

# Prijedlog proširenja granica rezervi tehničko- građevnog kamena na eksploatacijskom polju Vidukin Gaj

---

Šteko, Lana

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:169:334317>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-04-02**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Mining, Geology and Petroleum  
Engineering Repository, University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET  
Preddiplomski studij rudarstva

**PRIJEDLOG PROŠIRENJA GRANICA REZERVI TEHNIČKO-GRAĐEVNOG  
KAMENA NA EKSPLOATACIJSKOM POLJU VIDUKIN GAJ**

Završni rad

Lana Šteko

R4648

Zagreb, 2024



KLASA: 602-01/24-01/53  
URBROJ: 251-70-11-24-2  
U Zagrebu, 09.09.2024.

Lana Šteko, studentica

## RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM 602-01/24-01/53, URBROJ: 251-70-11-24-1 od 11.04.2024. priopćujemo vam temu završnog rada koja glasi:

### PRIJEDLOG PROŠIRENJA GRANICA REZERVI TEHNIČKO-GRAĐEVNOG KAMENA NA EKSPLOATACIJSKOM POLJU VIDUKIN GAJ

Za voditelja ovog završnog rada imenuje se u smislu Pravilnika o izradi i ocjeni završnog rada Prof.dr.sc. Ivo Galić nastavnik Rudarsko-geološko-naftnog-fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

Voditelj

(potpis)

Prof.dr.sc. Ivo Galić

(titula, ime i prezime)

Predsjednik povjerenstva za završne i diplomske ispite:

(potpis)

Izv.prof.dr.sc. Mario Klanfar

(titula, ime i prezime)

Prodekan za nastavu i studente:

(potpis)

Izv.prof.dr.sc. Borivoje Pašić

(titula, ime i prezime)

PRIJEDLOG PROŠIRENJA GRANICA REZERVI TEHNIČKO-GRAĐEVNOG  
KAMENA NA EKSPLOATAIJSKOM POLJU VIDUKIN GAJ

Lana Šteko

Rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu  
Rudarsko-geološko-naftni fakultet  
Zavod za rudarstvo  
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Sažetak

Ovaj završni rad detaljno opisuje geografski položaj, klimatske i geološke značajke te dosadašnje i planirane rudarske radove na eksploatacijskom polju tehničko-građevnog kamena „Vidukin Gaj“, koje pripada Gradu Benkovcu. Dosadašnji rudarski radovi i istražno bušenje, koje je izvodilo gospodarsko društvo ZARAKOP D.O.O. Murvica kao ovlaštenik, utvrdilo je rezerve do +120 metara nadmorske visine. Predloženo je produbljenje ležišta na 90 metara nadmorske visine, jer se istraživanjima potvrdio porast kvalitete tehničko-građevnog kamena s dubinom ležišta. Rezerve su izračunate pomoću dvije metode: metode računalnog modeliranja (MRM) i metode rudarskih blokova. Korištenje računalnog modeliranja u *Bentley-evom OpenRoads Designer-u* omogućilo je precizno kreiranje 3D modela terena i rezervi te pojednostavilo proces izračuna obujma i količina rezervi.

Ključne riječi: eksploatacija, rezerve, modeliranje

Završni rad sadrži: 25 stranica, 5 tablica, 10 slika, 0 priloga, i 0 reference.

Jezik izvornika: Hrvatski

Pohrana rada: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta, Pierottijeva 6, Zagreb

Mentor: prof.dr.sc. Ivo Galić

Ocjenjivači: prof.dr.sc. Ivo Galić  
izv.prof.dr.sc. Vječislav Bohanek  
doc.dr.sc. Ivica Pavičić

## SADRŽAJ

<b>1. UVOD.....</b>	<b>5</b>
<b>2. OPĆENITO O PODRUČJU ISTRAŽIVANJA.....</b>	<b>6</b>
2.1. Geografski položaj .....	6
2.2. Klimatske značajke .....	7
2.3. Geološke značajke .....	8
<b>3. DOSADAŠNJI RUDARSKI RADOVI I UTVRĐENE REZERVE.....</b>	<b>10</b>
3.1. Opis dosadašnjih rudarskih radova .....	10
3.2. Proračunate rezerve.....	12
<b>4. MODEL NOVIH ISTRAŽIVANJA.....</b>	<b>15</b>
4.1. Izrada modela terena .....	15
4.2. Istražne bušotine .....	17
<b>5. IZRADA MODELA GRANICE BILANČNIH I IZVANBILANČNIH REZERVI .....</b>	<b>20</b>
<b>6. METODE PRORAČUNA REZERVI.....</b>	<b>21</b>
6.2. Metoda rudarskih blokova .....	22
6.3. Usporedba rezultata.....	24
<b>7. ZAKLJUČAK .....</b>	<b>25</b>
<b>8. LITERATURA.....</b>	<b>26</b>

## POPIS SLIKA

Slika 2-1. Zemljopisni položaj eksploatacijskog polja tehničko-građevnog kamena „Vidukin Gaj“,.....	6
Slika 2-2. Orto foto prikaz eksploatacijskog polja Vidukin Gaj i bližeg okoliša (izvor: JISMS) .....	7
Slika 2-3. Položaj eksploatacijskog polja Vidukin Gaj na osnovnoj geološkoj karti, list Zadar, M : 100 000 (Nuić i dr., 2004).....	9
Slika 3-1. Situacijska karta eksploatacijskog polja „Vidukin Gaj“ s granicama utvrđenih rezervi (Pavičić i Galić, 2024) .....	11
Slika 4-1. a) prikaz grafičkog modela terena; .....	
b) prikaz generiranog (računalnog) modela terena bez ispune – wireframe;	
c) prikaz generiranog (računalnog) modela terena s ispunom - smooth .....	16
Slika 4-2. Raspored dosadašnjih i novih istražnih bušotina .....	17
Slika 4-3. Model istražnih bušotina do dubine +90 m n.v. ....	18
Slika 4-4. Znakoviti presjek završne kosine na SI strani polja .....	18
Slika 4-5. Karta predložene granice rezervi s projekcijom završne kosine .....	19
Slika 5-1. Prikaz modela ukupnog obujma te granica bilančnih i izvanbilančnih rezervi.....	20

## **POPIS TABLICA**

Tablica 3-1. Prikaz udaljenosti istražnih radova po kategorijama .....	14
Tablica 6-1. Proračunane rezerve metodom računalnog modeliranja .....	21
Tablica 6-2. Proračunate rezerve metodom rudarskih blokova .....	23
Tablica 6-3. Usporedba rezultata proračuna bilančnih rezervi .....	24
Tablica 6-4. Usporedba rezultata proračuna izvanbilančnih rezervi .....	24

## POPIS KORIŠTENIH OZNAKA I JEDINICA

Oznaka	Jedinica	Opis
$O$	$m^3$	obujam
$P_B$	$m^2$	površina baze
$P_V$	$m^2$	površina vrha
$P_{SR}$	$m^2$	srednja površina
$d_{SR}$	m	srednja dubina (debljina)
$d$	m	dubina (debljina)
n	-	broj bušotina



## 1. UVOD

Računalno modeliranje koristi se u rudarstvu za izradu trodimenzionalnih modela ležišta i rudarskih radova. Ovaj završni rad utemeljen je na prijedlogu novih istražnih radova unutar eksploatacijskog polja „Vidukin Gaj“ te proračunu obujma ukupnih, izvanbilančnih i bilančnih te eksploatacijskih rezervi tehničko-građevnog kamena (u daljnjem tekstu: TGK) u navedenom polju.

