

Optimizacija tehnologije utovara i transporta na površinskom kopu Koromačno

Štetić, Jakša

Master's thesis / Diplomski rad

2015

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:070892>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-25**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
RUDARSKO – GEOLOŠKO – NAFTNI FAKULTET
Diplomski studij rudarstva

**OPTIMIZACIJA TEHNOLOGIJE UTOVARA I TRANSPORTA NA
POVRŠINSKOM KOPU KOROMAČNO**

Diplomski rad

Jakša Štetić

R 81

Zagreb, 2015.

Zahvala

Zahvaljujem na pomoći djelatnicima rudarskog pogona u Koromačnom, a posebice inženjeru rudarstva Grantu Brleku bez čije stručne pomoći i savjeta ne bi bilo ovoga rada. Također zahvaljujem mentoru prof. dr. sc. Trpimiru Kujundžiću na pomoći i vodstvu pri izradi rada.

Naposljetku zahvaljujem svojoj obitelji i prijateljima na pruženoj potpori i razumijevanju te posvećujem ovaj rad svom novorođenom sinu Vatroslavu.

OPTIMIZACIJA TEHNOLOGIJE UTOVARA I TRANSPORTA NA POVRŠINSKOM KOPU KOROMAČNO

JAKŠA ŠTETIĆ

Diplomski rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za rudarstvo i geotehniku
Pierottijeva 6, 10000 Zagreb

Sažetak

Cilj rada bio je odrediti mogućnosti za optimiziranje utovarno-transportnog procesa na površinskom kopu Koromačno. Stoga su u prvom dijelu ovog rada opisani čimbenici koji utječu na sadašnji utovar i transport. Prikazane su postojeća transportna flota i utovarna mehanizacija, opisane su transportne trase, izmjereni su sadašnji utovarno-transportni ciklusi te je opisana drobilica koja svojim proizvodnim kapacitetom utječe na dinamiku utovara i transporta. U drugom dijelu rada pomoću računalnog programa „Fleet Production and Cost“ dobiveni su podaci o sadašnjem utovarno-transportnom procesu. U sljedećem koraku istim je programom proračunski obrađena mogućnost unaprjeđenja sadašnjeg procesa poboljšanjem stanja transportnih trasa. U završnom dijelu rada navedenim računalnim programom obrađene su dvije potencijalne solucije za zamjenu postojeće transportne flote nakon isteka njezina radnog vijeka pomoću modificiranih cestovnih kamiona, sa naglaskom na učinkovitosti eventualnih utovarno-transportnih rješenja.

Ključne riječi: utovar, površinski kop Koromačno, transport, transportna flota, „Fleet Production and Cost“ (FPC), optimizacija, modificirani cestovni kamioni

Diplomski rad sadrži: 78 stranica, 24 tablice, 64 slike i 9 referenci

Jezik izvornika: hrvatski

Diplomski rad pohranjen: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta
Pierottijeva 6, Zagreb

Voditelj: Dr. sc. Trpimir Kujundžić, izvanredni profesor RGNF

Ocjenjivači: Dr. sc. Trpimir Kujundžić, izvanredni profesor RGNF
Dr. sc. Gordan Bedeković, izvanredni profesor RGNF
Dr. sc. Želimir Veinović, docent RGNF

Datum obrane: 11. prosinac 2015.

OPTIMIZATION OF LOADING AND HAULING OPERATIONS AT OPEN PIT KOROMAČNO

JAKŠA ŠTETIĆ

Thesis completed in: University of Zagreb
Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering
Department of Mining and Geotechnical Engineering
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Abstract

The subject of this thesis was to define possible improvements of the current loading and hauling operations at open pit Koromačno. In order to do that, first it was necessary to define and describe all the factors that affect these operations. Therefore, the first part of the thesis deals with current state of loaders, haulers, hauling routes and crushing plant present at Koromačno quarry. Data concerning observed loading and hauling cycles is also shown in this part. In the second part of this thesis computer software *Fleet Production and Cost* was used to get a better insight in the productivity and effectivity of current loading and hauling operations. The same software was then used to analyse potential effects of improvements in the current hauling routes. In the final part of the thesis, using the same computer software, two solutions for replacing the existing hauling fleet were analyzed. Both solutions for replacing the current hauling fleet after the end of it's lifetime are based on the use of modified on-road trucks. Effects on overall productivity for implementing both of these solutions were also analyzed.

