

OPTIMIZACIJA I ANALIZA ISPLATIVOSTI EKSPLOATACIJE POVRŠINSKOGA KOPA „KAMEN“

Kalinić, Tomislav Stjepan

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **EFFECTUS university / EFFECTUS veleučilište**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:281:217204>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-07**



image not found or type unknown

Repository / Repozitorij:

[Repository of EFFECTUS University of Applied Sciences - Final and graduate theses of EFFECTUS University of Applied Sciences](#)



image not found or type unknown

EFFECTUS VELEUČILIŠTE

TOMISLAV STJEPAN KALINIĆ

DIPLOMSKI RAD

**OPTIMIZACIJA I ANALIZA ISPLATIVOSTI EKSPLOATACIJE
POVRŠINSKOGA KOPA „KAMEN“**

Zagreb, 2024.

EFFECTUS VELEUČILIŠTE

PREDMET: IZRADA INVESTICIJSKOG PROJEKTA

DIPLOMSKI RAD

KANDIDAT: Tomislav Stjepan Kalinić

**TEMA DIPLOMSKOG RADA: Optimizacija i analiza isplativosti
eksploatacije površinskoga kopa „Kamen“**

MENTOR: doc. dr. sc. Aljoša Šestanović

ZNANSTVENO PODRUČJE: društvene znanosti

TEMATSKO POLJE: ekonomija (grana financije)

Zagreb, lipanj 2024.

SAŽETAK

Diplomski rad *Optimizacija i analiza isplativosti eksploatacije površinskoga kopa „Kamen“* usredotočuje se na optimizaciju eksploatacije mineralnih sirovina i analizu isplativosti površinskih kopova u rudarskom sektoru. Kreće se od objašnjenja općih pojmova i metoda ocjene isplativosti investicijskih projekata, s posebnim naglaskom na studijima izvodljivosti u rudarstvu. Rad uključuje praktičan primjer optimizacije površinskoga kopa računalnom metodom *Pseudoflow*. Studija slučaja pokazuje kako napredni računalni alati mogu olakšati kompleksni proces pronalaženja optimalne završne konture površinskih kopova i evaluacije njihove isplativosti. Rad cjelovito objedinjuje teoriju i praktičnu primjenu kako bi ponudio vrijedne uvide za poboljšanje procesa dugoročnoga strateškog planiranja eksploatacije površinskih kopova.

Ključne riječi: rudarstvo, površinski kop, eksploatacija, neto sadašnja vrijednost, isplativost, studija izvodljivosti, optimizacija

ABSTRACT

The Master thesis Optimization and profitability analysis of the “Kamen” open pit mine focuses on optimizing the exploitation of commodities and analyzing the profitability of surface mines within the mining sector. It commences with an explanation of general concepts and methods for evaluating the profitability of investment projects, with a particular emphasis on feasibility studies in mining. The thesis includes a practical example of optimizing an open pit surface mine using the computational Pseudoflow method. The case study demonstrates how advanced computational tools can facilitate the complex process of establishing the optimal ultimate pit of open pit mines and evaluating their profitability. Overall, the thesis combines theory and practical applications to offer valuable insights for improving the strategic long-term planning process of open pit mine exploitation.

Keywords: mining, surface mine, exploitation, net present value, profitability, feasibility study, optimisation

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. ZNAČAJKE INVESTICIJSKIH PROJEKATA I PRIMJENA.....	2
2.1. Kapitalno budžetiranje i kapitalni projekti	2
2.2. Temeljni principi kapitalnog budžetiranja u izradi investicijskih projekata	5
2.3. Metode ocjene investicijskih projekata	9
2.3.1. Neto sadašnja vrijednost.....	11
2.3.2. Interna stopa rentabilnosti	14
2.3.3. Povrat investicije	17
2.3.4. Metoda razdoblja povrata i diskontirano razdoblje povrata	17
2.3.5. Indeks profitabilnosti.....	18
2.3.6. Prednosti i nedostaci metoda ocjene investicijskih projekata	19
2.4. Analiza osjetljivosti i kvalitativna analiza rizika	21
3. ZNAČAJKE INVESTICIJSKIH PROJEKATA U RUDARSKOM SEKTORU	23
3.1. Konceptualna studija izvodljivosti	27
3.2. Preliminarna studija izvodljivosti.....	27
3.3. Konačna studija izvodljivosti	28
4. OPTIMIZACIJA I ANALIZA ISPLATIVOSTI EKSPLOATACIJE POVRŠINSKOGA KOPA „KAMEN“	31
4.1. Površinski kop „Kamen“	31
4.2. Tijek rada dobivanja optimalne završne konture površinskoga kopa	34
4.2.1. Priprema geološkoga blok modela	35
4.2.2. Priprema ulaznih podataka	36
4.2.3. <i>Pseudoflow</i> simulacija i analiza rezultata.....	38
4.2.4. Odabir optimalne i izrada operativne završne konture.....	45
5. ZAKLJUČAK.....	50
LITERATURA.....	54

CONTENTS

1. INTRODUCTION Error! Bookmark not defined.
2. FEATURES AND APPLICATION OF INVESTMENT PROJECTS Error! Bookmark not defined.
 - 2.1. Capital budgeting and capital projects **Error! Bookmark not defined.**
 - 2.2. Fundamental principles of capital budgeting in project development **Error! Bookmark not defined.**
 - 2.3. Methods for evaluating investment projects **Error! Bookmark not defined.**
 - 2.3.1. Net present value **Error! Bookmark not defined.**
 - 2.3.2. Internal rate of return **Error! Bookmark not defined.**
 - 2.3.3. Return on investment **Error! Bookmark not defined.**
 - 2.3.4. Payback period method and discounted payback period **Error! Bookmark not defined.**
 - 2.3.5. Profitability index **Error! Bookmark not defined.**
 - 2.3.6. Advantages and disadvantages of methods for evaluating investment projects **Error! Bookmark not defined.**
 - 2.4. Sensitivity analysis and qualitative risk analysis **Error! Bookmark not defined.**
3. FEATURES OF INVESTMENT PROJECTS IN THE MINING SECTOR Error! Bookmark not defined.
 - 3.1. Conceptual feasibility study **Error! Bookmark not defined.**
 - 3.2. Preliminary feasibility study **Error! Bookmark not defined.**
 - 3.3. Final feasibility study **Error! Bookmark not defined.**
4. OPTIMIZATION AND PROFITABILITY ANALYSIS OF THE "KAMEN" OPEN PIT MINE Error! Bookmark not defined.
 - 4.1. "Kamen" open pit mine **Error! Bookmark not defined.**
 - 4.2. Workflow for obtaining the optimal ultimate pit of the open pit mine **Error! Bookmark not defined.**
 - 4.2.1. Preparation of the geological block model **Error! Bookmark not defined.**
 - 4.2.2. Preparation of input data **Error! Bookmark not defined.**
 - 4.2.3. Pseudoflow simulation and result analysis **Error! Bookmark not defined.**
 - 4.2.4. Selection of the optimal ultimate pit and operational pit design. **Error! Bookmark not defined.**
5. CONCLUSION Error! Bookmark not defined.

REFERENCES Error! Bookmark not defined.

1. UVOD

Investicijski su projekti sveprisutni – nalazimo ih u svim oblicima poslovanja, od malih i srednjih poduzeća pa sve do velikih i globalnih korporacija. Osnovni su predmet analize pri kapitalnom budžetiranju – koji predstavlja širi proces evaluacije, odabira i upravljanjem dugoročnim investicijama – prvenstveno radi povećanja vrijednosti poduzeća i korporacija. Kako postoje razne specifičnosti investicijskih projekata koje variraju ovisno o sektoru u kojemu se nalaze, tako je i pristup njihovoj ocjeni i analizi potrebno prilagoditi. Upravo je takva prilagodba u središtu zanimanja ovoga rada, na konkretnome primjeru rudarskoga sektora koji je sam po sebi razmjerno specifičan zbog svoga tehničkog i ezoteričnog karaktera.

U uvodnome dijelu rada opisuju se opće značajke kapitalnog budžetiranja i investicijskih projekata uključujući principe, koncepte i metode ocjene, kao i njihove razne varijacije u rudarstvu. Najveća je usredotočenost na prikazu optimizacije i ocjene isplativosti eksploatacije površinskog kopa „Kamen“ koja je u vlasništvu tvrtke za izradu vatrostalnih proizvoda. Unutar ovoga segmenta rada detaljno se prikazuje tijek rada za optimizaciju površinskoga kopa računalnom metodom *Pseudoflow* te se tumače sve pripremne aktivnosti potrebne za uspješan proces optimizacije. U okviru optimizacije površinskog kopa razrađen je i izabran najpogodniji scenarij za tvrtku na temelju najpovoljnijega faktora prihoda, simulirane neto sadašnje vrijednosti i količini rezerve rude koja služi kao temelj za izradu operativne završne konture površinskoga kopa i dugoročnoga strateškog plana eksploatacije.

Zaključno poglavlje donosi rezultate *Pseudoflow* optimizacije te prikazuje koliko je isplativ opisani projekt tijekom faze proizvodnje površinskoga kopa.

2. ZNAČAJKE INVESTICIJSKIH PROJEKATA I PRIMJENA

U širem su smislu investicijski projekti planirane aktivnosti koje pojedinci ili organizacije provode s namjerom ostvarivanja povrata ulaganja ili drugih koristi putem alokacije kapitala, vremena i resursa. Projekti mogu uključivati pokretanje novoga poslovanja, investiranje u vrijednosne papire ili nekretnine te podržavanje inicijativa u istraživanju i razvoju.

2.1. Kapitalno budžetiranje i kapitalni projekti

Uzimajući u obzir kategorizaciju i međusobne interakcije investicijskih projekata, pojedinac ili organizacija mora odlučiti u koje će projekte investirati te se dugoročno odreći određene financijske fleksibilnosti za vrijeme trajanja projekata.¹ Proces analize potencijalnih projekata, procjene njihovih troškova i koristi te donošenja odluka o raspodjeli financijskih resursa prema najperspektivnijim prilikama naziva se kapitalno budžetiranje. Konkretni mehanizam kapitalnog budžetiranja koje pojedinci ili organizacije koriste ovisi o veličini poduzeća ili organizacije, razini pojedinca u organizaciji te veličini i složenosti projekta koja se procjenjuje. Koraci u procesu kapitalnog budžetiranja u širem smislu prikazani su na slici 1.²

Slika 1. Koraci u procesu kapitalnog budžetiranja



Izvor: Izrada autora

¹ Izvor: Šestanović, A., Interni materijali s predavanja „Izrada investicijskog projekta“, Effectus

² Stowe, J.D., Gagne, J.R., Capital Budgeting: Level 1, Corporate Finance, Canada, 2020, str. 2.

1. **Generiranje ideja** – investicijske ideje mogu potjecati iz raznih izvora: od vrha ili dna organizacije, iz bilo kojeg odjela ili funkcionalnog područja, ali i izvan tvrtke. Generiranje dobrih investicijskih ideja za razmatranje najvažniji je korak u procesu.
2. **Analiza pojedinačnih prijedloga** – ovaj korak uključuje prikupljanje informacija za prognoziranje novčanih tokova za svaki projekt, a zatim procjenu profitabilnosti projekta.
3. **Planiranje kapitalnog proračuna** – tvrtka mora organizirati profitabilne prijedloge u koordiniranu cjelinu koja se uklapa u opće strategije tvrtke, a također uzeti i vrijeme projekata u obzir. Neki projekti koji izgledaju dobro kad se razmatraju izolirano mogu se pokazati kao neželjeni strateški. Zbog financijskih i stvarnih resursnih problema vrlo su važni planiranje rasporeda i rangiranje projekata.
4. **Praćenje i naknadna revizija** – u naknadnoj se reviziji stvarni rezultati uspoređuju s planiranim ili predviđenim rezultatima, a svaka se razlika mora objasniti. Naknadna revizija kapitalnih projekata važna je iz nekoliko razloga. Prvenstveno, ona pomaže u praćenju prognoza i analize koje leže u osnovi procesa upravljanja kapitalom. Sistematske pogreške, poput preoptimističnih prognoza, tako postaju očite. Drugo, pomaže u poboljšanju poslovanja. Ako su prodaja ili troškovi izvan linije, to će usmjeriti pažnju na približavanje izvedbe očekivanjima ako je to moguće. Naposljetku, praćenje i naknadna revizija nedavnih kapitalnih ulaganja proizvest će konkretne ideje za buduća ulaganja. Organizacije mogu odlučiti investirati više u profitabilna područja i smanjiti ili otkazati ulaganja na područjima koja su razočaravajuća.

U užem smislu, kada su investicijski projekti dugoročnog karaktera i pojedinci ili organizacije se njime služe radi stjecanja, održavanja ili nadogradnje fiksne imovine, koristi se i naziv *kapitalni projekti*. Upravo zbog navedenih karakteristika rudarski projekti često spadaju u kapitalne projekte i tvrtke ih nerijetko svrstavaju u grube kategorije za analizu. Jedna je takva kategorizacija³:

- Projekti zamjene postojećih resursa (postojeće dugotrajne imovine) – odluke u procesu kapitalnog budžetiranja obično su jednostavne. Kad oprema otkazuje ili je pred krajem svoga životnog vijeka, odluka o zamjeni možda ne zahtijeva temeljitu analizu, posebno ako je trošak razuman i nedostatak zamjene bi značajno utjecao na proizvodnju, operacije ili prodaju. U takvim je slučajevima često učinkovitije nastaviti sa zamjenom bez pretjerane

³ Stowe, J.D., Gagne, J.R., Capital Budgeting: Level 1, op. cit., str. 3.

analize. Međutim, drugi projekti zamjene, poput nadogradnje na noviju i učinkovitiju opremu ili odabira jednoga tipa opreme nad drugim, mogu zahtijevati detaljnu analizu i rezultirati većim povjerenjem u konačnu odluku.

- Projekti proširenja, s druge strane, uključuju proširenje opsega poslovnih aktivnosti tvrtke umjesto da samo održavaju njezine trenutne operacije. Odluke o proširenju obično nose više neizvjesnosti u odnosu na projekte zamjene i stoga zahtijevaju pažljivije razmatranje.
- Projekti uvođenja novih proizvoda i usluga donose još izraženije neizvjesnosti od projekata proširenja. Proces donošenja odluka za te je investicije složen i uključuje sudjelovanje više sudionika.
- Projekti uvjetovani regulatornim, sigurnosnim, ekološkim i sličnim zahtjevima – često su propisani od strane vanjskih entiteta poput vladinih agencija ili osiguravajućih društava. Iako ti projekti možda neće generirati prihode, nužni su za usklađenost. U nekim slučajevima troškovi takvih projekata mogu biti toliko visoki da za tvrtku postane isplativije prekinuti operacije povezane s njima.
- Na kraju, postoje projekti koji možda neće proći tradicionalnu analizu proračuna kapitala. To uključuje osobne projekte koje favoriziraju pojedinci unutar tvrtke ili projekte s visokim razinama rizika koji ih čine teškim za procjenu standardnim metodama, poput određenih odluka o istraživanju i razvoju.

Ako pojedinac ili organizacija ima više mogućih projekata na raspolaganju, način na koji se pristupa analizi i odabiru projekata ovisi i o određenim projektnim interakcijama:⁴

- Projekti mogu biti međusobno neovisni – prihvaćanje jednoga projekta ne mora nužno rezultirati odbacivanjem drugog projekta.
- Projekti mogu biti međusobno isključivi – odabirom određenoga projekta automatski se isključuje mogućnost prihvata nekoga drugog projekta.
- Mnogi su projekti sekvencijalni kroz vrijeme pa ulaganje u jedan projekt otvara opciju ulaganja u buduće projekte – ako rezultati prvoga projekta ili novi ekonomski uvjeti nisu povoljni, ne ulaže se u drugi projekt.
- Neograničena sredstva nasuprot racioniranju kapitala – pojam *neograničena sredstva* pretpostavlja da tvrtka može prikupiti sredstva koja su joj potrebna za sve profitabilne

⁴ Hadžavdić E., Pripremite svoj bankabilan investicijski projekt, Effectus, Zagreb, 2018., str. 218-219.

projekte jednostavno plaćajući zahtijevanu stopu povrata. Ograničavanje kapitala postoji kada tvrtka ima fiksni iznos sredstava za ulaganje. Ako tvrtka ima više profitabilnih projekata nego što ima sredstava, mora dodijeliti sredstva kako bi postigla maksimalnu vrijednost poduzeća uz ograničenja financiranja.

2.2. Temeljni principi kapitalnog budžetiranja u izradi investicijskih projekata

Kapitalno budžetiranje nerijetko primjenjuje kompleksne postupke pri analiziranju i odabiru projekata, no temelji se na nekoliko ključnih principa prikazanih na slici 2. koji se također primjenjuju pri samoj izradi investicijskih projekata.⁵

Slika 2. Ključni principi kapitalnog budžetiranja



Izvor: Izrada autora

1. Odluka je temeljena na novčanim tokovima

Naglasak je postavljen na novčane tokove (engl. *CF - Cash Flow*) umjesto na računovodstvene koncepte, poput neto dobiti koja u obzir uzima nenovčane troškove poput amortizacije. Ekonomski prihod, s druge strane, uzima u obzir novčani priljev i promjene tržišne vrijednosti tvrtke isključujući troškove zaduživanja i temeljeći se na promjenama tržišne vrijednosti, a ne knjigovodstvene vrijednosti. Nenovčani troškovi i koristi obično se zanemaruju osim ako izravno

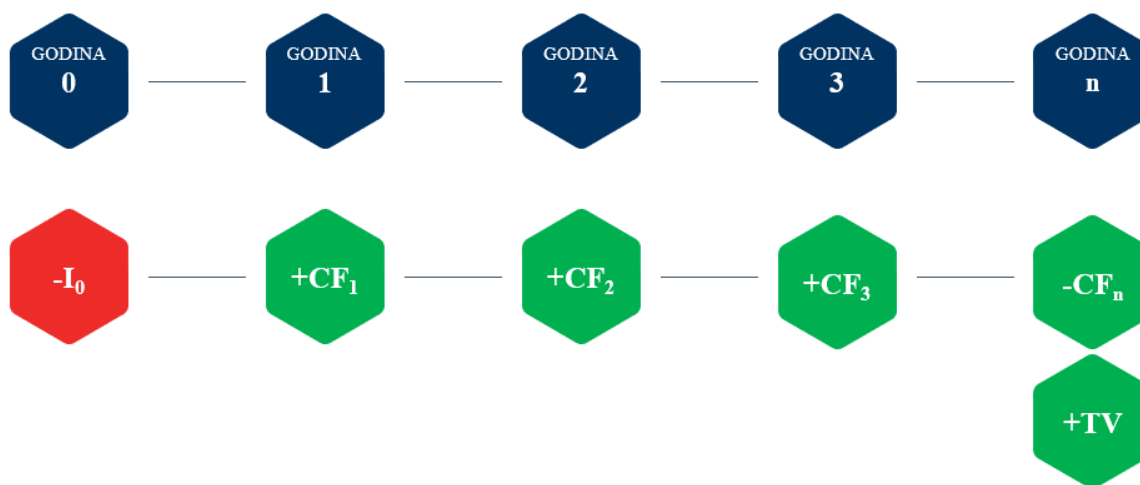
⁵ Stowe, J.D., Gagne, J.R., Capital Budgeting: Level 1, op. cit., str. 4

ne utječu na novčane tokove. Pri izradi investicijskog projekta potrebno je identificirati i procijeniti relevantne novčane tokove u projektu.

