1
s = 5	$x = 2 - 5 = -3$	0
s = 7	$x = 2 - 9 = -7$	0
s = 8	$x = 2 - 1.5 = 0.5$	1
s = 9	$x = 2 - 9 = -7$	0
s = 10	$x = 2 - 8 = -6$	0
s = 11	$x = 2 - 1.5 = 0.5$	1
a_7, a_s	$x = k_2(a_7) - k_2(a_s)$	$P_2(a_7, a_s)$
s = 1	$x = 9 - 9 = 0$	0
s = 2	$x = 9 - 1.5 = 7.5$	1
s = 3	$x = 9 - 6 = 3$	1
s = 4	$x = 9 - 1.5 = 7.5$	1
s = 5	$x = 9 - 5 = 4$	1
s = 6	$x = 9 - 2 = 7$	1
s = 8	$x = 9 - 1.5 = 7.5$	1
s = 9	$x = 9 - 9 = 0$	0
s = 10	$x = 9 - 8 = 1$	1
s = 11	$x = 9 - 1.5 = 7.5$	1
a_8, a_s	$x = k_2(a_8) - k_2(a_s)$	$P_2(a_8, a_s)$
s = 1	$x = 1.5 - 9 = -7.5$	0
s = 2	$x = 1.5 - 1.5 = 0$	0
s = 3	$x = 1.5 - 6 = -4.5$	0
s = 4	$x = 1.5 - 1.5 = 0$	0
s = 5	$x = 1.5 - 5 = -3.5$	0
s = 6	$x = 1.5 - 2 = -0.5$	0
s = 7	$x = 1.5 - 9 = -7.5$	0
s = 9	$x = 1.5 - 9 = -7.5$	0
s = 10	$x = 1.5 - 8 = -6.5$	0
s = 11	$x = 1.5 - 1.5 = 0$	0
a_9, a_s	$x = k_2(a_9) - k_2(a_s)$	$P_2(a_9, a_s)$
s = 1	$x = 9 - 9 = 0$	0
s = 2	$x = 9 - 1.5 = 7.5$	1
s = 3	$x = 9 - 6 = 3$	1
s = 4	$x = 9 - 1.5 = 7.5$	1
s = 5	$x = 9 - 5 = 4$	1
s = 6	$x = 9 - 2 = 7$	1
s = 7	$x = 9 - 9 = 0$	0
s = 8	$x = 9 - 1.5 = 7.5$	1
s = 10	$x = 9 - 8 = 1$	1
s = 11	$x = 9 - 1.5 = 7.5$	1
a_{10}, a_s	$x = k_2(a_{10}) - k_2(a_s)$	$P_2(a_{10}, a_s)$
s = 1	$x = 8 - 9 = -1$	0
s = 2	$x = 8 - 1.5 = 6.5$	1
s = 3	$x = 8 - 6 = 2$	1
s = 4	$x = 8 - 1.5 = 6.5$	1
s = 5	$x = 8 - 5 = 3$	1
s = 6	$x = 8 - 2 = 6$	1
s = 7	$x = 8 - 9 = -1$	0

s = 8	$x = 8 - 1.5 = 6.5$	1
s = 9	$x = 8 - 9 = -1$	0
s = 11	$x = 8 - 1.5 = 6.5$	1
a_{11}, a_s	$x = k_2(a_{11}) - k_2(a_s)$	$P_2(a_{11}, a_s)$
s = 1	$x = 1.5 - 9 = -7.5$	0
s = 2	$x = 1.5 - 1.5 = 0$	0
s = 3	$x = 1.5 - 6 = -4.5$	0
s = 4	$x = 1.5 - 1.5 = 0$	0
s = 5	$x = 1.5 - 5 = -3.5$	0
s = 6	$x = 1.5 - 2 = -0.5$	0
s = 7	$x = 1.5 - 9 = -7.5$	0
s = 8	$x = 1.5 - 1.5 = 0$	0
s = 9	$x = 1.5 - 9 = -7.5$	0
s = 10	$x = 1.5 - 8 = -6.5$	0

k_3 - tip I (min):

a_1, a_s	$x = k_3(a_1) - k_3(a_s)$	$P_3(a_1, a_s)$
s = 2	$x = 2 - 8.5 = -6.5$	1
s = 3	$x = 2 - 5 = -3$	1
s = 4	$x = 2 - 2 = 0$	0
s = 5	$x = 2 - 2.5 = -0.5$	1
s = 6	$x = 2 - 2.5 = -0.5$	1
s = 7	$x = 2 - 5 = -3$	1
s = 8	$x = 2 - 8.5 = -6.5$	1
s = 9	$x = 2 - 2.5 = -0.5$	1
s = 10	$x = 2 - 5 = -3$	1
s = 11	$x = 2 - 5.25 = -3.25$	1
a_2, a_s	$x = k_3(a_2) - k_3(a_s)$	$P_3(a_2, a_s)$
s = 1	$x = 8.5 - 2 = 6.5$	0
s = 3	$x = 8.5 - 5 = 3.5$	0
s = 4	$x = 8.5 - 2 = 6.5$	0
s = 5	$x = 8.5 - 2.5 = 6$	0
s = 6	$x = 8.5 - 2.5 = 6$	0
s = 7	$x = 8.5 - 5 = 3.5$	0
s = 8	$x = 8.5 - 8.5 = 0$	0
s = 9	$x = 8.5 - 2.5 = 6$	0
s = 10	$x = 8.5 - 5 = 3.5$	0
s = 11	$x = 8.5 - 5.25 = 3.25$	0
a_3, a_s	$x = k_3(a_3) - k_3(a_s)$	$P_3(a_3, a_s)$
s = 1	$x = 5 - 2 = 3$	0
s = 2	$x = 5 - 8.5 = -3.5$	1
s = 4	$x = 5 - 2 = 3$	0
s = 5	$x = 5 - 2.5 = 2.5$	0
s = 6	$x = 5 - 2.5 = 2.5$	0
s = 7	$x = 5 - 5 = 0$	0
s = 8	$x = 5 - 8.5 = -3.5$	1
s = 9	$x = 5 - 2.5 = 2.5$	0
s = 10	$x = 5 - 5 = 0$	0
s = 11	$x = 5 - 5.25 = -0.25$	1
a_4, a_s	$x = k_3(a_4) - k_3(a_s)$	$P_3(a_4, a_s)$
s = 1	$x = 2 - 2 = 0$	0
s = 2	$x = 2 - 8.5 = -6.5$	1

s = 3	$x = 2 - 5 = -3$	1
s = 5	$x = 2 - 2.5 = -0.5$	1
s = 6	$x = 2 - 2.5 = -0.5$	1
s = 7	$x = 2 - 5 = -3$	1
s = 8	$x = 2 - 8.5 = -6.5$	1
s = 9	$x = 2 - 2.5 = -0.5$	1
s = 10	$x = 2 - 5 = -3$	1
s = 11	$x = 2 - 5.25 = -3.25$	1
a_5, a_s	$x = k_3(a_5) - k_3(a_s)$	$P_3(a_5, a_s)$
s = 1	$x = 2.5 - 2 = 0.5$	0
s = 2	$x = 2.5 - 8.5 = -6$	1
s = 3	$x = 2.5 - 5 = -2.5$	1
s = 4	$x = 2.5 - 2 = 0.5$	0
s = 6	$x = 2.5 - 2.5 = 0$	0
s = 7	$x = 2.5 - 5 = -2.5$	1
s = 8	$x = 2.5 - 8.5 = -6$	1
s = 9	$x = 2.5 - 2.5 = 0$	0
s = 10	$x = 2.5 - 5 = -2.5$	1
s = 11	$x = 2.5 - 5.25 = -2.75$	1
a_6, a_s	$x = k_3(a_6) - k_3(a_s)$	$P_3(a_6, a_s)$
s = 1	$x = 2.5 - 2 = 0.5$	0
s = 2	$x = 2.5 - 8.5 = -6$	1
s = 3	$x = 2.5 - 5 = -2.5$	1
s = 4	$x = 2.5 - 2 = 0.5$	0
s = 5	$x = 2.5 - 2.5 = 0$	0
s = 7	$x = 2.5 - 5 = -2.5$	1
s = 8	$x = 2.5 - 8.5 = -6$	1
s = 9	$x = 2.5 - 2.5 = 0$	0
s = 10	$x = 2.5 - 5 = -2.5$	1
s = 11	$x = 2.5 - 5.25 = -2.75$	1
a_7, a_s	$x = k_3(a_7) - k_3(a_s)$	$P_3(a_7, a_s)$
s = 1	$x = 5 - 2 = 3$	0
s = 2	$x = 5 - 8.5 = -3.5$	1
s = 3	$x = 5 - 5 = 0$	0
s = 4	$x = 5 - 2 = 3$	0
s = 5	$x = 5 - 2.5 = 2.5$	0
s = 6	$x = 5 - 2.5 = 2.5$	0
s = 8	$x = 5 - 8.5 = -3.5$	1
s = 9	$x = 5 - 2.5 = 2.5$	0
s = 10	$x = 5 - 5 = 0$	0
s = 11	$x = 5 - 5.25 = -0.25$	1
a_8, a_s	$x = k_3(a_8) - k_3(a_s)$	$P_3(a_8, a_s)$
s = 1	$x = 8.5 - 2 = 6.5$	0
s = 2	$x = 8.5 - 8.5 = 0$	0
s = 3	$x = 8.5 - 5 = 3.5$	0
s = 4	$x = 8.5 - 2 = 6.5$	0
s = 5	$x = 8.5 - 2.5 = 6$	0
s = 6	$x = 8.5 - 2.5 = 6$	0
s = 7	$x = 8.5 - 5 = 3.5$	0
s = 9	$x = 8.5 - 2.5 = 6$	0
s = 10	$x = 8.5 - 5 = 3.5$	0
s = 11	$x = 8.5 - 5.25 = 3.25$	0

a_9, a_s	$x = k_3(a_9) - k_3(a_s)$	$P_3(a_9, a_s)$
s = 1	$x = 2.5 - 2 = 0.5$	0
s = 2	$x = 2.5 - 8.5 = -6$	1
s = 3	$x = 2.5 - 5 = -2.5$	1
s = 4	$x = 2.5 - 2 = 0.5$	0
s = 5	$x = 2.5 - 2.5 = 0$	0
s = 6	$x = 2.5 - 2.5 = 0$	0
s = 7	$x = 2.5 - 5 = -2.5$	1
s = 8	$x = 2.5 - 8.5 = -6$	1
s = 10	$x = 2.5 - 5 = -2.5$	1
s = 11	$x = 2.5 - 5.25 = -2.75$	1
a_{10}, a_s	$x = k_3(a_{10}) - k_3(a_s)$	$P_3(a_{10}, a_s)$
s = 1	$x = 5 - 2 = 3$	0
s = 2	$x = 5 - 8.5 = -3.5$	1
s = 3	$x = 5 - 5 = 0$	0
s = 4	$x = 5 - 2 = 3$	0
s = 5	$x = 5 - 2.5 = 2.5$	0
s = 6	$x = 5 - 2.5 = 2.5$	0
s = 7	$x = 5 - 5 = 0$	0
s = 8	$x = 5 - 8.5 = -3.5$	1
s = 9	$x = 5 - 2.5 = 2.5$	0
s = 11	$x = 5 - 5.25 = -0.25$	1
a_{11}, a_s	$x = k_3(a_{11}) - k_3(a_s)$	$P_3(a_{11}, a_s)$
s = 1	$x = 5.25 - 2 = 3.25$	0
s = 2	$x = 5.25 - 8.5 = -3.25$	1
s = 3	$x = 5.25 - 5 = 0.25$	0
s = 4	$x = 5.25 - 2 = 3.25$	0
s = 5	$x = 5.25 - 2.5 = 2.75$	0
s = 6	$x = 5.25 - 2.5 = 2.75$	0
s = 7	$x = 5.25 - 5 = 0.25$	0
s = 8	$x = 5.25 - 8.5 = -3.25$	1
s = 9	$x = 5.25 - 2.5 = 2.75$	0
s = 10	$x = 5.25 - 5 = 0.25$	0

k_4 - tip I (min):

a_1, a_s	$x = k_4(a_1) - k_4(a_s)$	$P_4(a_1, a_s)$
s = 2	$x = 2 - 6 = -4$	1
s = 3	$x = 2 - 4 = -2$	1
s = 4	$x = 2 - 2 = 0$	0
s = 5	$x = 2 - 8 = -6$	1
s = 6	$x = 2 - 8 = -6$	1
s = 7	$x = 2 - 8 = -6$	1
s = 8	$x = 2 - 2 = 0$	0
s = 9	$x = 2 - 8 = -6$	1
s = 10	$x = 2 - 5 = -3$	1
s = 11	$x = 2 - 2 = 0$	0
a_2, a_s	$x = k_4(a_2) - k_4(a_s)$	$P_4(a_2, a_s)$
s = 1	$x = 6 - 2 = 4$	0
s = 3	$x = 6 - 4 = 2$	0
s = 4	$x = 6 - 2 = 4$	0
s = 5	$x = 6 - 8 = -2$	1
s = 6	$x = 6 - 8 = -2$	1

s = 7	$x = 6 - 8 = -2$	1
s = 8	$x = 6 - 2 = 4$	0
s = 9	$x = 6 - 8 = -2$	1
s = 10	$x = 6 - 5 = 1$	0
s = 11	$x = 6 - 2 = 4$	0
a_3, a_s	$x = k_4(a_3) - k_4(a_s)$	$P_4(a_3, a_s)$
s = 1	$x = 4 - 2 = 2$	0
s = 2	$x = 4 - 6 = -2$	1
s = 4	$x = 4 - 2 = 2$	0
s = 5	$x = 4 - 8 = -4$	1
s = 6	$x = 4 - 8 = -4$	1
s = 7	$x = 4 - 8 = -4$	1
s = 8	$x = 4 - 2 = 2$	0
s = 9	$x = 4 - 8 = -4$	1
s = 10	$x = 4 - 5 = -1$	1
s = 11	$x = 4 - 2 = 2$	0
a_4, a_s	$x = k_4(a_4) - k_4(a_s)$	$P_4(a_4, a_s)$
s = 1	$x = 2 - 2 = 0$	0
s = 2	$x = 2 - 6 = -4$	1
s = 3	$x = 2 - 4 = -2$	1
s = 5	$x = 2 - 8 = -6$	1
s = 6	$x = 2 - 8 = -6$	1
s = 7	$x = 2 - 8 = -6$	1
s = 8	$x = 2 - 2 = 0$	0
s = 9	$x = 2 - 8 = -6$	1
s = 10	$x = 2 - 5 = -3$	1
s = 11	$x = 2 - 2 = 0$	0
a_5, a_s	$x = k_4(a_5) - k_4(a_s)$	$P_4(a_5, a_s)$
s = 1	$x = 8 - 2 = 6$	0
s = 2	$x = 8 - 6 = 2$	0
s = 3	$x = 8 - 4 = 4$	0
s = 4	$x = 8 - 2 = 6$	0
s = 6	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 7	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 8	$x = 8 - 2 = 6$	0
s = 9	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 10	$x = 8 - 5 = 3$	0
s = 11	$x = 8 - 2 = 6$	0
a_6, a_s	$x = k_4(a_6) - k_4(a_s)$	$P_4(a_6, a_s)$
s = 1	$x = 8 - 2 = 6$	0
s = 2	$x = 8 - 6 = 2$	0
s = 3	$x = 8 - 4 = 4$	0
s = 4	$x = 8 - 2 = 6$	0
s = 5	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 7	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 8	$x = 8 - 2 = 6$	0
s = 9	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 10	$x = 8 - 5 = 3$	0
s = 11	$x = 8 - 2 = 6$	0
a_7, a_s	$x = k_4(a_7) - k_4(a_s)$	$P_4(a_7, a_s)$
s = 1	$x = 8 - 2 = 6$	0
s = 2	$x = 8 - 6 = 2$	0

s = 3	$x = 8 - 4 = 4$	0
s = 4	$x = 8 - 2 = 6$	0
s = 5	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 6	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 8	$x = 8 - 2 = 6$	0
s = 9	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 10	$x = 8 - 5 = 3$	0
s = 11	$x = 8 - 2 = 6$	0
a_8, a_s	$x = k_4(a_8) - k_4(a_s)$	$P_4(a_8, a_s)$
s = 1	$x = 2 - 2 = 0$	0
s = 2	$x = 2 - 6 = -4$	1
s = 3	$x = 2 - 4 = -2$	1
s = 4	$x = 2 - 2 = 0$	0
s = 5	$x = 2 - 8 = -6$	1
s = 6	$x = 2 - 8 = -6$	1
s = 7	$x = 2 - 8 = -6$	1
s = 9	$x = 2 - 8 = -6$	1
s = 10	$x = 2 - 5 = -3$	1
s = 11	$x = 2 - 2 = 0$	0
a_9, a_s	$x = k_4(a_9) - k_4(a_s)$	$P_4(a_9, a_s)$
s = 1	$x = 8 - 2 = 6$	0
s = 2	$x = 8 - 6 = 2$	0
s = 3	$x = 8 - 4 = 4$	0
s = 4	$x = 8 - 2 = 6$	0
s = 5	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 6	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 7	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 8	$x = 8 - 2 = 6$	0
s = 10	$x = 8 - 5 = 3$	0
s = 11	$x = 8 - 2 = 6$	0
a_{10}, a_s	$x = k_4(a_{10}) - k_4(a_s)$	$P_4(a_{10}, a_s)$
s = 1	$x = 5 - 2 = 3$	0
s = 2	$x = 5 - 6 = -1$	1
s = 3	$x = 5 - 4 = 1$	0
s = 4	$x = 5 - 2 = 3$	0
s = 5	$x = 5 - 8 = -3$	1
s = 6	$x = 5 - 8 = -3$	1
s = 7	$x = 5 - 8 = -3$	1
s = 8	$x = 5 - 2 = 3$	0
s = 9	$x = 5 - 8 = -3$	1
s = 11	$x = 5 - 2 = 3$	0
a_{11}, a_s	$x = k_4(a_{11}) - k_4(a_s)$	$P_4(a_{11}, a_s)$
s = 1	$x = 2 - 2 = 0$	0
s = 2	$x = 2 - 6 = -4$	1
s = 3	$x = 2 - 4 = -2$	1
s = 4	$x = 2 - 2 = 0$	0
s = 5	$x = 2 - 8 = -6$	1
s = 6	$x = 2 - 8 = -6$	1
s = 7	$x = 2 - 8 = -6$	1
s = 8	$x = 2 - 2 = 0$	0
s = 9	$x = 2 - 8 = -6$	1
s = 10	$x = 2 - 5 = -3$	1

k_5 - tip I (max):

a_1, a_s	$x = k_5(a_1) - k_5(a_s)$	$P_5(a_1, a_s)$
s = 2	$x = 9 - 9 = 0$	0
s = 3	$x = 9 - 9 = 0$	0
s = 4	$x = 9 - 6.5 = 2.5$	1
s = 5	$x = 9 - 6.5 = 2.5$	1
s = 6	$x = 9 - 6.5 = 2.5$	1
s = 7	$x = 9 - 9.5 = -0.5$	0
s = 8	$x = 9 - 6.5 = 2.5$	1
s = 9	$x = 9 - 9 = 0$	0
s = 10	$x = 9 - 9.5 = -0.5$	0
s = 11	$x = 9 - 4 = 5$	1
a_2, a_s	$x = k_5(a_2) - k_5(a_s)$	$P_5(a_2, a_s)$
s = 1	$x = 9 - 9 = 0$	0
s = 3	$x = 9 - 9 = 0$	0
s = 4	$x = 9 - 6.5 = 2.5$	1
s = 5	$x = 9 - 6.5 = 2.5$	1
s = 6	$x = 9 - 6.5 = 2.5$	1
s = 7	$x = 9 - 9.5 = -0.5$	0
s = 8	$x = 9 - 6.5 = 2.5$	1
s = 9	$x = 9 - 9 = 0$	0
s = 10	$x = 9 - 9.5 = -0.5$	0
s = 11	$x = 9 - 4 = 5$	1
a_3, a_s	$x = k_5(a_3) - k_5(a_s)$	$P_5(a_3, a_s)$
s = 1	$x = 9 - 9 = 0$	0
s = 2	$x = 9 - 9 = 0$	0
s = 4	$x = 9 - 6.5 = 2.5$	1
s = 5	$x = 9 - 6.5 = 2.5$	1
s = 6	$x = 9 - 6.5 = 2.5$	1
s = 7	$x = 9 - 9.5 = -0.5$	0
s = 8	$x = 9 - 6.5 = 2.5$	1
s = 9	$x = 9 - 9 = 0$	0
s = 10	$x = 9 - 9.5 = -0.5$	0
s = 11	$x = 9 - 4 = 5$	1
a_4, a_s	$x = k_5(a_4) - k_5(a_s)$	$P_5(a_4, a_s)$
s = 1	$x = 6.5 - 9 = -2.5$	0
s = 2	$x = 6.5 - 9 = -2.5$	0
s = 3	$x = 6.5 - 9 = -2.5$	0
s = 5	$x = 6.5 - 6.5 = 0$	0
s = 6	$x = 6.5 - 6.5 = 0$	0
s = 7	$x = 6.5 - 9.5 = -3$	0
s = 8	$x = 6.5 - 6.5 = 0$	0
s = 9	$x = 6.5 - 9 = -2.5$	0
s = 10	$x = 6.5 - 9.5 = -3$	0
s = 11	$x = 6.5 - 4 = 2.5$	1
a_5, a_s	$x = k_5(a_5) - k_5(a_s)$	$P_5(a_5, a_s)$
s = 1	$x = 6.5 - 9 = -2.5$	0
s = 2	$x = 6.5 - 9 = -2.5$	0
s = 3	$x = 6.5 - 9 = -2.5$	0
s = 4	$x = 6.5 - 6.5 = 0$	0
s = 6	$x = 6.5 - 6.5 = 0$	0