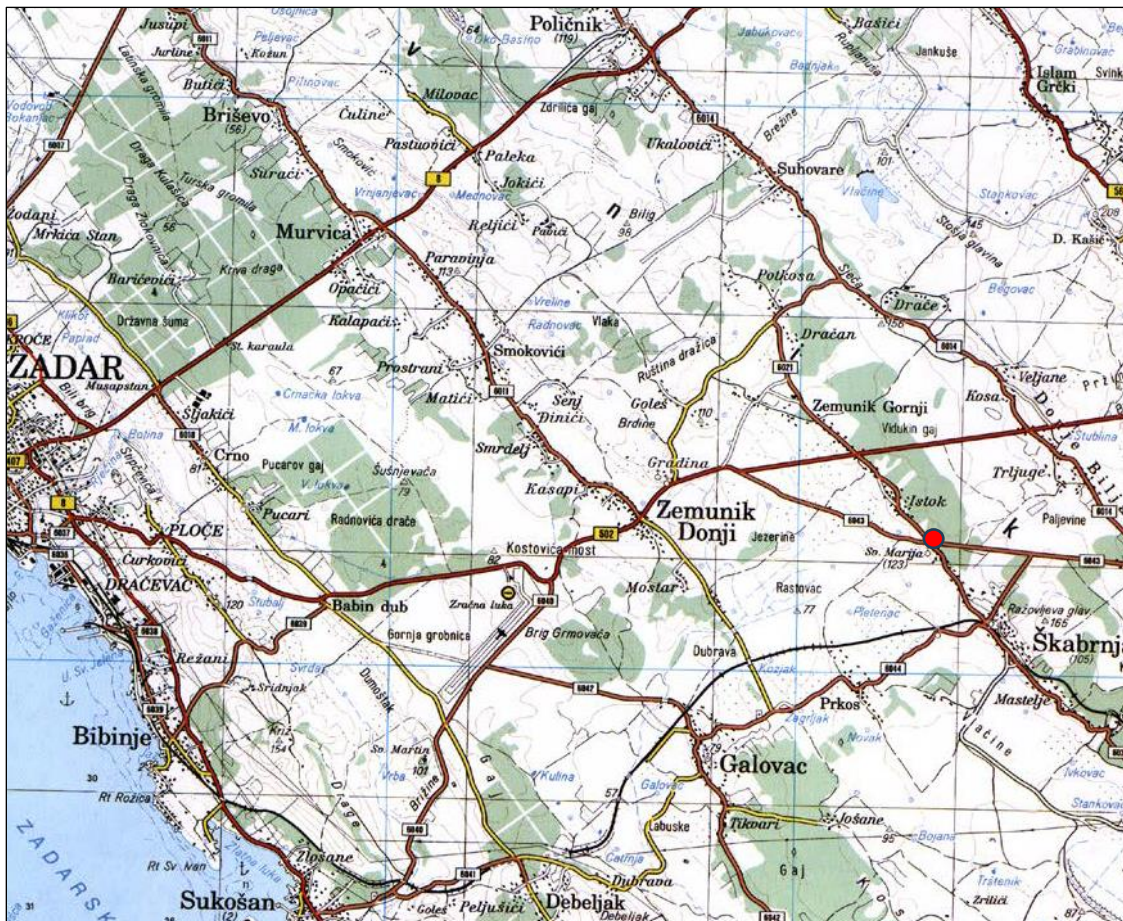
Ovlaštenik eksploatacijskog polja „Vidukin Gaj“ je gospodarsko društvo ZARAKOP d.o.o. Murvica, koje izvodi eksploataciju tehničko-građevnog kamena već nekoliko godina prema ranije utvrđenim rezervama. Dosadašnjim istražnim radovima, koji su napravljeni u sklopu izrade osnovnog Elaborata o rezervama, utvrđena je granica rezervi do 120 m n.v. Analizom podataka iz istražnih bušotina utvrđeno je da se kvaliteta TGK poboljšava s porastom dubine ležišta. Stoga je donesena odluka da se provedu dodatna istraživanja, s ciljem utvrđivanja nove granice i povećanja rezervi TGK na eksploatacijskom polju "Vidukin Gaj", što je i prikazano u ovom radu.

Proračuni su izvedeni metodom računalnog modeliranja i metodom blokova te je napravljena usporedba rezultata. Modeliranje je napravljeno u Bentley-ovoj aplikaciji *Open Roads Designer*.

## 2. OPĆENITO O PODRUČJU ISTRAŽIVANJA

### 2.1. Geografski položaj

Eksploatacijsko polje „Vidukin Gaj“, prema administrativnoj podjeli, pripada Gradu Benkovcu i nalazi se na njegovu zapadnom rubu, u Ravnim Kotarima, na granici s administrativnim područjem Grada Zadra, od kojeg je udaljeno 17 km. Najbliža veća mjesta, u okolini eksploatacijskog polja „Vidukin Gaj“ su Biljane Donje i Zemunik koja su udaljena oko 1 km (Slika 2-1.).



Slika 2-1. Zemljopisni položaj eksploatacijskog polja tehničko-građevnog kamena „Vidukin Gaj“, M 1: 100 000 (Nuić i dr., 2004.)

Eksploatacijsko polje je smješteno u blizini čvora Zadar-istok autoceste A1 i brze spojne ceste DC424 koja vodi do grada Zadra, odnosno luke Gaženica. Povoljan geografski smještaj, odnosno prometna povezanost omogućuju distribuciju kamenih proizvoda i u druge dijelove Dalmacije.

Eksploatacijsko polje Vidukin Gaj trokutastog je oblika i zauzima površinu od 19,41 ha te je omeđeno spojnica točaka 1, 2 i 3. U neposrednom okolišu, u radijusu od oko 2 km, nalazi se još pet eksploatacijskih polja tehničko-građevnog kamena a neposredno uz SZ granicu polja nalazi se centar za gospodarenje otpada Biljane Donje (slika 2-2).



**Slika 2-2.** Orto foto prikaz eksploatacijskog polja Vidukin Gaj i bližeg okoliša (izvor: JISMS)

## 2.2. Klimatske značajke

S obzirom na geografski položaj područje eksploatacijskog polja pripada mediteranskoj klimi koju karakteriziraju suha i vruća ljeta te kratke i blage zime, bez snježnih oborina. Količina kiše koja padne godišnje kreće se između 800 i 1 000 mm, a prosječna godišnja temperatura je 14,7 °C. Takvi klimatski uvjeti omogućavaju eksploataciju tijekom cijele godine uz eventualne zastoje u zimskom razdoblju uzrokovane kišom i vjetrom. Eksploatacija se odvija na površinskom kopu te je dosadašnjim radovima utvrđena odsutnost površinskih i podzemnih voda.