2. Vrijeme pojave novčanih tokova je ključan

Vrijeme novčanih tokova pažljivo se analizira kako bi se točno odredilo kad se pojavljuju. Prema dinamici pojavljivanja novčanih tokova u projektu razlikujemo inicijalni novčani tok ili ulog (I_0), novčane tokove tijekom projekta (CF_n) te terminalni novčani tok ili rezidualnu vrijednost projekta (TV). Na slici 3. prikazuje se primjer dinamike pojavljivanja novčanih tokova.

Slika 3. Primjer dinamike pojavljivanja novčanih tokova



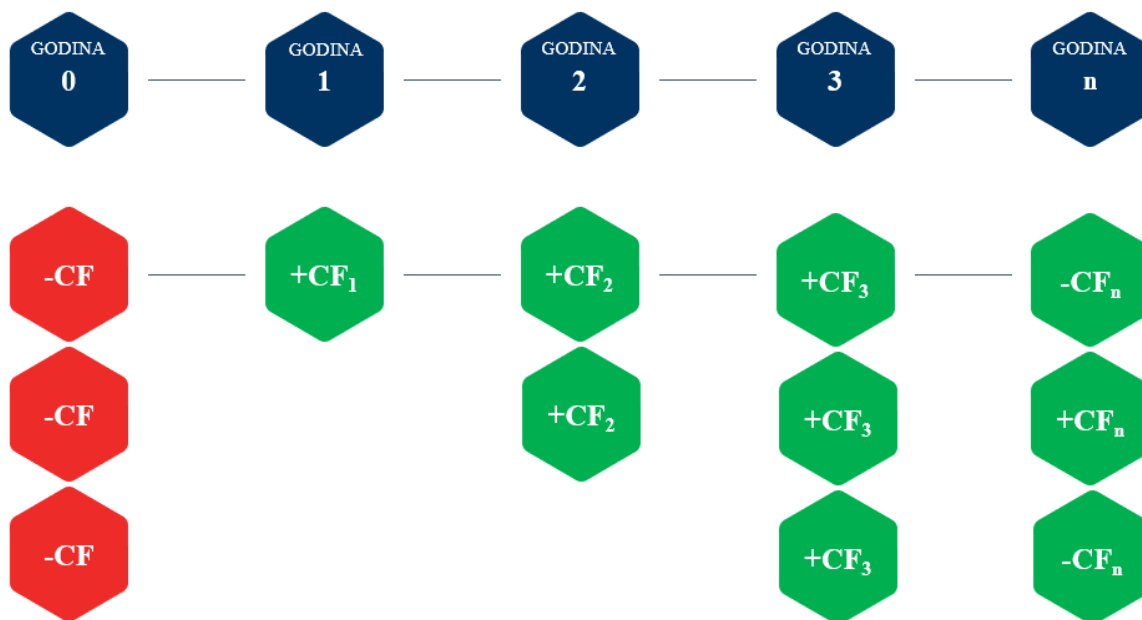
Izvor: Izrada autora

Osim po dinamici pojavljivanja, novčane tokove je moguće klasificirati prema uzorku ponašanja predznaka tijekom projekta, a po tom ih kriteriju dijelimo na konvencionalne i nekonvencionalne.⁶ Uzorak konvencionalnih novčanih tokova predstavlja inicijalne odljeve novca nakon kojih slijedi serija novčanih priljeva. Kad je riječ o ponašanju predznaka novčanih tokova, valja istaknuti da se događa jedna promjena predznaka – iz negativnog u pozitivni. S druge strane, uzorak nekonvencionalnih novčanih tokova uključuje inicijalne odljeve novca koji nisu strogo praćeni

⁶ Izvor: Šestanović, A., Interni materijali s predavanja „Izrada investicijskog projekta“, Effectus

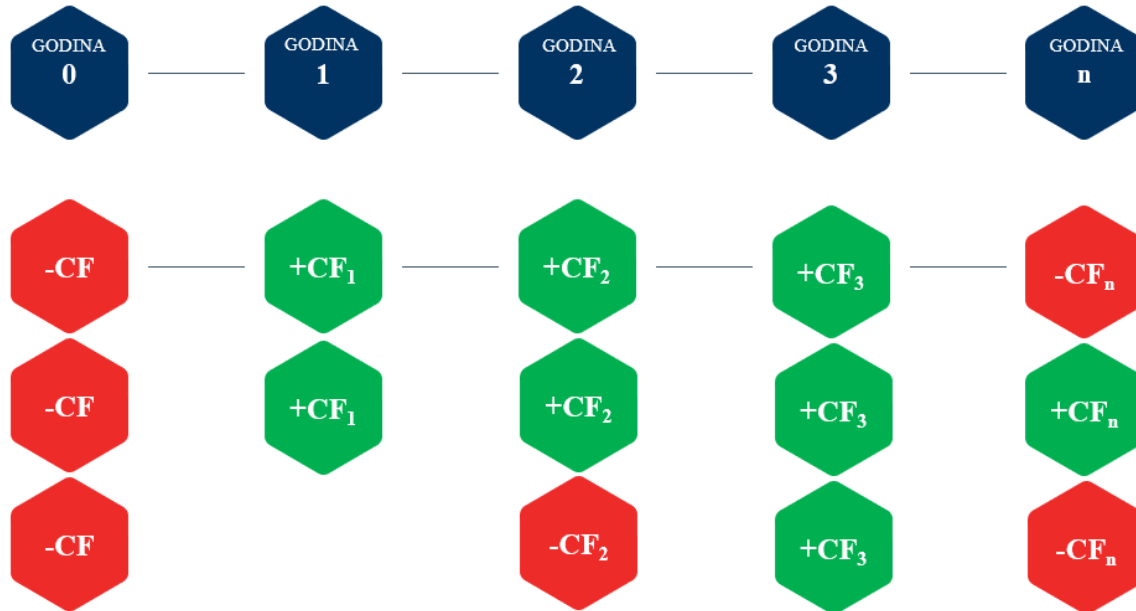
priljevima, s mogućnošću da se predznak novčanih tokova mijenja više puta. Slike 4. i 5. prikazuju uzorke konvencionalnih i nekonvencionalnih novčanih tokova.

Slika 4. Uzorak konvencionalnih novčanih tokova



Izvor: Izrada autora

Slika 5. Uzorak nekonvencionalnih novčanih tokova



Izvor: Izrada autora

3. Inkrementalni novčani tokovi i kategorije troškova

Inkrementalni novčani tokovi podrazumijevaju razlike u novčanim tokovima koji proizlaze iz odluke. Izračun se kreira tako što se od novčanih tokova s odlukom oduzimaju novčani tokovi bez te odluke. Investicijski projekti nisu izolirani od ostatka organizacije, nego postoje unutar portfelja projekata ili unutar funkcionalnih razina. Ovisno o interakciji između projekata moguće je aproksimirati moguće pozitivne ili negativne učinke koje promatrani projekt ima na tvrtku u cijelosti. Prema utjecaju na inkrementalne novčane tokove postoji nekoliko vrsta troškova:⁷

- potopljivi troškovi
- oportunitetni troškovi
- eksternalije.

Potopljivi su troškovi izdaci koji su povezani s projektom, ali su nastali prije prihvaćanja projekta. Ova vrsta troškova ne ubraja se u novčane tokove projekta jer se odluka za prihvaćanje projekta temelji na trenutnim i budućim novčanim tokovima. Oportunitetni troškovi i eksternalije itekako

⁷ Izvor: Šestanović, A., Interni materijali s predavanja „Izrada investicijskog projekta“, Effectus

su relevantni novčani tokovi pri izradi i analizi investicijskih projekata. Oportunitetni troškovi novčani su tokovi koji se ne mogu realizirati kao posljedica prihvatanja projekta, dok su eksternalije učinci ulaganja na druge segmente poslovanja pored same investicije.⁸ Ulaganje nerijetko utječe na novčane tokove drugih dijelova tvrtke, a te eksternalije mogu biti pozitivne ili negativne. Ako je moguće, one bi trebale biti dio odluke o investiciji. Ulaganje može koristiti ili štetiti drugim tvrtkama ili društvu u cjelini, a da pritom tvrtki ipak nisu nadoknađene te koristi ili ona nije opterećena troškovima. Kanibalizacija je jedna od eksternalija koja se događa kad investicija preuzme kupce i prodaju od drugog dijela tvrtke.

4. Novčani tokovi nakon oporezivanja

Novčani se tokovi procjenjuju nakon poreza na dobit kako bi se osiguralo da su porezi u potpunosti uzeti u obzir pri donošenju odluka. Što se tiče poreza na dodanu vrijednost (PDV) i pretporeza, za tvrtke u sustavu PDV-a, radi jednostavnosti, oni se ne uključuju u izračune isplativosti projekta. Tretman PDV-a na likvidnost projekta također je u praksi zanemaren jer se pretpostavlja da će PDV koji će investitor platiti tijekom trajanja projekta biti kompenziran pretporezom na ulazne troškove u istome razdoblju.⁹ U slučaju da su novčani tokovi PDV-a značajni oni mogu imati negativan utjecaj na financijsku stabilnost projekta te je onda potrebno izvršiti odvojenu ocjenu likvidnosti projekta.

5. Troškovi se financiranja zanemaruju

Troškovi financiranja isključuju se iz analize jer su obuhvaćeni zahtijevanom stopom povrata koja se koristi za diskontiranje budućih novčanih tokova. Ta stopa odgovara postotku povrata koji investitori u projekt trebaju tražiti s obzirom na rizičnost projekta. Uključivanje troškova financiranja dovelo bi do dvostrukog brojanja financijskih troškova.

2.3. Metode ocjene investicijskih projekata

Nakon generiranja ideja investicijskih projekata te procjene sadašnjih i budućih novčanih tokova prema navedenim principima kapitalnog budžetiranja slijedi analiza pojedinačnih prijedloga. Za

⁸ Stowe, J.D., Gagne, J.R., *Capital Budgeting: Level 1*, op. cit., str. 4

⁹ Izvor: Šestanović, A., Interni materijala s predavanja „Izrada investicijskog projekta“, Effectus

sveobuhvatnu ocjenu profitabilnosti investicijskih projekata primjenjuju se razne metode koje imaju svoje prednosti i nedostatke. Dvije su najopsežnije mjere financijske ocjene investicijskih projekata metoda neto sadašnje vrijednosti (engl. *NPV - Net Present Value*) i interna stopa rentabilnosti (engl. *IRR - Internal Rate of Return*). Osim navedenih, važne metode predstavljaju i povrat investicije (engl. *ROI - Return on Investment*), metoda razdoblja povrata i diskontirano razdoblje povrata (engl. *PP - Payback Period, DPP - Discounted Payback Period*) te indeks profitabilnosti (engl. *PI - Profitability Index*). Prije opisa samih metoda potrebno je naglasiti da pojedine metode ocjene profitabilnosti investicijskih projekata zahtijevaju analizu diskontiranih novčanih tokova na sadašnju vrijednost (engl. *PV - present value*). Diskontirani novčani tok u obzir uzima trošak angažiranog novca i vrijeme tijekom kojega je on angažiran, kao i vrijeme ostvarenja prihoda od toga ulaganja, a sve po pretpostavljenoj stopi povrata (engl. *r - Required Rate of Return*). Formula (1) prikazuje općenitu jednadžbu za računanje sadašnje vrijednosti budućih novčanih tokova

$$(1) PV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} = \frac{CF_1}{(1+r)^1} + \frac{CF_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{CF_n}{(1+r)^n}$$

Gdje je:

PV – sadašnja vrijednost

CF_t – novčani tok u godini nastanka

r – diskontna stopa

n – razdoblje trajanja projekta

t – godina nastanka novčanog toka

Za diskontiranje novčanih tokova u praksi se, kao diskontna stopa, nerijetko primjenjuje prosječni ponderirani trošak kapitala (engl. *WACC - Weighted Average Cost of Capital*) ili, jednostavnije, trošak kapitala.¹⁰ Riječ je o financijskoj mjeri koja se koristi za izračun prosječnog troška koji tvrtka plaća za financiranje svojih sredstava, ovisno o tome proizlazi li financiranje iz duga ili iz vlastitoga kapitala. Formula (2) prikazuje pojednostavljeni izračun prosječnog ponderiranog troška kapitala:

¹⁰ Siciliano, G., *Finance for Nonfinancial Managers*, 2nd edition, Briefcase Books, New York, 2015, str. 143.

$$(2) WACC = \%d \times Td + \%vi \times Tvi$$

Gdje je:

%d – udio duga

Td – trošak duga

%vi – udio vlastitih izvora

Tvi – trošak vlastitih izvora

2.3.1. Neto sadašnja vrijednost

Neto sadašnja vrijednost metoda je ocjene investicijskih projekata koja se koristi za procjenu profitabilnosti investicije uspoređujući sadašnju vrijednost očekivanih novčanih priljeva sa sadašnjom vrijednošću očekivanih novčanih izdataka. Neto sadašnja vrijednost u obzir uzima vrijednost novca kroz vrijeme diskontirajući buduće novčane tokove natrag na njihovu sadašnju vrijednost koristeći diskontnu stopu, obično trošak kapitala ili zahtijevanu stopu povrata.¹¹ Formula (3) prikazuje općenitu jednadžbu za izračun neto sadašnje vrijednosti:

$$(3) NPV = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t}$$

Gdje je:

NPV – neto sadašnja vrijednost

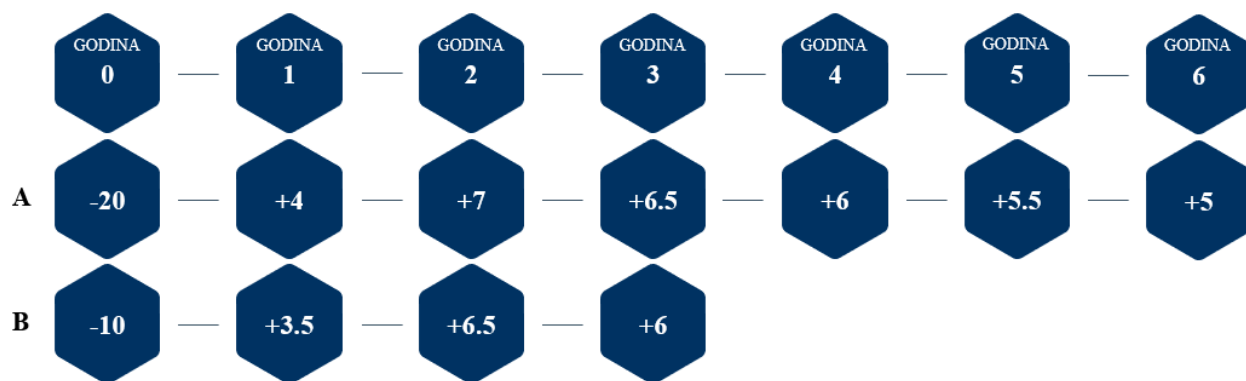
Neto sadašnja vrijednost izravni je pokazatelj točne vrijednosti koju investicijski projekt donosi pojedincu ili organizaciji. Pozitivna neto sadašnja vrijednost ($NPV > 0$) pokazuje da je nezavisni investicijski projekt financijski opravdan, odnosno da analizirani projekt pruža povrat ulaganja veći od investicije pojedinca ili organizacije. Negativna neto sadašnja vrijednost ($NPV < 0$) pokazuje upravo suprotno – da analizirani projekt ne pruža povrat ulaganja veći od investicije pojedinca ili organizacije te da nije financijski isplativ. U slučajevima međusobno isključivih projekata, ako je

¹¹ Heerkens, G., Project Management, 2nd edition, Briefcase Books, New York, 2014, str. 61.

metoda neto sadašnje vrijednosti primarna mjera ocjene isplativosti projekata, uzima se investicijski projekt s najvećom apsolutnom vrijednošću.

U praksi je česta pojava međusobno isključivih projekata s nejednakim trajanjem. Investicijski projekti s dužim trajanjem mogu, u pojedinim slučajevima, izgledati kao povoljnija opcija zbog više neto sadašnje vrijednosti. Kako bi se omogućila pravedna usporedba dvaju međusobno isključivih projekata na temelju neto sadašnje vrijednosti, primjenjuju se metode lanca zamjene ili metoda ekvivalentnog anuiteta (engl. *EEA – Equivalent annual annuity*). Ove dvije metode određenim postupcima izjednačuju vremenski horizont projekata i dozvoljavaju pravednu usporednu međusobno isključivih projekata. Na slici 6. prikazani su novčani tokovi dvaju međusobno isključivih projekata s nejednakim trajanjem i jednakom diskontnom stopom.¹² Tablica 1. pokazuje ulazne podatke i determiniranu neto sadašnju vrijednost obaju investicijskih projekata. Na prvi je pogled Projekt „A“ prihvatljiviji jer ima veću neto sadašnju vrijednost u odnosu na Projekt „B“.