Keywords: loading, open pit Koromačno, hauling, hauling routes, Fleet Production and Cost (FPC), optimization, modified on-road trucks

Thesis contains: 78 pages, 24 tables, 64 figures and 9 references

Original in: Croatian

Thesis deposited in: Library of Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering,
Pierottijeva 6, Zagreb

Supervisor: PhD Trpimir Kujundžić, Associate Professor

Reviewers: PhD Trpimir Kujundžić, Associate Professor
PhD Gordan Bedeković, Associate Professor
PhD Želimir Veinović, Assistant Profesor

Date of defense: December 11, 2015.

POPIS TABLICA	II
POPIS SLIKA	IV
1. UVOD	1
2. UVID U ČIMBENIKE KOJI UTJEČU NA SADAŠNJI UTOVAR I TRANSPORT	3
2.1. Stanje postojeće transportne flote	3
2.2. Stanje postojeće utovarne mehanizacije	10
2.3. Stanje postojećeg drobiličnog postrojenja	15
2.4. Stanje postojećih transportnih puteva	16
2.4.1. Transportna trasa od druge etaže do drobilice	18
2.4.2. Transportna trasa od treće etaže do drobilice	20
2.4.3. Transportna trasa od četvrte etaže do drobilice	22
2.4.4. Transportna trasa od pete etaže jug do drobilice	24
2.4.5. Transportna trasa od pete etaže sjever do drobilice	26
2.4.6. Transportna trasa od šeste etaže do drobilice	28
2.4.7. Transportna trasa od kamenoloma do drobilice	30
2.5. Postojeći utovarno-transportni ciklusi	32
3. OPTIMIZACIJA SADAŠNJEG UTOVARNO-TRANSPORTNOG PROCESA SA PREDLOŽENIM MJERAMA ZA UNAPRIJEĐENJE UČINKOVITOSTI.....	39
3.1. Metode rada računalnog programa <i>Fleet Production and Cost</i>	39
3.2. Proračun sadašnjeg utovarno-transportnog procesa	45
3.3. Proračun utovarno-transportnog procesa uz poboljšanja za povećanje učinkovitosti.....	51
4. ANALIZA ISPLATIVOSTI I UČINKOVITOSTI RAZLIČITIH KONCEPATA TRANSPORTNE FLOTE I CJelokUPNOG UTOVARNO-TRANSPORTNOG PROCESA U BUDUĆNOSTI	59
4.1. Proračun utovarno-transportnog procesa uz uporabu modificiranih cestovnih kamiona Volvo FMX 500 8x4	59
4.2. Proračun utovarno-transportnog procesa uz uporabu modificiranih cestovnih kamiona Volvo FMX 540 10x4	67
5. ANALIZA REZULTATA	74
6. ZAKLJUČAK.....	76
7. LITERATURA	78

POPIS TABLICA

Tablica 2-1. Tehničke specifikacije Perlinijevog modela DP 405.....	4
Tablica 2-2. Osnovni podaci o transportnom stroju s internom oznakom P-3.....	7
Tablica 2-3. Osnovni podaci o transportnom stroju s internom oznakom P-4.....	8
Tablica 2-4. Osnovni podaci o transportnom stroju s internom oznakom P-5.....	9
Tablica 2-5. Tehničke specifikacije Caterpillarovog modela 980H.....	11
Tablica 2-6. Osnovni podaci o utovarnom stroju s internom oznakom 980 H.....	13
Tablica 2-7. Osnovni podaci o utovarnom stroju s internom oznakom 980 H2.....	14
Tablica 2-8. Osnovni podaci o drobilici u Koromačnom.....	15
Tablica 2-9. Ovisnost otpora kotrljanju o stanju transportnog puta (Komatsu, 2009).....	17
Tablica 2-10. Zabilježeni terenski uvjeti na mjestima karakterističnih točaka na trasi od druge etaže do drobilice.....	19
Tablica 2-11. Zabilježeni terenski uvjeti na mjestima karakterističnih točaka na trasi od treće etaže do drobilice.....	21
Tablica 2-12. Zabilježeni terenski uvjeti na mjestima karakterističnih točaka na trasi od četvrte etaže do drobilice.....	23
Tablica 2-13. Zabilježeni terenski uvjeti na mjestima karakterističnih točaka na trasi od pete etaže jug do drobilice.....	25
Tablica 2-14. Zabilježeni terenski uvjeti na mjestima karakterističnih točaka na trasi od pete etaže sjever do drobilice.....	27
Tablica 2-15. Zabilježeni terenski uvjeti na mjestima karakterističnih točaka na trasi od šeste etaže do drobilice.....	29