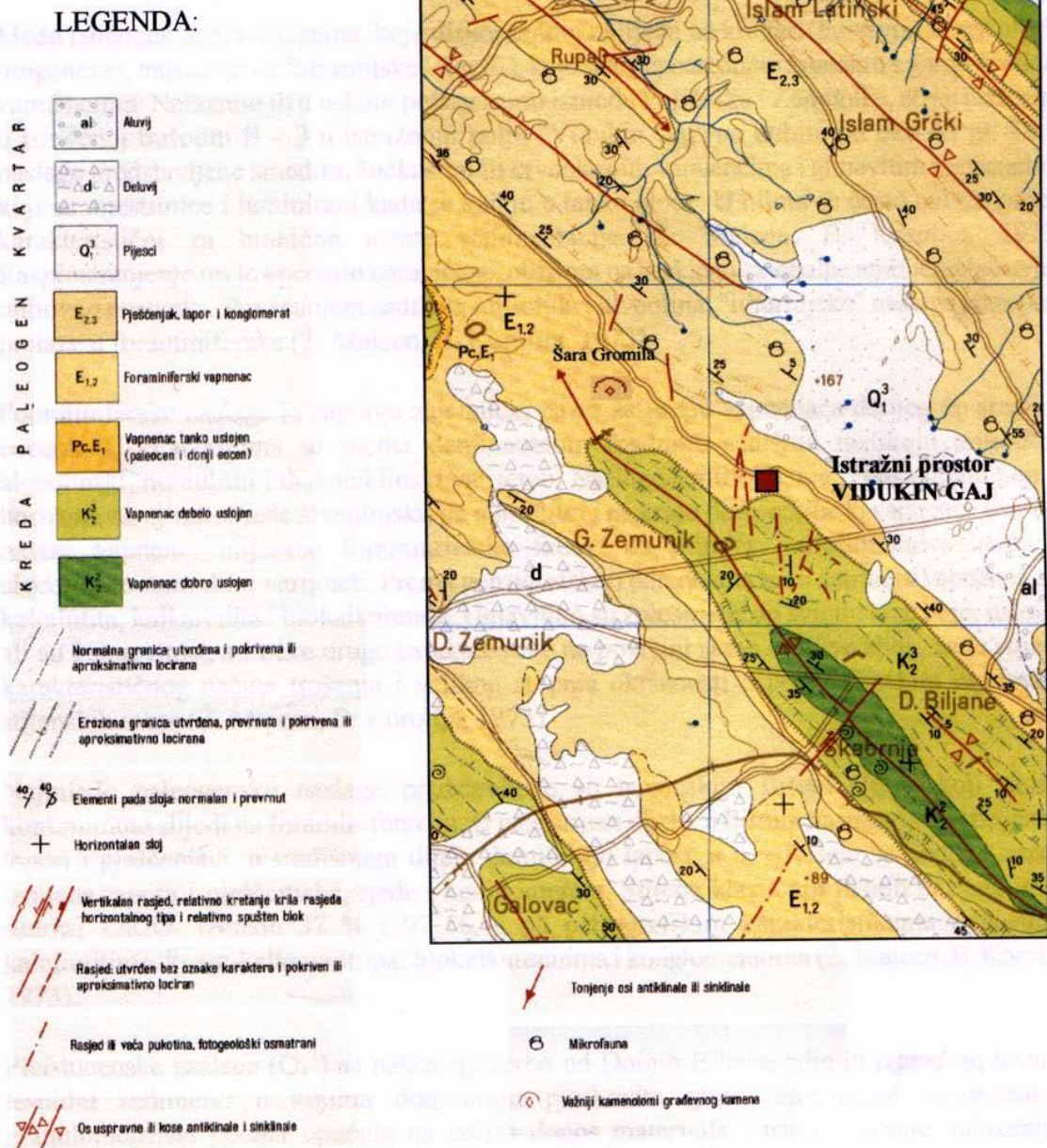
### 2.3. Geološke značajke

Na eksploatacijskom polju „Vidukin Gaj“ eksploatiraju se organogeni / foraminiferski vapnenci, koji leže na naslagama gornjokrednih vapnenaca. Foraminiferski vapnenci stratigrafski pripadaju donjem do srednjem eocenu. Ležište je sedimentno. Nastalo je u plitkomorskom okolišu s utjecajima otvorenog mora. Ležište, u tektonskom pogledu, pripada sjeveroistočnom krilu antiklinale Škabrnja, zbog čega su položaji slojeva uglavnom subhorizontalni do blago nagnuti prema SI pod kutem od 10°. U tjemenu te antiklinale, južno i jugoistočno od eksploatacijskog polja Vidukin Gaj, nalaze se gornjokredne turonske naslage, a na njih se kontinuirano nastavlja „rudistni“ vapnenci starosti konijak-mastriht. U krilima antiklinale nalaze se foraminiferski vapnenci u kojima je razvijen kamenolom. Površinska jalovina je prosječne debljine 1 m te se sastoji od tankog sloja humusa i površinskog trošnog dijela stijenske mase s izraženim pukotinama djelomično ispunjenim glinom.

Položaj eksploatacijskog polja „Vidukin Gaj“ na osnovnoj geološkoj karti, list Zadar, prikazan je na slici 2-3.



Autori: Majcen, Ž., Korolija, B., Sokač, B., Nikler, L.



Slika 2-3. Položaj eksploatacijskog polja Vidukin Gaj na osnovnoj geološkoj karti, list Zadar, M : 100 000 (Nuić i dr., 2004)

### **3. DOSADAŠNJI RUDARSKI RADOVI I UTVRĐENE REZERVE**

#### **3.1. Opis dosadašnjih rudarskih radova**

Površina ležišta tehničko-građevnog kamena "Vidukin Gaj" je ravničarska, s blagim padom od istočne ka zapadnoj granici eksploatacijskog polja. Najviša točka površine terena je oko 160 m n.v. a najniža oko 147 m n.v.