Slika 6. Novčani tokovi dva međusobno isključivih projekata s nejednakim trajanjem



Izvor: Izrada autora

¹² Izvor: Šestanović, A., Interni materijala s predavanja „Izrada investicijskog projekta“, Effectus

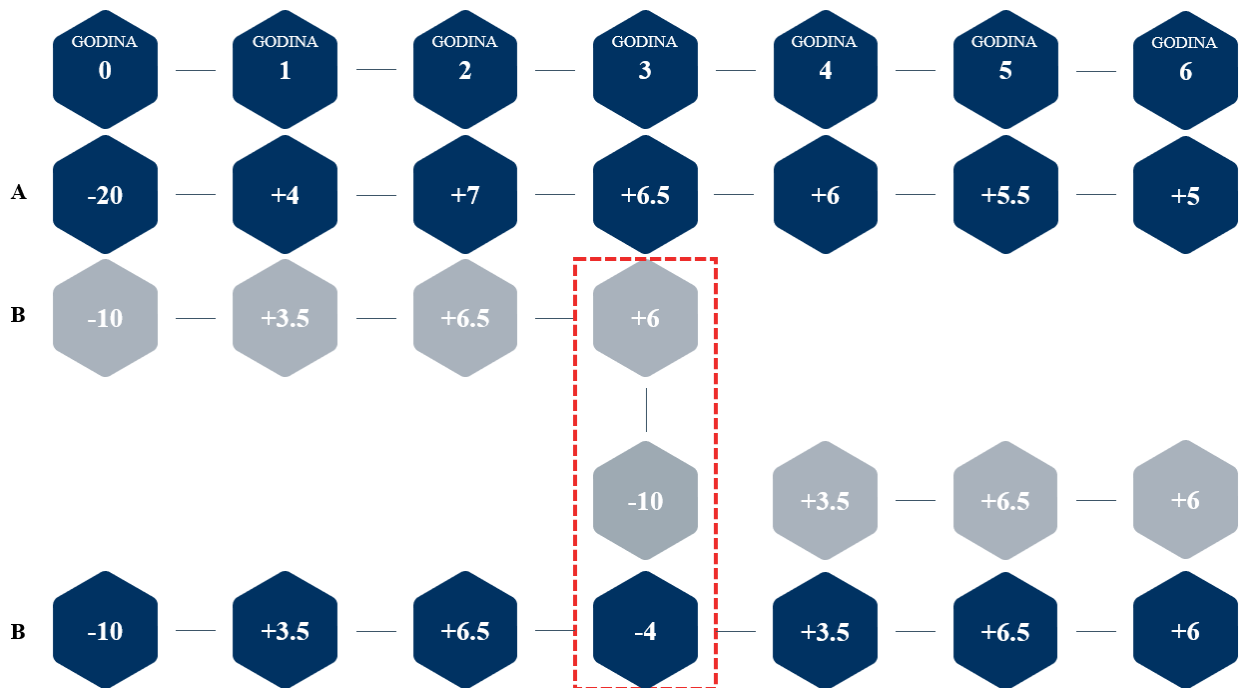
Tablica 1. Ulazni podaci (1. dio)

	PROJEKT "A"	PROJEKT "B"
Diskontna stopa (r)	10%	10%
Vrijeme trajanja projekta (t)	6	3
Neto sadašnja vrijednost (NPV)	4.64	3.06

Izvor: Izrada autora

Međutim, ako se vremenski horizonti investicijskih projekata izjednače metodom lanca zamjene, kako je prikazano na slici 7., Projekt „B“ pokazuje veću determiniranu neto sadašnju vrijednost u odnosu na Projekt „A“. U tablici 2. nalaze se ulazni podaci i izračunate neto sadašnje vrijednosti za oba međusobno isključiva projekta.

Slika 7. Novčani tokovi dva međusobno isključivih projekata s izjednačenim vremenskim horizontom metodom lanca zamjene



Izvor: Izrada autora

Tablica 2. Ulazni podaci (2. dio)

	PROJEKT A	PROJEKT B
Diskontna stopa (r)	10%	10%
Vrijeme trajanja projekta (t)	6	6
Neto sadašnja vrijednost (NPV)	4.64	5.36

Izvor: Izrada autora

Nadalje, osim metode lanca zamjene, za usporedbu dvaju međusobno isključivih projekata s nejednakim vremenom trajanja primjenjuje se i metoda ekvivalentnog anuiteta. Navedenom se metodom formulom (4) računa konstantni godišnji novčani tok generiran od investicijskog projekta tijekom životnog vijeka. Pri usporedbi međusobno isključivih projekata prihvatljiviji je projekt s većim ekvivalentnim anuitetom.¹³ Na prethodno navedenom primjeru ekvivalentni anuitet za Projekt „A“ iznosi 1.07, a za Projekt „B“ iznosi 1.23. S obzirom na veći anuitet prihvatljiviji je Projekt „B“.

$$(4) EEA = \frac{(r \times NPV)}{(1 - (1+r)^{-n})}$$

Gdje je:

EEA – Ekvivalentni anuitet

2.3.2. Interna stopa rentabilnosti

Interna je stopa rentabilnosti stopa diskontiranja koja čini sadašnju vrijednost budućih neto novčanih tokova nakon oporezivanja jednakom ulaganju. Ako postoji samo jedan inicijalni ulog, onaj na početku projekta, formula (5) prikazuje jednadžbu za računanje interne stope rentabilnosti:

$$(5) I_0 = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+IRR)^t}$$

¹³ <https://www.investopedia.com/terms/e/equivalent-annual-annuity-approach.asp>, pristup: 30. 8. 2024.

Gdje je:

IRR – interna stopa rentabilnosti

I_0 – izdatak za investiciju

Nije strano da investicijski projekti imaju više novčanih izdataka za investiciju u sadašnjosti i u budućnosti. Stoga je moguće internu stopu rentabilnosti definirati kao vrijednost diskontne stope pri kojoj je sadašnja vrijednost svih diskontiranih novčanih tokova tijekom životnog vijeka projekta jednaka nuli ($NPV = 0$). Formula (6) prikazuje jednadžbu za taj slučaj:¹⁴

$$(6) NPV = 0 = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+IRR)^t}$$

Matematički gledano ova je jednadžba vrlo zahtjevna za rješavanje. Obično se koristi iterativna metoda pokušaja i pogreške pri kojoj se sustavno biraju različite stope diskontiranja dok se ne pronađe interna stopa koja zadovoljava jednadžbu. Financijski kalkulatori i softveri imaju ugrađene određene procese zahvaljujući kojima se iterativni postupak može izbjeći. Kriterij na temelju kojega se prihvaća ili odbacuje investicijski projekt usporedba je interne stope rentabilnosti (IRR) s traženom stopom povrata (r).¹⁵ Ako je za međusobno nezavisne projekte interna stopa rentabilnosti veća od tražene stope, projekt se prihvaća, a u suprotnom, ako je manja od tražene stope, projekt se odbacuje. Za međusobno isključive projekte uzima se projekt koja ima najveću internu stopu rentabilnosti.

Metodu interne stope rentabilnosti karakteriziraju važne specifičnosti koje predstavljaju nedostatke i potrebno ih je naglasiti. Jedna je od specifičnosti pojava više od jedne interne stope rentabilnosti. Problem višestruke interne stope rentabilnosti pojavljuje se u izračunima prvenstveno zbog prirode obrazaca novčanih tokova investicije. Konkretno, to se događa kad investicija ima nekonvencionalne novčane tokove, što znači da postoji više promjena u znaku novčanih tokova, tj. novčani tokovi prelaze iz pozitivnih u negativne više od jednom.¹⁶ Višestruka pojava interne stope

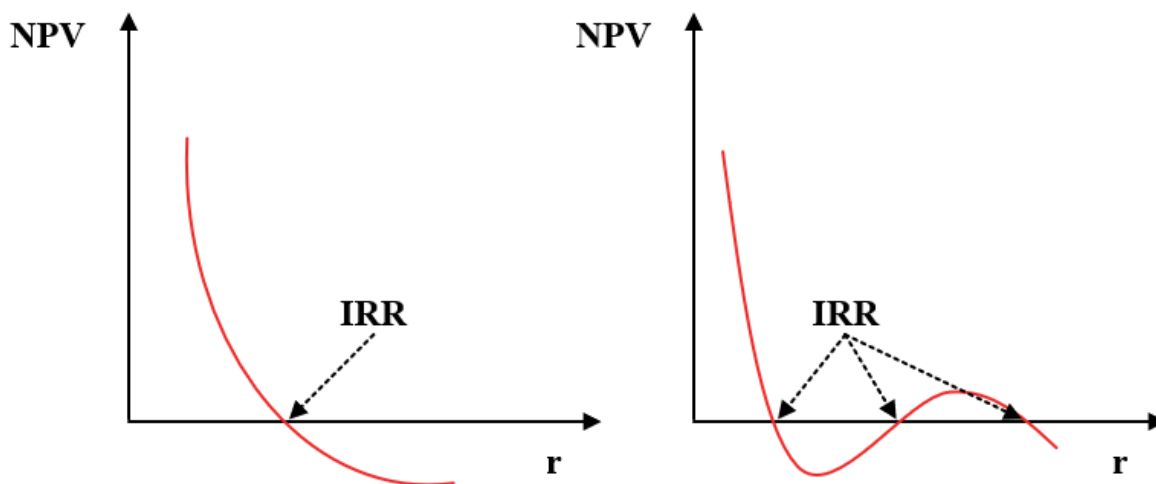
¹⁴ Stowe, J.D., Gagne, J.R., Capital Budgeting: Level 1, op. cit., str. 8.

¹⁵ Siciliano, G., Finance for Nonfinancial Managers, 2nd edition, op.cit., str. 145-146.

¹⁶ Izvor: Šestanović, A., Interni materijala s predavanja „Izrada investicijskog projekta“, Effectus

rentabilnosti prikazana je na slici 8. Nadalje, osim višestruke pojave interne stope rentabilnosti, veliki je nedostatak metode pretpostavka reinvestiranja pozitivnih novčanih tokova upravo po dobivenoj stopi, koja je ekonomski nerealna. Za ublažavanje navedenih nedostataka primjenjuje se još i modificirana interna stopa rentabilnosti (engl. *MIRR – Modified Internal Rate of Return*) koja pretpostavlja reinvestiranje pozitivnih novčanih tokova po diskontnoj stopi određenoj od strane pojedinca ili organizacije, a konstruirana je tako da generira samo jedno rješenje. Formula (7) prikazuje način determiniranja modificirane interne stope rentabilnosti.¹⁷

Slika 8. Višestruka pojava interne stope rentabilnosti



Izvor: Izrada autora

$$(7) \text{MIRR} = \sqrt[n]{\frac{\text{FVCF}}{\text{PVCF}}} - 1$$

Gdje je:

MIRR – Modificirana interna stopa rentabilnosti

FVCF – Buduća vrijednost pozitivnih novčanih tokova, diskontirani stopom reinvestiranja

PVCF – Sadašnja vrijednost negativnih novčanih tokova, diskontirani stopom financiranja

¹⁷ <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/valuation/modified-internal-rate-of-return-mirr/>, pristup: 30. 8. 2024

2.3.3. Povrat investicije

U svom najjednostavnijem obliku povrat investicije prikazuje omjer zbroja svih novčanih tokova tijekom životnog vijeka projekta i novčanog izdatka u investicijski projekt, što je izraženo u postotku. Formula (8) prikazuje izračun povrata investicije:

$$(8) ROI = \frac{(\sum_{t=0}^n CF_t)}{I_0} \times 100\%$$

Gdje je:

ROI – povrat investicije

Ako je stopa povrata zadana i moguće je izračunati neto sadašnju vrijednost investicijskog projekta, formula (9) prikazuje jednadžbu za računanje povrata investicije na bazi diskontiranih novčanih tokova:

$$(9) ROI = \frac{NPV}{I_0} \times 100\%$$

2.3.4. Metoda razdoblja povrata i diskontirano razdoblje povrata

Metoda razdoblja povrata uključuje razdoblje, uglavnom godine, u kojemu će se vratiti prvotna investicija projekta. Drugim riječima, metoda razdoblja povrata pokazuje za koliko će godina kumulirani novčani tokovi investicijskog projekta biti jednaki početnom investicijskom ulaganju. Kako metoda razdoblja povrata nije mjera profitabilnosti projekta, nego povrata, opasno bi bilo primijeniti ovu metodu kao primarnu i jedinu metodu ocjene investicijskih projekata. U praksi se navedena metoda koristi u kombinaciji s metodom neto sadašnje vrijednosti i interne stope rentabilnosti, kao mogući indikator projektne likvidnosti. Kriterij za prihvaćanje nezavisnih investicijskih projekata metodom razdoblja povrata odgovor je na pitanje je li vrijeme povrata ulaganja manje od maksimalno prihvatljivog razdoblja koje zadaje pojedinac ili organizacija. Pri rangiranju projekata prioriteta su investicijski projekti s kraćim razdobljem povrata. Ipak, postoje dva važna nedostataka metode. Jedan je od njih neuzimanje novčanih tokova nakon razdoblja

povrata u obzir, a upravo je zbog njega ova metoda nedostojna za mjeru profitabilnosti projekta. Drugi je nedostatak neuzimanje diskontiranih novčanih tokova za dobivanje razdoblja povrata, što može dati nerealni rezultat razdoblja povrata investicije. Navedeni se nedostatak u nekoj mjeri uklanja primjenom diskontiranog razdoblja povrata koji ima isti računski princip kao i standardni, samo što vodi računa o vremenskoj vrijednosti novca.

2.3.5. Indeks profitabilnosti

Kad pojedinac ili organizacija želi znati koliku vrijednost generira za jednu novčanu jedinicu koju investira ili kad je potreban vodič za racioniranje kapitala, primjenjuje se indeks koristi i troškova ili indeks profitabilnosti. Indeks profitabilnosti omjer je sadašnje vrijednosti svih novčanih tokova projekta i sadašnje vrijednosti ulaganja. Formula (10) prikazuje jednadžbu za dobivanje indeksa profitabilnosti:

$$(10) \quad PI = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t}}{I_0}$$

Gdje je:

PI – indeks profitabilnosti

Iz navedene se formule vidi sličnost indeksa profitabilnosti s metodom neto sadašnje vrijednosti. Razlika je da neto sadašnja vrijednost predstavlja razliku između sadašnjih vrijednosti budućih novčanih tokova i inicijalnog izdatka za investiciju, a indeks profitabilnosti predstavlja omjer sadašnjih vrijednosti budućih novčanih tokova i inicijalnog izdatka za investiciju. Kada je neto sadašnja vrijednost pozitivna, indeks profitabilnosti bit će veći od jedan ($PI > 1$), dok će, suprotno tome, ako je neto sadašnja vrijednost negativna, indeks profitabilnosti biti manji od jedan ($PI < 1$).¹⁸ Upravo navedeni spektar predstavlja kriterij za prihvaćanje odnosno odbijanje projekta ako se primjenjuje navedena metoda ocjene investicijskog projekta.

¹⁸ Stowe, J.D., Gagne, J.R., Capital Budgeting: Level 1, op. cit., str. 12.

2.3.6. Prednosti i nedostaci metoda ocjene investicijskih projekata

Tablica 3. prikazuje sve navedene metode ocjene investicijskih projekata s određenim prednostima i nedostacima.

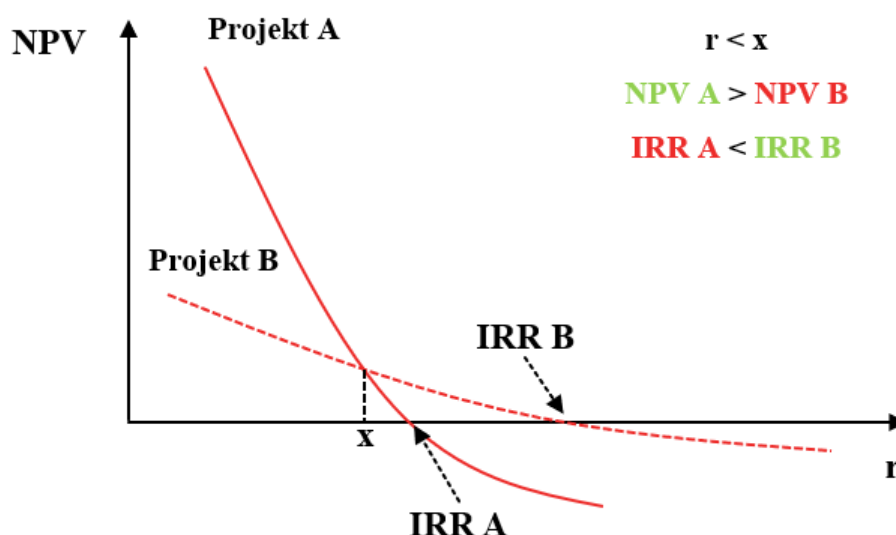
Tablica 3. Prednosti i nedostaci metoda ocjene investicijskih projekata

	PREDNOSTI	NEDOSTACI
Neto sadašnja vrijednost (NPV)	Najrelevantnija metoda jer pokazuje dodanu vrijednost u apsolutnom iznosu	Problem izbora adekvatne diskontne stope
	Vremenska vrijednost novca	Nedostatak relativne mjere
Povrat investicije (ROI)	Relativno jednostavna za korištenje	Ako nije izračunan NPV, ne može se dobiti ROI za diskontirane novčane tokove
	Iskazuje rezultat u postocima	
Interna stopa rentabilnosti (IRR)	Vremenska vrijednost novca	Moguće višestruko rješenje
	Iskazuje rezultat u postocima	Mogući konflikt s NPV-om
	Bez prethodne aproksimacije diskontne stope	Pretpostavlja reinvestiranje novčanih tokova po istoj stopi
Razdoblje povrata (PP)	Jednostavna za korištenje	Ne uzima u obzir novčane tokove nakon razdoblja povrata
	Intuitivna metoda	
	Rizik i likvidnost projekta implicitno uključeni	Vremenska vrijednost novca
Diskontirano razdoblje povrata (DPP)	Jednostavna za korištenje	Ne uzima u obzir novčane tokove nakon razdoblja povrata
	Rizik i likvidnost projekta implicitno uključeni	
Indeks profitabilnosti (PI)	Vremenska vrijednost novca	Obilna količina ulaznih podataka
	Rezultat u jediničnom obliku	

Izvor: Izrada autora

Zbog značajnih nedostataka određenih tehnika u praksi se najčešće primjenjuju metode neto sadašnje vrijednosti i interne stope rentabilnosti. Kriteriji neto sadašnje vrijednosti i interne stope rentabilnosti obično rezultiraju istom investicijskom odlukom za određeni projekt. Obje metode preporučuju prihvatanje ili odbijanje projekta. Ako se radi o izboru između dvaju međusobno isključivih projekata, i metoda neto sadašnje vrijednosti i metoda interne stope rentabilnosti rangiraju dva projekta na različite načine, kako je prikazano na slici 9, pri čemu se kriterij neto sadašnje vrijednosti uvelike preferira. Postoji nekoliko razloga za tu preferenciju. Neto sadašnja vrijednost pokazuje iznos dobiti ili generiranje dodane vrijednosti u apsolutnome iznosu. Također, ova metoda pretpostavlja reinvestiranje novčanih tokova po zahtijevanoj stopi povrata, dok metoda interne stope rentabilnosti pretpostavlja reinvestiranje upravo po dobivenoj stopi, koja je ekonomski nerealna.¹⁹ Iz praktičnih razloga, kad pojedinac ili organizacija posjeduje ulazne podatke za izračun neto sadašnje vrijednosti, prilično je uobičajeno i izračunati internu stopu rentabilnosti i voditi računa o drugim kriterijima ocjene investicijskih projekata.