s = 7	$x = 6.5 - 9.5 = -3$	0
s = 8	$x = 6.5 - 6.5 = 0$	0
s = 9	$x = 6.5 - 9 = -2.5$	0
s = 10	$x = 6.5 - 9.5 = -3$	0
s = 11	$x = 6.5 - 4 = 2.5$	1
a_6, a_s	$x = k_5(a_6) - k_5(a_s)$	$P_5(a_6, a_s)$
s = 1	$x = 6.5 - 9 = -2.5$	0
s = 2	$x = 6.5 - 9 = -2.5$	0
s = 3	$x = 6.5 - 9 = -2.5$	0
s = 4	$x = 6.5 - 6.5 = 0$	0
s = 5	$x = 6.5 - 6.5 = 0$	0
s = 7	$x = 6.5 - 9.5 = -3$	0
s = 8	$x = 6.5 - 6.5 = 0$	0
s = 9	$x = 6.5 - 9 = -2.5$	0
s = 10	$x = 6.5 - 9.5 = -3$	0
s = 11	$x = 6.5 - 4 = 2.5$	1
a_7, a_s	$x = k_5(a_7) - k_5(a_s)$	$P_5(a_7, a_s)$
s = 1	$x = 9.5 - 9 = 0.5$	1
s = 2	$x = 9.5 - 9 = 0.5$	1
s = 3	$x = 9.5 - 9 = 0.5$	1
s = 4	$x = 9.5 - 6.5 = 3$	1
s = 5	$x = 9.5 - 6.5 = 3$	1
s = 6	$x = 9.5 - 6.5 = 3$	1
s = 8	$x = 9.5 - 6.5 = 3$	1
s = 9	$x = 9.5 - 9 = 0.5$	1
s = 10	$x = 9.5 - 9.5 = 0$	0
s = 11	$x = 9.5 - 4 = 5.5$	1
a_8, a_s	$x = k_5(a_8) - k_5(a_s)$	$P_5(a_8, a_s)$
s = 1	$x = 6.5 - 9 = -2.5$	0
s = 2	$x = 6.5 - 9 = -2.5$	0
s = 3	$x = 6.5 - 9 = -2.5$	0
s = 4	$x = 6.5 - 6.5 = 0$	0
s = 5	$x = 6.5 - 6.5 = 0$	0
s = 6	$x = 6.5 - 6.5 = 0$	0
s = 7	$x = 6.5 - 9.5 = -3$	0
s = 9	$x = 6.5 - 9 = -2.5$	0
s = 10	$x = 6.5 - 9.5 = -3$	0
s = 11	$x = 6.5 - 4 = 2.5$	1
a_9, a_s	$x = k_5(a_9) - k_5(a_s)$	$P_5(a_9, a_s)$
s = 1	$x = 9 - 9 = 0$	0
s = 2	$x = 9 - 9 = 0$	0
s = 3	$x = 9 - 9 = 0$	0
s = 4	$x = 9 - 6.5 = 2.5$	1
s = 5	$x = 9 - 6.5 = 2.5$	1
s = 6	$x = 9 - 6.5 = 2.5$	1
s = 7	$x = 9 - 9.5 = -0.5$	0
s = 8	$x = 9 - 6.5 = 2.5$	1
s = 10	$x = 9 - 9.5 = -0.5$	0
s = 11	$x = 9 - 4 = 5$	1
a_{10}, a_s	$x = k_5(a_{10}) - k_5(a_s)$	$P_5(a_{10}, a_s)$
s = 1	$x = 9.5 - 9 = 0.5$	1
s = 2	$x = 9.5 - 9 = 0.5$	1

s = 3	$x = 9.5 - 9 = 0.5$	1
s = 4	$x = 9.5 - 6.5 = 3$	1
s = 5	$x = 9.5 - 6.5 = 3$	1
s = 6	$x = 9.5 - 6.5 = 3$	1
s = 7	$x = 9.5 - 9.5 = 0$	0
s = 8	$x = 9.5 - 6.5 = 3$	1
s = 9	$x = 9.5 - 9 = 0.5$	1
s = 11	$x = 9.5 - 4 = 5.5$	1
a_{11}, a_s	$x = k_5(a_{11}) - k_5(a_s)$	$P_5(a_{11}, a_s)$
s = 1	$x = 4 - 9 = -5$	0
s = 2	$x = 4 - 9 = -5$	0
s = 3	$x = 4 - 9 = -5$	0
s = 4	$x = 4 - 6.5 = -2.5$	0
s = 5	$x = 4 - 6.5 = -2.5$	0
s = 6	$x = 4 - 6.5 = -2.5$	0
s = 7	$x = 4 - 9.5 = -5.5$	0
s = 8	$x = 4 - 6.5 = -2.5$	0
s = 9	$x = 4 - 9 = -5$	0
s = 10	$x = 4 - 9.5 = -5.5$	0

k_6 - tip I (max):

a_1, a_s	$x = k_6(a_1) - k_6(a_s)$	$P_6(a_1, a_s)$
s = 2	$x = 6 - 8.5 = -2.5$	0
s = 3	$x = 6 - 7.25 = -1.25$	0
s = 4	$x = 6 - 4 = 2$	1
s = 5	$x = 6 - 9 = -3$	0
s = 6	$x = 6 - 9 = -3$	0
s = 7	$x = 6 - 9.5 = -3.5$	0
s = 8	$x = 6 - 5.5 = 0.5$	1
s = 9	$x = 6 - 9.5 = -3.5$	0
s = 10	$x = 6 - 6 = 0$	0
s = 11	$x = 6 - 2 = 4$	1
a_2, a_s	$x = k_6(a_2) - k_6(a_s)$	$P_6(a_2, a_s)$
s = 1	$x = 8.5 - 6 = 2.5$	1
s = 3	$x = 8.5 - 7.25 = 1.25$	1
s = 4	$x = 8.5 - 4 = 4.5$	1
s = 5	$x = 8.5 - 9 = -0.5$	0
s = 6	$x = 8.5 - 9 = -0.5$	0
s = 7	$x = 8.5 - 9.5 = -1$	0
s = 8	$x = 8.5 - 5.5 = 3$	1
s = 9	$x = 8.5 - 9.5 = -1$	0
s = 10	$x = 8.5 - 6 = 2.5$	1
s = 11	$x = 8.5 - 2 = 6.5$	1
a_3, a_s	$x = k_6(a_3) - k_6(a_s)$	$P_6(a_3, a_s)$
s = 1	$x = 7.25 - 6 = 1.25$	1
s = 2	$x = 7.25 - 8.5 = -1.25$	0
s = 4	$x = 7.25 - 4 = 3.25$	1
s = 5	$x = 7.25 - 9 = -1.75$	0
s = 6	$x = 7.25 - 9 = -1.75$	0
s = 7	$x = 7.25 - 9.5 = -2.25$	0
s = 8	$x = 7.25 - 5.5 = 1.75$	1
s = 9	$x = 7.25 - 9.5 = -2.25$	0

s = 10	$x = 7.25 - 6 = 1.25$	1
s = 11	$x = 7.25 - 2 = 5.25$	1
a_4, a_s	$x = k_6(a_4) - k_6(a_s)$	$P_6(a_4, a_s)$
s = 1	$x = 4 - 6 = -2$	0
s = 2	$x = 4 - 8.5 = -4.5$	0
s = 3	$x = 4 - 7.25 = -3.25$	0
s = 5	$x = 4 - 9 = -5$	0
s = 6	$x = 4 - 9 = -5$	0
s = 7	$x = 4 - 9.5 = -5.5$	0
s = 8	$x = 4 - 5.5 = -1.5$	0
s = 9	$x = 4 - 9.5 = -5.5$	0
s = 10	$x = 4 - 6 = -2$	0
s = 11	$x = 4 - 2 = 2$	1
a_5, a_s	$x = k_6(a_5) - k_6(a_s)$	$P_6(a_5, a_s)$
s = 1	$x = 9 - 6 = 3$	1
s = 2	$x = 9 - 8.5 = 0.5$	1
s = 3	$x = 9 - 7.25 = 1.75$	1
s = 4	$x = 9 - 4 = 5$	1
s = 6	$x = 9 - 9 = 0$	0
s = 7	$x = 9 - 9.5 = -0.5$	0
s = 8	$x = 9 - 5.5 = 3.5$	1
s = 9	$x = 9 - 9.5 = -0.5$	0
s = 10	$x = 9 - 6 = 3$	1
s = 11	$x = 9 - 2 = 7$	1
a_6, a_s	$x = k_6(a_6) - k_6(a_s)$	$P_6(a_6, a_s)$
s = 1	$x = 9 - 6 = 3$	1
s = 2	$x = 9 - 8.5 = 0.5$	1
s = 3	$x = 9 - 7.25 = 1.75$	1
s = 4	$x = 9 - 4 = 5$	1
s = 5	$x = 9 - 9 = 0$	0
s = 7	$x = 9 - 9.5 = -0.5$	0
s = 8	$x = 9 - 5.5 = 3.5$	1
s = 9	$x = 9 - 9.5 = -0.5$	0
s = 10	$x = 9 - 6 = 3$	1
s = 11	$x = 9 - 2 = 7$	1
a_7, a_s	$x = k_6(a_7) - k_6(a_s)$	$P_6(a_7, a_s)$
s = 1	$x = 9.5 - 6 = 3.5$	1
s = 2	$x = 9.5 - 8.5 = 1$	1
s = 3	$x = 9.5 - 7.25 = 2.25$	1
s = 4	$x = 9.5 - 4 = 5.5$	1
s = 5	$x = 9.5 - 9 = 0.5$	1
s = 6	$x = 9.5 - 9 = 0.5$	1
s = 8	$x = 9.5 - 5.5 = 4$	1
s = 9	$x = 9.5 - 9.5 = 0$	0
s = 10	$x = 9.5 - 6 = 3.5$	1
s = 11	$x = 9.5 - 2 = 7.5$	1
a_8, a_s	$x = k_6(a_8) - k_6(a_s)$	$P_6(a_8, a_s)$
s = 1	$x = 5.5 - 6 = -0.5$	0
s = 2	$x = 5.5 - 8.5 = -3$	0
s = 3	$x = 5.5 - 7.25 = -1.75$	0
s = 4	$x = 5.5 - 4 = 1.5$	1
s = 5	$x = 5.5 - 9 = -3.5$	0

s = 6	$x = 5.5 - 9 = -3.5$	0
s = 7	$x = 5.5 - 9.5 = -4$	0
s = 9	$x = 5.5 - 9.5 = -4$	0
s = 10	$x = 5.5 - 6 = -0.5$	0
s = 11	$x = 5.5 - 2 = 3.5$	1
a_9, a_s	$x = k_6(a_9) - k_6(a_s)$	$P_6(a_9, a_s)$
s = 1	$x = 9.5 - 6 = 3.5$	1
s = 2	$x = 9.5 - 8.5 = 1$	1
s = 3	$x = 9.5 - 7.25 = 2.25$	1
s = 4	$x = 9.5 - 4 = 5.5$	1
s = 5	$x = 9.5 - 9 = 0.5$	1
s = 6	$x = 9.5 - 9 = 0.5$	1
s = 7	$x = 9.5 - 9.5 = 0$	0
s = 8	$x = 9.5 - 5.5 = 4$	1
s = 10	$x = 9.5 - 6 = 3.5$	1
s = 11	$x = 9.5 - 2 = 7.5$	1
a_{10}, a_s	$x = k_6(a_{10}) - k_6(a_s)$	$P_6(a_{10}, a_s)$
s = 1	$x = 6 - 6 = 0$	0
s = 2	$x = 6 - 8.5 = -2.5$	0
s = 3	$x = 6 - 7.25 = -1.25$	0
s = 4	$x = 6 - 4 = 2$	1
s = 5	$x = 6 - 9 = -3$	0
s = 6	$x = 6 - 9 = -3$	0
s = 7	$x = 6 - 9.5 = -3.5$	0
s = 8	$x = 6 - 5.5 = 0.5$	1
s = 9	$x = 6 - 9.5 = -3.5$	0
s = 11	$x = 6 - 2 = 4$	1
a_{11}, a_s	$x = k_6(a_{11}) - k_6(a_s)$	$P_6(a_{11}, a_s)$
s = 1	$x = 2 - 6 = -4$	0
s = 2	$x = 2 - 8.5 = -6.5$	0
s = 3	$x = 2 - 7.25 = -5.25$	0
s = 4	$x = 2 - 4 = -2$	0
s = 5	$x = 2 - 9 = -7$	0
s = 6	$x = 2 - 9 = -7$	0
s = 7	$x = 2 - 9.5 = -7.5$	0
s = 8	$x = 2 - 5.5 = -3.5$	0
s = 9	$x = 2 - 9.5 = -7.5$	0
s = 10	$x = 2 - 6 = -4$	0

k₇ - tip I (min):

a_1, a_s	$x = k_7(a_1) - k_7(a_s)$	$P_7(a_1, a_s)$
s = 2	$x = 4 - 6 = -2$	1
s = 3	$x = 4 - 5 = -1$	1
s = 4	$x = 4 - 2 = 2$	0
s = 5	$x = 4 - 6.5 = -2.5$	1
s = 6	$x = 4 - 5 = -1$	1
s = 7	$x = 4 - 5 = -1$	1
s = 8	$x = 4 - 2 = 2$	0
s = 9	$x = 4 - 6.5 = -2.5$	1
s = 10	$x = 4 - 5 = -1$	1
s = 11	$x = 4 - 2 = 2$	0
a_2, a_s	$x = k_7(a_2) - k_7(a_s)$	$P_7(a_2, a_s)$

s = 1	$x = 6 - 4 = 2$	0
s = 3	$x = 6 - 5 = 1$	0
s = 4	$x = 6 - 2 = 4$	0
s = 5	$x = 6 - 6.5 = -0.5$	1
s = 6	$x = 6 - 5 = 1$	0
s = 7	$x = 6 - 5 = 1$	0
s = 8	$x = 6 - 2 = 4$	0
s = 9	$x = 6 - 6.5 = -0.5$	1
s = 10	$x = 6 - 5 = 1$	0
s = 11	$x = 6 - 2 = 4$	0
a_3, a_s	$x = k_7(a_3) - k_7(a_s)$	$P_7(a_3, a_s)$
s = 1	$x = 5 - 4 = 1$	0
s = 2	$x = 5 - 6 = -1$	1
s = 4	$x = 5 - 2 = 3$	0
s = 5	$x = 5 - 6.5 = -1.5$	1
s = 6	$x = 5 - 5 = 0$	0
s = 7	$x = 5 - 5 = 0$	0
s = 8	$x = 5 - 2 = 3$	0
s = 9	$x = 5 - 6.5 = -1.5$	1
s = 10	$x = 5 - 5 = 0$	0
s = 11	$x = 5 - 2 = 3$	0
a_4, a_s	$x = k_7(a_4) - k_7(a_s)$	$P_7(a_4, a_s)$
s = 1	$x = 2 - 4 = -2$	1
s = 2	$x = 2 - 6 = -4$	1
s = 3	$x = 2 - 5 = -3$	1
s = 5	$x = 2 - 6.5 = -4.5$	1
s = 6	$x = 2 - 5 = -3$	1
s = 7	$x = 2 - 5 = -3$	1
s = 8	$x = 2 - 2 = 0$	0
s = 9	$x = 2 - 6.5 = -4.5$	1
s = 10	$x = 2 - 5 = -3$	1
s = 11	$x = 2 - 2 = 0$	0
a_5, a_s	$x = k_7(a_5) - k_7(a_s)$	$P_7(a_5, a_s)$
s = 1	$x = 6.5 - 4 = 2.5$	0
s = 2	$x = 6.5 - 6 = 0.5$	0
s = 3	$x = 6.5 - 5 = 1.5$	0
s = 4	$x = 6.5 - 2 = 4.5$	0
s = 6	$x = 6.5 - 5 = 1.5$	0
s = 7	$x = 6.5 - 5 = 1.5$	0
s = 8	$x = 6.5 - 2 = 4.5$	0
s = 9	$x = 6.5 - 6.5 = 0$	0
s = 10	$x = 6.5 - 5 = 1.5$	0
s = 11	$x = 6.5 - 2 = 4.5$	0
a_6, a_s	$x = k_7(a_6) - k_7(a_s)$	$P_7(a_6, a_s)$
s = 1	$x = 5 - 4 = 1$	0
s = 2	$x = 5 - 6 = -1$	1
s = 3	$x = 5 - 5 = 0$	0
s = 4	$x = 5 - 2 = 3$	0
s = 5	$x = 5 - 6.5 = -1.5$	1
s = 7	$x = 5 - 5 = 0$	0
s = 8	$x = 5 - 2 = 3$	0
s = 9	$x = 5 - 6.5 = -1.5$	1

s = 10	$x = 5 - 5 = 0$	0
s = 11	$x = 5 - 2 = 3$	0
a_7, a_s	$x = k_7(a_7) - k_7(a_s)$	$P_7(a_7, a_s)$
s = 1	$x = 5 - 4 = 1$	0
s = 2	$x = 5 - 6 = -1$	1
s = 3	$x = 5 - 5 = 0$	0
s = 4	$x = 5 - 2 = 3$	0
s = 5	$x = 5 - 6.5 = -1.5$	1
s = 6	$x = 5 - 5 = 0$	0
s = 8	$x = 5 - 2 = 3$	0
s = 9	$x = 5 - 6.5 = -1.5$	1
s = 10	$x = 5 - 5 = 0$	0
s = 11	$x = 5 - 2 = 3$	0
a_8, a_s	$x = k_7(a_8) - k_7(a_s)$	$P_7(a_8, a_s)$
s = 1	$x = 2 - 4 = -2$	1
s = 2	$x = 2 - 6 = -4$	1
s = 3	$x = 2 - 5 = -3$	1
s = 4	$x = 2 - 2 = 0$	0
s = 5	$x = 2 - 6.5 = -4.5$	1
s = 6	$x = 2 - 5 = -3$	1
s = 7	$x = 2 - 5 = -3$	1
s = 9	$x = 2 - 6.5 = -4.5$	1
s = 10	$x = 2 - 5 = -3$	1
s = 11	$x = 2 - 2 = 0$	0
a_9, a_s	$x = k_7(a_9) - k_7(a_s)$	$P_7(a_9, a_s)$
s = 1	$x = 6.5 - 4 = 2.5$	0
s = 2	$x = 6.5 - 6 = 0.5$	0
s = 3	$x = 6.5 - 5 = 1.5$	0
s = 4	$x = 6.5 - 2 = 4.5$	0
s = 5	$x = 6.5 - 6.5 = 0$	0
s = 6	$x = 6.5 - 5 = 1.5$	0
s = 7	$x = 6.5 - 5 = 1.5$	0
s = 8	$x = 6.5 - 2 = 4.5$	0
s = 10	$x = 6.5 - 5 = 1.5$	0
s = 11	$x = 6.5 - 2 = 4.5$	0
a_{10}, a_s	$x = k_7(a_{10}) - k_7(a_s)$	$P_7(a_{10}, a_s)$
s = 1	$x = 5 - 4 = 1$	0
s = 2	$x = 5 - 6 = -1$	1
s = 3	$x = 5 - 5 = 0$	0
s = 4	$x = 5 - 2 = 3$	0
s = 5	$x = 5 - 6.5 = -1.5$	1
s = 6	$x = 5 - 5 = 0$	0
s = 7	$x = 5 - 5 = 0$	0
s = 8	$x = 5 - 2 = 3$	0
s = 9	$x = 5 - 6.5 = -1.5$	1
s = 11	$x = 5 - 2 = 3$	0
a_{11}, a_s	$x = k_7(a_{11}) - k_7(a_s)$	$P_7(a_{11}, a_s)$
s = 1	$x = 2 - 4 = -2$	1
s = 2	$x = 2 - 6 = -4$	1
s = 3	$x = 2 - 5 = -3$	1
s = 4	$x = 2 - 2 = 0$	0
s = 5	$x = 2 - 6.5 = -4.5$	1