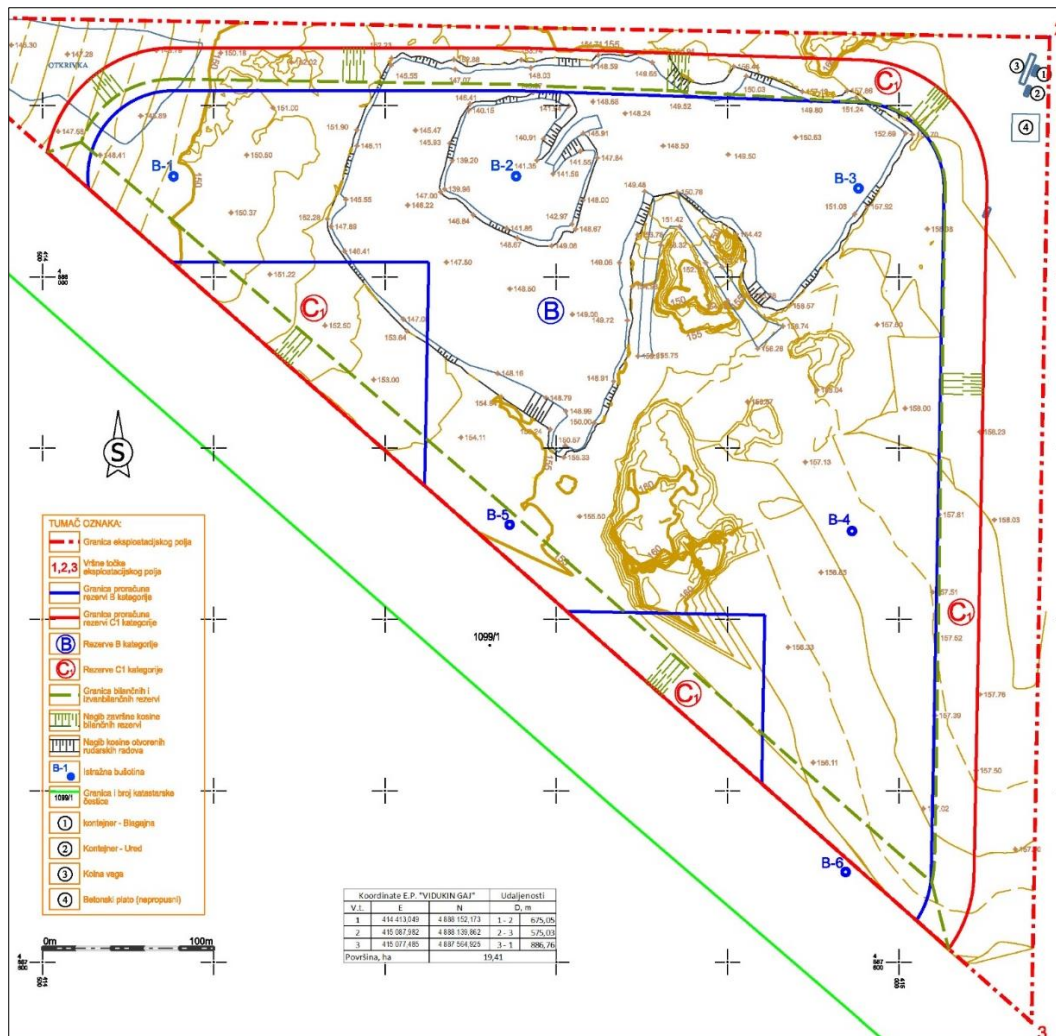
Na ležištu tehničko-građevnog kamena "Vidukin Gaj" odvija se površinska eksploatacija u organogenim vapnencima donje do srednje eocenske starosti. Na temelju dosadašnje eksploatacije te provedenog istražnog bušenja, 2003. god. (šest bušotina), može se zaključiti da u području ležišta nisu evidentirane površinske i podzemne vode. Površinski kop je otvoren s dvije međuetaze u sjevernom dijelu eksploatacijskog polja, sa smjerom razvoja prema jugu i jugoistoku. Visina međuetaza se kreće od 5 do 7 m. Prva međuetaza pada od sjeveroistoka ka jugozapadu tako da kote terena imaju vrijednosti od približno 153 m n.v. do približno 146 m n.v. Prvom međuetazom se zahvaća površinska jalovina koja se nakon miniranja odvaja u postupku oplemenjivanja TGK. Drugom etažom produbljen je površinski kop do približno 140 m n.v., s tendencijom daljnjeg produbljivanja te dosezanja razine projektirane etaže +135.

Dosadašnji istražni radovi sastojali su se od: izravnog opažanja značajki ogoljenog terena, istražnog bušenja te otvorenih raskopa.

Istražnim bušenjem koje je provedeno u svrhu izrade osnovnog elaborata (Braun, 2003) izrađeno je 5 bušotina na ispuh do 120 m n.v. te jedna bušotina (B-3) na jezgru do 89 m n.v. Rezerve su proračunate do razine +120 m n.v.

Projektirana visina etaže je do 15 m. Planirano je formiranje etaža na visinama +150, +135 i +120 metara (Nuić i dr., 2010).

Na slici 3-1 prikazana je situacijska karta s granicama utvrđenih rezervi eksploatacijskog polja „Vidukin Gaj“.



**Slika 3-1.** Situacijska karta eksploatacijskog polja „Vidukin Gaj“ s granicama utvrđenih rezervi (Pavičić i Galić, 2024)

### 3.2. Proračunate rezerve

Proračunate rezerve svrstavaju se u skupine prema Pravilniku o utvrđivanju rezervi i eksploataciji mineralnih sirovina prema posebnim i zajedničkim kriterijima za tehničko-građevni kamen (Narodne novine, br. 138/22.).

Prema zajedničkim kriterijima Pravilnika (Poglavlje 1., Članak 3.) stupanj istraženosti ležišta mineralnih sirovina utvrđuje se na temelju poznavanja:

1. Elemenata prostiranja, veličine, oblika i građe ležišta, njihove veze s određenim stratigrafskim horizontima i tektonskim strukturama
2. Pripadnosti ležišta određenim genetskim tipovima odnosno geološkim strukturama
3. Kemijskog sastava mineralne sirovine
4. Mineraloško-petrografskog sastava mineralne sirovine
5. Strukturno-teksturnih značajki mineralne sirovine
6. Prostornog rasporeda različitih tipova mineralnih sirovina
7. Fizičko-mehaničkih značajki mineralne sirovine
8. Tehničko-eksploatacijskih čimbenika osnovom geološke građe ležišta te uvjeta i ograničenja eksploatacije

Istraženost ležišta utvrđuje se (Poglavlje 1., Članak 4.):

1. Odgovarajućim metodama geoloških, geofizičkih, geokemijskih, hidrogeoloških i inženjersko-geoloških istraživanja
2. Površinskim i podzemnim istražnim radovima
3. Istražnim bušenjem

Člankom 9. istog Pravilnika rezerve mineralnih sirovina kategoriziraju se prema zajedničkim kriterijima i uvjetima kao i prema posebnim kriterijima i uvjetima za pojedine mineralne sirovine, sukladno odredbama Pravilnika

U kategoriju A svrstavaju se rezerve mineralnih sirovina kod kojih su na temelju istražnih radova:

1. Potpuno upoznati ležišni uvjeti: zalijeganje, prostiranje, veličina, oblik i građa ležišta
2. Potpuno utvrđene vrste mineralnih sirovina te njihovi međusobni odnosi i prostorni razmještaj
3. Potpuno utvrđena kakvoća mineralnih sirovina



4. Detaljno okonturena površinska jalovina i potpuno utvrđena jalovina u stijenskoj masi
5. Utvrđeni tektonski, hidrogeološki, inženjersko-geološki i drugi prirodni uvjeti u opsegu koji omogućuje izbor metode eksploatacije.

Rezerve mineralnih sirovina kategorije A utvrđuju se uz pouzdanost veću od 90%.

U kategoriju B razvrstavaju se rezerve mineralnih sirovina kod kojih su na temelju obavljenih istražnih radova:

1. Upoznati ležišni uvjeti: zalijeganje, prostiranje, veličina, oblik i građa ležišta
2. Utvrđene vrste mineralnih sirovina te njihovi međusobni odnosi i prostorni razmještaj
3. Utvrđena kakvoća mineralnih sirovina
4. Utvrđena površinska jalovina i jalovina u stijenskoj masi
5. Utvrđeni tektonski, hidrogeološki, inženjersko-geološki i drugi prirodni uvjeti u opsegu koji omogućuje izbor metode eksploatacije.

Rezerve mineralnih sirovina kategorije A utvrđuju se uz pouzdanost veću od 80%.

U kategoriju C<sub>1</sub> razvrstavaju se rezerve mineralnih sirovina kod kojih su na temelju obavljenih istražnih radova :

1. Upoznati ležišni uvjeti: zalijeganje, prostiranje, veličina, oblik i građa ležišta
2. Utvrđene vrste mineralnih sirovina te njihov prostorni razmještaj
3. Utvrđena kakvoća mineralnih sirovina
4. Utvrđena površinska jalovina i jalovina u stijenskoj masi
5. Razjašnjeni tektonski, hidrogeološki, inženjersko-geološki i drugi prirodni uvjeti u opsegu koji omogućuje dobivanje osnovnih elemenata za izbor metode eksploatacije

Rezerve mineralnih sirovina kategorije C<sub>1</sub> utvrđuju se uz pouzdanost veću od 70%.