Slika 9. Kolizija neto sadašnje vrijednosti i interne stope rentabilnosti



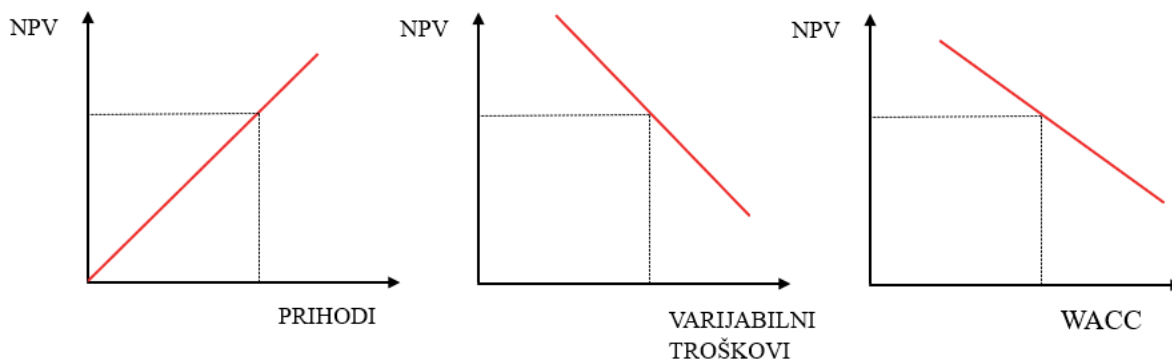
Izvor: Izrada autora

¹⁹ Stowe, J.D., Gagne, J.R., op. cit., str. 17.

2.4. Analiza osjetljivosti i kvalitativna analiza rizika

Općenito, analiza osjetljivosti tehnika je koja se koristi u različitim područjima – uključujući financije, inženjerstvo i statistiku – kako bi se razumjelo kako promjene ulaznih podataka modela utječu na izlazne podatke. Kad je riječ o investicijskim projektima, analiza osjetljivosti primarno služi za identifikaciju kritičnih varijabli, odnosno promjenjivih ulaznih podataka koji imaju najveći utjecaj na pokazatelje isplativosti projekata.²⁰ Slika 10. prikazuje kako mala promjena prihoda, varijabilnih troškova ili troška kapitala (kao primjer kritičnih varijabli u investicijskim projektima) uzrokuje značajnu promjenu neto sadašnje vrijednosti. Sustavno varirajući ulazne podatke unutar vjerojatnih raspona, analiza osjetljivosti pruža uvide u potencijalni utjecaj neizvjesnosti, čime pomaže donositeljima odluka da donose informiranije izbore. Konačno, ova tehnika nudi način kvantificiranja stupnja ovisnosti između ulaznih varijabli i izlaznih rezultata projekata nudeći vrijedne uvide za upravljanje rizicima te za procese donošenja odluka.

Slika 10. Utjecaj kritičnih varijabli na neto sadašnju vrijednost



Izvor: Izrada autora

U svakome investicijskom projektu koji se bavi procjenom budućeg poslovanja nakon provedbe svih aproksimacija i ocjene isplativosti postoji jedan kvalitativni element koji se ne može točno predvidjeti: rizik da pretpostavke pojedinca ili organizacije mogu biti pogrešne. Uvijek postoji mogućnost da se u budućnosti dogodi nešto što se moglo ili nije moglo predvidjeti, ali je bilo

²⁰ Izvor: Šestanović, A., Interni materijali s predavanja „Izrada investicijskog projekta“, Effectus

nemoguće zaštititi se od negativnih utjecaja. Proces analize rizika započinje stvaranjem popisa mogućih negativnih događaja.²¹ Nakon što se ustanove potencijalni događaji, potrebno je definirati kriterije matrice rizika koji su prikazani u tablici 4..

Tablica 4. Definiranje kriterija matrice rizika

		OZBILJNOST		
		1	2	3
VJEROJATNOST	A	Nizak	Nizak	Umjeren
	B	Nizak	Umjeren	Visok
	C	Umjeren	Visok	Visok

Izvor: Izrada autora

Kriteriji matrice rizika pokazuju kolika je vjerojatnost nastanka (A – mala vjerojatnost, B – srednja vjerojatnost, C – velika vjerojatnost) i ozbiljnost posljedica (1 – najmanje posljedice, 2 – umjerene posljedice, 3 – ozbiljne posljedice) potencijalnog negativnog događaja na investicijski projekt. Nakon ustanovljenih kriterija matrice potrebno je rangirati sve negativne događaje prema razini rizika (Nizak, Umjeren, Visok) i opisati mjere izbjegavanja ili umanjena rizika koje mogu biti:

- uklanjanje rizika u potpunosti, izbjegavajući posljedice
- ublaženje pojedinih rizika i prihvatiti one koje se ne mogu ukloniti
- prenošenje rizika na druge i time ga u potpunosti izbjeći
- svjesno prihvaćanje rizika događaja i snositi posljedice.

²¹ Siciliano, G., Finance for Nonfinancial Managers, 2nd edition, op.cit., str. 147.

3. ZNAČAJKE INVESTICIJSKIH PROJEKATA U RUDARSKOM SEKTORU

Rudarstvo kao primarna djelatnost duboko ukorijenjena u ljudsku povijest uključuje eksploataciju vrijednih minerala, metala i drugih geoloških resursa iz Zemljine kore na ekonomski isplativ i društveno održiv način. Proces je ključan za zadovoljavanje zahtjeva suvremenoga društva jer pruža sirovine potrebne za razvoj infrastrukture, proizvodnju energije, tehnološke napretke i druge krucijalne aspekte naše svakodnevice. Prednosti su rudarstva mnogobrojne. S ekonomske strane možemo reći da nedvojbeno potiče rast generiranjem prihoda, privlačenjem investicija i stvaranjem mogućnosti za zapošljavanje u regijama u kojima se rudarske operacije provode. Nadalje, rudarstvo pridonosi razvoju lokalnih zajednica poboljšavanjem infrastrukture te uz pomoć obrazovnih i zdravstvenih inicijativa koje financiraju rudarske tvrtke. Pored ekonomske važnosti rudarstvo ima ključnu ulogu u opskrbi osnovnim materijalima za različite industrije. Od bakra i željeza, koji se koriste u građevinskoj industriji, do rijetkih ruda, važnih za proizvodnju elektronike, rudarstvo osigurava temelj za brojne proizvode i tehnologije koji poboljšavaju svakodnevni život. Unatoč neospornim prednostima rudarstvo podrazumijeva i ekološke i društvene izazove, koji se ipak uvelike ublažavaju kombinacijom regulatornih mjera državnih tijela, tehnološkim inovacijama, angažmanom lokalne zajednice i općenito održivom praksom rudarskih operacija.

Kad govorimo o investicijskim projektima, rudarski projekti u većem dijelu pripadaju kapitalnim projektima i kategorizirani su, sukladno prethodnom poglavlju, na projekte zamjene postojećih resursa, projekte proširenja, projekte uvođenja novih proizvoda i usluga te projekte uvjetovane regulatornim, sigurnosnim, ekološkim i drugim zahtjevima. Primjer je projekta zamjene postojećih resursa u rudarskom sektoru zamjena flote rudarskih strojeva istim modelima novije godine proizvodnje radi održavanje razine produktivnosti u površinskom kopu ili podzemnom rudniku. Kao primjer projekta proširenja postojećeg poslovanja u rudarskom sektoru možemo navesti evaluaciju mineralnih ležišta i investiciju u novi površinski kop ili podzemni rudnik iste rude standardne proizvodnje radi povećanja ukupnoga volumena izlaznoga materijala. Primjer projekta uvođenja novih proizvoda i usluga u rudarskom sektoru može biti situacija u kojoj tvrtka koja se bavi eksploatacijom mineralnih sirovina želi nuditi konzultantske usluge. Projekti uvjetovani

regulatornim, sigurnosnim, ekološkim i drugim zahtjevima vrlo su rasprostranjeni u rudarskome sektoru zbog povećanog nadzora rudarskih vlasti i inspektorata pri ocjenjivanju površinskih kopova ili podzemnih rudnika na temelju ekoloških, društvenih i sigurnosnih utjecaja na okolinu i sudionike.

U ovome se poglavlju pozornost usmjerava na projekte evaluacije mineralnih ležišta i mogućnosti otvaranje novoga rudarskog pothvata (u nastavku „rudarski projekt“) zbog svoje izrazite specifičnosti u izradi, ocjeni i provedbi investicijskog projekta.

Životni ciklus rudarskog projekta uključuje:²²

- istraživanje
- otkriće
- procjenu
- razvoj
- proizvodnju
- zatvaranje.

Istraživanje i eksploatacija mineralnih sirovina nerijetko je dugoročni pothvat koji traje od nekoliko godina do nekoliko desetljeća. Upravo ta osobina doprinosi većoj neizvjesnosti projekta, a samim time otežava i pristup izrade i ocjene investicijskog projekta.

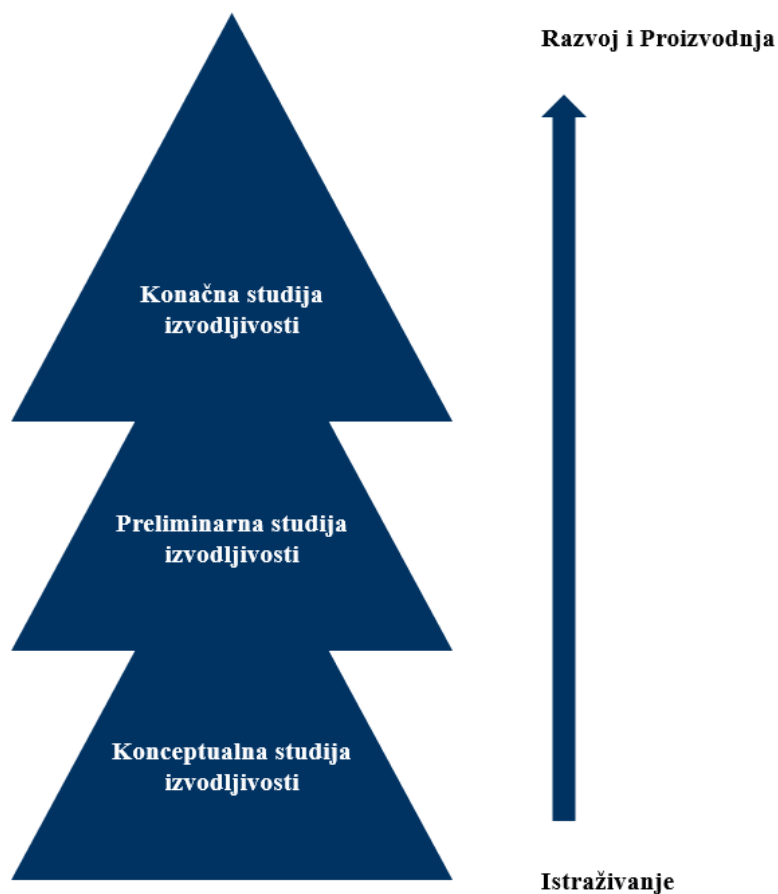
Za izradu i ocjenu rudarskih projekata nerijetko se izrađuju tzv. studije izvodljivosti koje pružaju definitivnu ekonomsku, tehničku, društvenu i ekološku bazu te su ključni element za donošenje odluke o ulaganju u promatrani projekt. Određivanje izvodljivosti promatranog rudarskog projekta može se činiti sofisticiranim, no, kao i kod kapitalnih projekata izvan rudarskoga sektora, primarni je cilj demonstrirati je li projekt ekonomski isplativ. Uz ekonomsku ocjenu isplativosti studija izvodljivosti mora sadržavati i sva tehnička rješenja uključujući rudarsku metodu, plan eksploatacije, rudarsku opremu, sustav oplemenjivanja mineralnih sirovina i dr. Studija izvodljivosti također mora uračunati sve društvene, ekološke i druge regulacije državnih tijela kako bi se izrađena dokumentacija mogla primijeniti za odobrenje buduće rudarske aktivnosti. Jedna od najvažnijih specifičnosti rudarskih projekata odnosi se na činjenicu da se, za razliku od

²² McCarthy, P.L., Objectives of Feasibility Studies, Internal paper for AMC, Australia, 1993, str. 1.

investicijskih projekata u drugim industrijama, kompletna studija izvodljivosti izrađuje simultano s napredovanjem životnog ciklusa, u više iteracija.

Kako bi se pojednostavio i strukturirao cjeloviti pristup izrade studije izvodljivosti, sami se proces dijeli na faze s obzirom na kvalitetu informacije s kojom se raspolaže ili s obzirom na razinu odluke koju je potrebno donijeti. Na temelju toga razlikujemo konceptualnu studiju izvodljivosti, preliminarnu studiju izvodljivosti i konačnu studiju izvodljivosti. Slika 11. prikazuje redoslijed izrade studija izvodljivosti s obzirom za životni ciklus rudarskoga projekta.

Slika 11. Redoslijed studija u odnosu na životni ciklus rudarskog projekta



Izvor: Izrada autora

Konceptualna studija izvodljivosti predstavlja prvu fazu izrade rudarskoga projekta te služi kao temelj za odluku nastavka izrade i ocjene rudarskog projekta. Jedna preliminarna studija izvodljivosti ili više njih slijede nakon konceptualne studije, što ukazuje na rastuće razumijevanje i povjerenje u ekonomske, tehničke i druge procjene stečene tijekom ranijih faza. To vodi do zaključne studije izvodljivosti koja potvrđuje ekonomsku održivost projekta s dovoljnom sigurnošću za razvoj, proizvodnju i zatvaranje površinskoga kopa ili podzemnoga rudnika. U praksi je proces izrade studija iterativan i može se provesti u nekoliko sve detaljnijih preliminarnih studija prije obvezne konačne studije izvedivosti. Bez obzira na razinu studije, područja koja se razmatraju uključuju:²³

- geologiju i mineralne resurse
- rudarstvo i rezerve rude
- oplemenjivanje mineralne sirovine i logistiku
- očekivanja tržišta i cijena
- infrastrukturu
- razne implikacije lokacije kao što su politički rizici, vještine radne snage, zapošljavanje, logistika i okoliš,
- ekonomsku procjenu koja uključuje razmatranje kapitalnih i operativnih troškova, prihoda, poreza i naknada te financijsku ocjenu samoga investicijskog projekta metodama navedenim u prethodnome poglavlju.

Troškovi izrade navedenih studija značajno variraju ovisno o veličini i prirodi projekta, vrsti studije koja se provodi, broju iteracija i brojnim drugim čimbenicima. Kako bi se dobila prva ideja troškova izrade studije, kao praktično se pravilo koristi postupak u kojemu se troškovi izražavaju kao postotak ukupnih kapitalnih troškova rudarskoga projekta:²⁴

- | | |
|--------------------------------------|-----------------|
| • konceptualna studija izvodljivosti | 0.1 - 0.3 posto |
| • preliminarna studija izvodljivosti | 0.2 - 0.8 posto |
| • konačna studija izvodljivosti | 0.5 - 1.5 posto |

²³ McCarthy, P.L., Objectives of Feasibility Studies, op.cit., str. 1.

²⁴ Rupprecht, S., Establishing the feasibility of your proposed mining venture, The South African Institute of Mining and Metallurgy, 2004, str. 2.

Iz navedenog je vidljivo da se sa svakom sljedećom fazom troškovi izrade povećavaju. Razlog je povećanja razina detalja područja koja se razmatraju, a koja sa svakom sljedećom fazom postaje sve značajnija. Također je važno naglasiti da se bilokakvi troškovi istraživanja mineralnog ležišta, metalurških testova, ekoloških studija i sl. ne uključuju u troškove studija i projekta jer se smatraju potopljenim troškovima i potrebno ih je uključiti u odvojeni projekt ili svakodnevno poslovanje pojedinca ili organizacije.