s = 6	$x = 2 - 5 = -3$	1
s = 7	$x = 2 - 5 = -3$	1
s = 8	$x = 2 - 2 = 0$	0
s = 9	$x = 2 - 6.5 = -4.5$	1
s = 10	$x = 2 - 5 = -3$	1

k_8 - tip I (min):

a_1, a_s	$x = k_8(a_1) - k_8(a_s)$	$P_8(a_1, a_s)$
s = 2	$x = 4 - 6 = -2$	1
s = 3	$x = 4 - 5 = -1$	1
s = 4	$x = 4 - 2 = 2$	0
s = 5	$x = 4 - 6.5 = -2.5$	1
s = 6	$x = 4 - 3 = 1$	0
s = 7	$x = 4 - 6.5 = -2.5$	1
s = 8	$x = 4 - 2 = 2$	0
s = 9	$x = 4 - 5 = -1$	1
s = 10	$x = 4 - 3 = 1$	0
s = 11	$x = 4 - 2 = 2$	0
a_2, a_s	$x = k_8(a_2) - k_8(a_s)$	$P_8(a_2, a_s)$
s = 1	$x = 6 - 4 = 2$	0
s = 3	$x = 6 - 5 = 1$	0
s = 4	$x = 6 - 2 = 4$	0
s = 5	$x = 6 - 6.5 = -0.5$	1
s = 6	$x = 6 - 3 = 3$	0
s = 7	$x = 6 - 6.5 = -0.5$	1
s = 8	$x = 6 - 2 = 4$	0
s = 9	$x = 6 - 5 = 1$	0
s = 10	$x = 6 - 3 = 3$	0
s = 11	$x = 6 - 2 = 4$	0
a_3, a_s	$x = k_8(a_3) - k_8(a_s)$	$P_8(a_3, a_s)$
s = 1	$x = 5 - 4 = 1$	0
s = 2	$x = 5 - 6 = -1$	1
s = 4	$x = 5 - 2 = 3$	0
s = 5	$x = 5 - 6.5 = -1.5$	1
s = 6	$x = 5 - 3 = 2$	0
s = 7	$x = 5 - 6.5 = -1.5$	1
s = 8	$x = 5 - 2 = 3$	0
s = 9	$x = 5 - 5 = 0$	0
s = 10	$x = 5 - 3 = 2$	0
s = 11	$x = 5 - 2 = 3$	0
a_4, a_s	$x = k_8(a_4) - k_8(a_s)$	$P_8(a_4, a_s)$
s = 1	$x = 2 - 4 = -2$	1
s = 2	$x = 2 - 6 = -4$	1
s = 3	$x = 2 - 5 = -3$	1
s = 5	$x = 2 - 6.5 = -4.5$	1
s = 6	$x = 2 - 3 = -1$	1
s = 7	$x = 2 - 6.5 = -4.5$	1
s = 8	$x = 2 - 2 = 0$	0
s = 9	$x = 2 - 5 = -3$	1
s = 10	$x = 2 - 3 = -1$	1
s = 11	$x = 2 - 2 = 0$	0
a_5, a_s	$x = k_8(a_5) - k_8(a_s)$	$P_8(a_5, a_s)$

s = 1	$x = 6.5 - 4 = 2.5$	0
s = 2	$x = 6.5 - 6 = 0.5$	0
s = 3	$x = 6.5 - 5 = 1.5$	0
s = 4	$x = 6.5 - 2 = 4.5$	0
s = 6	$x = 6.5 - 3 = 3.5$	0
s = 7	$x = 6.5 - 6.5 = 0$	0
s = 8	$x = 6.5 - 2 = 4.5$	0
s = 9	$x = 6.5 - 5 = 1.5$	0
s = 10	$x = 6.5 - 3 = 3.5$	0
s = 11	$x = 6.5 - 2 = 4.5$	0
a_6, a_s	$x = k_8(a_6) - k_8(a_s)$	$P_8(a_6, a_s)$
s = 1	$x = 3 - 4 = -1$	1
s = 2	$x = 3 - 6 = -3$	1
s = 3	$x = 3 - 5 = -2$	1
s = 4	$x = 3 - 2 = 1$	0
s = 5	$x = 3 - 6.5 = -3.5$	1
s = 7	$x = 3 - 6.5 = -3.5$	1
s = 8	$x = 3 - 2 = 1$	0
s = 9	$x = 3 - 5 = -2$	1
s = 10	$x = 3 - 3 = 0$	0
s = 11	$x = 3 - 2 = 1$	0
a_7, a_s	$x = k_8(a_7) - k_8(a_s)$	$P_8(a_7, a_s)$
s = 1	$x = 6.5 - 4 = 2.5$	0
s = 2	$x = 6.5 - 6 = 0.5$	0
s = 3	$x = 6.5 - 5 = 1.5$	0
s = 4	$x = 6.5 - 2 = 4.5$	0
s = 5	$x = 6.5 - 6.5 = 0$	0
s = 6	$x = 6.5 - 3 = 3.5$	0
s = 8	$x = 6.5 - 2 = 4.5$	0
s = 9	$x = 6.5 - 5 = 1.5$	0
s = 10	$x = 6.5 - 3 = 3.5$	0
s = 11	$x = 6.5 - 2 = 4.5$	0
a_8, a_s	$x = k_8(a_8) - k_8(a_s)$	$P_8(a_8, a_s)$
s = 1	$x = 2 - 4 = -2$	1
s = 2	$x = 2 - 6 = -4$	1
s = 3	$x = 2 - 5 = -3$	1
s = 4	$x = 2 - 2 = 0$	0
s = 5	$x = 2 - 6.5 = -4.5$	1
s = 6	$x = 2 - 3 = -1$	1
s = 7	$x = 2 - 6.5 = -4.5$	1
s = 9	$x = 2 - 5 = -3$	1
s = 10	$x = 2 - 3 = -1$	1
s = 11	$x = 2 - 2 = 0$	0
a_9, a_s	$x = k_8(a_9) - k_8(a_s)$	$P_8(a_9, a_s)$
s = 1	$x = 5 - 4 = 1$	0
s = 2	$x = 5 - 6 = -1$	1
s = 3	$x = 5 - 5 = 0$	0
s = 4	$x = 5 - 2 = 3$	0
s = 5	$x = 5 - 6.5 = -1.5$	1
s = 6	$x = 5 - 3 = 2$	0
s = 7	$x = 5 - 6.5 = -1.5$	1
s = 8	$x = 5 - 2 = 3$	0

s = 10	$x = 5 - 3 = 2$	0
s = 11	$x = 5 - 2 = 3$	0
a_{10}, a_s	$x = k_8(a_{10}) - k_8(a_s)$	$P_8(a_{10}, a_s)$
s = 1	$x = 3 - 4 = -1$	1
s = 2	$x = 3 - 6 = -3$	1
s = 3	$x = 3 - 5 = -2$	1
s = 4	$x = 3 - 2 = 1$	0
s = 5	$x = 3 - 6.5 = -3.5$	1
s = 6	$x = 3 - 3 = 0$	0
s = 7	$x = 3 - 6.5 = -3.5$	1
s = 8	$x = 3 - 2 = 1$	0
s = 9	$x = 3 - 5 = -2$	1
s = 11	$x = 3 - 2 = 1$	0
a_{11}, a_s	$x = k_8(a_{11}) - k_8(a_s)$	$P_8(a_{11}, a_s)$
s = 1	$x = 2 - 4 = -2$	1
s = 2	$x = 2 - 6 = -4$	1
s = 3	$x = 2 - 5 = -3$	1
s = 4	$x = 2 - 2 = 0$	0
s = 5	$x = 2 - 6.5 = -4.5$	1
s = 6	$x = 2 - 3 = -1$	1
s = 7	$x = 2 - 6.5 = -4.5$	1
s = 8	$x = 2 - 2 = 0$	0
s = 9	$x = 2 - 5 = -3$	1
s = 10	$x = 2 - 3 = -1$	1

k_9 - tip I (min):

a_1, a_s	$x = k_9(a_1) - k_9(a_s)$	$P_9(a_1, a_s)$
s = 2	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 3	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 4	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 5	$x = 8 - 9.5 = -1.5$	1
s = 6	$x = 8 - 2 = 6$	0
s = 7	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 8	$x = 8 - 2 = 6$	0
s = 9	$x = 8 - 9.5 = -1.5$	1
s = 10	$x = 8 - 5 = 3$	0
s = 11	$x = 8 - 2 = 6$	0
a_2, a_s	$x = k_9(a_2) - k_9(a_s)$	$P_9(a_2, a_s)$
s = 1	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 3	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 4	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 5	$x = 8 - 9.5 = -1.5$	1
s = 6	$x = 8 - 2 = 6$	0
s = 7	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 8	$x = 8 - 2 = 6$	0
s = 9	$x = 8 - 9.5 = -1.5$	1
s = 10	$x = 8 - 5 = 3$	0
s = 11	$x = 8 - 2 = 6$	0
a_3, a_s	$x = k_9(a_3) - k_9(a_s)$	$P_9(a_3, a_s)$
s = 1	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 2	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 4	$x = 8 - 8 = 0$	0

s = 5	$x = 8 - 9.5 = -1.5$	1
s = 6	$x = 8 - 2 = 6$	0
s = 7	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 8	$x = 8 - 2 = 6$	0
s = 9	$x = 8 - 9.5 = -1.5$	1
s = 10	$x = 8 - 5 = 3$	0
s = 11	$x = 8 - 2 = 6$	0
a_4, a_s	$x = k_9(a_4) - k_9(a_s)$	$P_9(a_4, a_s)$
s = 1	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 2	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 3	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 5	$x = 8 - 9.5 = -1.5$	1
s = 6	$x = 8 - 2 = 6$	0
s = 7	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 8	$x = 8 - 2 = 6$	0
s = 9	$x = 8 - 9.5 = -1.5$	1
s = 10	$x = 8 - 5 = 3$	0
s = 11	$x = 8 - 2 = 6$	0
a_5, a_s	$x = k_9(a_5) - k_9(a_s)$	$P_9(a_5, a_s)$
s = 1	$x = 9.5 - 8 = 1.5$	0
s = 2	$x = 9.5 - 8 = 1.5$	0
s = 3	$x = 9.5 - 8 = 1.5$	0
s = 4	$x = 9.5 - 8 = 1.5$	0
s = 6	$x = 9.5 - 2 = 7.5$	0
s = 7	$x = 9.5 - 8 = 1.5$	0
s = 8	$x = 9.5 - 2 = 7.5$	0
s = 9	$x = 9.5 - 9.5 = 0$	0
s = 10	$x = 9.5 - 5 = 4.5$	0
s = 11	$x = 9.5 - 2 = 7.5$	0
a_6, a_s	$x = k_9(a_6) - k_9(a_s)$	$P_9(a_6, a_s)$
s = 1	$x = 2 - 8 = -6$	1
s = 2	$x = 2 - 8 = -6$	1
s = 3	$x = 2 - 8 = -6$	1
s = 4	$x = 2 - 8 = -6$	1
s = 5	$x = 2 - 9.5 = -7.5$	1
s = 7	$x = 2 - 8 = -6$	1
s = 8	$x = 2 - 2 = 0$	0
s = 9	$x = 2 - 9.5 = -7.5$	1
s = 10	$x = 2 - 5 = -3$	1
s = 11	$x = 2 - 2 = 0$	0
a_7, a_s	$x = k_9(a_7) - k_9(a_s)$	$P_9(a_7, a_s)$
s = 1	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 2	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 3	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 4	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 5	$x = 8 - 9.5 = -1.5$	1
s = 6	$x = 8 - 2 = 6$	0
s = 8	$x = 8 - 2 = 6$	0
s = 9	$x = 8 - 9.5 = -1.5$	1
s = 10	$x = 8 - 5 = 3$	0
s = 11	$x = 8 - 2 = 6$	0
a_8, a_s	$x = k_9(a_8) - k_9(a_s)$	$P_9(a_8, a_s)$

s = 1	$x = 2 - 8 = -6$	1
s = 2	$x = 2 - 8 = -6$	1
s = 3	$x = 2 - 8 = -6$	1
s = 4	$x = 2 - 8 = -6$	1
s = 5	$x = 2 - 9.5 = -7.5$	1
s = 6	$x = 2 - 2 = 0$	0
s = 7	$x = 2 - 8 = -6$	1
s = 9	$x = 2 - 9.5 = -7.5$	1
s = 10	$x = 2 - 5 = -3$	1
s = 11	$x = 2 - 2 = 0$	0
a_9, a_s	$x = k_9(a_9) - k_9(a_s)$	$P_9(a_9, a_s)$
s = 1	$x = 9.5 - 8 = 1.5$	0
s = 2	$x = 9.5 - 8 = 1.5$	0
s = 3	$x = 9.5 - 8 = 1.5$	0
s = 4	$x = 9.5 - 8 = 1.5$	0
s = 5	$x = 9.5 - 9.5 = 0$	0
s = 6	$x = 9.5 - 2 = 7.5$	0
s = 7	$x = 9.5 - 8 = 1.5$	0
s = 8	$x = 9.5 - 2 = 7.5$	0
s = 10	$x = 9.5 - 5 = 4.5$	0
s = 11	$x = 9.5 - 2 = 7.5$	0
a_{10}, a_s	$x = k_9(a_{10}) - k_9(a_s)$	$P_9(a_{10}, a_s)$
s = 1	$x = 5 - 8 = -3$	1
s = 2	$x = 5 - 8 = -3$	1
s = 3	$x = 5 - 8 = -3$	1
s = 4	$x = 5 - 8 = -3$	1
s = 5	$x = 5 - 9.5 = -4.5$	1
s = 6	$x = 5 - 2 = 3$	0
s = 7	$x = 5 - 8 = -3$	1
s = 8	$x = 5 - 2 = 3$	0
s = 9	$x = 5 - 9.5 = -4.5$	1
s = 11	$x = 5 - 2 = 3$	0
a_{11}, a_s	$x = k_9(a_{11}) - k_9(a_s)$	$P_9(a_{11}, a_s)$
s = 1	$x = 2 - 8 = -6$	1
s = 2	$x = 2 - 8 = -6$	1
s = 3	$x = 2 - 8 = -6$	1
s = 4	$x = 2 - 8 = -6$	1
s = 5	$x = 2 - 9.5 = -7.5$	1
s = 6	$x = 2 - 2 = 0$	0
s = 7	$x = 2 - 8 = -6$	1
s = 8	$x = 2 - 2 = 0$	0
s = 9	$x = 2 - 9.5 = -7.5$	1
s = 10	$x = 2 - 5 = -3$	1

k_{10} - tip I (max):

a_1, a_s	$x = k_{10}(a_1) - k_{10}(a_s)$	$P_{10}(a_1, a_s)$
s = 2	$x = 80 - 75 = 5$	1
s = 3	$x = 80 - 90 = -10$	0
s = 4	$x = 80 - 10 = 70$	1
s = 5	$x = 80 - 15 = 65$	1
s = 6	$x = 80 - 40 = 40$	1
s = 7	$x = 80 - 20 = 60$	1

s = 8	$x = 80 - 3 = 77$	1
s = 9	$x = 80 - 10 = 70$	1
s = 10	$x = 80 - 20 = 60$	1
s = 11	$x = 80 - 30 = 50$	1
a_2, a_s	$x = k_{10}(a_2) - k_{10}(a_s)$	$P_{10}(a_2, a_s)$
s = 1	$x = 75 - 80 = -5$	0
s = 3	$x = 75 - 90 = -15$	0
s = 4	$x = 75 - 10 = 65$	1
s = 5	$x = 75 - 15 = 60$	1
s = 6	$x = 75 - 40 = 35$	1
s = 7	$x = 75 - 20 = 55$	1
s = 8	$x = 75 - 3 = 72$	1
s = 9	$x = 75 - 10 = 65$	1
s = 10	$x = 75 - 20 = 55$	1
s = 11	$x = 75 - 30 = 45$	1
a_3, a_s	$x = k_{10}(a_3) - k_{10}(a_s)$	$P_{10}(a_3, a_s)$
s = 1	$x = 90 - 80 = 10$	1
s = 2	$x = 90 - 75 = 15$	1
s = 4	$x = 90 - 10 = 80$	1
s = 5	$x = 90 - 15 = 75$	1
s = 6	$x = 90 - 40 = 50$	1
s = 7	$x = 90 - 20 = 70$	1
s = 8	$x = 90 - 3 = 87$	1
s = 9	$x = 90 - 10 = 80$	1
s = 10	$x = 90 - 20 = 70$	1
s = 11	$x = 90 - 30 = 60$	1
a_4, a_s	$x = k_{10}(a_4) - k_{10}(a_s)$	$P_{10}(a_4, a_s)$
s = 1	$x = 10 - 80 = -70$	0
s = 2	$x = 10 - 75 = -65$	0
s = 3	$x = 10 - 90 = -80$	0
s = 5	$x = 10 - 15 = -5$	0
s = 6	$x = 10 - 40 = -30$	0
s = 7	$x = 10 - 20 = -10$	0
s = 8	$x = 10 - 3 = 7$	1
s = 9	$x = 10 - 10 = 0$	0
s = 10	$x = 10 - 20 = -10$	0
s = 11	$x = 10 - 30 = -20$	0
a_5, a_s	$x = k_{10}(a_5) - k_{10}(a_s)$	$P_{10}(a_5, a_s)$
s = 1	$x = 15 - 80 = -65$	0
s = 2	$x = 15 - 75 = -60$	0
s = 3	$x = 15 - 90 = -75$	0
s = 4	$x = 15 - 10 = 5$	1
s = 6	$x = 15 - 40 = -25$	0
s = 7	$x = 15 - 20 = -5$	0
s = 8	$x = 15 - 3 = 12$	1
s = 9	$x = 15 - 10 = 5$	1
s = 10	$x = 15 - 20 = -5$	0
s = 11	$x = 15 - 30 = -15$	0
a_6, a_s	$x = k_{10}(a_6) - k_{10}(a_s)$	$P_{10}(a_6, a_s)$
s = 1	$x = 40 - 80 = -40$	0
s = 2	$x = 40 - 75 = -35$	0
s = 3	$x = 40 - 90 = -50$	0

s = 4	$x = 40 - 10 = 30$	1
s = 5	$x = 40 - 15 = 25$	1
s = 7	$x = 40 - 20 = 20$	1
s = 8	$x = 40 - 3 = 37$	1
s = 9	$x = 40 - 10 = 30$	1
s = 10	$x = 40 - 20 = 20$	1
s = 11	$x = 40 - 30 = 10$	1
a_7, a_s	$x = k_{10}(a_7) - k_{10}(a_s)$	$P_{10}(a_7, a_s)$
s = 1	$x = 20 - 80 = -60$	0
s = 2	$x = 20 - 75 = -55$	0
s = 3	$x = 20 - 90 = -70$	0
s = 4	$x = 20 - 10 = 10$	1
s = 5	$x = 20 - 15 = 5$	1
s = 6	$x = 20 - 40 = -20$	0
s = 8	$x = 20 - 3 = 17$	1
s = 9	$x = 20 - 10 = 10$	1
s = 10	$x = 20 - 20 = 0$	0
s = 11	$x = 20 - 30 = -10$	0
a_8, a_s	$x = k_{10}(a_8) - k_{10}(a_s)$	$P_{10}(a_8, a_s)$
s = 1	$x = 3 - 80 = -77$	0
s = 2	$x = 3 - 75 = -72$	0
s = 3	$x = 3 - 90 = -87$	0
s = 4	$x = 3 - 10 = -7$	0
s = 5	$x = 3 - 15 = -12$	0
s = 6	$x = 3 - 40 = -37$	0
s = 7	$x = 3 - 20 = -17$	0
s = 9	$x = 3 - 10 = -7$	0
s = 10	$x = 3 - 20 = -17$	0
s = 11	$x = 3 - 30 = -27$	0
a_9, a_s	$x = k_{10}(a_9) - k_{10}(a_s)$	$P_{10}(a_9, a_s)$
s = 1	$x = 10 - 80 = -70$	0
s = 2	$x = 10 - 75 = -65$	0
s = 3	$x = 10 - 90 = -80$	0
s = 4	$x = 10 - 10 = 0$	0
s = 5	$x = 10 - 15 = -5$	0
s = 6	$x = 10 - 40 = -30$	0
s = 7	$x = 10 - 20 = -10$	0
s = 8	$x = 10 - 3 = 7$	1
s = 10	$x = 10 - 20 = -10$	0
s = 11	$x = 10 - 30 = -20$	0
a_{10}, a_s	$x = k_{10}(a_{10}) - k_{10}(a_s)$	$P_{10}(a_{10}, a_s)$
s = 1	$x = 20 - 80 = -60$	0
s = 2	$x = 20 - 75 = -55$	0
s = 3	$x = 20 - 90 = -70$	0
s = 4	$x = 20 - 10 = 10$	1
s = 5	$x = 20 - 15 = 5$	1
s = 6	$x = 20 - 40 = -20$	0
s = 7	$x = 20 - 20 = 0$	0
s = 8	$x = 20 - 3 = 17$	1
s = 9	$x = 20 - 10 = 10$	1
s = 11	$x = 20 - 30 = -10$	0
a_{11}, a_s	$x = k_{10}(a_{11}) - k_{10}(a_s)$	$P_{10}(a_{11}, a_s)$