Ležište je svrstano u prvu skupinu ležišta tehničko-građevnog kamena.

Udaljenost istražnih radova po kategorijama rezervi na eksploatacijskom polju „Vidukin Gaj“ prikazana je tablicom 3-1.

**Tablica 3-1.** Prikaz udaljenosti istražnih radova po kategorijama

KATEGORIJA	UDALJENOST (m)
A	100
B	200
C <sub>1</sub>	300

Bilančne rezerve B i C<sub>1</sub> kategorije na eksploatacijskom polju „Vidukin Gaj“ zauzimaju 83 % površine, odnosno 16,06 ha od ukupnih 19,41 ha. Pri proračunu bilančnih rezervi potrebna je vrijednost popravnog koeficijenta koji predstavlja jalovinu i iznosi 0,96. Umanjenjem bilančnih rezervi za eksploatacijski gubitak koji iznosi 2% dobivamo eksploatacijske rezerve. Proračunate bilančne i izvanbilančne rezerve B i C<sub>1</sub> kategorije iznose 4 134 853 m<sup>3</sup>, a od čega bilančne rezerve iznose 4 128 728 m<sup>3</sup>. Uz pretpostavku da će se godišnje eksploatirati 150 000 m<sup>3</sup>, eksploatacijsko polje „Vidukin Gaj“ ima rezervi za narednih 28 godina eksploatacije (Pavičić i Galić, 2024), a trgovačko društvo Zarakop d.o.o redovito je obnavljalo rezerve u 4 obnove: 2007., 2013., 2018. i 2023. godine.

## 4. MODEL NOVIH ISTRAŽIVANJA

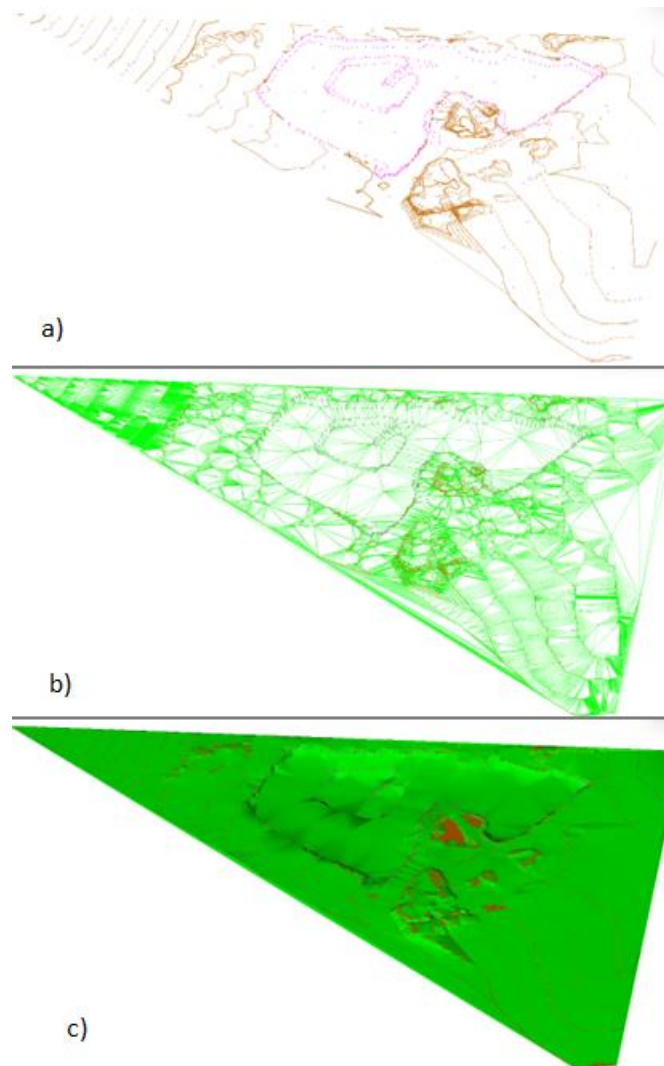
### 4.1. Izrada modela terena

Primjenom Bentley-ove aplikacije *OpenRoads Designer* izrađen je 3D model terena, raspored novih istražnih bušotina te prijedlog ograničenja rezervi na eksploatacijskom polju „Vidukin Gaj“, do razine 90 m n.v. Za područje polja „Vidukin Gaj“ korištene su digitalne topografske karte u mjerilu 1:1000. Obzirom da dio terena nije bio zahvaćen digitalnom kartom korištene su i rasterske podloge koje su preuzete s Geoportala (WebGIS portal Državne geodetske uprave). Pomoću naredbe „Raster Manager“ postavljena je topografska karta, mjerila 1:5000, te su iscrtane slojnice na rubnim dijelovima polja. Pri tome je korištena naredba „Place Point or Stream Curve“. Iscrtane slojnice predstavljale su 2D polje na 0 m n.v. te su pomoću naredbe „Set Element Elevation“ podignute na stvarnu pripadajuću visinu u prostoru. Na taj način dobiven je prostorni (3D) model terena koji ustvari predstavlja grafički model.

Grafički model koristi se za dobivanje računalnog modela koji se generira u modulu *OpenRoads Modeling* pomoću alata „Terrain“ i naredbe „From Elements“. Generirani model predstavlja mrežu koja je sačinjena od spojenih trokutova koji mogu biti prikazani bez ispune, kao žični model (wireframe), ili s ispunom, kao plošni model (najčešće smooth). Postupak pretvorbe grafičkog (manualnog) u računalni (generirani) model naziva se triangulacija.

Računalni (generirani) model koristi se za vizualizaciju prostornih elemenata, ali i za druge operacije poput izračuna obujma ležišta odnosno rezervi unutar zadanih granica.

Na slici 4-1. prikazani su grafički model terena te generirani model bez i s ispunom.