3.1. Konceptualna studija izvodljivosti

Konceptualna studija izvodljivosti početna je financijska procjena provedena prije samog početka životnog vijeka rudarskog projekta. Glavni je cilj studije donijeti odluku o tome hoće li pojedinac ili organizacija pokrenuti inicijalno geološko istraživanje na zainteresiranom području i nastaviti s rudarskim projektom. Kako bi se provela konceptualna studija, potrebno je prvo procijeniti mineralne resurse u zemlji, tj. kvalitetu i količinu rude koja je identificirana. Primjenom trenutnih cijena materijala omogućuje se određivanje grube vrijednosti samoga ležišta. Procjena se provodi empirijskim metodama aproksimiranja budućih kapaciteta te operativnih i kapitalnih troškova na temelju sličnih projekata u industriji. Devijacija preciznosti navedenih procjena u rasponu je od 30 do 50 posto. Prihvatljivo je da se konceptualne studije temelje na vrlo ograničenim informacijama ili spekulativnim pretpostavkama uslijed nedostatka tvrdih podataka.²⁵

3.2. Preliminarna studija izvodljivosti

Preliminarna studija izvodljivosti obično se provodi nakon što je identificiran mineralni resurs. U ovoj bi fazi trebalo osigurati da je projekt zaista izvediv ili identificirati područja koja zahtijevaju daljnje detaljne studije. Postoje četiri uobičajena razloga za provođenje preliminarne studije izvodljivosti:²⁶

- osnova za opravdanje glavnoga programa geološkog istraživanja
- dio tehničkog dubinskog snimanja od strane potencijalnog kupca

²⁵ McCarthy, P.L., Objectives of Feasibility Studies, op.cit., str. 2.

²⁶ Rupprecht, S., Establishing the feasibility of your proposed mining venture, op. cit., 2004, str. 3.

- utvrđivanje nastavka detaljnije studije izvedivosti
- otkrivanje područja koja zahtijevaju više pozornosti tijekom izrade projekta.

Preliminarnu studiju izvodljivosti obično provodi mali disciplinirani tim iskusnih tehničkih stručnjaka, a preciznost je u rasponu od 15 do 30 posto. Pri izradi preliminarne studije izvodljivosti aproksimacije koje su se procijenile u prethodnome koraku moraju se dokazati, a glavne značajke koje obuhvaća su:²⁷

- lokacija i opis rudarskog projekta
- regionalna i lokalna geologija
- procjena i model mineralnih resursa
- konverzija mineralnih resursa u rezerve rude
- završene preliminarne studije o geotehničkim, ekološkim i infrastrukturnim zahtjevima
- rudarski dizajn površinskog kopa ili podzemnog rudnika temeljen na modelu resursa
- rudarska metoda i slijed eksploatacije
- procesi rukovanjem rudom
- preliminarne metalurške ispitivanja i grubi nacrti postrojenja za preradu
- vremenski raspored građevinskih radova
- slijed cjelokupne proizvodnje
- procjena kapitalnih i operativnih troškova
- preliminarne financijske procjene i analiza rizika.

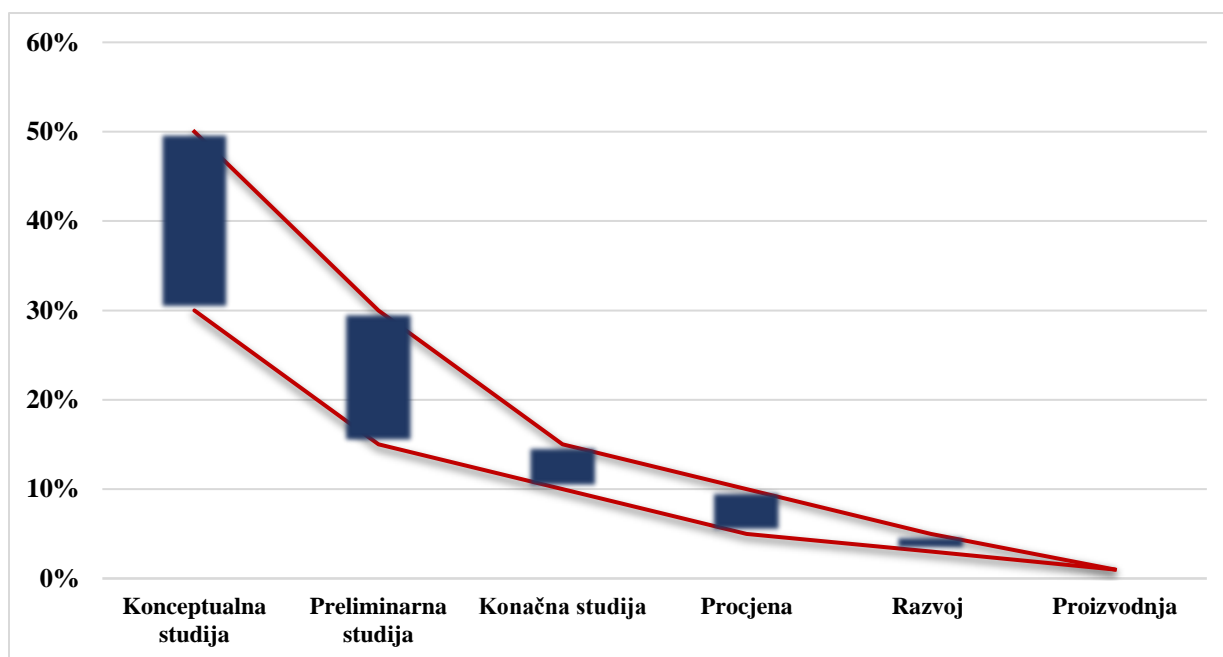
3.3. Konačna studija izvodljivosti

Ciljevi su konačne studije izvodljivosti uklanjanje svih značajnih sumnji te predstavljanje svih relevantnih informacija i rezultata istraživanja rudnoga tijela. Konačna studija izvodljivosti treba pokazati s razumnom sigurnošću da se projekt može izgraditi i upravljati na tehnički ispravan i ekonomski održiv način. Ona bi trebala postaviti temelj za prikupljanje financijskih sredstava od banaka ili drugih izvora te pružiti osnovu za detaljne inženjerske nacрте i razvoj površinskoga kopa

²⁷ Rupperecht, S., Establishing the feasibility of your proposed mining venture, op. cit., 2004, str. 4

ili podzemnoga rudnika. Potpuna je studija izvodljivosti obično osnova za znatno kapitalno ulaganje pojedinca ili organizacije te pruža proračunske brojke za rudarski projekt. Kapitalni i operativni troškovi procjenjuju se s devijacijom preciznosti u rasponu od 10 do 15 posto na temelju razine završenih inženjerskih nacrti. Kako se sa svakom sljedećom fazom rudarskoga projekta troškovi studija povećavaju, tako se i povjerenje u procijenjene brojke povećava. Slika 12. prikazuje postupno povećanje točnosti procijenjenih kapitalnih i operativnih troškova koje ovisi o fazi projekta.

Slika 12. Devijacija procijenjenih kapitalnih i operativnih troškova u ovisnosti o stupnju definiranja projekta



Izvor: Izrada autora

Konačnom studijom izvodljivosti potrebno je ustanoviti:²⁸

- rezerve rude prema određenom standardu izvještavanja, npr. JORC (engl. *Joint Ore Reserves Committee*)
- veličinu i razmjer projekta

²⁸ Rupprecht, S., *Establishing the feasibility of your proposed mining venture*, op. cit., 2004, str. 5.

- proračun za izgradnju i plan razvoja projekta
- procjenu troškova za kapitalne i operativne izdatke
- razinu pričuve za nepredvidljive situacije (engl. *Contingency*) – rezerva može biti procjena troškova koji će nastati nakon studije ili zaštita protiv neodgovarajućih ili nepotpunih procjena
- trenutno i buduće stanje na tržištu – najznačajnije varijable u studiji izvodljivosti nerijetko su vrijednost rude i tečaj korištene valute
- ocjenu isplativosti rudarskog projekta – aproksimacija novčanih tokova u rudarskim projektima temelji se na načelima i principima kapitalnog budžetiranja navedenih u prethodnim poglavljima, a potrebno je odrediti i diskontnu stopu koja će služiti za diskontiranje budućih novčanih tokova na sadašnju vrijednost i ocijeniti financijsku isplativost rudarskoga projekta raširenim metodama ocjene isplativosti investicijskih projekata
- kvalitativnu analizu rizika i analizu osjetljivosti.

Usporedbom rudarskih konceptualnih, preliminarnih i konačnih studija s općim metodama izrade i ocjene investicijskih projekata jasno je da svaka faza u rudarskoj industriji služi različitim svrhama i postupno se nadograđuje na rezultate prethodne faze. Ovakav strukturirani pristup u rudarstvu osigurava temeljitu procjenu te minimizira rizike i optimizira strategije razvoja projekta. Konceptualne studije pružaju grubu procjenu izvedivosti projekta usredotočujući se na široke ekonomske i tehničke parametre. Preliminarne studije idu dublje – nude detaljniju analizu i sužavaju opcije kako bi se točnije prikazao potencijal rudarskoga projekta. Cjelovite konačne studije predstavljaju sveobuhvatnu evaluaciju te obuhvaćaju detaljne inženjerske, okolišne i financijske aspekte kako bi podržale odluke o investiranju. S druge strane, opći način izrade i ocjene investicijskih projekata (primjenjive u raznim industrijama) obično kombiniraju elemente svih triju faza rudarskih studija u jednu sveobuhvatnu procjenu, prilagođenu specifičnom kontekstu i zahtjevima projekta.

4. OPTIMIZACIJA I ANALIZA ISPLATIVOSTI EKSPLOATACIJE POVRŠINSKOGA KOPA „KAMEN“

Primarna je djelatnost tvrtke koja je u vlasništvu površinskoga kopa izrada vatrostalnih proizvoda za industriju čelika, cementa, stakla i sl. Temeljna je karakteristika vatrostalnih proizvoda otpornost na ekstremno visoke temperature, iznad 1200 °C, a specifične su mineralne sirovine koje prevladavaju u izradi navedenih proizvoda magnezit ($MgCO_3$) i dolomit ($MgCa(CO_3)_2$). Kako bi se tvrtka koja se bavi izradom vatrostalnih proizvoda osigurala dovoljnom količinom mineralnih sirovina, strategijama vertikalne integracije proširuje svoju djelatnost na površinsku i podzemnu eksploataciju.

U prvome segmentu ovoga poglavlja prikazuju se osnovni podaci o promatranome površinskom kopu i definira cilj navedenoga projekta. Potom se ilustrira računalna metoda koja će se primijeniti za optimizaciju površinskog kopa. Nadalje, obrađuje se tijekom rada za dobivanje optimalne završne konture površinskog kopa *Pseudoflow* simulacijom, od definiranja ulaznih financijskih i operativnih podataka do odabira najpovoljnijeg scenarija na temelju faktora prihoda, simulirane neto sadašnje vrijednosti i mase eksploatirane rude. Važno je napomenuti da su podaci prikazani u ovome dijelu radu fiktivni i kreirani isključivo u ilustrativne svrhe.

4.1. Površinski kop „Kamen“

Površinski kop „Kamen“, zajedno s odlagalištem otpadnoga materijala, nalazi se u sklopu tvornice za preradu mineralne sirovine. Na slici 13. prikazuje se raspored infrastrukture. Površinski kop dijeli se na sjeverni i južni dio. Samo je sjeverni trenutno aktivan, a južni je segment u fazi procjene te se početak njegova razvoj planira u nadolazećem periodu. U sklopu ovoga rada usredotočenost je okrenuta prema sjevernom, aktivnom djelu površinskoga kopa kao predmetu interesa za optimizaciju i analizu isplativosti eksploatacije (u nastavku „Sjeverni kop“). Iako je Sjeverni kop u fazi proizvodnje i nema potrebe za studijom izvodljivosti i većom kapitalnom investicijom, ciljevi su projekta ocijeniti isplativost proizvodne faze površinskoga kopa do kraja njegova životnog vijeka te analizirati stabilnost proizvodne faze preliminarnom analizom osjetljivosti.

Slika 13. Satelitski prikaz površinskoga kopa



Izvor: Google Earth Pro

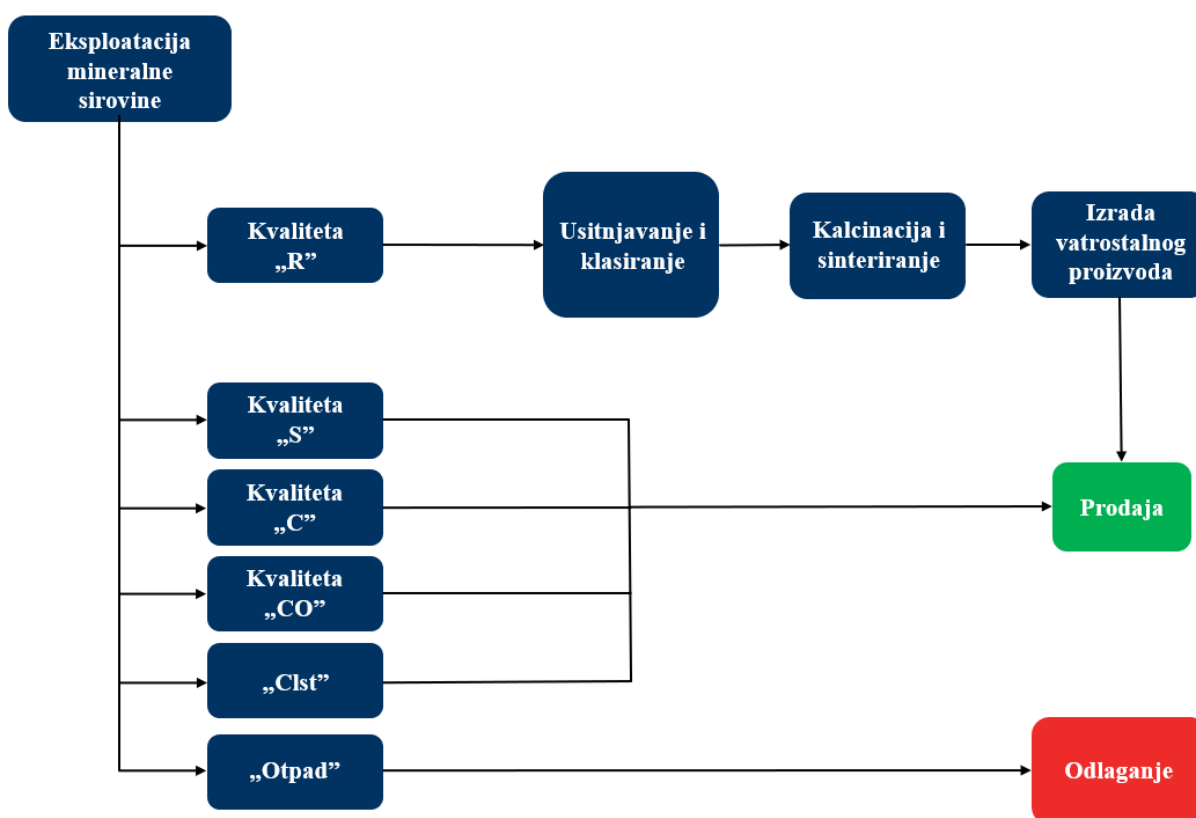
Primarna je mineralna sirovina koja se eksploatira iz Sjevernog kopa dolomit koji je prema specifičnim postotnim udjelima kalcijevog oksida (CaO), magnezijevog oksida (MgO), aluminijevog oksida (Al_2O_3) i željezovog oksida (Fe_2O_3) u ležištu podijeljen na:

- kvalitetu „R“
- kvalitetu „S“
- kvalitetu „C“
- kvalitetu „CO“.

U ležištu mineralne sirovine dominantna je kvaliteta „R“. Ona je najvažnija kvaliteta jer je jedina koja se iz kopa šalje na daljnju preradu i na kraju procesa prodaje kao završni vatrostalni proizvod. Kvalitete „S“, „C“ i „CO“ prodaju se izravno iz kopa jer ne zadovoljavaju specifikacije mineralne

sirovine za izradu vatrostalnih proizvoda. Kvaliteta „S“ prodaje se kupcima iz željezne industrije koji ju mogu koristiti u svojem procesu, a kvalitete „C“ i „CO“ prodaju se kupcima iz građevinske industrije koji ih primjenjuju kao tehničko-građevni kamen. Osim dolomita, iz površinskoga kopa eksploatira se relativno mala količina vapnenca („Clst“) koji se, kao i „C“ i „CO“, prodaje kao tehničko-građevni kamen te otpadni materijal („Otpad“) koji se odlaže na odlagalištu otpadnoga materijala. Slika 14. prikazuje pojednostavljeni proces opisanoga tijeka rada.

Slika 14. Pojednostavljeni prikaz tijeka rada



Izvor: Izrada autora

Dolomitnu mineralnu sirovinu kvalitete „R“ potrebno je u određenim količinama pohraniti u proces prerade za izradu vatrostalnih proizvoda. Svaka količina materijala koja odstupa ispod ili iznad specificiranih godišnjih zahtjeva predstavlja problem za proizvodnju. Kada površinski kop eksploatira premalo materijala kvalitete „R“, tvrtka je primorana kupovati manjak mineralne sirovine od dobavljača, što je u ovome slučaju skuplja varijanta od vlastite proizvodnje. U slučaju

u kojemu površinski kop eksploatira materijal u izobilju, zbog nedostatka prostora za stvaranje zaliha, tvrtka je prisiljena prodati mineralnu sirovinu kvalitete „R“ po cijeni koja je mnogostruko niža nego kad bi se određena količina koristila za proizvodnju i prodaju završnoga vatrostalnog proizvoda. Nadalje, svaka tona eksploatiranog materijala ima određenu cijenu iskopa, bez obzira na to radi li se o korisnome ili otpadnom materijalu, a također je od velike važnosti minimizirati eksploataciju otpadnog materijala i maksimizirati ekstrakciju korisnoga.

Kako bi se ublažili navedeni negativni učinci, potrebno je uspostaviti sustav dugoročnoga strateškog planiranja eksploatacije mineralne sirovine u kojemu se uspostavljaju detaljan plan i raspored vađenja otpadnog i korisnog materijala kroz životni vijek površinskoga kopa. U sklopu dugoročnog planiranja proces optimizacije površinskoga kopa vrlo je značajan. Optimizacija površinskoga kopa ključni je proces u površinskoj eksploataciji mineralnih sirovina koja uključuje određivanje ekonomski najučinkovitijega oblika i veličine kopa. Ciljevi su pritom maksimizirati vrijednost iskopanoga materijala uz minimiziranje troškova eksploatacije te osiguravanje sigurnosti i održivosti rudarskih operacija. Rezultat procesa optimizacije površinskoga kopa optimalna je završna kontura kopa koja definira njegovu granicu u različitim fazama njegova razvoja. Ta granica služi kao vodič za detaljno strateško dugoročno planiranje i donošenje odluka osiguravajući ekonomsku isplativost, sigurnost i održivost rudarskoga projekta.