Tablica 2-16. Zabilježeni terenski uvjeti na mjestima karakterističnih točaka na trasi od kamenoloma do drobilice.....	31
Tablica 2-17. Izmjereno vrijeme trajanja utovarnog procesa na šestoj etaži.....	35
Tablica 2-18. Izmjereno vrijeme trajanja utovarnog procesa na drugoj etaži, prvi dan mjerenja.....	36
Tablica 2-19. Izmjereno vrijeme trajanja utovarnog procesa na drugoj etaži, drugi dan mjerenja.....	37
Tablica 2-20. Izmjereno vrijeme trajanja transportnog procesa na trasi koja vodi od šeste etaže do drobilice.....	38
Tablica 2-21. Izmjereno vrijeme trajanja transportnog procesa na trasi koja vodi od druge etaže do drobilice.....	38
Tablica 4-1. Osnovne tehničke specifikacije modela FMX 500 8x4 proizvođača Volvo....	60
Tablica 4-2. Osnovne tehničke specifikacije modela FMX 540 10x4 proizvođača Volvo..	67
Tablica 5-1. Sažeti prikaz provedenih proračuna	75

POPIS SLIKA

Slika 1-1. Tvornica cemenata Koromačno i površinski kop.....	2
Slika 2-1. Dimenzije Perlinijevog modela DP 405 u milimetrima (perlini-equipment, 2015)	6
Slika 2-2. Dimenzije utovarivača modela 980H u milimetrima (w-equipment.com, 2015)12	
Slika 2-3. Prikaz transportnih trasa u površinskom kopu Koromačno.....	17
Slika 2-4. Prikaz transportne trase od druge etaže do drobilice.....	18
Slika 2-5. Uzdužni presjek trase od druge etaže do drobilice.....	19
Slika 2-6. Prikaz transportne trase od treće etaže do drobilice.....	20
Slika 2-7. Uzdužni presjek trase od treće etaže do drobilice.....	21
Slika 2-8. Prikaz transportne trase od četvrte etaže do drobilice.....	22
Slika 2-9. Uzdužni presjek trase od četvrte etaže do drobilice.....	23
Slika 2-10. Prikaz transportne trase od pete etaže jug do drobilice.....	24
Slika 2-11. Uzdužni presjek trase od pete etaže jug do drobilice.....	25
Slika 2-12. Prikaz transportne trase od pete etaže sjever do drobilice.....	26
Slika 2-13. Uzdužni presjek trase od pete etaže sjever do drobilice.....	27
Slika 2-14. Prikaz transportne trase od šeste etaže do drobilice.....	28
Slika 2-15. Uzdužni presjek trase od šeste etaže do drobilice.....	29
Slika 2-16. Prikaz transportne trase od kamenoloma do drobilice.....	30
Slika 2-17. Uzdužni presjek trase od kamenoloma do drobilice.....	31
Slika 2-18. Pojednostavljena shema tzv. "V kretanja" utovarivača prilikom utovara (Komatsu, 2009).....	32