s = 1	$x = 30 - 80 = -50$	0
s = 2	$x = 30 - 75 = -45$	0
s = 3	$x = 30 - 90 = -60$	0
s = 4	$x = 30 - 10 = 20$	1
s = 5	$x = 30 - 15 = 15$	1
s = 6	$x = 30 - 40 = -10$	0
s = 7	$x = 30 - 20 = 10$	1
s = 8	$x = 30 - 3 = 27$	1
s = 9	$x = 30 - 10 = 20$	1
s = 10	$x = 30 - 20 = 10$	1

k_{11} - tip I (max):

a_1, a_s	$x = k_{11}(a_1) - k_{11}(a_s)$	$P_{11}(a_1, a_s)$
s = 2	$x = 8.5 - 8.75 = -0.25$	0
s = 3	$x = 8.5 - 8.75 = -0.25$	0
s = 4	$x = 8.5 - 5.25 = 3.25$	1
s = 5	$x = 8.5 - 7 = 1.5$	1
s = 6	$x = 8.5 - 8.5 = 0$	0
s = 7	$x = 8.5 - 9 = -0.5$	0
s = 8	$x = 8.5 - 5.5 = 3$	1
s = 9	$x = 8.5 - 8 = 0.5$	1
s = 10	$x = 8.5 - 5 = 3.5$	1
s = 11	$x = 8.5 - 1.75 = 6.75$	1
a_2, a_s	$x = k_{11}(a_2) - k_{11}(a_s)$	$P_{11}(a_2, a_s)$
s = 1	$x = 8.75 - 8.5 = 0.25$	1
s = 3	$x = 8.75 - 8.75 = 0$	0
s = 4	$x = 8.75 - 5.25 = 3.5$	1
s = 5	$x = 8.75 - 7 = 1.75$	1
s = 6	$x = 8.75 - 8.5 = 0.25$	1
s = 7	$x = 8.75 - 9 = -0.25$	0
s = 8	$x = 8.75 - 5.5 = 3.25$	1
s = 9	$x = 8.75 - 8 = 0.75$	1
s = 10	$x = 8.75 - 5 = 3.75$	1
s = 11	$x = 8.75 - 1.75 = 7$	1
a_3, a_s	$x = k_{11}(a_3) - k_{11}(a_s)$	$P_{11}(a_3, a_s)$
s = 1	$x = 8.75 - 8.5 = 0.25$	1
s = 2	$x = 8.75 - 8.75 = 0$	0
s = 4	$x = 8.75 - 5.25 = 3.5$	1
s = 5	$x = 8.75 - 7 = 1.75$	1
s = 6	$x = 8.75 - 8.5 = 0.25$	1
s = 7	$x = 8.75 - 9 = -0.25$	0
s = 8	$x = 8.75 - 5.5 = 3.25$	1
s = 9	$x = 8.75 - 8 = 0.75$	1
s = 10	$x = 8.75 - 5 = 3.75$	1
s = 11	$x = 8.75 - 1.75 = 7$	1
a_4, a_s	$x = k_{11}(a_4) - k_{11}(a_s)$	$P_{11}(a_4, a_s)$
s = 1	$x = 5.25 - 8.5 = -3.25$	0
s = 2	$x = 5.25 - 8.75 = -3.5$	0
s = 3	$x = 5.25 - 8.75 = -3.5$	0
s = 5	$x = 5.25 - 7 = -1.75$	0
s = 6	$x = 5.25 - 8.5 = -3.25$	0
s = 7	$x = 5.25 - 9 = -3.75$	0

s = 8	$x = 5.25 - 5.5 = -0.25$	0
s = 9	$x = 5.25 - 8 = -2.75$	0
s = 10	$x = 5.25 - 5 = 0.25$	1
s = 11	$x = 5.25 - 1.75 = 3.5$	1
a_5, a_s	$x = k_{11}(a_5) - k_{11}(a_s)$	$P_{11}(a_5, a_s)$
s = 1	$x = 7 - 8.5 = -1.5$	0
s = 2	$x = 7 - 8.75 = -1.75$	0
s = 3	$x = 7 - 8.75 = -1.75$	0
s = 4	$x = 7 - 5.25 = 1.75$	1
s = 6	$x = 7 - 8.5 = -1.5$	0
s = 7	$x = 7 - 9 = -2$	0
s = 8	$x = 7 - 5.5 = 1.5$	1
s = 9	$x = 7 - 8 = -1$	0
s = 10	$x = 7 - 5 = 2$	1
s = 11	$x = 7 - 1.75 = 5.25$	1
a_6, a_s	$x = k_{11}(a_6) - k_{11}(a_s)$	$P_{11}(a_6, a_s)$
s = 1	$x = 8.5 - 8.5 = 0$	0
s = 2	$x = 8.5 - 8.75 = -0.25$	0
s = 3	$x = 8.5 - 8.75 = -0.25$	0
s = 4	$x = 8.5 - 5.25 = 3.25$	1
s = 5	$x = 8.5 - 7 = 1.5$	1
s = 7	$x = 8.5 - 9 = -0.5$	0
s = 8	$x = 8.5 - 5.5 = 3$	1
s = 9	$x = 8.5 - 8 = 0.5$	1
s = 10	$x = 8.5 - 5 = 3.5$	1
s = 11	$x = 8.5 - 1.75 = 6.75$	1
a_7, a_s	$x = k_{11}(a_7) - k_{11}(a_s)$	$P_{11}(a_7, a_s)$
s = 1	$x = 9 - 8.5 = 0.5$	1
s = 2	$x = 9 - 8.75 = 0.25$	1
s = 3	$x = 9 - 8.75 = 0.25$	1
s = 4	$x = 9 - 5.25 = 3.75$	1
s = 5	$x = 9 - 7 = 2$	1
s = 6	$x = 9 - 8.5 = 0.5$	1
s = 8	$x = 9 - 5.5 = 3.5$	1
s = 9	$x = 9 - 8 = 1$	1
s = 10	$x = 9 - 5 = 4$	1
s = 11	$x = 9 - 1.75 = 7.25$	1
a_8, a_s	$x = k_{11}(a_8) - k_{11}(a_s)$	$P_{11}(a_8, a_s)$
s = 1	$x = 5.5 - 8.5 = -3$	0
s = 2	$x = 5.5 - 8.75 = -3.25$	0
s = 3	$x = 5.5 - 8.75 = -3.25$	0
s = 4	$x = 5.5 - 5.25 = 0.25$	1
s = 5	$x = 5.5 - 7 = -1.5$	0
s = 6	$x = 5.5 - 8.5 = -3$	0
s = 7	$x = 5.5 - 9 = -3.5$	0
s = 9	$x = 5.5 - 8 = -2.5$	0
s = 10	$x = 5.5 - 5 = 0.5$	1
s = 11	$x = 5.5 - 1.75 = 3.75$	1
a_9, a_s	$x = k_{11}(a_9) - k_{11}(a_s)$	$P_{11}(a_9, a_s)$
s = 1	$x = 8 - 8.5 = -0.5$	0
s = 2	$x = 8 - 8.75 = -0.75$	0
s = 3	$x = 8 - 8.75 = -0.75$	0

s = 4	$x = 8 - 5.25 = 2.75$	1
s = 5	$x = 8 - 7 = 1$	1
s = 6	$x = 8 - 8.5 = -0.5$	0
s = 7	$x = 8 - 9 = -1$	0
s = 8	$x = 8 - 5.5 = 2.5$	1
s = 10	$x = 8 - 5 = 3$	1
s = 11	$x = 8 - 1.75 = 6.25$	1
a_{10}, a_s	$x = k_{11}(a_{10}) - k_{11}(a_s)$	$P_{11}(a_{10}, a_s)$
s = 1	$x = 5 - 8.5 = -3.5$	0
s = 2	$x = 5 - 8.75 = -3.75$	0
s = 3	$x = 5 - 8.75 = -3.75$	0
s = 4	$x = 5 - 5.25 = -0.25$	0
s = 5	$x = 5 - 7 = -2$	0
s = 6	$x = 5 - 8.5 = -3.5$	0
s = 7	$x = 5 - 9 = -4$	0
s = 8	$x = 5 - 5.5 = -0.5$	0
s = 9	$x = 5 - 8 = -3$	0
s = 11	$x = 5 - 1.75 = 3.25$	1
a_{11}, a_s	$x = k_{11}(a_{11}) - k_{11}(a_s)$	$P_{11}(a_{11}, a_s)$
s = 1	$x = 1.75 - 8.5 = -6.75$	0
s = 2	$x = 1.75 - 8.75 = -7$	0
s = 3	$x = 1.75 - 8.75 = -7$	0
s = 4	$x = 1.75 - 5.25 = -3.5$	0
s = 5	$x = 1.75 - 7 = -5.25$	0
s = 6	$x = 1.75 - 8.5 = -6.75$	0
s = 7	$x = 1.75 - 9 = -7.25$	0
s = 8	$x = 1.75 - 5.5 = -3.75$	0
s = 9	$x = 1.75 - 8 = -6.25$	0
s = 10	$x = 1.75 - 5 = -3.25$	0

k_{12} - tip I (max):

a_1, a_s	$x = k_{12}(a_1) - k_{12}(a_s)$	$P_{12}(a_1, a_s)$
s = 2	$x = 6.5 - 4 = 2.5$	1
s = 3	$x = 6.5 - 5.25 = 1.25$	1
s = 4	$x = 6.5 - 2 = 4.5$	1
s = 5	$x = 6.5 - 2 = 4.5$	1
s = 6	$x = 6.5 - 6.5 = 0$	0
s = 7	$x = 6.5 - 2 = 4.5$	1
s = 8	$x = 6.5 - 9 = -2.5$	0
s = 9	$x = 6.5 - 2 = 4.5$	1
s = 10	$x = 6.5 - 4 = 2.5$	1
s = 11	$x = 6.5 - 6.5 = 0$	0
a_2, a_s	$x = k_{12}(a_2) - k_{12}(a_s)$	$P_{12}(a_2, a_s)$
s = 1	$x = 4 - 6.5 = -2.5$	0
s = 3	$x = 4 - 5.25 = -1.25$	0
s = 4	$x = 4 - 2 = 2$	1
s = 5	$x = 4 - 2 = 2$	1
s = 6	$x = 4 - 6.5 = -2.5$	0
s = 7	$x = 4 - 2 = 2$	1
s = 8	$x = 4 - 9 = -5$	0
s = 9	$x = 4 - 2 = 2$	1
s = 10	$x = 4 - 4 = 0$	0

s = 11	$x = 4 - 6.5 = -2.5$	0
a_3, a_s	$x = k_{12}(a_3) - k_{12}(a_s)$	$P_{12}(a_3, a_s)$
s = 1	$x = 5.25 - 6.5 = -1.25$	0
s = 2	$x = 5.25 - 4 = 1.25$	1
s = 4	$x = 5.25 - 2 = 3.25$	1
s = 5	$x = 5.25 - 2 = 3.25$	1
s = 6	$x = 5.25 - 6.5 = -1.25$	0
s = 7	$x = 5.25 - 2 = 3.25$	1
s = 8	$x = 5.25 - 9 = -3.75$	0
s = 9	$x = 5.25 - 2 = 3.25$	1
s = 10	$x = 5.25 - 4 = 1.25$	1
s = 11	$x = 5.25 - 6.5 = -1.25$	0
a_4, a_s	$x = k_{12}(a_4) - k_{12}(a_s)$	$P_{12}(a_4, a_s)$
s = 1	$x = 2 - 6.5 = -4.5$	0
s = 2	$x = 2 - 4 = -2$	0
s = 3	$x = 2 - 5.25 = -3.25$	0
s = 5	$x = 2 - 2 = 0$	0
s = 6	$x = 2 - 6.5 = -4.5$	0
s = 7	$x = 2 - 2 = 0$	0
s = 8	$x = 2 - 9 = -7$	0
s = 9	$x = 2 - 2 = 0$	0
s = 10	$x = 2 - 4 = -2$	0
s = 11	$x = 2 - 6.5 = -4.5$	0
a_5, a_s	$x = k_{12}(a_5) - k_{12}(a_s)$	$P_{12}(a_5, a_s)$
s = 1	$x = 2 - 6.5 = -4.5$	0
s = 2	$x = 2 - 4 = -2$	0
s = 3	$x = 2 - 5.25 = -3.25$	0
s = 4	$x = 2 - 2 = 0$	0
s = 6	$x = 2 - 6.5 = -4.5$	0
s = 7	$x = 2 - 2 = 0$	0
s = 8	$x = 2 - 9 = -7$	0
s = 9	$x = 2 - 2 = 0$	0
s = 10	$x = 2 - 4 = -2$	0
s = 11	$x = 2 - 6.5 = -4.5$	0
a_6, a_s	$x = k_{12}(a_6) - k_{12}(a_s)$	$P_{12}(a_6, a_s)$
s = 1	$x = 6.5 - 6.5 = 0$	0
s = 2	$x = 6.5 - 4 = 2.5$	1
s = 3	$x = 6.5 - 5.25 = 1.25$	1
s = 4	$x = 6.5 - 2 = 4.5$	1
s = 5	$x = 6.5 - 2 = 4.5$	1
s = 7	$x = 6.5 - 2 = 4.5$	1
s = 8	$x = 6.5 - 9 = -2.5$	0
s = 9	$x = 6.5 - 2 = 4.5$	1
s = 10	$x = 6.5 - 4 = 2.5$	1
s = 11	$x = 6.5 - 6.5 = 0$	0
a_7, a_s	$x = k_{12}(a_7) - k_{12}(a_s)$	$P_{12}(a_7, a_s)$
s = 1	$x = 2 - 6.5 = -4.5$	0
s = 2	$x = 2 - 4 = -2$	0
s = 3	$x = 2 - 5.25 = -3.25$	0
s = 4	$x = 2 - 2 = 0$	0
s = 5	$x = 2 - 2 = 0$	0
s = 6	$x = 2 - 6.5 = -4.5$	0

s = 8	$x = 2 - 9 = -7$	0
s = 9	$x = 2 - 2 = 0$	0
s = 10	$x = 2 - 4 = -2$	0
s = 11	$x = 2 - 6.5 = -4.5$	0
a_8, a_s	$x = k_{12}(a_8) - k_{12}(a_s)$	$P_{12}(a_8, a_s)$
s = 1	$x = 9 - 6.5 = 2.5$	1
s = 2	$x = 9 - 4 = 5$	1
s = 3	$x = 9 - 5.25 = 3.75$	1
s = 4	$x = 9 - 2 = 7$	1
s = 5	$x = 9 - 2 = 7$	1
s = 6	$x = 9 - 6.5 = 2.5$	1
s = 7	$x = 9 - 2 = 7$	1
s = 9	$x = 9 - 2 = 7$	1
s = 10	$x = 9 - 4 = 5$	1
s = 11	$x = 9 - 6.5 = 2.5$	1
a_9, a_s	$x = k_{12}(a_9) - k_{12}(a_s)$	$P_{12}(a_9, a_s)$
s = 1	$x = 2 - 6.5 = -4.5$	0
s = 2	$x = 2 - 4 = -2$	0
s = 3	$x = 2 - 5.25 = -3.25$	0
s = 4	$x = 2 - 2 = 0$	0
s = 5	$x = 2 - 2 = 0$	0
s = 6	$x = 2 - 6.5 = -4.5$	0
s = 7	$x = 2 - 2 = 0$	0
s = 8	$x = 2 - 9 = -7$	0
s = 10	$x = 2 - 4 = -2$	0
s = 11	$x = 2 - 6.5 = -4.5$	0
a_{10}, a_s	$x = k_{12}(a_{10}) - k_{12}(a_s)$	$P_{12}(a_{10}, a_s)$
s = 1	$x = 4 - 6.5 = -2.5$	0
s = 2	$x = 4 - 4 = 0$	0
s = 3	$x = 4 - 5.25 = -1.25$	0
s = 4	$x = 4 - 2 = 2$	1
s = 5	$x = 4 - 2 = 2$	1
s = 6	$x = 4 - 6.5 = -2.5$	0
s = 7	$x = 4 - 2 = 2$	1
s = 8	$x = 4 - 9 = -5$	0
s = 9	$x = 4 - 2 = 2$	1
s = 11	$x = 4 - 6.5 = -2.5$	0
a_{11}, a_s	$x = k_{12}(a_{11}) - k_{12}(a_s)$	$P_{12}(a_{11}, a_s)$
s = 1	$x = 6.5 - 6.5 = 0$	0
s = 2	$x = 6.5 - 4 = 2.5$	1
s = 3	$x = 6.5 - 5.25 = 1.25$	1
s = 4	$x = 6.5 - 2 = 4.5$	1
s = 5	$x = 6.5 - 2 = 4.5$	1
s = 6	$x = 6.5 - 6.5 = 0$	0
s = 7	$x = 6.5 - 2 = 4.5$	1
s = 8	$x = 6.5 - 9 = -2.5$	0
s = 9	$x = 6.5 - 2 = 4.5$	1
s = 10	$x = 6.5 - 4 = 2.5$	1

КОРАК 3: Одређивање индекса преференција

Табела II-3

	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	a ₆	a ₇	a ₈	a ₉	a ₁₀	a ₁₁	T ⁺	T	Ранг
a ₁	0.0000	0.5615	0.5462	0.6000	0.8615	0.5538	0.4692	0.6538	0.6923	0.5385	0.5462	0.6023	0.3638	1
a ₂	0.2692	0.0000	0.2462	0.4000	0.6769	0.4538	0.3308	0.3615	0.5538	0.2846	0.3615	0.3938	-0.0985	9
a ₃	0.2846	0.4538	0.0000	0.4923	0.7692	0.5462	0.3308	0.5462	0.5538	0.4462	0.5462	0.4969	0.1038	3
a ₄	0.0923	0.4154	0.4154	0.0000	0.5077	0.4154	0.4154	0.2154	0.5077	0.4385	0.4385	0.3862	-0.0623	7
a ₅	0.1385	0.3231	0.2308	0.3769	0.0000	0.2000	0.2000	0.4692	0.1231	0.3615	0.5308	0.2954	-0.2869	11
a ₆	0.2769	0.5462	0.4077	0.5077	0.3692	0.0000	0.2846	0.4692	0.3692	0.5077	0.5462	0.4285	0.0069	5
a ₇	0.3462	0.5769	0.4385	0.4538	0.5923	0.5462	0.0000	0.5462	0.3615	0.3615	0.5308	0.4754	0.1146	2
a ₈	0.2231	0.4538	0.4538	0.4000	0.4538	0.3615	0.4538	0.0000	0.4538	0.4769	0.3846	0.4115	-0.0431	6
a ₉	0.1385	0.3692	0.3231	0.4385	0.4846	0.4154	0.2462	0.5462	0.0000	0.4538	0.5308	0.3946	-0.0685	8
a ₁₀	0.3231	0.6769	0.4154	0.5615	0.6385	0.4000	0.4077	0.5231	0.5462	0.0000	0.5308	0.5023	0.0685	4
a ₁₁	0.2923	0.5462	0.4538	0.2538	0.4692	0.3231	0.4692	0.2154	0.4692	0.4692	0.0000	0.3962	-0.0985	10
T ⁻	0.2385	0.4923	0.3931	0.4485	0.5823	0.4215	0.3608	0.4546	0.4631	0.4338	0.4946			

КОРАК 4: Одређивање свих парова потпуних поредака [P⁺, Γ⁺] и [P⁻, Γ⁻]:

Табела II -4

	a ₁				a ₂				a ₃				a ₄				a ₅				a ₆				a ₇				a ₈				a ₉				a ₁₀				a ₁₁			
	P ⁺	P ⁻	Γ ⁺	Γ ⁻	P ⁺	P ⁻	Γ ⁺	Γ ⁻	P ⁺	P ⁻	Γ ⁺	Γ ⁻	P ⁺	P ⁻	Γ ⁺	Γ ⁻	P ⁺	P ⁻	Γ ⁺	Γ ⁻	P ⁺	P ⁻	Γ ⁺	Γ ⁻	P ⁺	P ⁻	Γ ⁺	Γ ⁻	P ⁺	P ⁻	Γ ⁺	Γ ⁻	P ⁺	P ⁻	Γ ⁺	Γ ⁻	P ⁺	P ⁻	Γ ⁺	Γ ⁻				
a ₁	--	--	--	--	ne	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	ne	DA	DA	DA	ne	DA	ne	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	ne	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	ne	DA	ne	DA
a ₂	DA	DA	DA	DA	--	--	--	--	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA
a ₃	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	--	--	--	--	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA
a ₄	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	ne	DA	--	--	--	--	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA
a ₅	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	--	--	--	--	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA
a ₆	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	--	--	--	--	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA
a ₇	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	--	--	--	--	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA
a ₈	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	ne	DA	ne	DA	--	--	--	--	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA
a ₉	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	ne	DA	--	--	--	--	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA
a ₁₀	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	--	--	--	--	ne	DA	ne	DA
a ₁₁	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	ne	DA	ne	DA	--	--	--	--

Прилог 3:

ВИШЕКРИТЕРИЈУМСКА АНАЛИЗА ИЗБОРА РЕКУЛТИВАЦИОНОГ РЕШЕЊА ЕКСПЛОАТАЦИОНОГ ПОЉА ПОВРШИНСКОГ КОПА БОГУТОВО СЕЛО

КОРАК 1: Квантификована иницијална матрица одлучивања

Табела III-1

Алтернативе	Критеријуми											
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12
a ₁	3	9.5	3	3	8	7	5	4.5	8.5	80	8.5	6.5
a ₂	10	2.5	6.5	6	8.5	8.5	6.5	6	8	20	8.75	7
a ₃	25	6	7.5	5.25	9	9	6	5.5	8.5	70	9	6
a ₄	12.67	6	5.6	4.75	8.5	8.25	6.5	5.3	8.25	80	8.75	6.5
a ₅	2.5	2.5	1.5	3	4	4	3	3	5	10	4	2
a ₆	30	4	3.5	8.5	6.5	9	6	5	5	7	8.5	6
a ₇	10	2.5	7.5	4	6.5	5	4	3.5	3	30	5	7
a ₈	20	9	2	9	9.5	9.5	7.5	7	9	30	9.5	3
a ₉	1	6	3.5	4.0	8	7	5	4	5	25	5	4
Типкритериј.	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Тежина	0.7	0.6	0.6	0.8	0.5	0.9	0.3	0.3	0.6	0.1	0.85	0.25
Екстрем	min	max	min	min	max	max	min	min	min	max	max	max

КОРАК 2: Одређивање функција преференције

Табела III – 2

κ₁ - тип I (max):

a ₁ , a _s	$x = k_1(a_1) - k_1(a_s)$	P ₁ (a ₁ , a _s)
s = 2	$x = 3 - 10 = -7$	1
s = 3	$x = 3 - 25 = -22$	1
s = 4	$x = 3 - 12.67 = -9.67$	1
s = 5	$x = 3 - 2.5 = 0.5$	0
s = 6	$x = 3 - 30 = -27$	1
s = 7	$x = 3 - 10 = -7$	1
s = 8	$x = 3 - 20 = -17$	1
s = 9	$x = 3 - 1 = 2$	0
a ₂ , a _s	$x = k_1(a_2) - k_1(a_s)$	P ₁ (a ₂ , a _s)
s = 1	$x = 10 - 3 = 7$	0
s = 3	$x = 10 - 25 = -15$	1
s = 4	$x = 10 - 12.67 = -2.67$	1
s = 5	$x = 10 - 2.5 = 7.5$	0
s = 6	$x = 10 - 30 = -20$	1
s = 7	$x = 10 - 10 = 0$	0
s = 8	$x = 10 - 20 = -10$	1
s = 9	$x = 10 - 1 = 9$	0
a ₃ , a _s	$x = k_1(a_3) - k_1(a_s)$	P ₁ (a ₃ , a _s)
s = 1	$x = 25 - 3 = 22$	0
s = 2	$x = 25 - 10 = 15$	0
s = 4	$x = 25 - 12.67 = 12.33$	0
s = 5	$x = 25 - 2.5 = 22.5$	0
s = 6	$x = 25 - 30 = -5$	1
s = 7	$x = 25 - 10 = 15$	0

s = 8	$x = 25 - 20 = 5$	0
s = 9	$x = 25 - 1 = 24$	0
a_4, a_s	$x = k_1(a_4) - k_1(a_s)$	$P_1(a_4, a_s)$
s = 1	$x = 12.67 - 3 = 9.67$	0
s = 2	$x = 12.67 - 10 = 2.67$	0
s = 3	$x = 12.67 - 25 = -12.33$	1
s = 5	$x = 12.67 - 2.5 = 10.17$	0
s = 6	$x = 12.67 - 30 = -17.33$	1
s = 7	$x = 12.67 - 10 = 2.67$	0
s = 8	$x = 12.67 - 20 = -7.33$	1
s = 9	$x = 12.67 - 1 = 11.67$	0
a_5, a_s	$x = k_1(a_5) - k_1(a_s)$	$P_1(a_5, a_s)$
s = 1	$x = 2.5 - 3 = -0.5$	1
s = 2	$x = 2.5 - 10 = -7.5$	1
s = 3	$x = 2.5 - 25 = -22.5$	1
s = 4	$x = 2.5 - 12.67 = -10.17$	1
s = 6	$x = 2.5 - 30 = -27.5$	1
s = 7	$x = 2.5 - 10 = -7.5$	1
s = 8	$x = 2.5 - 20 = -17.5$	1
s = 9	$x = 2.5 - 1 = 1.5$	0
a_6, a_s	$x = k_1(a_6) - k_1(a_s)$	$P_1(a_6, a_s)$
s = 1	$x = 30 - 3 = 27$	0
s = 2	$x = 30 - 10 = 20$	0
s = 3	$x = 30 - 25 = 5$	0
s = 4	$x = 30 - 12.67 = 17.33$	0
s = 5	$x = 30 - 2.5 = 27.5$	0
s = 7	$x = 30 - 10 = 20$	0
s = 8	$x = 30 - 20 = 10$	0
s = 9	$x = 30 - 1 = 29$	0
a_7, a_s	$x = k_1(a_7) - k_1(a_s)$	$P_1(a_7, a_s)$
s = 1	$x = 10 - 3 = 7$	0
s = 2	$x = 10 - 10 = 0$	0
s = 3	$x = 10 - 25 = -15$	1
s = 4	$x = 10 - 12.67 = -2.67$	1
s = 5	$x = 10 - 2.5 = 7.5$	0
s = 6	$x = 10 - 30 = -20$	1
s = 8	$x = 10 - 20 = -10$	1
s = 9	$x = 10 - 1 = 9$	0
a_8, a_s	$x = k_1(a_8) - k_1(a_s)$	$P_1(a_8, a_s)$
s = 1	$x = 20 - 3 = 17$	0
s = 2	$x = 20 - 10 = 10$	0
s = 3	$x = 20 - 25 = -5$	1
s = 4	$x = 20 - 12.67 = 7.33$	0
s = 5	$x = 20 - 2.5 = 17.5$	0
s = 6	$x = 20 - 30 = -10$	1
s = 7	$x = 20 - 10 = 10$	0
s = 9	$x = 20 - 1 = 19$	0
a_9, a_s	$x = k_1(a_9) - k_1(a_s)$	$P_1(a_9, a_s)$
s = 1	$x = 1 - 3 = -2$	1
s = 2	$x = 1 - 10 = -9$	1
s = 3	$x = 1 - 25 = -24$	1
s = 4	$x = 1 - 12.67 = -11.67$	1

s = 5	$x = 1 - 2.5 = -1.5$	1
s = 6	$x = 1 - 30 = -29$	1
s = 7	$x = 1 - 10 = -9$	1
s = 8	$x = 1 - 20 = -19$	1

k_2 - tip I (max):

a_1, a_s	$x = k_2(a_1) - k_2(a_s)$	$P_2(a_1, a_s)$
s = 2	$x = 9.5 - 2.5 = 7$	1
s = 3	$x = 9.5 - 6 = 3.5$	1
s = 4	$x = 9.5 - 6 = 3.5$	1
s = 5	$x = 9.5 - 2.5 = 7$	1
s = 6	$x = 9.5 - 4 = 5.5$	1
s = 7	$x = 9.5 - 2.5 = 7$	1
s = 8	$x = 9.5 - 9 = 0.5$	1
s = 9	$x = 9.5 - 6 = 3.5$	1
a_2, a_s	$x = k_2(a_2) - k_2(a_s)$	$P_2(a_2, a_s)$
s = 1	$x = 2.5 - 9.5 = -7$	0
s = 3	$x = 2.5 - 6 = -3.5$	0
s = 4	$x = 2.5 - 6 = -3.5$	0
s = 5	$x = 2.5 - 2.5 = 0$	0
s = 6	$x = 2.5 - 4 = -1.5$	0
s = 7	$x = 2.5 - 2.5 = 0$	0
s = 8	$x = 2.5 - 9 = -6.5$	0
s = 9	$x = 2.5 - 6 = -3.5$	0
a_3, a_s	$x = k_2(a_3) - k_2(a_s)$	$P_2(a_3, a_s)$
s = 1	$x = 6 - 9.5 = -3.5$	0
s = 2	$x = 6 - 2.5 = 3.5$	1
s = 4	$x = 6 - 6 = 0$	0
s = 5	$x = 6 - 2.5 = 3.5$	1
s = 6	$x = 6 - 4 = 2$	1
s = 7	$x = 6 - 2.5 = 3.5$	1
s = 8	$x = 6 - 9 = -3$	0
s = 9	$x = 6 - 6 = 0$	0
a_4, a_s	$x = k_2(a_4) - k_2(a_s)$	$P_2(a_4, a_s)$
s = 1	$x = 6 - 9.5 = -3.5$	0
s = 2	$x = 6 - 2.5 = 3.5$	1
s = 3	$x = 6 - 6 = 0$	0
s = 5	$x = 6 - 2.5 = 3.5$	1
s = 6	$x = 6 - 4 = 2$	1
s = 7	$x = 6 - 2.5 = 3.5$	1
s = 8	$x = 6 - 9 = -3$	0
s = 9	$x = 6 - 6 = 0$	0
a_5, a_s	$x = k_2(a_5) - k_2(a_s)$	$P_2(a_5, a_s)$
s = 1	$x = 2.5 - 9.5 = -7$	0
s = 2	$x = 2.5 - 2.5 = 0$	0
s = 3	$x = 2.5 - 6 = -3.5$	0
s = 4	$x = 2.5 - 6 = -3.5$	0
s = 6	$x = 2.5 - 4 = -1.5$	0
s = 7	$x = 2.5 - 2.5 = 0$	0
s = 8	$x = 2.5 - 9 = -6.5$	0
s = 9	$x = 2.5 - 6 = -3.5$	0
a_6, a_s	$x = k_2(a_6) - k_2(a_s)$	$P_2(a_6, a_s)$

s = 1	$x = 4 - 9.5 = -5.5$	0
s = 2	$x = 4 - 2.5 = 1.5$	1
s = 3	$x = 4 - 6 = -2$	0
s = 4	$x = 4 - 6 = -2$	0
s = 5	$x = 4 - 2.5 = 1.5$	1
s = 7	$x = 4 - 2.5 = 1.5$	1
s = 8	$x = 4 - 9 = -5$	0
s = 9	$x = 4 - 6 = -2$	0
a_7, a_s	$x = k_2(a_7) - k_2(a_s)$	$P_2(a_7, a_s)$
s = 1	$x = 2.5 - 9.5 = -7$	0
s = 2	$x = 2.5 - 2.5 = 0$	0
s = 3	$x = 2.5 - 6 = -3.5$	0
s = 4	$x = 2.5 - 6 = -3.5$	0
s = 5	$x = 2.5 - 2.5 = 0$	0
s = 6	$x = 2.5 - 4 = -1.5$	0
s = 8	$x = 2.5 - 9 = -6.5$	0
s = 9	$x = 2.5 - 6 = -3.5$	0
a_8, a_s	$x = k_2(a_8) - k_2(a_s)$	$P_2(a_8, a_s)$
s = 1	$x = 9 - 9.5 = -0.5$	0
s = 2	$x = 9 - 2.5 = 6.5$	1
s = 3	$x = 9 - 6 = 3$	1
s = 4	$x = 9 - 6 = 3$	1
s = 5	$x = 9 - 2.5 = 6.5$	1
s = 6	$x = 9 - 4 = 5$	1
s = 7	$x = 9 - 2.5 = 6.5$	1
s = 9	$x = 9 - 6 = 3$	1
a_9, a_s	$x = k_2(a_9) - k_2(a_s)$	$P_2(a_9, a_s)$
s = 1	$x = 6 - 9.5 = -3.5$	0
s = 2	$x = 6 - 2.5 = 3.5$	1
s = 3	$x = 6 - 6 = 0$	0
s = 4	$x = 6 - 6 = 0$	0
s = 5	$x = 6 - 2.5 = 3.5$	1
s = 6	$x = 6 - 4 = 2$	1
s = 7	$x = 6 - 2.5 = 3.5$	1
s = 8	$x = 6 - 9 = -3$	0

k_3 - tip I (min):

a_1, a_s	$x = k_3(a_1) - k_3(a_s)$	$P_3(a_1, a_s)$
s = 2	$x = 3 - 6.5 = -3.5$	1
s = 3	$x = 3 - 7.5 = -4.5$	1
s = 4	$x = 3 - 5.6 = -2.6$	1
s = 5	$x = 3 - 1.5 = 1.5$	0
s = 6	$x = 3 - 3.5 = -0.5$	1
s = 7	$x = 3 - 7.5 = -4.5$	1
s = 8	$x = 3 - 2 = 1$	0
s = 9	$x = 3 - 3.5 = -0.5$	1
a_2, a_s	$x = k_3(a_2) - k_3(a_s)$	$P_3(a_2, a_s)$
s = 1	$x = 6.5 - 3 = 3.5$	0
s = 3	$x = 6.5 - 7.5 = -1$	1
s = 4	$x = 6.5 - 5.6 = 0.9$	0
s = 5	$x = 6.5 - 1.5 = 5$	0
s = 6	$x = 6.5 - 3.5 = 3$	0

s = 7	$x = 6.5 - 7.5 = -1$	1
s = 8	$x = 6.5 - 2 = 4.5$	0
s = 9	$x = 6.5 - 3.5 = 3$	0
a_3, a_s	$x = k_3(a_3) - k_3(a_s)$	$P_3(a_3, a_s)$
s = 1	$x = 7.5 - 3 = 4.5$	0
s = 2	$x = 7.5 - 6.5 = 1$	0
s = 4	$x = 7.5 - 5.6 = 1.9$	0
s = 5	$x = 7.5 - 1.5 = 6$	0
s = 6	$x = 7.5 - 3.5 = 4$	0
s = 7	$x = 7.5 - 7.5 = 0$	0
s = 8	$x = 7.5 - 2 = 5.5$	0
s = 9	$x = 7.5 - 3.5 = 4$	0
a_4, a_s	$x = k_3(a_4) - k_3(a_s)$	$P_3(a_4, a_s)$
s = 1	$x = 5.6 - 3 = 2.6$	0
s = 2	$x = 5.6 - 6.5 = -0.9$	1
s = 3	$x = 5.6 - 7.5 = -1.9$	1
s = 5	$x = 5.6 - 1.5 = 4.1$	0
s = 6	$x = 5.6 - 3.5 = 2.1$	0
s = 7	$x = 5.6 - 7.5 = -1.9$	1
s = 8	$x = 5.6 - 2 = 3.6$	0
s = 9	$x = 5.6 - 3.5 = 2.1$	0
a_5, a_s	$x = k_3(a_5) - k_3(a_s)$	$P_3(a_5, a_s)$
s = 1	$x = 1.5 - 3 = -1.5$	1
s = 2	$x = 1.5 - 6.5 = -5$	1
s = 3	$x = 1.5 - 7.5 = -6$	1
s = 4	$x = 1.5 - 5.6 = -4.1$	1
s = 6	$x = 1.5 - 3.5 = -2$	1
s = 7	$x = 1.5 - 7.5 = -6$	1
s = 8	$x = 1.5 - 2 = -0.5$	1
s = 9	$x = 1.5 - 3.5 = -2$	1
a_6, a_s	$x = k_3(a_6) - k_3(a_s)$	$P_3(a_6, a_s)$
s = 1	$x = 3.5 - 3 = 0.5$	0
s = 2	$x = 3.5 - 6.5 = -3$	1
s = 3	$x = 3.5 - 7.5 = -4$	1
s = 4	$x = 3.5 - 5.6 = -2.1$	1
s = 5	$x = 3.5 - 1.5 = 2$	0
s = 7	$x = 3.5 - 7.5 = -4$	1
s = 8	$x = 3.5 - 2 = 1.5$	0
s = 9	$x = 3.5 - 3.5 = 0$	0
a_7, a_s	$x = k_3(a_7) - k_3(a_s)$	$P_3(a_7, a_s)$
s = 1	$x = 7.5 - 3 = 4.5$	0
s = 2	$x = 7.5 - 6.5 = 1$	0
s = 3	$x = 7.5 - 7.5 = 0$	0
s = 4	$x = 7.5 - 5.6 = 1.9$	0
s = 5	$x = 7.5 - 1.5 = 6$	0
s = 6	$x = 7.5 - 3.5 = 4$	0
s = 8	$x = 7.5 - 2 = 5.5$	0
s = 9	$x = 7.5 - 3.5 = 4$	0
a_8, a_s	$x = k_3(a_8) - k_3(a_s)$	$P_3(a_8, a_s)$
s = 1	$x = 2 - 3 = -1$	1
s = 2	$x = 2 - 6.5 = -4.5$	1
s = 3	$x = 2 - 7.5 = -5.5$	1

s = 4	$x = 2 - 5.6 = -3.6$	1
s = 5	$x = 2 - 1.5 = 0.5$	0
s = 6	$x = 2 - 3.5 = -1.5$	1
s = 7	$x = 2 - 7.5 = -5.5$	1
s = 9	$x = 2 - 3.5 = -1.5$	1
a_9, a_s	$x = k_3(a_9) - k_3(a_s)$	$P_3(a_9, a_s)$
s = 1	$x = 3.5 - 3 = 0.5$	0
s = 2	$x = 3.5 - 6.5 = -3$	1
s = 3	$x = 3.5 - 7.5 = -4$	1
s = 4	$x = 3.5 - 5.6 = -2.1$	1
s = 5	$x = 3.5 - 1.5 = 2$	0
s = 6	$x = 3.5 - 3.5 = 0$	0
s = 7	$x = 3.5 - 7.5 = -4$	1
s = 8	$x = 3.5 - 2 = 1.5$	0

k_4 - tip I (min):

a_1, a_s	$x = k_4(a_1) - k_4(a_s)$	$P_4(a_1, a_s)$
s = 2	$x = 3 - 6 = -3$	1
s = 3	$x = 3 - 5.25 = -2.25$	1
s = 4	$x = 3 - 4.75 = -1.75$	1
s = 5	$x = 3 - 3 = 0$	0
s = 6	$x = 3 - 8.5 = -5.5$	1
s = 7	$x = 3 - 4 = -1$	1
s = 8	$x = 3 - 9 = -6$	1
s = 9	$x = 3 - 4.0 = -1$	1
a_2, a_s	$x = k_4(a_2) - k_4(a_s)$	$P_4(a_2, a_s)$
s = 1	$x = 6 - 3 = 3$	0
s = 3	$x = 6 - 5.25 = 0.75$	0
s = 4	$x = 6 - 4.75 = 1.25$	0
s = 5	$x = 6 - 3 = 3$	0
s = 6	$x = 6 - 8.5 = -2.5$	1
s = 7	$x = 6 - 4 = 2$	0
s = 8	$x = 6 - 9 = -3$	1
s = 9	$x = 6 - 4.0 = 2$	0
a_3, a_s	$x = k_4(a_3) - k_4(a_s)$	$P_4(a_3, a_s)$
s = 1	$x = 5.25 - 3 = 2.25$	0
s = 2	$x = 5.25 - 6 = -0.75$	1
s = 4	$x = 5.25 - 4.75 = 0.5$	0
s = 5	$x = 5.25 - 3 = 2.25$	0
s = 6	$x = 5.25 - 8.5 = -3.25$	1
s = 7	$x = 5.25 - 4 = 1.25$	0
s = 8	$x = 5.25 - 9 = -3.75$	1
s = 9	$x = 5.25 - 4.0 = 1.25$	0
a_4, a_s	$x = k_4(a_4) - k_4(a_s)$	$P_4(a_4, a_s)$
s = 1	$x = 4.75 - 3 = 1.75$	0
s = 2	$x = 4.75 - 6 = -1.25$	1
s = 3	$x = 4.75 - 5.25 = -0.5$	1
s = 5	$x = 4.75 - 3 = 1.75$	0
s = 6	$x = 4.75 - 8.5 = -3.75$	1
s = 7	$x = 4.75 - 4 = 0.75$	0
s = 8	$x = 4.75 - 9 = -4.25$	1
s = 9	$x = 4.75 - 4.0 = 0.75$	0