4.2. Tijek rada dobivanja optimalne završne konture površinskoga kopa

Proces optimizacije završne konture površinskoga kopa kompleksan je zadatak za rudarske stručnjake, no stvoreni su računalni alati koji ga olakšavaju. Jedan od suvremenih alata je *Deswik* softver koji ima uključenu tzv. *Pseudoflow* optimizaciju kao jednu od značajki modula *Deswik.Spatial*. Ova metoda temelji se na konceptu *Pseudoflow* algoritma koji je sljedbenik poznatog *Lerch-Grossman* algoritma za rješavanje kompleksnih operacija koje se susreću pri optimizaciji površinskih kopova. *Pseudoflow* pojednostavljuje pripremu, obradu i evaluaciju rezultata te trodimenzionalnu vizualizaciju optimalne „matematičke“ završne konture površinskoga kopa koja služi kao temelj za projektiranje operativne završne konture površinskoga kopa i dugoročnoga strateškog planiranja eksploatacije. Također, prikazuje intuitivne izvještaje o diskontiranim novčanim tokovima i količini rezerve rude. Kako bi se rastumačio proces

Pseudoflow optimizacije površinskoga kopa, u nastavku se prikazuje slučaj upotrebe (engl. *Use Case*) na primjeru Sjevernog kopa.

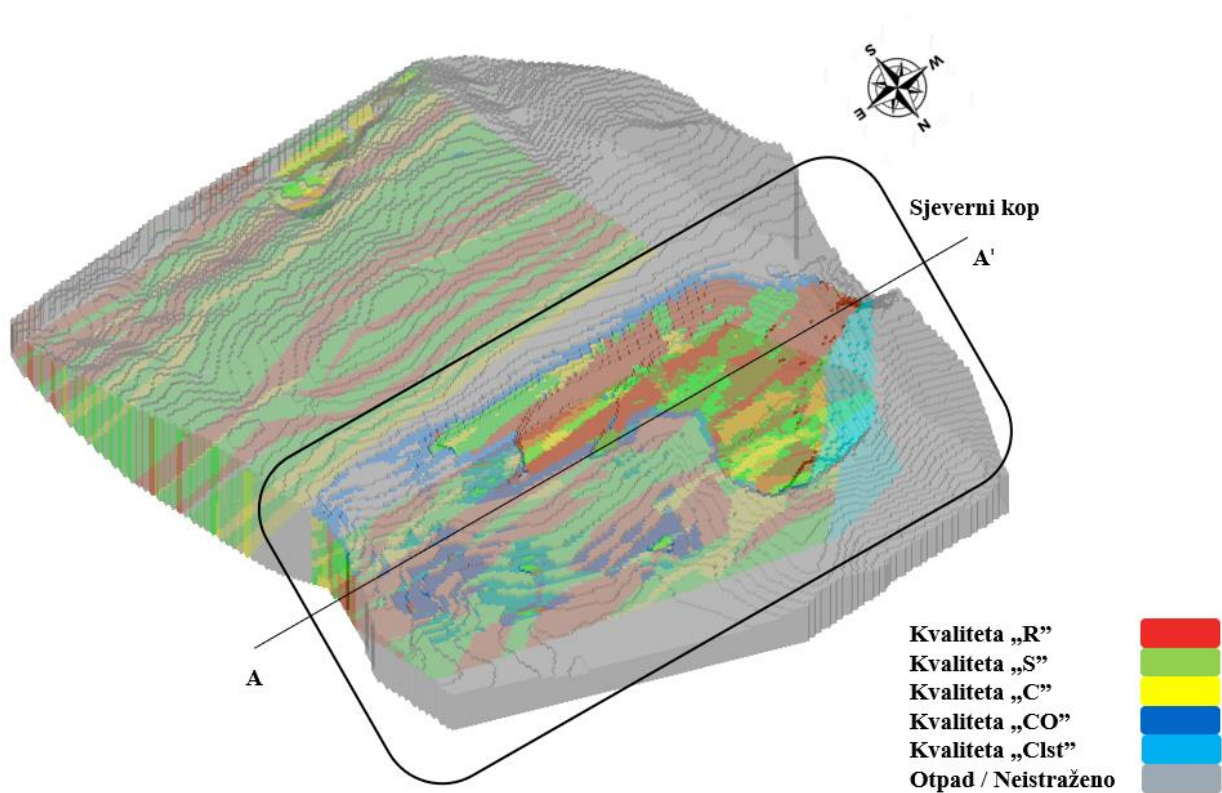
Tijek rada *Pseudoflow* optimizacije Sjevernog kopa dijeli se na:

- pripremu geološkog blok modela
- pripremu ulaznih podataka
- *Pseudoflow* simulaciju i analizu rezultata
- odabir optimalne završne konture.

4.2.1. Priprema geološkoga blok modela

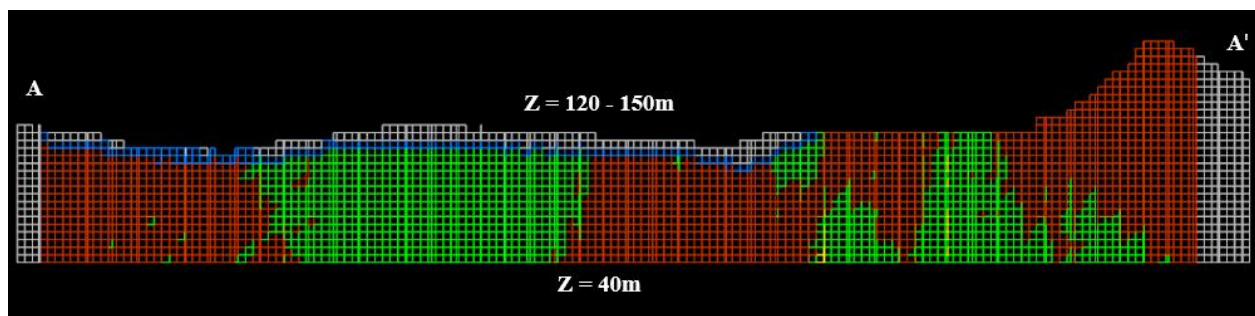
Geološki blok model trodimenzionalni je prikaz ležišta mineralne sirovine koji se primjenjuje u geološkoj i rudarskoj industriji za opisivanje prostorne distribucije geoloških atributa i svojstava unutar određenoga volumena Zemljine kore. Blok model generira se iz prethodno napravljenoga geološkog modela koji je izrađen na temelju detaljnih geoloških istraživanja. Sastoji se od mreže blokova, pri čemu svaki blok predstavlja mali volumen stijene ili tla sa specifičnim geološkim karakteristikama, a obično su kockastog oblika. Za ležište dolomita Sjevernoga kopa geološki blok model izrađen je od strane lokalnog geologa u *Geovia Surpac* softveru za geologiju i rudarstvo. Veličina blokova kod blok modela Sjevernoga kopa iznose 5m x 5m x 5m, a isti blokovi sadrže sve informacije potrebne za definiranje navedenih kvaliteta u prethodnome poglavlju uključujući koordinate, volumene, specifične težine i drugo.

Za *Pseudoflow* simulaciju potrebno je konvertirati blok model u određite datoteke koja podržava *Deswik.Spatial* te izvršiti sve ostale sekundarne radnje poput „rezanja“ blok modela s postojećom topografijom koja je također u trodimenzionalnom obliku, provjere specifičnih težina blokova, „označavanja“ kvaliteta koje će se smatrati rudom, a koje otpadnim materijalom; učitavanja geotehničkih podataka, izrade filtera i legendi i drugih. Konvertirani i pripremljeni blok model prikazan je na slici 15., dok je presjek blok modela vidljiv na slici 16.



Izvor: Izrada autora

Slika 16. Presjek A-A' geološkog blok modela Sjevernog kopa



Izvor: Izrada autora

4.2.2. Priprema ulaznih podataka

Za provedbu *Pseudoflow* simulacije konvertiranom geološkom blok modelu potrebno je dodijeliti financijske i operativne ulazne podatke koji će služiti kao temelj za određivanje optimalne završne

konture površinskoga kopa i najprofitabilnijega slijeda eksploatacije blokova. U prethodnome poglavlju navedeno je da je cilj optimizacije maksimizirati vrijednost iskopanoga materijala uz minimiziranje troškova eksploatacije, a to se postiže maksimiziranjem najprimjenjenijega financijskog pokazatelja za ocjenu projekta – neto sadašnje vrijednosti. Kako je definirano, neto sadašnja vrijednost mjera je ocjene isplativosti projekta koja uspoređuje sadašnju vrijednost očekivanih novčanih izdataka sa sadašnjom vrijednošću očekivanih novčanih priljeva. Za maksimiziranje neto sadašnje vrijednosti primjenom *Pseudoflow* optimizacije potrebno je procijeniti sve očekivane novčane izdatke i priljeve za vrijeme trajanja projekta, a to se postiže definiranjem svih troškova koji se javljaju tijekom eksploatacije korisnoga i otpadnog materijala te definiranjem potencijalne prodajne cijene po masenoj jedinici.

U tablici 5. prikazuju se financijski ulazni podaci potrebni za procjenjivanje budućih novčanih tokova tijekom životnoga vijeka Sjevernoga kopa. Ukupni trošak predstavlja sve troškove koji se javljaju tijekom eksploatacije materijala uključujući:

- izravne troškove rudarskih operacija
- troškove amortizacije
- troškove tehničke i biološke rekultivacije
- troškove administracije, uprave i prodaje (*eng. SG&A - Selling, general, and administration*)
- ostale troškove vezani za eksploataciju.

Tablica 5. Ulazni parametri Sjevernog kopa: a) Financijski, b) Operativni

a)	Rudarski Trošak (NJ/t)	Prodajna cijena (NJ/t)	b)	
Kvaliteta "R"	10.00	19.95	Godišnja stopa eksploatacije	1,000,000 t
Kvaliteta "S"	10.00	18.14	Rudarski oporavak	95%
Kvaliteta "C"	10.00	14.25	Završna kosina	48°
Kvaliteta "CO"	10.00	12.47	Visinu etaže	20 m
Kvaliteta "Clst"	10.00	14.25		
"Otpad"	10.00	0.00		
Diskontna stopa	8%			

Izvor: Izrada autora

Prikazani ukupni troškovi i prodajne cijene za određene kvalitete izražavaju se kao novčana jedinica po toni materijala. Osim troškova i prodajne cijene za *Pseudoflow* simulaciju potrebna je diskontna stopa kako bi se budući novčani tokovi diskontirali na sadašnju vrijednost. Nadalje, *Pseudoflow* metoda uz ulazne financijske podatke zahtijeva četiri operativna ulazna parametra koji su također prikazani u tablici 5. Godišnja stopa eksploatacije i rudarski oporavak esencijalni su za procjenu navedenih prihoda i troškova te osiguravaju ekonomsku održivost rudarskih operacija. Završna kosina posjeduje utjecaj na sigurnost rudarskih operacija jer određuje strminu svih etaža, što je ključno za održavanje stabilnosti cijeloga površinskog kopa. Strmost završne kosine također utječe na količinu otpadnog materijala koji se treba eksploatirati u odnosu na korisni materijal, što uvelike utječe na ukupne troškove rudarskih operacija. Visina etaže, kao i završna kosina, ima utjecaj na stabilnost kopa, ali i na operativnu učinkovitost rudarskih operacija.

4.2.3. *Pseudoflow* simulacija i analiza rezultata

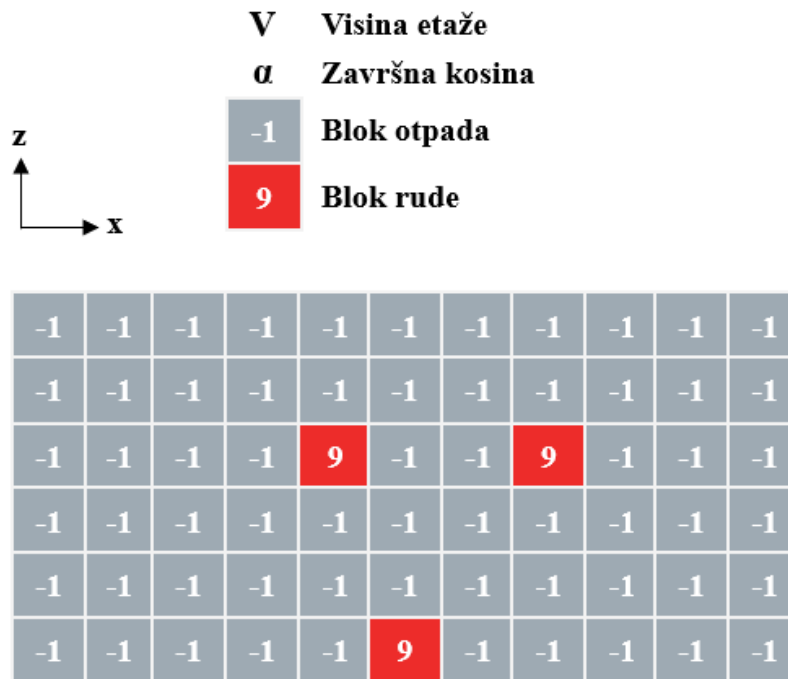
Financijski i operativni ulazni parametri postavljaju temelj za optimizaciju. Slike 17, 18, 19. i 20. prikazuju pojednostavljeni primjer generiranja optimalne završne konture površinskoga kopa iterativnom metodom. Unutar rudarske industrije specificirana je društveno odgovorna praksa

eksploatacije mineralnih sirovina. Društveno odgovornom praksom smatra se maksimalno iskorištavanje rude iz ležišta, bez obzira na to je li financijska korist veća za eksploataciju manje količine rude iz istoga ležišta. S ovakvim pristupom pri generiranju optimalne završne konture površinskoga kopa u obzir se moraju uzeti:

- maksimiziranje prihoda
- minimiziranje troškova
- maksimiziranje eksploatacije ekonomski isplative rude
- operativne, sigurnosne i ostale značajke.

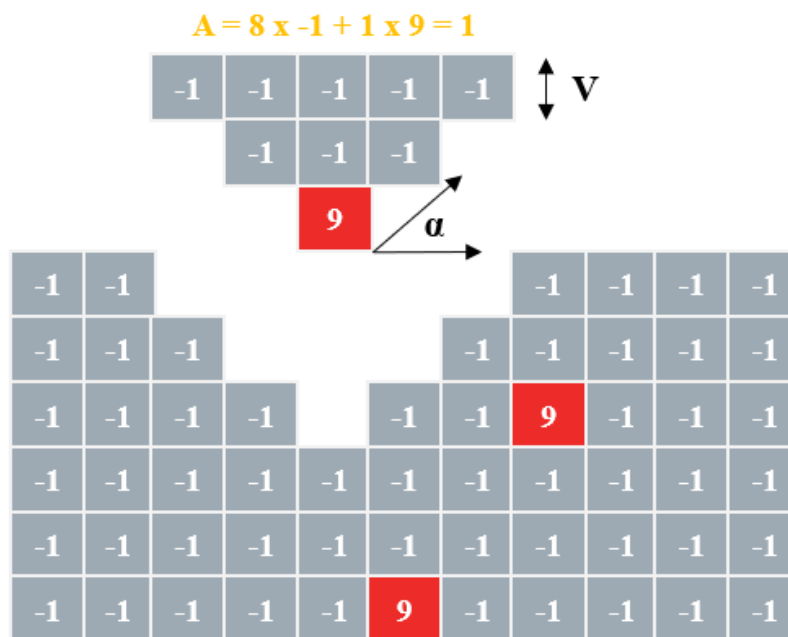
Na primjeru sa slike 17. bloku rude pridodana je vrijednost 9 kao razlika procijenjenog prihoda i troška eksploatacije, dok je bloku otpadnog materijala pridružena vrijednost troška -1 jer prihoda za ovu vrstu bloka nema. Završna kontura „A“, prikazana na slici 18, ekonomski je isplativa, ali moguće je eksploatirati više rude i povećati iskorištavanje ležišta. S povećanjem dubine završna kontura „C“, prikazana na slici 19, omogućuje maksimalnu eksploataciju rude, ali postaje ekonomski neisplativa zbog povećanja omjera otpadnoga materijala i rude. Završna kontura „B“, vidljiva na slici 20, optimalna je jer uzima u obzir sve prethodno navedene značajke i ekonomski je opravdana.