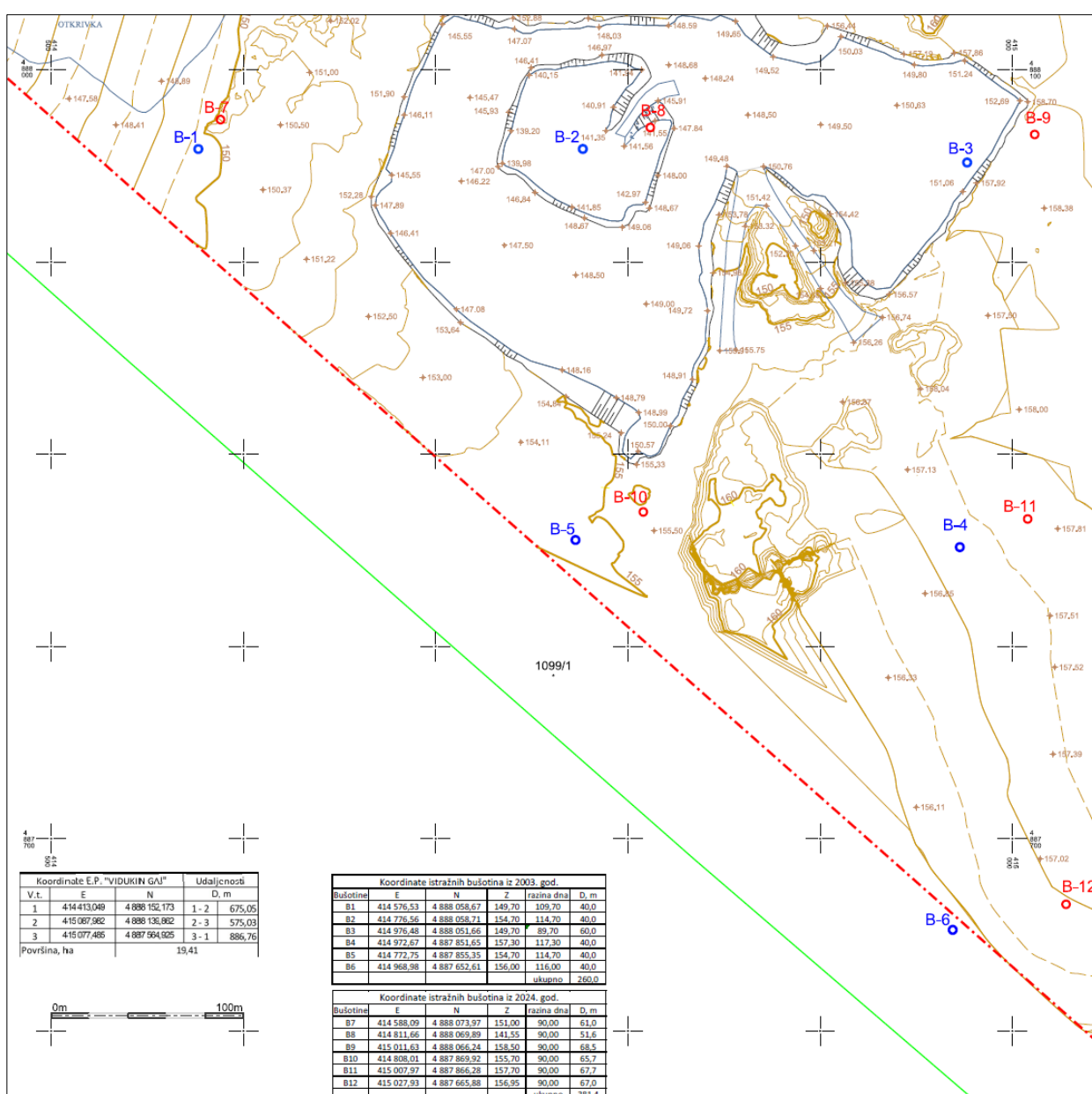


**Slika 4-1.** a) prikaz grafičkog modela terena;  
b) prikaz generiranog (računalnog) modela terena bez ispune – wireframe;  
c) prikaz generiranog (računalnog) modela terena s ispunom - smooth

## 4.2. Istražne bušotine

Dosadašnji istražni radovi sežu do dubine od +120 m n.v. te su, posljedično, i planirane etaže formirane na visinama od +150, +135 i +120 m n.v. Raspored novih istražnih bušotina napravljen je tako da se dosegne razina 90 m n.v. te da se maksimalno iskoristi površina eksploatacijskog polja. Pri tome su zadržane iste kategorije rezervi, odnosno propisane udaljenosti iz Pravilnika kao i za dosadašnja istraživanja. Time će se povećati rezerve TGK te stvoriti preduvjeti za produbljivanje površinskog kopa za 30 m.

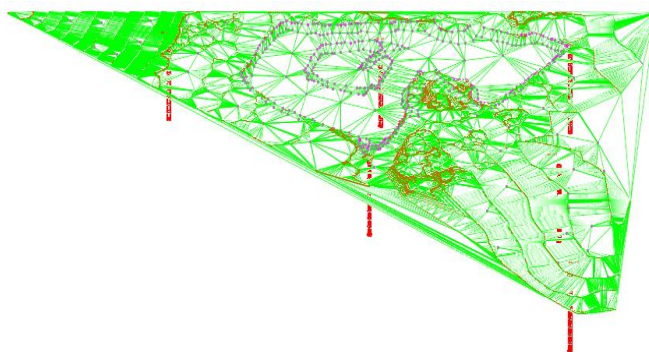
Raspored dosadašnjih (plave) i novih (crvene) istražnih bušotina prikazan je na slici 4-2.



Slika 4-2. Raspored dosadašnjih i novih istražnih bušotina

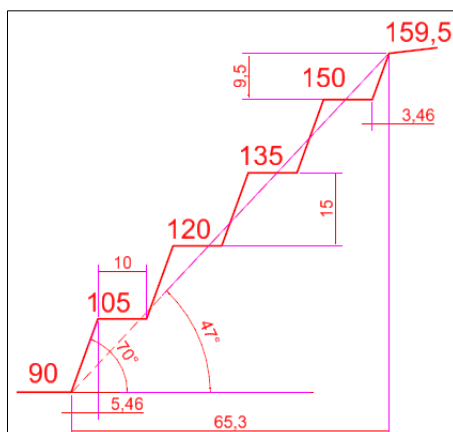
Nakon rasporeda istražnih bušotina u 2D polju, izrađen je prostorni model koji je spojen s modelom terena, kao što je prikazano na slici 6.

Istražni radovi postavljeni su na visinu terena na sljedeći način: Za radni način postavlja se „Reality Modeling“, zatim se u segmentu „Extract“, podsegmentu „Scalable Terrain Models“ odabire naredba „Drape Element“, te se selektira element koji se želi podići na visinu terena i označi se teren. Odabire se „Make Copy“, kako bi se jedna kopija elementa zadržala na osnovnoj razini, a druga zalijepila na površinu terena. Zatim se u radnom načinu „OpenRoads Modeling“, segmentu „Terrain“ odabire naredba „From Elements“ te klikom odabere prikaz istražnih radova na osnovnoj razini i na razini terena i izradi se 3D prikaz istražnih radova. Ako se želi prikazati ispunjeni model (određenim bojama) u izborniku „Display Stay List“ treba odabrati „Smooth“ ili neku drugu opciju s ispunom.



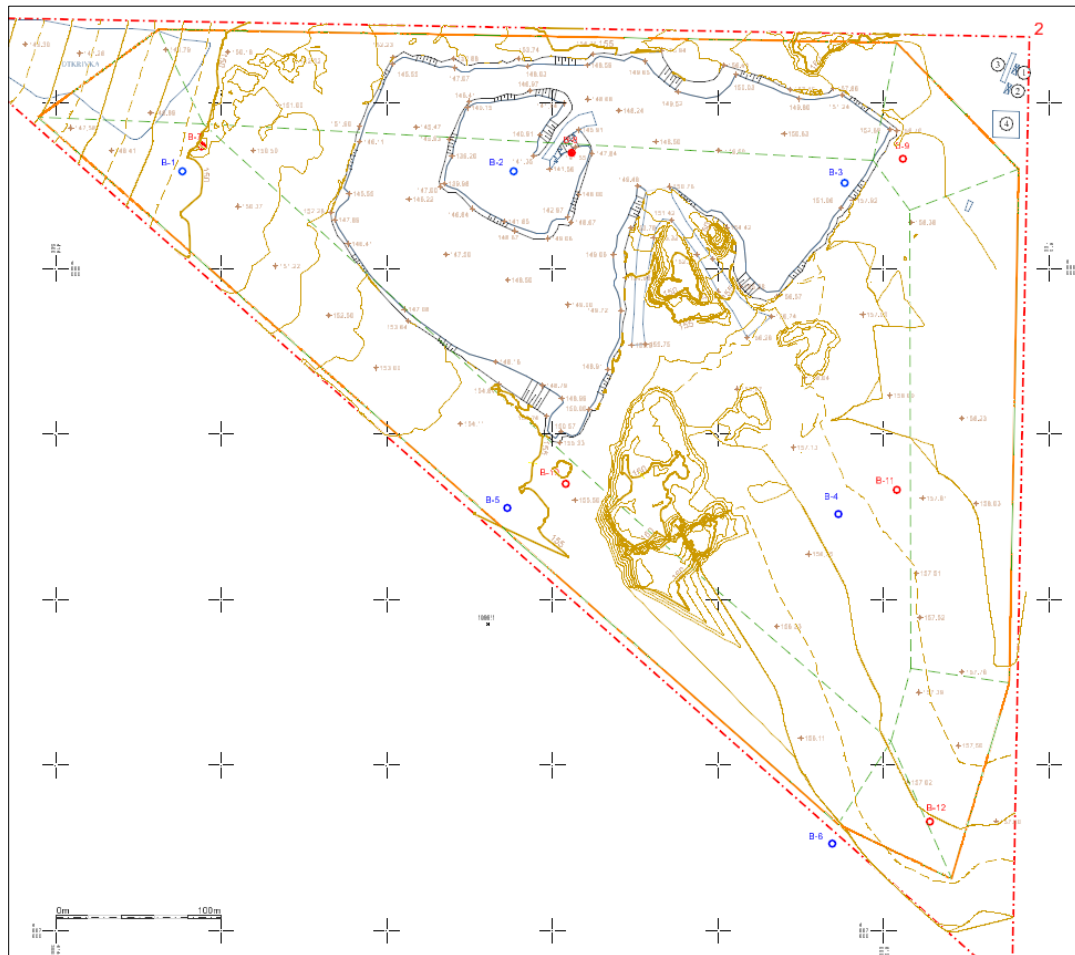
**Slika 4-3.** Model istražnih bušotina do dubine +90 m n.v.