a_5, a_s	$x = k_4(a_5) - k_4(a_s)$	$P_4(a_5, a_s)$
s = 1	$x = 3 - 3 = 0$	0
s = 2	$x = 3 - 6 = -3$	1
s = 3	$x = 3 - 5.25 = -2.25$	1
s = 4	$x = 3 - 4.75 = -1.75$	1
s = 6	$x = 3 - 8.5 = -5.5$	1
s = 7	$x = 3 - 4 = -1$	1
s = 8	$x = 3 - 9 = -6$	1
s = 9	$x = 3 - 4.0 = -1$	1
a_6, a_s	$x = k_4(a_6) - k_4(a_s)$	$P_4(a_6, a_s)$
s = 1	$x = 8.5 - 3 = 5.5$	0
s = 2	$x = 8.5 - 6 = 2.5$	0
s = 3	$x = 8.5 - 5.25 = 3.25$	0
s = 4	$x = 8.5 - 4.75 = 3.75$	0
s = 5	$x = 8.5 - 3 = 5.5$	0
s = 7	$x = 8.5 - 4 = 4.5$	0
s = 8	$x = 8.5 - 9 = -0.5$	1
s = 9	$x = 8.5 - 4.0 = 4.5$	0
a_7, a_s	$x = k_4(a_7) - k_4(a_s)$	$P_4(a_7, a_s)$
s = 1	$x = 4 - 3 = 1$	0
s = 2	$x = 4 - 6 = -2$	1
s = 3	$x = 4 - 5.25 = -1.25$	1
s = 4	$x = 4 - 4.75 = -0.75$	1
s = 5	$x = 4 - 3 = 1$	0
s = 6	$x = 4 - 8.5 = -4.5$	1
s = 8	$x = 4 - 9 = -5$	1
s = 9	$x = 4 - 4.0 = 0$	0
a_8, a_s	$x = k_4(a_8) - k_4(a_s)$	$P_4(a_8, a_s)$
s = 1	$x = 9 - 3 = 6$	0
s = 2	$x = 9 - 6 = 3$	0
s = 3	$x = 9 - 5.25 = 3.75$	0
s = 4	$x = 9 - 4.75 = 4.25$	0
s = 5	$x = 9 - 3 = 6$	0
s = 6	$x = 9 - 8.5 = 0.5$	0
s = 7	$x = 9 - 4 = 5$	0
s = 9	$x = 9 - 4.0 = 5$	0
a_9, a_s	$x = k_4(a_9) - k_4(a_s)$	$P_4(a_9, a_s)$
s = 1	$x = 4.0 - 3 = 1$	0
s = 2	$x = 4.0 - 6 = -2$	1
s = 3	$x = 4.0 - 5.25 = -1.25$	1
s = 4	$x = 4.0 - 4.75 = -0.75$	1
s = 5	$x = 4.0 - 3 = 1$	0
s = 6	$x = 4.0 - 8.5 = -4.5$	1
s = 7	$x = 4.0 - 4 = 0$	0
s = 8	$x = 4.0 - 9 = -5$	1

k_5 - tip I (max):

a_1, a_s	$x = k_5(a_1) - k_5(a_s)$	$P_5(a_1, a_s)$
s = 2	$x = 8 - 8.5 = -0.5$	0
s = 3	$x = 8 - 9 = -1$	0
s = 4	$x = 8 - 8.5 = -0.5$	0
s = 5	$x = 8 - 4 = 4$	1

s = 6	$x = 8 - 6.5 = 1.5$	1
s = 7	$x = 8 - 6.5 = 1.5$	1
s = 8	$x = 8 - 9.5 = -1.5$	0
s = 9	$x = 8 - 8 = 0$	0
a_2, a_s	$x = k_5(a_2) - k_5(a_s)$	$P_5(a_2, a_s)$
s = 1	$x = 8.5 - 8 = 0.5$	1
s = 3	$x = 8.5 - 9 = -0.5$	0
s = 4	$x = 8.5 - 8.5 = 0$	0
s = 5	$x = 8.5 - 4 = 4.5$	1
s = 6	$x = 8.5 - 6.5 = 2$	1
s = 7	$x = 8.5 - 6.5 = 2$	1
s = 8	$x = 8.5 - 9.5 = -1$	0
s = 9	$x = 8.5 - 8 = 0.5$	1
a_3, a_s	$x = k_5(a_3) - k_5(a_s)$	$P_5(a_3, a_s)$
s = 1	$x = 9 - 8 = 1$	1
s = 2	$x = 9 - 8.5 = 0.5$	1
s = 4	$x = 9 - 8.5 = 0.5$	1
s = 5	$x = 9 - 4 = 5$	1
s = 6	$x = 9 - 6.5 = 2.5$	1
s = 7	$x = 9 - 6.5 = 2.5$	1
s = 8	$x = 9 - 9.5 = -0.5$	0
s = 9	$x = 9 - 8 = 1$	1
a_4, a_s	$x = k_5(a_4) - k_5(a_s)$	$P_5(a_4, a_s)$
s = 1	$x = 8.5 - 8 = 0.5$	1
s = 2	$x = 8.5 - 8.5 = 0$	0
s = 3	$x = 8.5 - 9 = -0.5$	0
s = 5	$x = 8.5 - 4 = 4.5$	1
s = 6	$x = 8.5 - 6.5 = 2$	1
s = 7	$x = 8.5 - 6.5 = 2$	1
s = 8	$x = 8.5 - 9.5 = -1$	0
s = 9	$x = 8.5 - 8 = 0.5$	1
a_5, a_s	$x = k_5(a_5) - k_5(a_s)$	$P_5(a_5, a_s)$
s = 1	$x = 4 - 8 = -4$	0
s = 2	$x = 4 - 8.5 = -4.5$	0
s = 3	$x = 4 - 9 = -5$	0
s = 4	$x = 4 - 8.5 = -4.5$	0
s = 6	$x = 4 - 6.5 = -2.5$	0
s = 7	$x = 4 - 6.5 = -2.5$	0
s = 8	$x = 4 - 9.5 = -5.5$	0
s = 9	$x = 4 - 8 = -4$	0
a_6, a_s	$x = k_5(a_6) - k_5(a_s)$	$P_5(a_6, a_s)$
s = 1	$x = 6.5 - 8 = -1.5$	0
s = 2	$x = 6.5 - 8.5 = -2$	0
s = 3	$x = 6.5 - 9 = -2.5$	0
s = 4	$x = 6.5 - 8.5 = -2$	0
s = 5	$x = 6.5 - 4 = 2.5$	1
s = 7	$x = 6.5 - 6.5 = 0$	0
s = 8	$x = 6.5 - 9.5 = -3$	0
s = 9	$x = 6.5 - 8 = -1.5$	0
a_7, a_s	$x = k_5(a_7) - k_5(a_s)$	$P_5(a_7, a_s)$
s = 1	$x = 6.5 - 8 = -1.5$	0
s = 2	$x = 6.5 - 8.5 = -2$	0

s = 3	$x = 6.5 - 9 = -2.5$	0
s = 4	$x = 6.5 - 8.5 = -2$	0
s = 5	$x = 6.5 - 4 = 2.5$	1
s = 6	$x = 6.5 - 6.5 = 0$	0
s = 8	$x = 6.5 - 9.5 = -3$	0
s = 9	$x = 6.5 - 8 = -1.5$	0
a_8, a_8	$x = k_5(a_8) - k_5(a_8)$	$P_5(a_8, a_8)$
s = 1	$x = 9.5 - 8 = 1.5$	1
s = 2	$x = 9.5 - 8.5 = 1$	1
s = 3	$x = 9.5 - 9 = 0.5$	1
s = 4	$x = 9.5 - 8.5 = 1$	1
s = 5	$x = 9.5 - 4 = 5.5$	1
s = 6	$x = 9.5 - 6.5 = 3$	1
s = 7	$x = 9.5 - 6.5 = 3$	1
s = 9	$x = 9.5 - 8 = 1.5$	1
a_9, a_8	$x = k_5(a_9) - k_5(a_8)$	$P_5(a_9, a_8)$
s = 1	$x = 8 - 8 = 0$	0
s = 2	$x = 8 - 8.5 = -0.5$	0
s = 3	$x = 8 - 9 = -1$	0
s = 4	$x = 8 - 8.5 = -0.5$	0
s = 5	$x = 8 - 4 = 4$	1
s = 6	$x = 8 - 6.5 = 1.5$	1
s = 7	$x = 8 - 6.5 = 1.5$	1
s = 8	$x = 8 - 9.5 = -1.5$	0

k_6 - tip I (max):

a_1, a_8	$x = k_6(a_1) - k_6(a_8)$	$P_6(a_1, a_8)$
s = 2	$x = 7 - 8.5 = -1.5$	0
s = 3	$x = 7 - 9 = -2$	0
s = 4	$x = 7 - 8.25 = -1.25$	0
s = 5	$x = 7 - 4 = 3$	1
s = 6	$x = 7 - 9 = -2$	0
s = 7	$x = 7 - 5 = 2$	1
s = 8	$x = 7 - 9.5 = -2.5$	0
s = 9	$x = 7 - 7 = 0$	0
a_2, a_8	$x = k_6(a_2) - k_6(a_8)$	$P_6(a_2, a_8)$
s = 1	$x = 8.5 - 7 = 1.5$	1
s = 3	$x = 8.5 - 9 = -0.5$	0
s = 4	$x = 8.5 - 8.25 = 0.25$	1
s = 5	$x = 8.5 - 4 = 4.5$	1
s = 6	$x = 8.5 - 9 = -0.5$	0
s = 7	$x = 8.5 - 5 = 3.5$	1
s = 8	$x = 8.5 - 9.5 = -1$	0
s = 9	$x = 8.5 - 7 = 1.5$	1
a_3, a_8	$x = k_6(a_3) - k_6(a_8)$	$P_6(a_3, a_8)$
s = 1	$x = 9 - 7 = 2$	1
s = 2	$x = 9 - 8.5 = 0.5$	1
s = 4	$x = 9 - 8.25 = 0.75$	1
s = 5	$x = 9 - 4 = 5$	1
s = 6	$x = 9 - 9 = 0$	0
s = 7	$x = 9 - 5 = 4$	1

s = 8	$x = 9 - 9.5 = -0.5$	0
s = 9	$x = 9 - 7 = 2$	1
a_4, a_s	$x = k_6(a_4) - k_6(a_s)$	$P_6(a_4, a_s)$
s = 1	$x = 8.25 - 7 = 1.25$	1
s = 2	$x = 8.25 - 8.5 = -0.25$	0
s = 3	$x = 8.25 - 9 = -0.75$	0
s = 5	$x = 8.25 - 4 = 4.25$	1
s = 6	$x = 8.25 - 9 = -0.75$	0
s = 7	$x = 8.25 - 5 = 3.25$	1
s = 8	$x = 8.25 - 9.5 = -1.25$	0
s = 9	$x = 8.25 - 7 = 1.25$	1
a_5, a_s	$x = k_6(a_5) - k_6(a_s)$	$P_6(a_5, a_s)$
s = 1	$x = 4 - 7 = -3$	0
s = 2	$x = 4 - 8.5 = -4.5$	0
s = 3	$x = 4 - 9 = -5$	0
s = 4	$x = 4 - 8.25 = -4.25$	0
s = 6	$x = 4 - 9 = -5$	0
s = 7	$x = 4 - 5 = -1$	0
s = 8	$x = 4 - 9.5 = -5.5$	0
s = 9	$x = 4 - 7 = -3$	0
a_6, a_s	$x = k_6(a_6) - k_6(a_s)$	$P_6(a_6, a_s)$
s = 1	$x = 9 - 7 = 2$	1
s = 2	$x = 9 - 8.5 = 0.5$	1
s = 3	$x = 9 - 9 = 0$	0
s = 4	$x = 9 - 8.25 = 0.75$	1
s = 5	$x = 9 - 4 = 5$	1
s = 7	$x = 9 - 5 = 4$	1
s = 8	$x = 9 - 9.5 = -0.5$	0
s = 9	$x = 9 - 7 = 2$	1
a_7, a_s	$x = k_6(a_7) - k_6(a_s)$	$P_6(a_7, a_s)$
s = 1	$x = 5 - 7 = -2$	0
s = 2	$x = 5 - 8.5 = -3.5$	0
s = 3	$x = 5 - 9 = -4$	0
s = 4	$x = 5 - 8.25 = -3.25$	0
s = 5	$x = 5 - 4 = 1$	1
s = 6	$x = 5 - 9 = -4$	0
s = 8	$x = 5 - 9.5 = -4.5$	0
s = 9	$x = 5 - 7 = -2$	0
a_8, a_s	$x = k_6(a_8) - k_6(a_s)$	$P_6(a_8, a_s)$
s = 1	$x = 9.5 - 7 = 2.5$	1
s = 2	$x = 9.5 - 8.5 = 1$	1
s = 3	$x = 9.5 - 9 = 0.5$	1
s = 4	$x = 9.5 - 8.25 = 1.25$	1
s = 5	$x = 9.5 - 4 = 5.5$	1
s = 6	$x = 9.5 - 9 = 0.5$	1
s = 7	$x = 9.5 - 5 = 4.5$	1
s = 9	$x = 9.5 - 7 = 2.5$	1
a_9, a_s	$x = k_6(a_9) - k_6(a_s)$	$P_6(a_9, a_s)$
s = 1	$x = 7 - 7 = 0$	0
s = 2	$x = 7 - 8.5 = -1.5$	0
s = 3	$x = 7 - 9 = -2$	0
s = 4	$x = 7 - 8.25 = -1.25$	0

s = 5	$x = 7 - 4 = 3$	1
s = 6	$x = 7 - 9 = -2$	0
s = 7	$x = 7 - 5 = 2$	1
s = 8	$x = 7 - 9.5 = -2.5$	0

k₇ - tip I (min):

a ₁ , a _s	$x = k_7(a_1) - k_7(a_s)$	P ₇ (a ₁ , a _s)
s = 2	$x = 5 - 6.5 = -1.5$	1
s = 3	$x = 5 - 6 = -1$	1
s = 4	$x = 5 - 6.5 = -1.5$	1
s = 5	$x = 5 - 3 = 2$	0
s = 6	$x = 5 - 6 = -1$	1
s = 7	$x = 5 - 4 = 1$	0
s = 8	$x = 5 - 7.5 = -2.5$	1
s = 9	$x = 5 - 5 = 0$	0
a ₂ , a _s	$x = k_7(a_2) - k_7(a_s)$	P ₇ (a ₂ , a _s)
s = 1	$x = 6.5 - 5 = 1.5$	0
s = 3	$x = 6.5 - 6 = 0.5$	0
s = 4	$x = 6.5 - 6.5 = 0$	0
s = 5	$x = 6.5 - 3 = 3.5$	0
s = 6	$x = 6.5 - 6 = 0.5$	0
s = 7	$x = 6.5 - 4 = 2.5$	0
s = 8	$x = 6.5 - 7.5 = -1$	1
s = 9	$x = 6.5 - 5 = 1.5$	0
a ₃ , a _s	$x = k_7(a_3) - k_7(a_s)$	P ₇ (a ₃ , a _s)
s = 1	$x = 6 - 5 = 1$	0
s = 2	$x = 6 - 6.5 = -0.5$	1
s = 4	$x = 6 - 6.5 = -0.5$	1
s = 5	$x = 6 - 3 = 3$	0
s = 6	$x = 6 - 6 = 0$	0
s = 7	$x = 6 - 4 = 2$	0
s = 8	$x = 6 - 7.5 = -1.5$	1
s = 9	$x = 6 - 5 = 1$	0
a ₄ , a _s	$x = k_7(a_4) - k_7(a_s)$	P ₇ (a ₄ , a _s)
s = 1	$x = 6.5 - 5 = 1.5$	0
s = 2	$x = 6.5 - 6.5 = 0$	0
s = 3	$x = 6.5 - 6 = 0.5$	0
s = 5	$x = 6.5 - 3 = 3.5$	0
s = 6	$x = 6.5 - 6 = 0.5$	0
s = 7	$x = 6.5 - 4 = 2.5$	0
s = 8	$x = 6.5 - 7.5 = -1$	1
s = 9	$x = 6.5 - 5 = 1.5$	0
a ₅ , a _s	$x = k_7(a_5) - k_7(a_s)$	P ₇ (a ₅ , a _s)
s = 1	$x = 3 - 5 = -2$	1
s = 2	$x = 3 - 6.5 = -3.5$	1
s = 3	$x = 3 - 6 = -3$	1
s = 4	$x = 3 - 6.5 = -3.5$	1
s = 6	$x = 3 - 6 = -3$	1
s = 7	$x = 3 - 4 = -1$	1
s = 8	$x = 3 - 7.5 = -4.5$	1
s = 9	$x = 3 - 5 = -2$	1
a ₆ , a _s	$x = k_7(a_6) - k_7(a_s)$	P ₇ (a ₆ , a _s)

s = 1	$x = 6 - 5 = 1$	0
s = 2	$x = 6 - 6.5 = -0.5$	1
s = 3	$x = 6 - 6 = 0$	0
s = 4	$x = 6 - 6.5 = -0.5$	1
s = 5	$x = 6 - 3 = 3$	0
s = 7	$x = 6 - 4 = 2$	0
s = 8	$x = 6 - 7.5 = -1.5$	1
s = 9	$x = 6 - 5 = 1$	0
a_7, a_s	$x = k_7(a_7) - k_7(a_s)$	$P_7(a_7, a_s)$
s = 1	$x = 4 - 5 = -1$	1
s = 2	$x = 4 - 6.5 = -2.5$	1
s = 3	$x = 4 - 6 = -2$	1
s = 4	$x = 4 - 6.5 = -2.5$	1
s = 5	$x = 4 - 3 = 1$	0
s = 6	$x = 4 - 6 = -2$	1
s = 8	$x = 4 - 7.5 = -3.5$	1
s = 9	$x = 4 - 5 = -1$	1
a_8, a_s	$x = k_7(a_8) - k_7(a_s)$	$P_7(a_8, a_s)$
s = 1	$x = 7.5 - 5 = 2.5$	0
s = 2	$x = 7.5 - 6.5 = 1$	0
s = 3	$x = 7.5 - 6 = 1.5$	0
s = 4	$x = 7.5 - 6.5 = 1$	0
s = 5	$x = 7.5 - 3 = 4.5$	0
s = 6	$x = 7.5 - 6 = 1.5$	0
s = 7	$x = 7.5 - 4 = 3.5$	0
s = 9	$x = 7.5 - 5 = 2.5$	0
a_9, a_s	$x = k_7(a_9) - k_7(a_s)$	$P_7(a_9, a_s)$
s = 1	$x = 5 - 5 = 0$	0
s = 2	$x = 5 - 6.5 = -1.5$	1
s = 3	$x = 5 - 6 = -1$	1
s = 4	$x = 5 - 6.5 = -1.5$	1
s = 5	$x = 5 - 3 = 2$	0
s = 6	$x = 5 - 6 = -1$	1
s = 7	$x = 5 - 4 = 1$	0
s = 8	$x = 5 - 7.5 = -2.5$	1

k_8 - tip I (min):