Slika 17. Pojednostavljeni prikaz dodjeljivanje vrijednosti blokovima



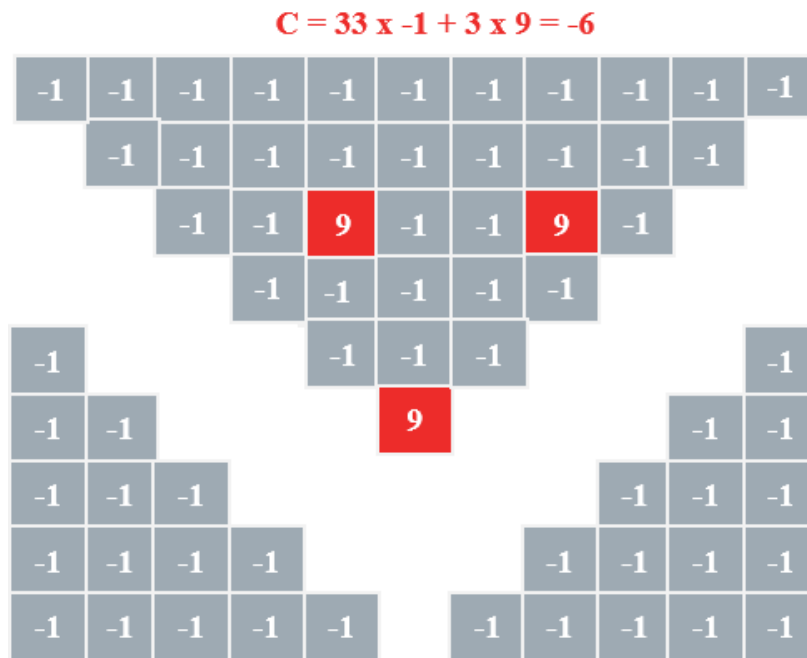
Izvor: Izrada autora

Slika 18. Proces determiniranja završne konture „A“



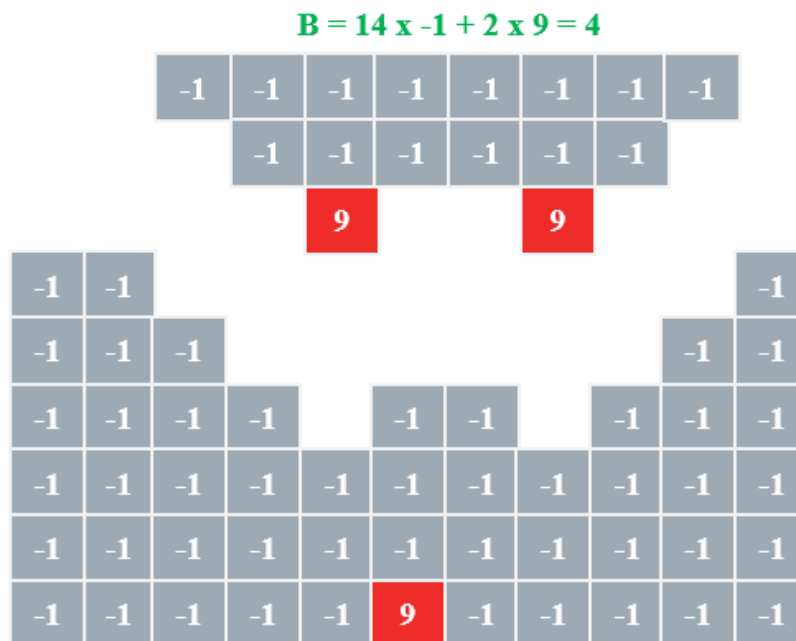
Izvor: Izrada autora

Slika 19. Proces determiniranja završne konture „C“



Izvor: Izrada autora

Slika 20. Proces determiniranja završne konture „B“



Izvor: Izrada autora

Pseudoflow simulacija generira završne konture površinskoga kopa po sličnome načelu kao i iterativna metoda. Razlika je u tome što *Pseudoflow* simulacija, zahvaljujući svome algoritmu, generira samo ekonomski isplative konture na bazi tzv. faktora prihoda (engl. *RF* – *Revenue Factor*). Faktor prihoda je multiplikator koji se primjenjuje na ulaznu prodajnu cijenu u blok modelu. Podešavanjem faktora prihoda softver simulira različite scenarije koji mogu biti:

- $RF = 1$
- $RF < 1$
- $RF > 1$

Kad je $RF = 1$, generira se bazna završna kontura površinskoga kopa koja uzima u obzir nepromijenjenu prodajnu cijenu po masenoj jedinici, što je specificirano kao ulazni podatak u prethodnome koraku. Kad je $RF < 1$, *Pseudoflow* simulira scenarij u kojemu je prodajna cijena po jedinici mase manja od naznačene u ulaznim podacima te se generira završna kontura kopa koja je manja i konzervativnija od slučaja $RF = 1$. Naposljetku, kad je $RF > 1$, *Pseudoflow* simulira scenarij u kojemu je prodajna cijena po jedinici mase veća od naznačene u ulaznim podacima te se generira završna kontura kopa koja je veća i optimističnija od one u slučaju u kojemu je $RF = 1$.

Za Sjeverni kop generirat će se slučajevi koji pretpostavljaju $RF = 1$ i $RF < 1$, u inkrementima od 0.05. *Pseudoflow* simulacija omogućit će preliminarnu analizu osjetljivosti gdje će se provjeriti kako snižavanje cijene mineralne sirovine utječe na stvaranje završne konture kopa. Tablica 6. prikazuje rezultate simulacije te je iz rezultata vidljivo da smanjivanjem faktora prihoda ispod vrijednosti od 0.55, nema profitabilnog slučaja završne konture Sjevernog kopa i navedena završna kontura 1 smatra se najkonzervativnijem slučajem. Faktorirana vrijednost predstavlja bazu za definiranje ekonomski isplativih završnih kontura kopa i ona uključuje vrijednost rude za pojedini slučaj, diskontnu stopu, oporavak iz procesa i slično te je proporcionalna faktoru prihoda i simuliranoj eksploatiranoj rudi. Bazna vrijednost predstavlja ukupnu vrijednost materijala pojedine završne konture kopa uzimajući u obzir $RF = 1$, odnosno ulaznu prodajnu cijenu specificiranu za pojedine kvalitete u prethodnome poglavlju. U petom je stupcu neto sadašnja vrijednost pojedine simulirane završne konture.

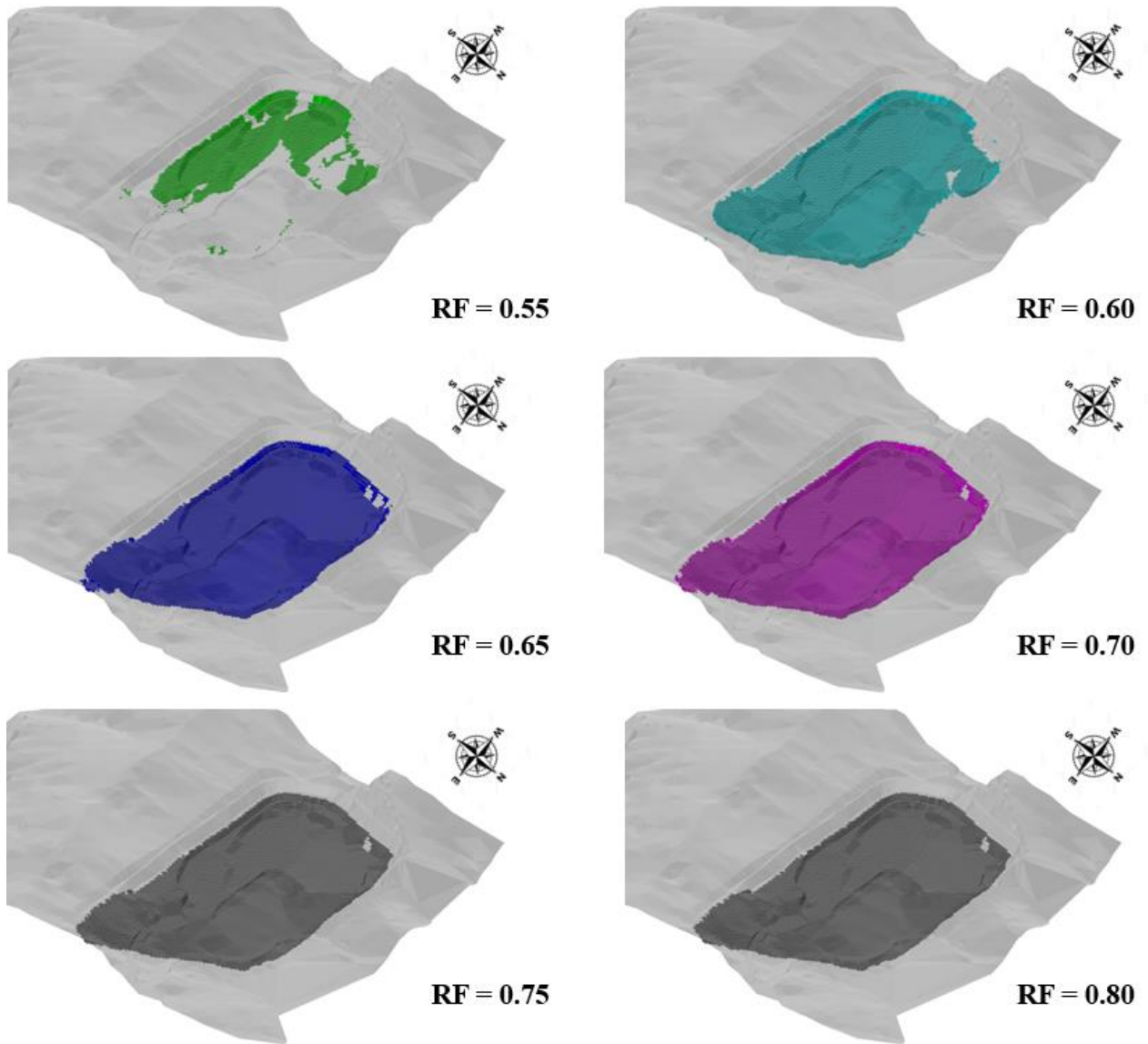
Tablica 6. Rezultati *Pseudoflow* simulacije za generiranje završnih kontura Sjevernog kopa

Završna kontura	Faktor prihoda	Faktorirana vrijednost (NJ)	Bazna vrijednost (NJ)	NPV (NJ)	Masa (t)
1	0.55	871,669	27,684,396	23,260,211	3,189,951
2	0.60	11,055,569	157,439,127	67,183,115	20,852,004
3	0.65	30,590,467	173,876,142	69,428,062	23,551,181
4	0.70	51,300,937	176,498,521	69,692,594	24,082,708
5	0.75	72,288,264	178,580,705	69,884,304	24,658,938
6	0.80	93,554,116	178,629,723	69,874,558	24,674,863
7	0.85	114,825,918	178,697,274	69,828,889	24,711,206
8	0.90	136,116,370	178,697,274	69,828,889	24,711,206
9	0.95	157,407,261	178,698,184	69,827,251	24,712,056
10	1.00	178,698,850	178,698,850	69,824,518	24,714,192

Izvor: Izrada autora

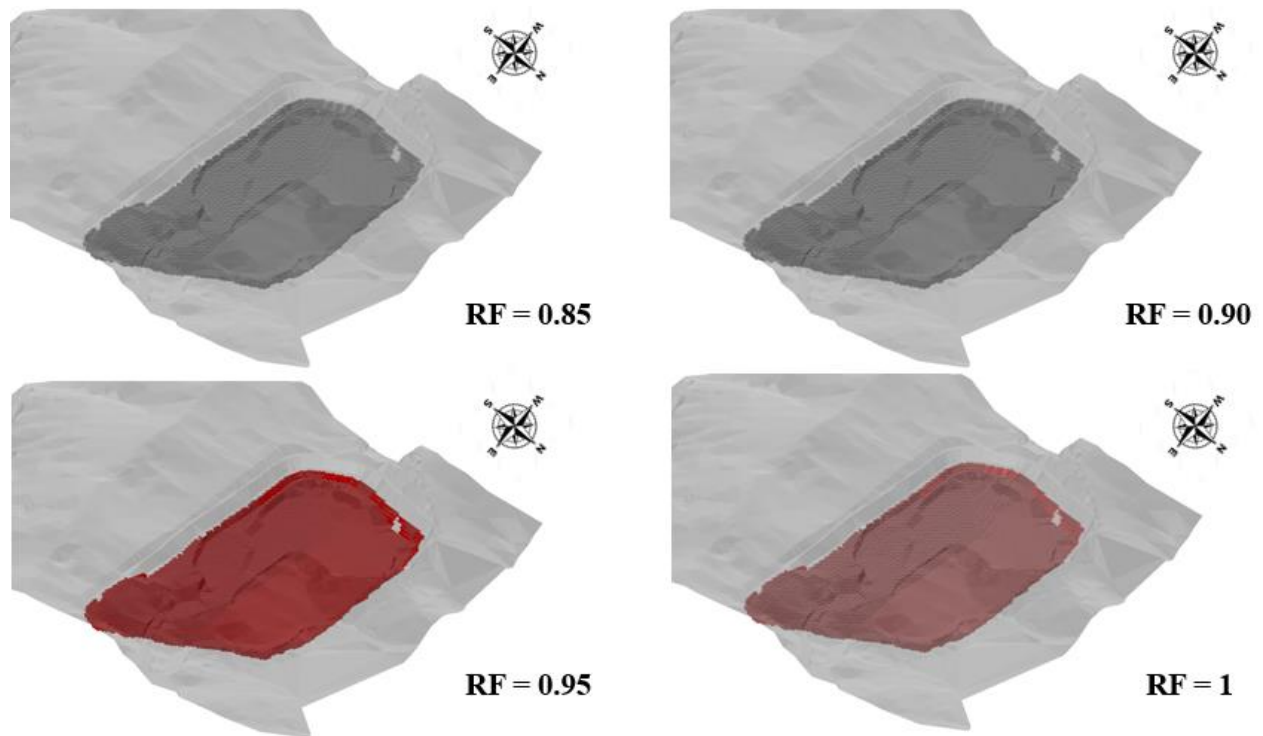
Kao i bazna vrijednost, za simuliranje neto sadašnje vrijednosti u obzir se uzimaju prodajne cijene za pojedine kvalitete iz prethodnoga poglavlja i proporcionalne su količini rezerve rude. Negativna je strana simulirane neto sadašnje vrijednosti u tome što vrijeme pojave novčanih tokova ne odgovara realnosti, što utječe na vrijednost diskontiranih novčanih tokova. *Pseudoflow* simulacija pretpostavlja pojavu novčanih tokova u vrijeme nakon eksploatacije pojedine etaže, što je rijedak slučaj u praksi. Pojedine se etaže u realnosti eksploatiraju simultano u istome razdoblju kako bi se povećala fleksibilnost rudarskih operacija i selektivnost vađenja pojedinih kvaliteta mineralne sirovine. Osim tabličnoga prikaza *Deswik.Spatial* omogućuje i trodimenzionalni prikaz tzv. „ljuski“ generiranih završnih kontura koje, nakon odabira optimalne, služe za projektiranje operativne završne konture površinskoga kopa. Na slikama 21. i 22. prikazana su sve generirane „ljuske“ *Pseudoflow* simulacijom.

Slika 21. Generirane „ljuske” *Pseudoflow* simulacijom (RF = 0.55 – 0.80)



Izvor: Izrada autora

Slika 22. Generirane „ljuske“ *Pseudoflow* simulacijom (RF = 0.85 – 1)

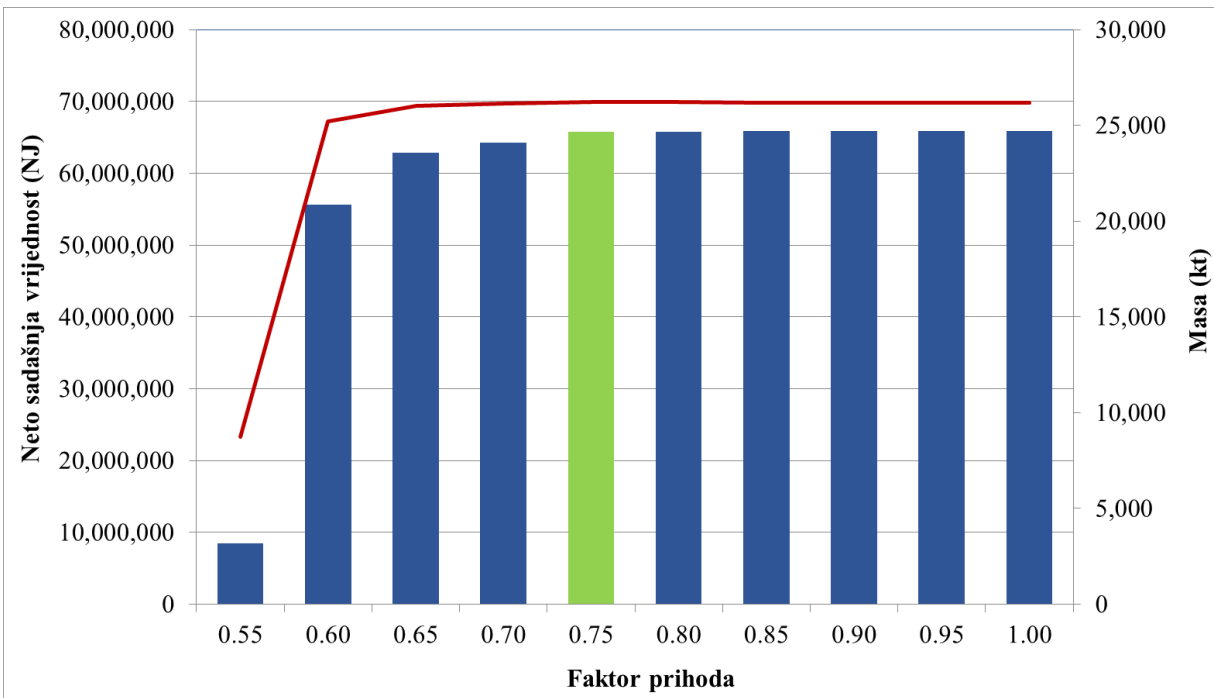


Izvor: Izrada autora

4.2.4. Odabir optimalne i izrada operativne završne konture

Iskustvo u praksi pokazuje da je za odabir optimalne završne konture površinskoga kopa potrebno iskoristiti odnos između faktora prihoda, simulirane neto sadašnje vrijednosti i mase rezerve rude. U svrhu vizualizacije odnosa triju parametra slika 23. prikazuje intuitivni graf koji služi kao podloga za donošenje odluke.