Slika 2-19. Pojednostavljena shema transportnog procesa u Koromačnom.....	33
Slika 3-1. Prikaz odabira transportne mehanizacije (FPC Manual, 2015).....	40
Slika 3-2. Prikaz unosa dodatnih podataka za transportnu mehanizaciju (FPC Manual, 2015).....	41
Slika 3-3. Prikaz unosa dodatnih podataka za utovarnu mehanizaciju (FPC Manual, 2015).....	42
Slika 3-4. Prikaz unosa podataka o transportnim trasama (FPC Manual, 2015).....	43
Slika 3-5. Prikaz izračuna ukupnog trajanja ciklusa (FPC Manual, 2015).....	43
Slika 3-6. Prikaz procijenjene vrijednosti učinka flote (FPC Manual, 2015).....	44
Slika 3-7. Radni učinak s obzirom na broj transportnih strojeva (FPC Manual, 2015).....	44
Slika 3-8. Tablični prikaz konačnih rezultata proračuna (FPC Manual, 2015).....	45
Slika 3-9. Prikaz sadašnje utovarno-transportne flote.....	46
Slika 3-10. Prikaz trase od druge etaže do drobilice za sadašnju transportnu flotu	46
Slika 3-11. Prikaz trase od pete etaže jug do drobilice za sadašnju transportnu flotu.....	47
Slika 3-12. Prikaz ukupnog trajanja ciklusa za sadašnju trasu od druge etaže do drobilice za postojeću transportnu flotu.....	47
Slika 3-13. Prikaz procijenjenog stvarnog učinka postojeće flote za sadašnju trasu od druge etaže do drobilice.....	48
Slika 3-14. Prikaz radnog učinka sadašnje flote s obzirom na broj transportnih strojeva za trasu od druge etaže do drobilice.....	49
Slika 3-15. Prikaz ukupnog trajanja ciklusa za trasu od pete etaže jug do drobilice za postojeću transportnu flotu.....	49
Slika 3-16. Prikaz procijenjenog stvarnog učinka postojeće flote za trasu od pete etaže jug do drobilice.....	50

Slika 3-17. Prikaz radnog učinka postojeće flote s obzirom na broj transportnih strojeva za trasu od pete etaže jug do drobilice.....	50
Slika 3-18. Prikaz utovarno-transportne flote uz poboljšanja transportne trase od druge etaže do drobilice.....	52
Slika 3-19. Prikaz trase od pete etaže jug do drobilice uz postojeću transportnu flotu i poboljšanja za povećanje učinkovitosti.....	53
Slika 3-20. Prikaz poboljšane trase od druge etaže do drobilice uz postojeću transportnu flotu.....	53
Slika 3-21. Prikaz ukupnog trajanja ciklusa za trasu od pete etaže jug do drobilice uz postojeću transportnu flotu i poboljšanja za povećanje učinkovitosti.....	54
Slika 3-22. Prikaz procijenjenog stvarnog učinka postojeće flote za trasu od pete etaže jug do drobilice uz poboljšanja za povećanje učinkovitosti.....	55
Slika 3-23. Prikaz radnog učinka postojeće flote s obzirom na broj transportnih strojeva za trasu od pete etaže jug do drobilice uz poboljšanja za povećanje učinkovitosti.....	55
Slika 3-24. Prikaz ukupnog trajanja ciklusa za poboljšanu trasu od druge etaže do drobilice uz postojeću transportnu flotu.....	56
Slika 3-25. Prikaz procijenjenog stvarnog učinka postojeće flote za poboljšanu trasu od druge etaže do drobilice.....	57
Slika 3-26. Prikaz radnog učinka postojeće flote s obzirom na broj transportnih strojeva za poboljšanu trasu od druge etaže do drobilice.....	57
Slika 4-1. Prikaz prve potencijalne utovarno-transportne flote.....	61
Slika 4-2. Prikaz trase od pete etaže jug do drobilice za prvu potencijalnu flotu.....	61
Slika 4-3. Prikaz poboljšane trase od druge etaže do drobilice za prvu potencijalnu flotu.....	62
Slika 4-4. Prikaz ukupnog trajanja ciklusa prve potencijalne flote za trasu od pete etaže jug do drobilice.....	62