Produbljenjem ležišta za 30 metara površinski kop će zadržati prvobitne parametre (visina i širina etaža, nagib etažne i završne kosine), koji su preuzeti iz rudarskog projekta (Nuić i dr., 2010) i prikazani na slici 4-4. Najveći očekivani nagib završne kosine, koja predstavlja granicu bilančnih i izvanbilančnih rezervi, iznosi  $47^\circ$  i nalazi se na SI strani polja.



**Slika 4-4.** Znakoviti presjek završne kosine na SI strani polja

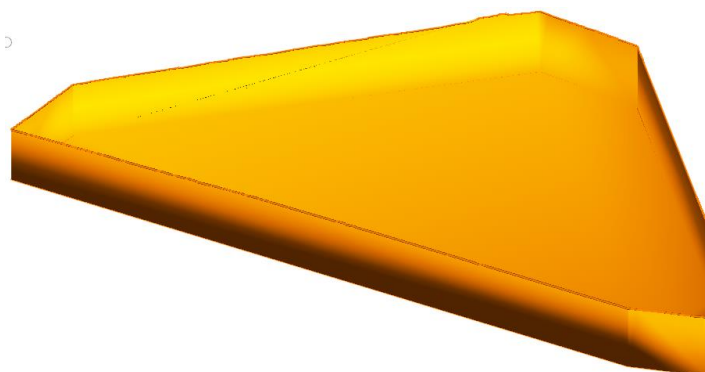
Predložena je vanjska granica rezervi, bez podjele na kategorije u ležištu, a temelji se na ekstrapolaciji najveće udaljenosti za C1 kategoriju, odnosno 75 m bočno od spojnice novih istražnih bušotina. Ta granica predstavlja ukupni obujam za proračun rezervi. Podjela ležišta na bilančni i izvanbilančni dio napravljena je ucrtavanjem projekcije završne kosine (zeleno crtkana) temeljem najvećeg očekivanog nagiba kao što je prikazano na slici 4-5.



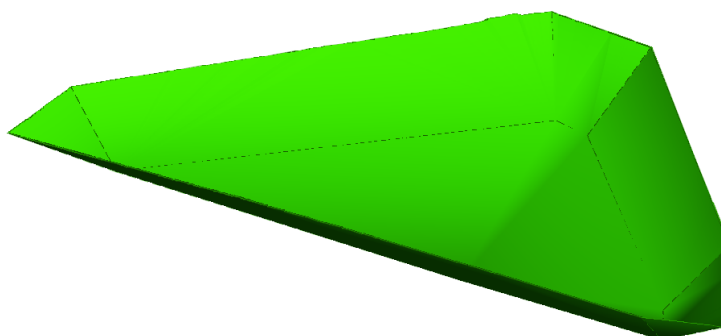
**Slika 4-5.** Karta predložene granice rezervi s projekcijom završne kosine

## 5. IZRADA MODELA GRANICE BILANČNIH I IZVANBILANČNIH REZERVI

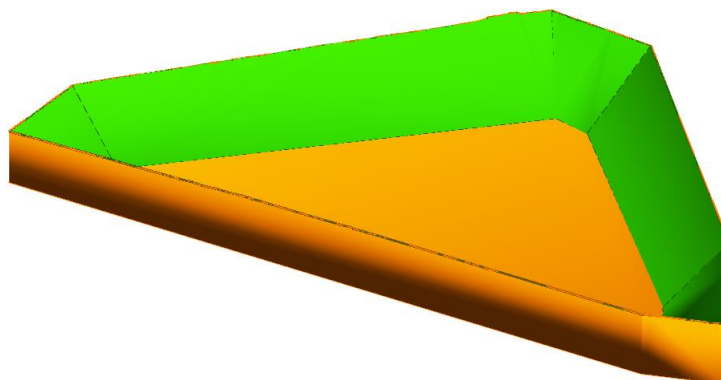
Prema karti granica rezervi, a prema načinu modeliranja istražnih radova izrađeni su i modeli ukupnog obujma te granica bilančnih rezervi. Model granica izvanbilančnih rezervi izrađen je preklapanjem (*attach-iranjem*) granice bilančnih rezervi na model granice ukupnog obujma kao što je prikazano na slici 5-1.



Model granice ukupnog obujma ležišta



Model granice bilančnih rezervi



Model granice izvanbilančnih rezervi

**Slika 5-1.** Prikaz modela ukupnog obujma te granica bilančnih i izvanbilančnih rezervi



## 6. METODE PRORAČUNA REZERVI

### 6.1. Metoda računalnog modeliranja (MRM)

Jedna od najsvremenijih metoda proračuna obujma u rudarskoj struci je metoda računalnog modeliranja. Bazira se na računanju integrala između trianguliranih površina, što znači da je za primjenu ove metode potrebno izvršiti triangulaciju. Rješenje integrala između dva nasuprotna trokuta predstavlja obujam te zatim iz pojedinačnih obujmova dobijemo ukupni obujam između ploha. U radnom načinu „*OpenRoads Modeling*“, segmentu „*Terrain*“ pod „*Volumes*“ odabire se naredba „*Analyze Volume*“ te klikom označe površine između kojih se želi izračunati obujam. Postupak se ponavlja na svakoj kategoriji rezervi i iz toga se dobije ukupni obujam stijene za bilanciranje.

Na taj način određen je obujam bilančnih i izvanbilančnih rezervi u eksploatacijskom polju „Vidukin Gaj“. Množenjem dobivenog ukupnog obujma s popravnim koeficijentom koji iznosi 0,96 dobiju se bilančne ili izvanbilančne rezerve. Oduzimanjem eksploatacijskog gubitka od bilančnih rezervi koji iznosi 2% dobiju se eksploatacijske rezerve. Izvanbilančne rezerve se ne umanjuju za eksploatacijski gubitak jer iste ostaju u završnoj kosini, odnosno nisu predviđene za eksploataciju u danim okolnostima.