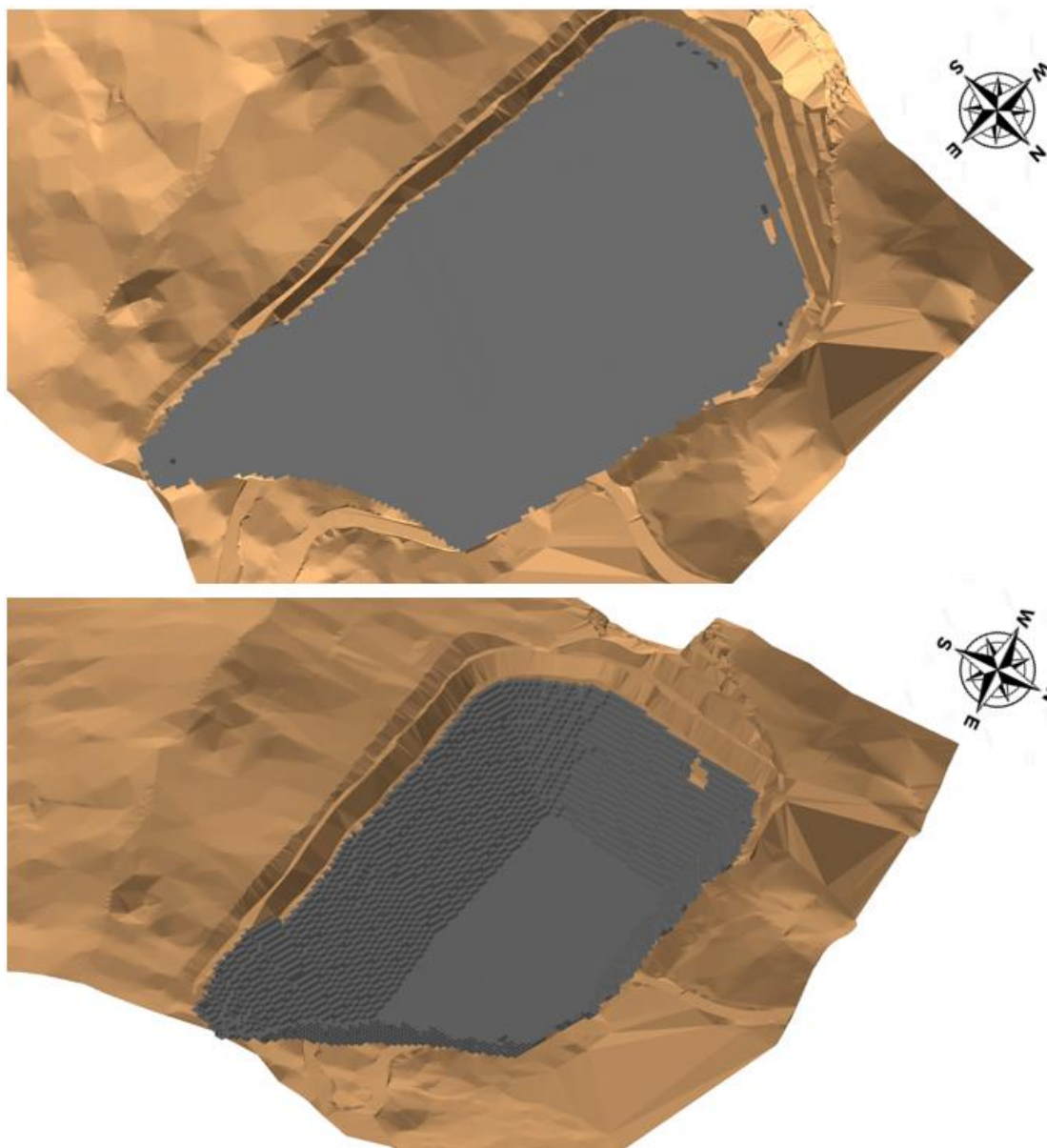
Slika 23. Graf odnosa faktora prihoda, simulirane neto sadašnje vrijednosti i rezerve rude



Izvor: Izrada autora

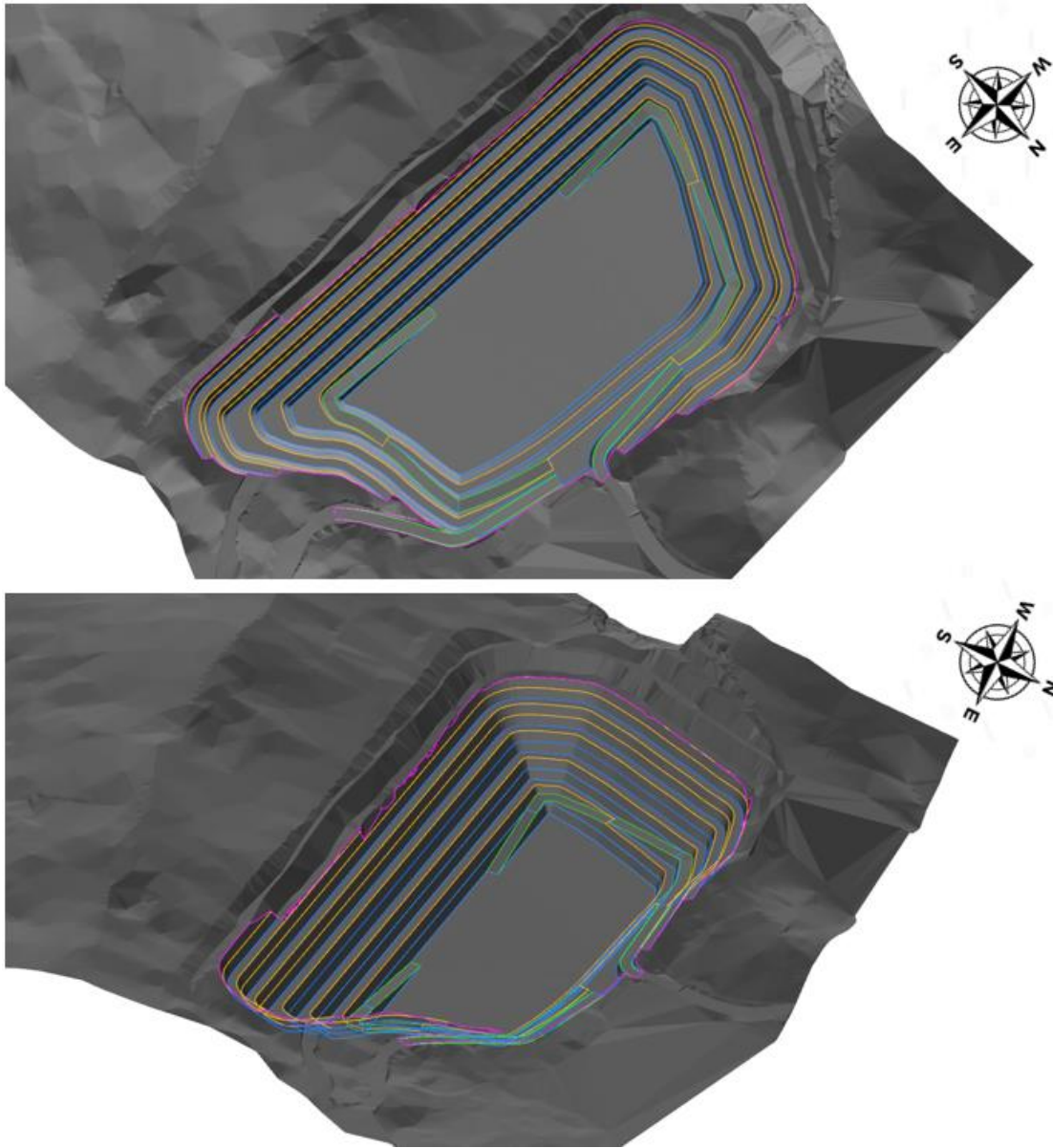
Zahvaljujući relativnoj visokoj ekonomskoj isplativosti svih završnih kontura Sjevernoga kopa te isključujući konturu 1 s vrijednošću faktora prihoda od $RF = 0.55$, poprilično je jednostavno i sigurno izabrati optimalnu završnu konturu. Tijekom odabira najpovoljnijega scenarija *Pseudoflow* simulacije nastoji se izabrati završnu konturu kopa koja posjeduje najnižu vrijednost faktora prihoda uz što veću simuliranu vrijednost neto sadašnje vrijednosti i rezerve rude, a pritom uzimajući u obzir značajke iz poglavlja 4.2.3. U slučaju Sjevernoga kopa završna kontura 5 s vrijednošću faktora prihoda od $RF = 0.75$ predstavlja optimalan izbor jer svaka sljedeća završna kontura s povećanjem faktora prihoda uzrokuje minimalni rast simulirane neto sadašnje vrijednosti i rezerve rude. Odabrana „ljuska“ završne konture Sjevernoga kopa, prikazana na slici 24, poslužit će kao baza za izradu realne i operativne završne konture kopa koja uključuje dodatne operativne elemente rudarskih operacija. Na slici 25. prikazano je kako se iz optimalne „ljuske“ izrađuje završno stanje Sjevernoga kopa koja će poslužiti kao temelj za dugoročno strateško planiranje eksploatacije površinskoga kopa.

Slika 24. Optimalna „ljuska” RF = 0.75



Izvor: Izrada autora

Slika 25. Operativna završna kontura Sjevernoga kopa

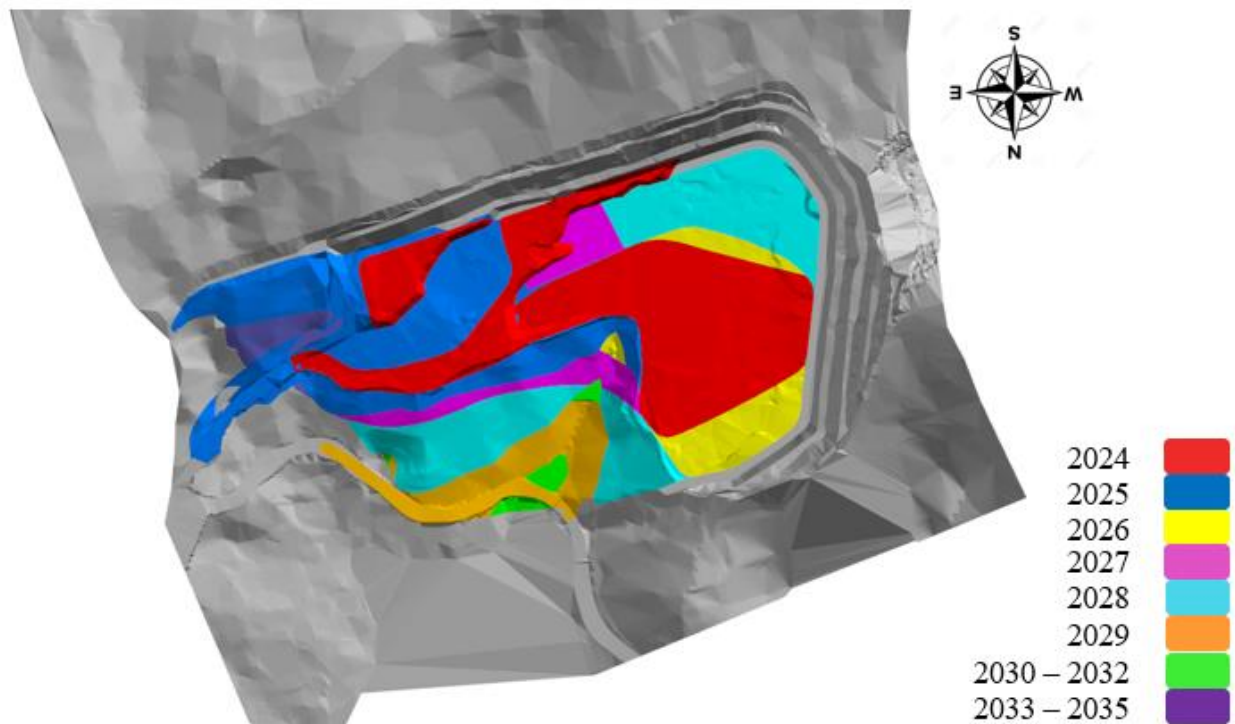


Izvor: Izrada autora

Pod „dugoročnim strateškim planiranjem eksploatacije“ pretpostavljaju se rudarski planovi vremenskoga horizonta od jedne godine do kraja životnoga vijeka površinskoga kopa, ovisno o internom dogovoru unutar organizacije. Za Sjeverni kop izrađen je eksploatacijski plan od 2024. do 2035. godine, ili do visine etaže od 80 m. n. m. Eksploatacijski plan ovisi prvenstveno o pretpostavljenoj godišnjoj zahtijevanoj količini rude i određenoj kvaliteti. *Deswik.Sched* modul

istoimenoga softvera omogućuje preliminarnu indikaciju razvoja površinskoga kopa, a iskusni rudarski inženjer uz primjenu *Deswik.Spatial* modula projektira predložene godišnje eksploatacijske planove uzimajući u obzir operativne i ostale restrikcije. Na slici 26. prikazani su godišnji eksploatacijski planovi za Sjeverni kop u razdoblju od 2024. do 2035. godine.

Slika 26. Godišnji eksploatacijski planovi za Sjeverni kop



Izvor: Izrada autora

5. ZAKLJUČAK

U diplomskome radu prikazana je optimizacija i analiza isplativosti sjevernoga segmenta površinskoga kopa „Kamen“ *Pseudoflow* metodom. Rezultati simuliranih scenarija završnih kontura pokazuju da je Sjeverni kop, na temelju neto sadašnje vrijednosti, vrlo isplativ. Primarni je razlog ekonomske isplativosti prodaja nusproizvoda iz površinskoga kopa po cijeni većoj od ukupnih troškova eksploatacije, čime se maksimizira omjer koristi i troškova te je za pojedine scenarije neto sadašnja vrijednost veća od nule. Preliminarna analiza osjetljivosti pokazuje da je, čak i kad se prodajne cijene smanje od 5 do 45 posto, moguće simulirati isplative završne konture Sjevernoga kopa, što potvrđuje stabilnost projekta. Kao optimalnu završnu konturu Sjevernoga kopa odabrana je završna kontura 5 s faktorom prihoda $RF = 0.75$, neto sadašnjom vrijednošću od 69,884,304 novčanih jedinica i rezervom rude od 24,658,938 tona. Odabrana optimalna završna kontura predstavlja temelj za izradu operativne završne konture i dugoročnoga strateškog plana eksploatacije površinskoga kopa „Kamen“.

POPIS KRATICA

CF – Novčani tok

I_0 – Inicijalni novčani tok

CF_n – Novčani tok u određenom razdoblju

TV – Terminalna vrijednost

PDV – Porez na dodanu vrijednost

NPV – Neto sadašnja vrijednost

EEA – Ekvivalentni anuitet

IRR – Interna stopa rentabilnosti

MIRR – Modificirana interna stopa rentabilnosti

FVCF – Buduća vrijednost pozitivnih novčanih tokova, diskontirani stopom reinvestiranja

PVCF – Sadašnja vrijednost negativnih novčanih tokova, diskontirani stopom financiranja

ROI – Povrat ulaganja

PP – Razdoblje povrata

DPP – Diskontirano razdoblje povrata

PI – Indeks profitabilnosti

PV – Sadašnja vrijednost

r – Diskontna stopa

$MgCO_3$ – Magnezit

$MgCa(CO_3)_2$ – Dolomit

SG&A – Troškovi administracije, uprave i prodaje

RF – Faktor prihoda

POPIS SLIKA

Slika 1. Koraci u procesu kapitalnog budžetiranja.....	2
Slika 2. Ključni principi kapitalnog budžetiranja.....	5
Slika 3. Primjer dinamike pojavljivanja novčanih tokova	6
Slika 4. Uzorak konvencionalnih novčanih tokova.....	7
Slika 5. Uzorak nekonvencionalnih novčanih tokova	8
Slika 6. Novčani tokovi dva međusobno isključivih projekata s nejednakim trajanjem.....	12
Slika 7. Novčani tokovi dva međusobno isključivih projekata s izjednačenim vremenskim horizontom metodom lanca zamjene.....	13
Slika 8. Višestruka pojava interne stope rentabilnosti.....	16
Slika 9. Kolizija neto sadašnje vrijednosti i interne stope rentabilnosti.....	20
Slika 10. Utjecaj kritičnih varijabli na neto sadašnju vrijednost.....	21
Slika 11. Redoslijed studija u odnosu na životni ciklus rudarskog projekta	25
Slika 12. Devijacija procijenjenih kapitalnih i operativnih troškova u ovisnosti o stupnju definiranja projekta.....	29
Slika 13. Satelitski prikaz površinskoga kopa.....	31
Slika 14. Pojednostavljeni prikaz tijeka rada	33
Slika 15. Blok model ležišta dolomita Sjevernoga kopa.....	35
Slika 16. Presjek A-A' geološkog blok modela Sjevernoga kopa	36
Slika 17. Pojednostavljeni prikaz dodjeljivanje vrijednosti blokovima	40
Slika 18. Proces determiniranja završne konture „A“	40
Slika 19. Proces determiniranja završne konture „C“	41
Slika 20. Proces determiniranja završne konture „B“	41
Slika 21. Generirane „ljuske“ <i>Pseudoflow</i> simulacijom ($RF = 0.55 - 0.80$).....	44
Slika 22. Generirane „ljuske“ <i>Pseudoflow</i> simulacijom ($RF = 0.85 - 1$).....	45
Slika 23. Graf odnosa faktora prihoda, simulirane neto sadašnje vrijednosti i rezerve rude	46
Slika 24. Optimalna „ljuska“ $RF = 0.75$	47
Slika 25. Operativna završna kontura Sjevernog kopa.....	48
Slika 26. Godišnji eksploatacijski planovi za Sjeverni kop	49

POPIS TABLICA

Tablica 1. Ulazni podaci (1. dio)	13
Tablica 2. Ulazni podaci (2. dio)	14
Tablica 3. Prednosti i nedostaci metoda ocjene investicijskih projekata.....	19
Tablica 4. Definiranje kriterija matrice rizika	22
Tablica 5. Ulazni parametri Sjevernoga kopa: a) Financijski, b) Operativni	38
Tablica 6. Rezultati <i>Pseudoflow</i> simulacije za generiranje završnih kontura Sjevernog kopa	43

LITERATURA

Knjige

- Hadžavdić, E., Pripremite svoj bankabilan investicijski projekt, Effectus, Zagreb, 2018.
- Heerkens, G., Project Management, 2nd edition, Briefcase Books, New York, 2014.
- Siciliano, G., Finance for Nonfinancial Managers, 2nd edition, Briefcase Books, New York, 2015.
- Šestanović, A., Interni materijali s predavanja „Izrada investicijskog projekta“, Effectus, Zagreb

Članci

- McCarthy, P.L., Objectives of Feasibility Studies, Internal paper for AMC, Australia, 1993.
- Rupprecht, S., Establishing the feasibility of your proposed mining venture, The South African Institute of Mining and Metallurgy, South Africa, 2004.
- Stowe, J.D., Gagne, J.R., Capital Budgeting: Level 1, Corporate Finance, Canada, 2020.

Internetski izvori

- <https://www.investopedia.com/terms/e/equivalent-annual-annuity-approach.asp>, pristup: 30. 8. 2024.
- <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/valuation/modified-internal-rate-of-return-mirr/>, pristup: 30. 8. 2024.