Slika 4-5. Prikaz procijenjenog stvarnog učinka prve potencijalne flote za trasu od pete etaže jug do drobilice.....	63
Slika 4-6. Prikaz radnog učinka prve potencijalne flote s obzirom na broj transportnih strojeva za trasu od pete etaže jug do drobilice.....	64
Slika 4-7. Prikaz ukupnog trajanja ciklusa prve potencijalne flote za poboljšanu trasu od druge etaže do drobilice.....	64
Slika 4-8. Prikaz procijenjenog stvarnog učinka prve potencijalne flote za poboljšanu trasu od druge etaže do drobilice.....	65
Slika 4-9. Prikaz radnog učinka prve potencijalne flote s obzirom na broj transportnih strojeva za poboljšanu trasu od druge etaže do drobilice.....	66
Slika 4-10. Prikaz druge potencijalne utovarno-transportne flote.....	68
Slika 4-11. Prikaz trase od pete etaže jug do drobilice za drugu potencijalnu flotu.....	68
Slika 4-12. Prikaz poboljšane trase od druge etaže do drobilice za drugu potencijalnu flotu.....	69
Slika 4-13. Prikaz ukupnog trajanja ciklusa druge potencijalne flote za trasu od pete etaže jug do drobilice.....	69
Slika 4-14. Prikaz procijenjenog stvarnog učinka druge potencijalne flote za trasu od pete etaže jug do drobilice.....	70
Slika 4-15. Prikaz radnog učinka druge potencijalne flote s obzirom na broj transportnih strojeva za trasu od pete etaže jug do drobilice.....	71
Slika 4-16. Prikaz ukupnog trajanja ciklusa druge potencijalne flote za poboljšanu trasu od druge etaže do drobilice.....	71
Slika 4-17. Prikaz procijenjenog stvarnog učinka druge potencijalne flote za poboljšanu trasu od druge etaže do drobilice.....	72
Slika 4-18. Prikaz radnog učinka druge potencijalne flote s obzirom na broj transportnih strojeva za poboljšanu trasu od druge etaže do drobilice.....	73

1. UVOD

Tvornica cementa u mjestu Koromačno, u vlasništvu tvrtke Holcim (Hrvatska) d.o.o., nalazi se na istočnoj obali Istre, odnosno na krajnjem južnom dijelu Labinskog poluotoka. Navedeno trgovačko društvo Holcim (Hrvatska) d.o.o. eksploatira sirovine za proizvodnju cementa i tehničko-građevni kamen na eksploatacijskom polju „Koromačno“, koje se nalazi neposredno uz samu tvornicu (Matjašić, 2015). Mineralne sirovine koje se koriste za proizvodnju cementa heterogeno su raspoređene unutar ležišta te se, ovisno o njihovom kemijskom sastavu, dijele u dvije skupine. Sirovine sa visokim udjelom kalcijevog karbonata nazivaju se „grašo“ (tal. grasso=debeo, mastan), dok se sirovine sa nižim udjelom kalcijevog karbonata nazivaju „magro“ (tal. magro=tanak, mršav). Na slici 1-1 prikazana je lokacija tvornice i površinskog kopa odmah pored nje. Tvornicu cementa Koromačno izgradilo je 1926. godine talijansko društvo Giuseppe Conigliaro iz Palermo (Vrkljan, 2006). Prednost lokacije izgrađene tvornice bila je velika količina kvalitetne sirovine za proizvodnju cementa, mogućnost jeftinog transporta morem, postojanje radne snage te mogućnost korištenja energenata iz obližnjih ugljenokopa u Raši (Matjašić, 2015). Tvornica je kroz povijest nekoliko puta mijenjala vlasnike, posljednji puta 1998. godine kada ju je preuzela tvrtka Holderbank koja danas posluje pod imenom Holcim. Jednako tako, tvornica je kroz povijest prolazila razna unapređenja tehnološkog procesa proizvodnje i povećanja kapaciteta. Jedan od najznačajnijih takvih procesa bila je rekonstrukcija peći 1959. godine te promjene načina transporta sirovine i načina eksploatacije, kada se uvode dumperi umjesto žičare te se uvodi masovno miniranje (Vrkljan, 2006). Zadnja poboljšanja proizvodnog procesa provedena su u 2000. godini kada je pušten u rad mlin sirovine kapaciteta 160 tona na sat sirovinskog brašna te je zamijenjen elektrostatički percipitator vrećastim filtrima (Vrkljan, 2006).