a_1, a_s	$x = k_8(a_1) - k_8(a_s)$	$P_8(a_1, a_s)$
s = 2	$x = 4.5 - 6 = -1.5$	1
s = 3	$x = 4.5 - 5.5 = -1$	1
s = 4	$x = 4.5 - 5.3 = -0.8$	1
s = 5	$x = 4.5 - 3 = 1.5$	0
s = 6	$x = 4.5 - 5 = -0.5$	1
s = 7	$x = 4.5 - 3.5 = 1$	0
s = 8	$x = 4.5 - 7 = -2.5$	1
s = 9	$x = 4.5 - 4 = 0.5$	0
a_2, a_s	$x = k_8(a_2) - k_8(a_s)$	$P_8(a_2, a_s)$
s = 1	$x = 6 - 4.5 = 1.5$	0
s = 3	$x = 6 - 5.5 = 0.5$	0
s = 4	$x = 6 - 5.3 = 0.7$	0
s = 5	$x = 6 - 3 = 3$	0
s = 6	$x = 6 - 5 = 1$	0

s = 7	$x = 6 - 3.5 = 2.5$	0
s = 8	$x = 6 - 7 = -1$	1
s = 9	$x = 6 - 4 = 2$	0
a_3, a_s	$x = k_g(a_3) - k_g(a_s)$	$P_g(a_3, a_s)$
s = 1	$x = 5.5 - 4.5 = 1$	0
s = 2	$x = 5.5 - 6 = -0.5$	1
s = 4	$x = 5.5 - 5.3 = 0.2$	0
s = 5	$x = 5.5 - 3 = 2.5$	0
s = 6	$x = 5.5 - 5 = 0.5$	0
s = 7	$x = 5.5 - 3.5 = 2$	0
s = 8	$x = 5.5 - 7 = -1.5$	1
s = 9	$x = 5.5 - 4 = 1.5$	0
a_4, a_s	$x = k_g(a_4) - k_g(a_s)$	$P_g(a_4, a_s)$
s = 1	$x = 5.3 - 4.5 = 0.8$	0
s = 2	$x = 5.3 - 6 = -0.7$	1
s = 3	$x = 5.3 - 5.5 = -0.2$	1
s = 5	$x = 5.3 - 3 = 2.3$	0
s = 6	$x = 5.3 - 5 = 0.3$	0
s = 7	$x = 5.3 - 3.5 = 1.8$	0
s = 8	$x = 5.3 - 7 = -1.7$	1
s = 9	$x = 5.3 - 4 = 1.3$	0
a_5, a_s	$x = k_g(a_5) - k_g(a_s)$	$P_g(a_5, a_s)$
s = 1	$x = 3 - 4.5 = -1.5$	1
s = 2	$x = 3 - 6 = -3$	1
s = 3	$x = 3 - 5.5 = -2.5$	1
s = 4	$x = 3 - 5.3 = -2.3$	1
s = 6	$x = 3 - 5 = -2$	1
s = 7	$x = 3 - 3.5 = -0.5$	1
s = 8	$x = 3 - 7 = -4$	1
s = 9	$x = 3 - 4 = -1$	1
a_6, a_s	$x = k_g(a_6) - k_g(a_s)$	$P_g(a_6, a_s)$
s = 1	$x = 5 - 4.5 = 0.5$	0
s = 2	$x = 5 - 6 = -1$	1
s = 3	$x = 5 - 5.5 = -0.5$	1
s = 4	$x = 5 - 5.3 = -0.3$	1
s = 5	$x = 5 - 3 = 2$	0
s = 7	$x = 5 - 3.5 = 1.5$	0
s = 8	$x = 5 - 7 = -2$	1
s = 9	$x = 5 - 4 = 1$	0
a_7, a_s	$x = k_g(a_7) - k_g(a_s)$	$P_g(a_7, a_s)$
s = 1	$x = 3.5 - 4.5 = -1$	1
s = 2	$x = 3.5 - 6 = -2.5$	1
s = 3	$x = 3.5 - 5.5 = -2$	1
s = 4	$x = 3.5 - 5.3 = -1.8$	1
s = 5	$x = 3.5 - 3 = 0.5$	0
s = 6	$x = 3.5 - 5 = -1.5$	1
s = 8	$x = 3.5 - 7 = -3.5$	1
s = 9	$x = 3.5 - 4 = -0.5$	1
a_8, a_s	$x = k_g(a_8) - k_g(a_s)$	$P_g(a_8, a_s)$
s = 1	$x = 7 - 4.5 = 2.5$	0
s = 2	$x = 7 - 6 = 1$	0
s = 3	$x = 7 - 5.5 = 1.5$	0

s = 4	$x = 7 - 5.3 = 1.7$	0
s = 5	$x = 7 - 3 = 4$	0
s = 6	$x = 7 - 5 = 2$	0
s = 7	$x = 7 - 3.5 = 3.5$	0
s = 9	$x = 7 - 4 = 3$	0
a_9, a_s	$x = k_9(a_9) - k_9(a_s)$	$P_9(a_9, a_s)$
s = 1	$x = 4 - 4.5 = -0.5$	1
s = 2	$x = 4 - 6 = -2$	1
s = 3	$x = 4 - 5.5 = -1.5$	1
s = 4	$x = 4 - 5.3 = -1.3$	1
s = 5	$x = 4 - 3 = 1$	0
s = 6	$x = 4 - 5 = -1$	1
s = 7	$x = 4 - 3.5 = 0.5$	0
s = 8	$x = 4 - 7 = -3$	1

k_9 - tip I (min):

a_1, a_s	$x = k_9(a_1) - k_9(a_s)$	$P_9(a_1, a_s)$
s = 2	$x = 8.5 - 8 = 0.5$	0
s = 3	$x = 8.5 - 8.5 = 0$	0
s = 4	$x = 8.5 - 8.25 = 0.25$	0
s = 5	$x = 8.5 - 5 = 3.5$	0
s = 6	$x = 8.5 - 5 = 3.5$	0
s = 7	$x = 8.5 - 3 = 5.5$	0
s = 8	$x = 8.5 - 9 = -0.5$	1
s = 9	$x = 8.5 - 5 = 3.5$	0
a_2, a_s	$x = k_9(a_2) - k_9(a_s)$	$P_9(a_2, a_s)$
s = 1	$x = 8 - 8.5 = -0.5$	1
s = 3	$x = 8 - 8.5 = -0.5$	1
s = 4	$x = 8 - 8.25 = -0.25$	1
s = 5	$x = 8 - 5 = 3$	0
s = 6	$x = 8 - 5 = 3$	0
s = 7	$x = 8 - 3 = 5$	0
s = 8	$x = 8 - 9 = -1$	1
s = 9	$x = 8 - 5 = 3$	0
a_3, a_s	$x = k_9(a_3) - k_9(a_s)$	$P_9(a_3, a_s)$
s = 1	$x = 8.5 - 8.5 = 0$	0
s = 2	$x = 8.5 - 8 = 0.5$	0
s = 4	$x = 8.5 - 8.25 = 0.25$	0
s = 5	$x = 8.5 - 5 = 3.5$	0
s = 6	$x = 8.5 - 5 = 3.5$	0
s = 7	$x = 8.5 - 3 = 5.5$	0
s = 8	$x = 8.5 - 9 = -0.5$	1
s = 9	$x = 8.5 - 5 = 3.5$	0
a_4, a_s	$x = k_9(a_4) - k_9(a_s)$	$P_9(a_4, a_s)$
s = 1	$x = 8.25 - 8.5 = -0.25$	1
s = 2	$x = 8.25 - 8 = 0.25$	0
s = 3	$x = 8.25 - 8.5 = -0.25$	1
s = 5	$x = 8.25 - 5 = 3.25$	0
s = 6	$x = 8.25 - 5 = 3.25$	0
s = 7	$x = 8.25 - 3 = 5.25$	0
s = 8	$x = 8.25 - 9 = -0.75$	1
s = 9	$x = 8.25 - 5 = 3.25$	0

a_5, a_s	$x = k_9(a_5) - k_9(a_s)$	$P_9(a_5, a_s)$
s = 1	$x = 5 - 8.5 = -3.5$	1
s = 2	$x = 5 - 8 = -3$	1
s = 3	$x = 5 - 8.5 = -3.5$	1
s = 4	$x = 5 - 8.25 = -3.25$	1
s = 6	$x = 5 - 5 = 0$	0
s = 7	$x = 5 - 3 = 2$	0
s = 8	$x = 5 - 9 = -4$	1
s = 9	$x = 5 - 5 = 0$	0
a_6, a_s	$x = k_9(a_6) - k_9(a_s)$	$P_9(a_6, a_s)$
s = 1	$x = 5 - 8.5 = -3.5$	1
s = 2	$x = 5 - 8 = -3$	1
s = 3	$x = 5 - 8.5 = -3.5$	1
s = 4	$x = 5 - 8.25 = -3.25$	1
s = 5	$x = 5 - 5 = 0$	0
s = 7	$x = 5 - 3 = 2$	0
s = 8	$x = 5 - 9 = -4$	1
s = 9	$x = 5 - 5 = 0$	0
a_7, a_s	$x = k_9(a_7) - k_9(a_s)$	$P_9(a_7, a_s)$
s = 1	$x = 3 - 8.5 = -5.5$	1
s = 2	$x = 3 - 8 = -5$	1
s = 3	$x = 3 - 8.5 = -5.5$	1
s = 4	$x = 3 - 8.25 = -5.25$	1
s = 5	$x = 3 - 5 = -2$	1
s = 6	$x = 3 - 5 = -2$	1
s = 8	$x = 3 - 9 = -6$	1
s = 9	$x = 3 - 5 = -2$	1
a_8, a_s	$x = k_9(a_8) - k_9(a_s)$	$P_9(a_8, a_s)$
s = 1	$x = 9 - 8.5 = 0.5$	0
s = 2	$x = 9 - 8 = 1$	0
s = 3	$x = 9 - 8.5 = 0.5$	0
s = 4	$x = 9 - 8.25 = 0.75$	0
s = 5	$x = 9 - 5 = 4$	0
s = 6	$x = 9 - 5 = 4$	0
s = 7	$x = 9 - 3 = 6$	0
s = 9	$x = 9 - 5 = 4$	0
a_9, a_s	$x = k_9(a_9) - k_9(a_s)$	$P_9(a_9, a_s)$
s = 1	$x = 5 - 8.5 = -3.5$	1
s = 2	$x = 5 - 8 = -3$	1
s = 3	$x = 5 - 8.5 = -3.5$	1
s = 4	$x = 5 - 8.25 = -3.25$	1
s = 5	$x = 5 - 5 = 0$	0
s = 6	$x = 5 - 5 = 0$	0
s = 7	$x = 5 - 3 = 2$	0
s = 8	$x = 5 - 9 = -4$	1

k_{10} - tip I (max):

a_1, a_s	$x = k_{10}(a_1) - k_{10}(a_s)$	$P_{10}(a_1, a_s)$
s = 2	$x = 80 - 20 = 60$	1
s = 3	$x = 80 - 70 = 10$	1
s = 4	$x = 80 - 80 = 0$	0
s = 5	$x = 80 - 10 = 70$	1

s = 6	$x = 80 - 7 = 73$	1
s = 7	$x = 80 - 30 = 50$	1
s = 8	$x = 80 - 30 = 50$	1
s = 9	$x = 80 - 25 = 55$	1
a_2, a_s	$x = k_{10}(a_2) - k_{10}(a_s)$	$P_{10}(a_2, a_s)$
s = 1	$x = 20 - 80 = -60$	0
s = 3	$x = 20 - 70 = -50$	0
s = 4	$x = 20 - 80 = -60$	0
s = 5	$x = 20 - 10 = 10$	1
s = 6	$x = 20 - 7 = 13$	1
s = 7	$x = 20 - 30 = -10$	0
s = 8	$x = 20 - 30 = -10$	0
s = 9	$x = 20 - 25 = -5$	0
a_3, a_s	$x = k_{10}(a_3) - k_{10}(a_s)$	$P_{10}(a_3, a_s)$
s = 1	$x = 70 - 80 = -10$	0
s = 2	$x = 70 - 20 = 50$	1
s = 4	$x = 70 - 80 = -10$	0
s = 5	$x = 70 - 10 = 60$	1
s = 6	$x = 70 - 7 = 63$	1
s = 7	$x = 70 - 30 = 40$	1
s = 8	$x = 70 - 30 = 40$	1
s = 9	$x = 70 - 25 = 45$	1
a_4, a_s	$x = k_{10}(a_4) - k_{10}(a_s)$	$P_{10}(a_4, a_s)$
s = 1	$x = 80 - 80 = 0$	0
s = 2	$x = 80 - 20 = 60$	1
s = 3	$x = 80 - 70 = 10$	1
s = 5	$x = 80 - 10 = 70$	1
s = 6	$x = 80 - 7 = 73$	1
s = 7	$x = 80 - 30 = 50$	1
s = 8	$x = 80 - 30 = 50$	1
s = 9	$x = 80 - 25 = 55$	1
a_5, a_s	$x = k_{10}(a_5) - k_{10}(a_s)$	$P_{10}(a_5, a_s)$
s = 1	$x = 10 - 80 = -70$	0
s = 2	$x = 10 - 20 = -10$	0
s = 3	$x = 10 - 70 = -60$	0
s = 4	$x = 10 - 80 = -70$	0
s = 6	$x = 10 - 7 = 3$	1
s = 7	$x = 10 - 30 = -20$	0
s = 8	$x = 10 - 30 = -20$	0
s = 9	$x = 10 - 25 = -15$	0
a_6, a_s	$x = k_{10}(a_6) - k_{10}(a_s)$	$P_{10}(a_6, a_s)$
s = 1	$x = 7 - 80 = -73$	0
s = 2	$x = 7 - 20 = -13$	0
s = 3	$x = 7 - 70 = -63$	0
s = 4	$x = 7 - 80 = -73$	0
s = 5	$x = 7 - 10 = -3$	0
s = 7	$x = 7 - 30 = -23$	0
s = 8	$x = 7 - 30 = -23$	0
s = 9	$x = 7 - 25 = -18$	0
a_7, a_s	$x = k_{10}(a_7) - k_{10}(a_s)$	$P_{10}(a_7, a_s)$
s = 1	$x = 30 - 80 = -50$	0
s = 2	$x = 30 - 20 = 10$	1

s = 3	$x = 30 - 70 = -40$	0
s = 4	$x = 30 - 80 = -50$	0
s = 5	$x = 30 - 10 = 20$	1
s = 6	$x = 30 - 7 = 23$	1
s = 8	$x = 30 - 30 = 0$	0
s = 9	$x = 30 - 25 = 5$	1
a_8, a_s	$x = k_{10}(a_8) - k_{10}(a_s)$	$P_{10}(a_8, a_s)$
s = 1	$x = 30 - 80 = -50$	0
s = 2	$x = 30 - 20 = 10$	1
s = 3	$x = 30 - 70 = -40$	0
s = 4	$x = 30 - 80 = -50$	0
s = 5	$x = 30 - 10 = 20$	1
s = 6	$x = 30 - 7 = 23$	1
s = 7	$x = 30 - 30 = 0$	0
s = 9	$x = 30 - 25 = 5$	1
a_9, a_s	$x = k_{10}(a_9) - k_{10}(a_s)$	$P_{10}(a_9, a_s)$
s = 1	$x = 25 - 80 = -55$	0
s = 2	$x = 25 - 20 = 5$	1
s = 3	$x = 25 - 70 = -45$	0
s = 4	$x = 25 - 80 = -55$	0
s = 5	$x = 25 - 10 = 15$	1
s = 6	$x = 25 - 7 = 18$	1
s = 7	$x = 25 - 30 = -5$	0
s = 8	$x = 25 - 30 = -5$	0

k_{11} - tip I (max):

a_1, a_s	$x = k_{11}(a_1) - k_{11}(a_s)$	$P_{11}(a_1, a_s)$
s = 2	$x = 8.5 - 8.75 = -0.25$	0
s = 3	$x = 8.5 - 9 = -0.5$	0
s = 4	$x = 8.5 - 8.75 = -0.25$	0
s = 5	$x = 8.5 - 4 = 4.5$	1
s = 6	$x = 8.5 - 8.5 = 0$	0
s = 7	$x = 8.5 - 5 = 3.5$	1
s = 8	$x = 8.5 - 9.5 = -1$	0
s = 9	$x = 8.5 - 5 = 3.5$	1
a_2, a_s	$x = k_{11}(a_2) - k_{11}(a_s)$	$P_{11}(a_2, a_s)$
s = 1	$x = 8.75 - 8.5 = 0.25$	1
s = 3	$x = 8.75 - 9 = -0.25$	0
s = 4	$x = 8.75 - 8.75 = 0$	0
s = 5	$x = 8.75 - 4 = 4.75$	1
s = 6	$x = 8.75 - 8.5 = 0.25$	1
s = 7	$x = 8.75 - 5 = 3.75$	1
s = 8	$x = 8.75 - 9.5 = -0.75$	0
s = 9	$x = 8.75 - 5 = 3.75$	1
a_3, a_s	$x = k_{11}(a_3) - k_{11}(a_s)$	$P_{11}(a_3, a_s)$
s = 1	$x = 9 - 8.5 = 0.5$	1
s = 2	$x = 9 - 8.75 = 0.25$	1
s = 4	$x = 9 - 8.75 = 0.25$	1
s = 5	$x = 9 - 4 = 5$	1
s = 6	$x = 9 - 8.5 = 0.5$	1
s = 7	$x = 9 - 5 = 4$	1
s = 8	$x = 9 - 9.5 = -0.5$	0

s = 9	$x = 9 - 5 = 4$	1
a_4, a_s	$x = k_{11}(a_4) - k_{11}(a_s)$	$P_{11}(a_4, a_s)$
s = 1	$x = 8.75 - 8.5 = 0.25$	1
s = 2	$x = 8.75 - 8.75 = 0$	0
s = 3	$x = 8.75 - 9 = -0.25$	0
s = 5	$x = 8.75 - 4 = 4.75$	1
s = 6	$x = 8.75 - 8.5 = 0.25$	1
s = 7	$x = 8.75 - 5 = 3.75$	1
s = 8	$x = 8.75 - 9.5 = -0.75$	0
s = 9	$x = 8.75 - 5 = 3.75$	1
a_5, a_s	$x = k_{11}(a_5) - k_{11}(a_s)$	$P_{11}(a_5, a_s)$
s = 1	$x = 4 - 8.5 = -4.5$	0
s = 2	$x = 4 - 8.75 = -4.75$	0
s = 3	$x = 4 - 9 = -5$	0
s = 4	$x = 4 - 8.75 = -4.75$	0
s = 6	$x = 4 - 8.5 = -4.5$	0
s = 7	$x = 4 - 5 = -1$	0
s = 8	$x = 4 - 9.5 = -5.5$	0
s = 9	$x = 4 - 5 = -1$	0
a_6, a_s	$x = k_{11}(a_6) - k_{11}(a_s)$	$P_{11}(a_6, a_s)$
s = 1	$x = 8.5 - 8.5 = 0$	0
s = 2	$x = 8.5 - 8.75 = -0.25$	0
s = 3	$x = 8.5 - 9 = -0.5$	0
s = 4	$x = 8.5 - 8.75 = -0.25$	0
s = 5	$x = 8.5 - 4 = 4.5$	1
s = 7	$x = 8.5 - 5 = 3.5$	1
s = 8	$x = 8.5 - 9.5 = -1$	0
s = 9	$x = 8.5 - 5 = 3.5$	1
a_7, a_s	$x = k_{11}(a_7) - k_{11}(a_s)$	$P_{11}(a_7, a_s)$
s = 1	$x = 5 - 8.5 = -3.5$	0
s = 2	$x = 5 - 8.75 = -3.75$	0
s = 3	$x = 5 - 9 = -4$	0
s = 4	$x = 5 - 8.75 = -3.75$	0
s = 5	$x = 5 - 4 = 1$	1
s = 6	$x = 5 - 8.5 = -3.5$	0
s = 8	$x = 5 - 9.5 = -4.5$	0
s = 9	$x = 5 - 5 = 0$	0
a_8, a_s	$x = k_{11}(a_8) - k_{11}(a_s)$	$P_{11}(a_8, a_s)$
s = 1	$x = 9.5 - 8.5 = 1$	1
s = 2	$x = 9.5 - 8.75 = 0.75$	1
s = 3	$x = 9.5 - 9 = 0.5$	1
s = 4	$x = 9.5 - 8.75 = 0.75$	1
s = 5	$x = 9.5 - 4 = 5.5$	1
s = 6	$x = 9.5 - 8.5 = 1$	1
s = 7	$x = 9.5 - 5 = 4.5$	1
s = 9	$x = 9.5 - 5 = 4.5$	1
a_9, a_s	$x = k_{11}(a_9) - k_{11}(a_s)$	$P_{11}(a_9, a_s)$
s = 1	$x = 5 - 8.5 = -3.5$	0
s = 2	$x = 5 - 8.75 = -3.75$	0
s = 3	$x = 5 - 9 = -4$	0
s = 4	$x = 5 - 8.75 = -3.75$	0
s = 5	$x = 5 - 4 = 1$	1