Dobiveni podaci prikazani su tablicom 6-1.

**Tablica 6-1.** Proračunane rezerve metodom računalnog modeliranja

Ukupni obujam (m <sup>3</sup> )	popravni koeficijent	Bilančne rezerve (m <sup>3</sup> )	eksploatacijski gubici (%)	Eksploatacijske rezerve (m <sup>3</sup> )
7 743 474	0,96	7 433 735	2	7 285 060
Ukupni obujam (m <sup>3</sup> )	popravni koeficijent	Izvanbilančne rezerve (m <sup>3</sup> )		
3 268 965	0,96	3 138 206		

## 6.2. Metoda rudarskih blokova

Još jedna, u rudarstvu ponekad korištena metoda proračuna obujma je metoda rudarskih blokova (kontrolna metoda). Bazira se na proračunu obujma svakog pojedinačnog bloka iz srednje visine etaže ili podzemne prostorije i srednje površine baze i vrha tog bloka:

$$O = P_{SR} \cdot d_{SR} \quad (6-1)$$

$$P_{SR} = \frac{P_V + P_B}{2} \quad (6-2)$$

$$d_{SR} = \frac{\sum d}{n} \quad (6-3)$$

gdje je:

O- obujam bloka

$P_{SR}$ -srednja površina

$P_B$ -površina baze

$P_V$ -površina vrha

$d_{SR}$ -srednja dubina (debljina)

d- dubina (debljina)

n-broj bušotina

Ukupni obujam predstavlja zbroj obujmova pojedinačnih blokova.

U ovom slučaju blokove predstavljaju bušotine kojih imamo 6. Ukupnu debljinu predstavlja zbroj debljina (dubina) svih bušotina, a srednju taj zbroj podijeljen brojem bušotina. Površina baze je zapravo površina plohe rezervi na nadmorskoj visini od 90 metara, a površina predstavlja površinu plohe rezervi na razini terena. Srednja površina predstavlja zbroj te dvije površine podijeljen s brojem 2. Obujam računamo kao umnožak srednje površine i srednje debljine. Iz umnoška obujma i popravnog koeficijenta dobivene su količine, a iz njih i eksploatacijskog gubitka i eksploatacijske rezerve. Dobiveni rezultati prikazani su u tablici 3.

**Tablica 6-2.** Proračunate rezerve metodom rudarskih blokova

broj bušotina	6	broj bušotina	6
ukupna debljina (m)	382	ukupna debljina (m)	382
srednja debljina (m)	63,68	srednja debljina (m)	63,68
površina baze (m <sup>2</sup> )	77 301	površina baze (m <sup>2</sup> )	95 489
površina (m <sup>2</sup> )	172 848	površina (m <sup>2</sup> )	0
ukupna površina (m <sup>2</sup> )	125 074	ukupna površina (m <sup>2</sup> )	47 745
ukupni obujam (m <sup>3</sup> )	7 965 198	ukupni obujam (m <sup>3</sup> )	3 040 543
popravni koeficijent	0,96	popravni koeficijent	0,96
bilančne rezerve (m <sup>3</sup> )	7 646 590	izvanbilančne rezerve (m <sup>3</sup> )	2 918 922
eksploatacijski gubici (%)	2		
eksploatacijske rezerve (m <sup>3</sup> )	7 493 659		

### 6.3. Usporedba rezultata

Izvršena je usporedba rezultata proračuna dobivenih metodom računalnog modeliranja i metodom rudarskih blokova. Takva usporedba služi kao kontrola ispravnosti proračuna, Usporedba rezultata proračuna za bilančne rezerve prikazana je tablicom 6-3, a za izvanbilančne rezerve tablicom 6-4.

**Tablica 6-3.** Usporedba rezultata proračuna bilančnih rezervi

OBUJAM ZA BILANČNE REZERVE, u m <sup>3</sup>	
MRM	7 285 060
METODA BLOKOVA	7 493 659
RAZLIKA	2,78 %

**Tablica 6-4.** Usporedba rezultata proračuna izvanbilančnih rezervi

OBUJAM ZA IZVANBILANČNE REZERVE, u m <sup>3</sup>	
MRM	3 075 442
METODA BLOKOVA	2 860 543
RAZLIKA	-7,51 %

## 7. ZAKLJUČAK

Ovim završnim radom prikazan je i opisan postupak izrade prostornih (3D) modela predloženih istražnih radova i rezervi tehničko-građevnog kamena na eksploatacijskom polju „Vidukin Gaj“, primjenom *Bentley-ovog* računalog programa „*OpenRoads Designer*“. Predlaže se produbljenje ležišta s postojećih 120 metara nadmorske visine na 90 metara nadmorske visine. Programi za računalno modeliranje suvremeni su alati za zoran prikaz terena i ležišta i realnije predočavanje podzemlja, koji pojednostavljaju proces izračuna obujma i količina rezervi. Omogućavaju dobivanje slike podzemlja uz nekoliko jednostavnih postupaka poput triangulacije terena i izdizanja terena u trodimenzionalni prostor zadavanjem naredbi računalu. Prikazani su i proračuni izvanbilančnih, bilančnih i eksploatacijskih rezervi za polje „Vidukin Gaj“ metodom računalnog modeliranja i metodom rudarskih blokova. Razlika između metode računalnog modeliranja i rudarskih blokova kod izračuna bilančnih rezervi iznosi svega 2,78 %. Razlika između metode računalnog modeliranja i rudarskih blokova kod izračuna izvanbilančnih rezervi iznosi -7,51 %, što je prihvatljivo obzirom na propisane tolerancije, za kategorije rezervi: A do 10%; B do 20% i C do 30%.

## 8. LITERATURA

### Stručne podloge

- Braun, K., 2003. *Elaborat o rezervama tehničko-građevnog kamena u istražnom prostoru "VIDUKIN GAJ"*. Arhiva trgovačkog društva ZARAKOP d.o.o.
- Nuić, J., Nuić, M., Nuić, V., 2010. *Rudarski projekt eksploatacije tehničko-građevnog kamena na eksploatacijskom polju "Vidukin gaj"*. NUIING d.o.o. Zagreb.
- Nuić, J., Galić, I., Nuić, V., Savić, J., Nuić, J., Horvatić, M., 2004. *Studija utjecaja na okoliš eksploatacije tehničkog građevnog kamena na eksploatacijskom polju "Vidukin Gaj"*- Benkovac. Rudarsko-geološko naftni fakultet Zagreb.
- Pavičić, I., Galić, I., 2024. *Elaborat o rezervama tehničko-građevnog kamena na eksploatacijskom polju "Vidukin Gaj" - četvrta obnova*. Rudarsko-geološko-naftni fakultet Zagreb.
- Pavičić, I., Galić, I., 2024. *Projekt istraživanja tehničko-građevnog kamena na eksploatacijskom polju "Vidukin Gaj"*. Rudarsko-geološko naftni fakultet Zagreb.

### Zakonski i podzakonski propisi

- NARODNE NOVINE br. 56/13, 98/19 i 83/23. *Zakon o rudarstvu*. Zagreb: Narodne novine d.d.
- NARODNE NOVINE br. 138/22. *Pravilnik o utvrđivanju rezervi i eksploataciji mineralnih sirovina*. Zagreb: Narodne novine d.d.