Sadašnja proizvodnja u Tvornici cementa Koromačno kreće se oko 1300 tona klinkera svakoga dana. Za ostvarenje tolike proizvodnje klinkera potrebno je otprilike 2200 tona sirovine za proizvodnju cementa. Na temelju navedene količine sirovine, poprilično je lako zaključiti kako se radi o složenoj logističkoj operaciji. Budući da se ta operacija gotovo svakodnevno ponavlja, odnosno da se u danima rada rudarskog pogona moraju dopremiti količine sirovine dostatne za nesmetanu proizvodnju, svako poboljšanje procesa transporta može značajno doprinijeti cjelokupnoj učinkovitosti. Iz navedenih razloga

predmet ovoga rada bit će utvrditi postoje li mogućnosti za optimizaciju utovara i transporta, te sukladno njihovom pronalasku, ponuditi rješenja za povećanje produktivnosti i učinkovitosti utovarno-transportnog procesa. Također će biti razmotrene različite koncepcije transportne flote u Tvornici cementa Koromačno u budućnosti, posebice s aspekta utvrđivanja najefikasnijeg i najekonomičnijeg modela.

Kako bi sve navedeno bilo moguće izložiti na pregledan i smislen način, određen je sljedeći strukturni koncept rada:

- uvid u sadašnje stanje transportne flote i preostale mehanizacije koja utječe na transport, transportnih puteva te utovarno-transportnih ciklusa
- utvrđivanje potencijalnih neučinkovitosti u sadašnjem transportnom procesu s ponuđenim rješenjima za unapređenje i optimizaciju
- analiza isplativosti i učinkovitosti različitih koncepata transportne flote i cjelokupnog utovarno-transportnog procesa u budućnosti



Slika 1-1. Tvornica cemenata Koromačno i površinski kop

2. UVID U ČIMBENIKE KOJI UTJEČU NA SADAŠNJI UTOVAR I TRANSPORT

U površinskom kopu koji snabdijeva tvornicu sirovinama potrebnog kemijskog sastava i tehničko-građevnim kamenom koji se koristi kao korektiv u proizvodnom procesu, materijal se oslobađa iz stijenske mase pomoću masovnog miniranja. Nakon toga se sirovina pomoću otkopne i utovarne mehanizacije priprema i utovaruje na transportnu flotu, te se prevozi do drobiličnog postrojenja koje je početna točka tehnološkog procesa proizvodnje cementa. Bitno je istaknuti da se proizvodnja u površinskom kopu i drobiličnom postrojenju odvija u dvije osmosatne smjene, dok tvornica cementa radi bez prekida. Cilj ovog poglavlja bit će utvrditi stanje transportne flote, utovarne mehanizacije te drobiličnog postrojenja koji utječu na cjelokupni transportni proces, utvrditi stanje transportnih puteva po kojima se navedena flota kreće, te pomoću terenskih mjerenja i proračuna dati detaljniji uvid u postojeće utovarno-transportne cikluse.