s = 6	$x = 5 - 8.5 = -3.5$	0
s = 7	$x = 5 - 5 = 0$	0
s = 8	$x = 5 - 9.5 = -4.5$	0

k_{12} - tip I (max):

a_1, a_s	$x = k_{12}(a_1) - k_{12}(a_s)$	$P_{12}(a_1, a_s)$
s = 2	$x = 6.5 - 7 = -0.5$	0
s = 3	$x = 6.5 - 6 = 0.5$	1
s = 4	$x = 6.5 - 6.5 = 0$	0
s = 5	$x = 6.5 - 2 = 4.5$	1
s = 6	$x = 6.5 - 6 = 0.5$	1
s = 7	$x = 6.5 - 7 = -0.5$	0
s = 8	$x = 6.5 - 3 = 3.5$	1
s = 9	$x = 6.5 - 4 = 2.5$	1
a_2, a_s	$x = k_{12}(a_2) - k_{12}(a_s)$	$P_{12}(a_2, a_s)$
s = 1	$x = 7 - 6.5 = 0.5$	1
s = 3	$x = 7 - 6 = 1$	1
s = 4	$x = 7 - 6.5 = 0.5$	1
s = 5	$x = 7 - 2 = 5$	1
s = 6	$x = 7 - 6 = 1$	1
s = 7	$x = 7 - 7 = 0$	0
s = 8	$x = 7 - 3 = 4$	1
s = 9	$x = 7 - 4 = 3$	1
a_3, a_s	$x = k_{12}(a_3) - k_{12}(a_s)$	$P_{12}(a_3, a_s)$
s = 1	$x = 6 - 6.5 = -0.5$	0
s = 2	$x = 6 - 7 = -1$	0
s = 4	$x = 6 - 6.5 = -0.5$	0
s = 5	$x = 6 - 2 = 4$	1
s = 6	$x = 6 - 6 = 0$	0
s = 7	$x = 6 - 7 = -1$	0
s = 8	$x = 6 - 3 = 3$	1
s = 9	$x = 6 - 4 = 2$	1
a_4, a_s	$x = k_{12}(a_4) - k_{12}(a_s)$	$P_{12}(a_4, a_s)$
s = 1	$x = 6.5 - 6.5 = 0$	0
s = 2	$x = 6.5 - 7 = -0.5$	0
s = 3	$x = 6.5 - 6 = 0.5$	1
s = 5	$x = 6.5 - 2 = 4.5$	1
s = 6	$x = 6.5 - 6 = 0.5$	1
s = 7	$x = 6.5 - 7 = -0.5$	0
s = 8	$x = 6.5 - 3 = 3.5$	1
s = 9	$x = 6.5 - 4 = 2.5$	1
a_5, a_s	$x = k_{12}(a_5) - k_{12}(a_s)$	$P_{12}(a_5, a_s)$
s = 1	$x = 2 - 6.5 = -4.5$	0
s = 2	$x = 2 - 7 = -5$	0
s = 3	$x = 2 - 6 = -4$	0
s = 4	$x = 2 - 6.5 = -4.5$	0
s = 6	$x = 2 - 6 = -4$	0
s = 7	$x = 2 - 7 = -5$	0
s = 8	$x = 2 - 3 = -1$	0
s = 9	$x = 2 - 4 = -2$	0
a_6, a_s	$x = k_{12}(a_6) - k_{12}(a_s)$	$P_{12}(a_6, a_s)$
s = 1	$x = 6 - 6.5 = -0.5$	0

s = 2	$x = 6 - 7 = -1$	0
s = 3	$x = 6 - 6 = 0$	0
s = 4	$x = 6 - 6.5 = -0.5$	0
s = 5	$x = 6 - 2 = 4$	1
s = 7	$x = 6 - 7 = -1$	0
s = 8	$x = 6 - 3 = 3$	1
s = 9	$x = 6 - 4 = 2$	1
a_7, a_s	$x = k_{12}(a_7) - k_{12}(a_s)$	$P_{12}(a_7, a_s)$
s = 1	$x = 7 - 6.5 = 0.5$	1
s = 2	$x = 7 - 7 = 0$	0
s = 3	$x = 7 - 6 = 1$	1
s = 4	$x = 7 - 6.5 = 0.5$	1
s = 5	$x = 7 - 2 = 5$	1
s = 6	$x = 7 - 6 = 1$	1
s = 8	$x = 7 - 3 = 4$	1
s = 9	$x = 7 - 4 = 3$	1
a_8, a_s	$x = k_{12}(a_8) - k_{12}(a_s)$	$P_{12}(a_8, a_s)$
s = 1	$x = 3 - 6.5 = -3.5$	0
s = 2	$x = 3 - 7 = -4$	0
s = 3	$x = 3 - 6 = -3$	0
s = 4	$x = 3 - 6.5 = -3.5$	0
s = 5	$x = 3 - 2 = 1$	1
s = 6	$x = 3 - 6 = -3$	0
s = 7	$x = 3 - 7 = -4$	0
s = 9	$x = 3 - 4 = -1$	0
a_9, a_s	$x = k_{12}(a_9) - k_{12}(a_s)$	$P_{12}(a_9, a_s)$
s = 1	$x = 4 - 6.5 = -2.5$	0
s = 2	$x = 4 - 7 = -3$	0
s = 3	$x = 4 - 6 = -2$	0
s = 4	$x = 4 - 6.5 = -2.5$	0
s = 5	$x = 4 - 2 = 2$	1
s = 6	$x = 4 - 6 = -2$	0
s = 7	$x = 4 - 7 = -3$	0
s = 8	$x = 4 - 3 = 1$	1

КОРАК 3: Одређивање индекса преференција

Табела III-3

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	T^+	T	Ранг
a_1	0.0000	0.5231	0.5615	0.5077	0.4923	0.6385	0.7769	0.5615	0.4923	0.5692	0.2212	1
a_2	0.4769	0.0000	0.3308	0.3769	0.4000	0.4923	0.4385	0.4538	0.3846	0.4192	-0.0885	7
a_3	0.3462	0.6692	0.0000	0.3923	0.4923	0.5462	0.4538	0.3615	0.4000	0.4577	-0.0106	5
a_4	0.4385	0.3692	0.5154	0.0000	0.4923	0.5846	0.5462	0.4692	0.4000	0.4769	0.0154	4
a_5	0.3846	0.5077	0.5077	0.5077	0.0000	0.4308	0.4154	0.5077	0.3077	0.4462	-0.0462	6
a_6	0.2308	0.5077	0.2308	0.4154	0.4769	0.0000	0.4538	0.3462	0.3077	0.3712	-0.1692	9
a_7	0.2231	0.3231	0.4538	0.4538	0.4923	0.4692	0.0000	0.4538	0.2385	0.3885	-0.1269	8
a_8	0.4385	0.5462	0.6385	0.5308	0.4923	0.6538	0.5308	0.0000	0.5462	0.5471	0.0962	3
a_9	0.2462	0.6154	0.5077	0.5077	0.6000	0.5077	0.5077	0.4538	0.0000	0.4933	0.1087	2
T^-	0.3481	0.5077	0.4683	0.4615	0.4923	0.5404	0.5154	0.4510	0.3846			

КОРАК 4: Одређивање свих парова потпуних поредака $[\Pi^+, \text{И}^+]$ и $[\Pi^-, \text{И}^-]$

Табела III-4

	P^+	P^-	Γ^+	Γ^-	P^+	P^-	Γ^+	Γ^-	P^+	P^-	Γ^+	Γ^-	P^+	P^-	Γ^+	Γ^-	P^+	P^-	Γ^+	Γ^-	P^+	P^-	Γ^+	Γ^-	P^+	P^-	Γ^+	Γ^-	P^+	P^-	Γ^+	Γ^-
a₁	--	--	--	--	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA
a₂	DA	DA	DA	DA	--	--	--	--	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA
a₃	ne	DA	ne	DA	DA	DA	DA	DA	--	--	--	--	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA
a₄	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	DA	DA	DA	DA	--	--	--	--	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA
a₅	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	--	--	--	--	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA
a₆	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	--	--	--	--	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA
a₇	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	DA	DA	DA	DA	--	--	--	--	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA
a₈	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	DA	DA	--	--	--	--	ne	DA	ne	DA
a₉	DA	DA	ne	DA	DA	DA	ne	DA	DA	DA	ne	DA	DA	DA	ne	DA	DA	DA	ne	DA	DA	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	ne	DA	--	--

БИОГРАФИЈА АУТОРА

Асистент мр Бојан С. Димитријевић, дипл. инж. рударства, рођен је 6. јануара 1966. године у Београду где је завршио основну и средњу архитектонску техничку школу. Редовне студије на Рударско-геолошког факултета у Београду завршио је 1994. године са просечном оценом 9,03 на Смеру за површинску експлоатацију лежишта минералних сировина. Дипломски рад *Технологија експлоатације угља на површинском копу Ћириковац за годишњи капацитет од $3,2 \times 10^6$ тона* под менторством проф. др В. Павловића одбранио са оценом 10. Током студија радио као студент демонстратор на предметима: *Нацртна геометрија, Комуникације на површинским коповима и Техничко цртање*. Као награђени студент друге године Смера за површинску експлоатацију школске 1986/87., стипендиран до краја струдија од ЈПРБ Колубара Лазаревац, а као најбољи студент апсолвент добитник награде из Фонда *Проф. Василије и Сузана Павловић*.

Школске 1994/95. на последипломским студијама - Смер за површинску експлоатацију лмс, сагласно програму за подстицање научног подмлатка Републике Србије, укључен је као истраживач-стипендиста Министарства за науку и технологију Републике Србије на РГФ на научно-истраживачки пројекат *Угљ Републике Србије, основна енергетска сировина у периоду до 2005. године. и даље до 2200* под менторством проф. др С. Вујића. Током 1995. радио као истраживач-стипендиста на *Катедри за примену рачунара*, одржавао вежбе из предмета *Примена рачунара у рударству* и био укључен у истраживачке пројекте *Катастар појава и лежишта Минералних сировина Југославије* и *Специјализовани систем научно-технолошких информација за рударство и геологију, Студију Анализа и оцена стања са предлозима за побољшање пословно-природних ефеката рада у Руднику бакра Мајданпек за 1995. годину*, као и рударске пројекте површинских копова глине у Кањижи којим је руководио проф. др С. Вујић.

Током 1996. радио као истраживач-стипендиста на *Катедри за површинску експлоатацију*, на научно-истраживачком пројекту НИП 08М07 *Истраживање нових технологија и метода експлоатације опреме и управљачких система у циљу искоришћења енергетских минералних сировина* под менторством проф. др В. Павловића, а као сарадник укључен на Пројекте Рудника неметала Раковац, површинских копова кречњака и лапорца ФЦ Беочин, површинског копа глине Рисовача, кварцног песка Слатина и површинских копова Ћириковац и Дрмно косточачког угљеног басена, којима је руководио проф. др В. Павловић.

У звање асистента-приправника изабран 01.06.1996. на Катедри за површинску експлоатацију лмс, и биран за предмете *Технологија површинске експлоатације* и *Одводњавање површинских копова*. Држао наставу из следећих предмета: *Технологија површинске експлоатације 1, Технологија површинске експлоатације 2, Одводњавање површинских копова, Технологија површинског откопавања, Методе експлоатације чврстих минералних сировина кроз бушотине*, као и *Техника и технологија површинске експлоатације* за последипломце Техничког факултета у Косовској Митровици.

На Међународном научном скупу *The VI-th International symposium on application of mathematical methods and computers in mining, geology and metallurgy and the mining Příbram symposium 1997*, у Прагу, освојио сребрну медаљу за саопштени рад *Mathematical modelling of sump parameters for opencast mines dewatering*.

Члан је *Југословенског комитета за површинску експлоатацију Савеза инжењера рударства и геологије Југославије* од оснивања, секретар Управног Одбора *Југословенског комитета за површинску експлоатацију* од 2006., секретар *Смера за површинску експлоатацију* од 1996, в.д. секретара *Катедре за површинску експлоатацију* 1999-2000, шеф Лабораторије за површинску експлоатацију, члан Секретаријата Програмског Комитета *22 Југословенског Симпозијума о операционим истраживањима YU-SYM-OP-IS* за 1995., а непрекидно од 1996. године члан Организационих Одбора Међународних Конференција ЈУКОМ-а: *ОМЦ, УГЉ, ГЛИНА, КАМЕН, ЦЕМЕНТ и НЕМЕТАЛИ*.

Магистарске студије завршио је на Научној области Површинска експлоатација лежишта са просечном оценом 9,22 и 2000. године одбранио магистарску тезу под насловом *Оптимизација параметара бушотинског откопавања на примеру подинских пескова на Пољу - Д у Колубари* под менторством проф. др Р. Симића и коменторством проф. др М. Цветковића.

У звање асистента на РГФ Универзитета у Београду изабран је 2000. године за предмете *Технологија површинске експлоатације 1* и *Одводњавање површинских копова*.

Стручни испит положио 2001. године при Министарству рударства и енергетике Републике Србије и Савеза инжењера Србије, решења РС (3750/п).

Током научно-истраживачког рада на Рударско-геолошком факултету као асистент-приправник, асистент и истраживач сарадник био ангажован на 14 научно истраживачких, иновационих, развојних, стратешких и Top Down пројекта Министарства науке и технологије Републике Србије у оквиру технолошког развоја и енергетске ефикасности.

Под покровитељством Министарства науке и технологије Републике Србије, 2001. године заједно са професором Симићем одржао научно предавање *Нове технологије у рударству* на трибини *Наука четвртком на Коларчевом Народном Универзитету*.

На конкурс Министарства просвете Републике Србије за међународну сарадњу прихваћен је као први кандидат докторских студија и специјалистичког усавршавања Министарства за образовање Руске Федерације на Московском државном геолошкоистраживачком институту школске 2003/2004.

Изабран за асистента 2004. године на групи предмета на *Катедри за површинску експлоатацију и Катедри за нафту и технику дубинског бушења*.

Докторантску аспирантуру – усавршавање према међудржавној сарадњи Министарства просвете Републике Србије, обавио у Кошицама у Словачкој, школске 2004/2005. у својству докторанта - стипендиста *The BERG Faculty of Technical University Kosice (EU)* у функцији израде докторске дисертације под насловом: *Дефинисање модела за оптимизацију техничко-технолошких параметара експлоатације растреситих минералних сировина кроз бушотине*.

Од школске 2007/08. године ангажован као асистент по новом наставном плану и програму Рударског одсека на акредитованим академским, мастер и докторским студијама Рударско-геолошком факултету Универзитета у Београду. На образовним профилима Рударско инжењерство, Инжењерство заштите животне средине и заштите на раду, и Инжењерство нафте и гаса, где изводио вежбе и испомоћ у настави на следећим предметима: *Технологија површинске експлоатације, Рекултивација површинских копова и одлагалишта, Подводна експлоатација, Експлоатација минералних сировина кроз бушотине, Теренска настава и стручна (летња) пракса, Техничка и биолошка рекултивација*.

Учествовао као сарадник на преко 30 стратешких студија, пројектата, експертиза, техничких контрола и ревизија којима је руководио проф. др В. Павловић.

Обављао секретарске и административно-техничке послове око оснивања *Фонда Инжењер Божидар Србинац* на Катедри за површинску експлоатацију Рударско-геолошког факултета у Београду, а при Министарству Културе Републике Србије.

Учествовао на *Међународном српско-немачком пројекту МИНСЕР – Пројекат артнерства приватног и јавног сектора за модернизацију и еколошку санацију рударског сектора у Србији*, РГФ Београд, ЕПС, Министарство рударства и енергетике Републике Србије, 2007/2008. године.

Мр Бојан Димитријевић, реизабран је 2009. године у звање асистента, сарадника на Ужу научну област за површинску експлоатацију лежишта минералних сировина и механику стена.

Члан је Комисије за резерве Министарства рударства и енергетике и стручне испите Републике Србије од 2009. године.

Крајем 2009. године пријавио је другу докторску дисертацију на Катедри за површинску експлоатацију под насловом *Оптимизација управљања процесима рекултивације површинских копова угља* за коју је дата сагласност на Већу научних области Техничких наука Универзитета у Београду од 16.04.2010.

Члан је Уређивачког одбора и рецензент часописа *Подземни радови* од 2010, којег издаје Рударско-геолошки факултет у Београду.

Мр Бојан Димитријевић, 2012. реизабран је за асистента за групу предмета у оквиру уже научне области *Експлоатација чврстих минералних сировина и механике стена* на Катедри за површинску експлоатацију лежишта минералних сировина. Помаже у одржавању наставе и извођењу вежби из следећих предмета: *Технологија површинске експлоатације 1, Одводњавање површинских копова, Рекултивација површинских копова и одлагалишта на основним студијама, и Специјалне методе експлоатације лмс на Мастер студијама Рударско-геолошког факултета у Београду*.

Објавио је 74 научна рада на домаћим и међународним скуповима и часописима, 3 рада у међународним часописима са SCi листе, објавио научну монографију, два поглавља у монографијама, ауторизоване вежбе за наставу у електронском облику, и 2 софтвера у коауторству. Био истраживач на 14 научно-истраживачка пројекта Министарства науке и технолошког развоја Републике Србије. Као државни ревидент Министарства рударства и енергетике Републике Србије био стручни извештач ревизија 17 Елабората о резервама и имао учешћа у преко 10 радних тела научних скупова у свету и у нас.

Прилог 1.

Изјава о ауторству

Потписани **Мр Бојан С. Димитријевић**

број досијеа 184

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

ОПТИМИЗАЦИЈА УПРАВЉАЊА ПРОЦЕСИМА РЕКУЛТИВАЦИЈЕ ПОВРШИНСКИХ КОПОВА УГЉА

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

Потпис докторанта

У Београду, 12.02.2014.



Прилог 2.

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора: Мр Бојан С. Димитријевић
Број досијеа: 184
Студијски програм: Рударско инжењерство
Наслов рада: Оптимизација управљања процесима рекултивације
површинских копова угља
Ментор: Проф. др Никола Лилић

Потписани Бојан С. Димитријевић

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао за објављивање на порталу **Дигиталног репозиторијума Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

У Београду, 12.02.2014.

Потпис докторанта



Прилог 3.

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

ОПТИМИЗАЦИЈА УПРАВЉАЊА ПРОЦЕСИМА РЕКУЛТИВАЦИЈЕ ПОВРШИНСКИХ КОПОВА УГЉА

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио.

1. Ауторство
2. Ауторство - некомерцијално
3. Ауторство - некомерцијално – без прераде
4. Ауторство - некомерцијално – делити под истим условима
5. Ауторство - без прераде
6. Ауторство - делити под истим условима

У Београду, 12.02.2014.

Потпис докторанта



1. Ауторство - Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.
2. Ауторство - некомерцијално. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.
3. Ауторство - некомерцијално – без прераде. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.
4. Ауторство - некомерцијално – делити под истим условима. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.
5. Ауторство - без прераде. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.
6. Ауторство - делити под истим условима. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.

Прилог 1.

Изјава о ауторству

Потписани **Мр Бојан С. Димитријевић**

број досијеа 184

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

ОПТИМИЗАЦИЈА УПРАВЉАЊА ПРОЦЕСИМА РЕКУЛТИВАЦИЈЕ ПОВРШИНСКИХ КОПОВА УГЉА

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

Потпис докторанта

У Београду, 12.02.2014.



Прилог 2.

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора: Мр Бојан С. Димитријевић
Број досијеа: 184
Студијски програм: Рударско инжењерство
Наслов рада: Оптимизација управљања процесима рекултивације
површинских копова угља
Ментор: Проф. др Никола Лилић

Потписани Бојан С. Димитријевић

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао за објављивање на порталу **Дигиталног репозиторијума Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

У Београду, 12.02.2014.

Потпис докторанта



Прилог 3.

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

ОПТИМИЗАЦИЈА УПРАВЉАЊА ПРОЦЕСИМА РЕКУЛТИВАЦИЈЕ ПОВРШИНСКИХ КОПОВА УГЉА

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио.

1. Ауторство
2. Ауторство - некомерцијално
3. Ауторство - некомерцијално – без прераде
4. Ауторство - некомерцијално – делити под истим условима
5. Ауторство - без прераде
6. Ауторство - делити под истим условима

У Београду, 12.02.2014.

Потпис докторанта



1. Ауторство - Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.
2. Ауторство - некомерцијално. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.
3. Ауторство - некомерцијално – без прераде. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.
4. Ауторство - некомерцијално – делити под истим условима. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.
5. Ауторство - без прераде. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.
6. Ауторство - делити под истим условима. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.