2.1. Stanje postojeće transportne flote

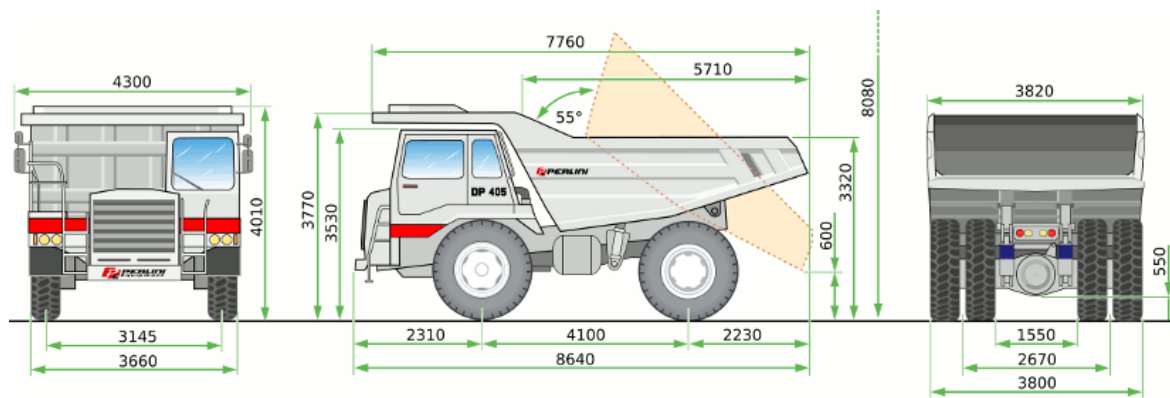
Postojeća transportna flota kojom rudarski pogon Tvornice cementa Koromačno raspolaže prilikom prijevoza sirovina za proizvodnju cementa sastoji se od tri istovrsna dumpersa modela DP 405 talijanskog proizvođača Perlini Equipment SpA. Uz navedena tri kamiona, rudarski pogon za zadovoljavanje preostalih potreba koristi dodatna dva dumpersa DP 405 koji se, iako im to nije primarna namjena, u slučaju nužde mogu koristiti pri transportu sirovina za proizvodnju cementa. Cjelokupni transport sirovina obavlja se isključivo pomoću kamiona, te osim njihove uporabe ne postoji nikakav alternativni način transporta. Sva tri dumpersa koja tvore transportnu flotu u vlasništvu su tvrtke Holcim (Hrvatska) d.o.o., dok je od preostala dva kamiona jedan u vlasništvu tvrtke, a drugi u najmu. Osnovni podaci o tehničkim karakteristikama Perlinijevog modela DP 405 mogu se iščitati iz slike 2-1 te tablice 2-1 sa izloženim specifikacijama koje se odnose na taj model. Od svih prikazanih podataka važno je izdvojiti i istaknuti nekolicinu najbitnijih. Naime, radi se o strojevima sa dizel motorima koji razvijaju 550 konjskih snaga i deklariranom nosivošću od 40 tona (Perlini International, 2000). Nadalje, radi se o modelu sa automatskim sustavom prijenosa i ustanovljenom potrošnjom goriva koja se kreće između 12 i 15 litara po satu. Obujam utovarenog materijala koji stroj može prevoziti deklariran je na 26 metara kubnih, a maksimalna brzina koju razvija u natovarenom načinu rada iznosi

66,2 kilometra na sat. Također valja reći kako se ovaj stroj u dosadašnjoj praksi pokazao kao poprilično pouzdan i robustan, te generalno kao dobar izbor s obzirom na radne uvjete koji prevladavaju u površinskom kopu u Koromačnom.

Tablica 2-1. Tehničke specifikacije Perlinijevog modela DP 405

MOTOR		SUSTAV PRIJENOSA								
Model	MTU Detroit Diesel S.60	Potpuno automatski sa epicikličkim prijenosom i hidraulički aktiviranim spojkama s više ploča, te elektroničkim nadzorom								
Tip	sa 4 stupnja hlađenja vodom	Model			Allison H 5620A					
Zračni protok	turbopunjač sa među-hlađenjem	Pretvarač okretnog momenta			3 dijela TC 682					
Broj cilindara	6	Mehanizam za zaključavanje			automatski se uključuje, primjenjiv u svim brzinama prilikom kretanja unaprijed					
Provrt x hod	130 x 168 mm	Upravljanje prijenosom			automatsko (elektroničko)					
Radni obujam motora	14,00 litara	Hidraulički usporivač (opcionalan)			rotor za uglavljivanje koji se nalazi između učvršćenih statora					
Snaga motora (pri 2100 okr/min)	410 kW (550 KS)	Raspon brzina			6 brzina za kretanje unaprijed i 2 za kretanje unatrag					
Okretni moment (pri 1350 okr/min)	2373 Nm	Stupanj prijenosa	1	2	3	4	5	6	R	R2
		Prijenosni omjer	4,00	2,68	2,01	1,35	1,00	0,67	5,12	3,46
Filter zraka	suhog tipa, sa predčistačem i indikatorom prašine	PERFORMANSE UTOVARENOG STROJA								
Emisije motora	u skladu sa propisima 97/68 EC faze III	Stupanj prijenosa	1	2	3	4	5	6	R	R2
		Brzina (km/h)	10,5	15,7	21,0	32,8	44,3	66,2	8,6	12,8
OVJES		POGONSKA OSOVINA								
Prednji ovjes	proizvođača Perlini, oblika vilice, sa ugrađenim amortizerom,	Omjer centralne redukcije			3,06:1					
Hod ovjesa sprijeda	245 mm	Omjer epicikličke redukcije			5,25:1					
Stražnji ovjes	proizvođača Perlini, sa ugrađenim amortizerom	Ukupni omjer redukcije			16,06:1					
Hod ovjesa straga	250 mm	GUME								
UPRAVLJANJE		Sprijeda jednostruke, straga dvostruke								

Nezavisni hidraulički sustav upravljanja sa odvojenim hidrauličkim krugom i zasebnom električnom pumpom za sigurno upravljanje u slučaju prekida rada motora		Standardna veličina guma	18.00 x 33"
Protok glavne pumpe	200 litara/minuti	Standardna veličina naplataka	13.00 x 33"
Maksimalni tlak	130 bara	UTOVARNI PROSTOR	
Promjer zaokretanja	17,8 m	Rebrasta oplata, donja stranica utovarnog prostora izvedena s dva stupnja nagiba, izrađen od čelika visoke vlačne čvrstoće (1250 N/mm ²) i visoke tvrdoće (400 HB)	
KOČNICE		Debljina donje stranice	20 mm
ABS sustav za sprječavanje blokade kotača, ASR sustav za sprječavanje proklizavanja pogonskih kotača		Debljina prednje stranice	12 mm
Veličina diskova	675 x 48 mm	Debljina bočnih stranica	10 mm
Kočiona površina stražnjih kočnica	55.315 cm ²	Obujam utovarnog prostora	19,5 m ³
Promjer diska parkirne kočnice	438 mm	Obujam utovarnog prostora „povrh“ natovarenog (SAE2:1)	26 m ³
Kočiona snaga usporivača stražnjih kočnica	600 kW (804 KS)	SUSTAV ISKRCAVANJA	
Kočiona snaga motora (pri 2100 okr/min)	283 kW (380 KS)	Protok pumpe sustava iskrcavanja	270 litara/minuti
Kočiona snaga hidrauličkog usporivača (pri 2100 okr/min)	447 kW (600 KS)	Maksimalni tlak unutar kruga	150 bara
ELEKTRIČKI SUSTAV		Vrijeme istovara	12 sekundi
Napon	24 V	KAPACITETI OPERATIVNIH FLUIDA	
Baterije	2 baterije od 12 V, svaka 180 Ah	Spremnik goriva	500 litara
Alternator	24 V – 75 A	Motorno ulje	40 litara
MASE		Ulje za sustav prijenosa	58 litara
Nosivost	40 000 kg	Ulje za pogonsku osovinu	110 litara
Masa praznog stroja (neto masa)	30 400 kg	Ulje za kočnice i sustav iskrcavanja	250 litara
Masa utovarenog stroja (bruto masa)	70 400 kg	Ulje za sustav upravljanja	32 litre
Raspodjela opterećenja	utovaren	prazan	Ulje za ovjes
Sprijeđa	33 %	48 %	Rashladno ulje
Straga	67 %	52 %	
			115 litara



Slika 2-1. Dimenzije Perlinijevog modela DP 405 u milimetrima (perlini-equipment, 2015)

Detaljniji uvid u stanje transportne flote moguće je ostvariti pomoću tablica 2-2, 2-3 i 2-4 u kojima su prikazane najvažnije tehničke specifikacije, kao i podaci vezani uz dosadašnji radni vijek transportnih strojeva koji sačinjavaju flotu. Unutar svake tablice navedena je interna oznaka pojedinog kamiona koji se koristi u transportnom procesu, dan je fotografski prikaz stroja, te je za svaki dumper naznačena godina proizvodnje. U slučaju stroja navedenog kao P-5, naznačena godina odnosi se na vrijeme provedbe procesa reparacije stroja uslijed ostvarenja prevelikog broja radnih sati. Reparacija je odrađena od strane originalnog proizvođača, Perlini Equipment SpA, te su stroj i svi njegovi dijelovi naknadno testirani i ovjereni u skladu s propisanom procedurom. Naposljetku se valja osvrnuti na najvažniji parametar prilikom evaluacije stanja transportne mehanizacije, broj radnih sati strojeva. Kao što je već rečeno, jedan je kamion repariran te su mu sadašnja očitavanja ostvarenog broja radnih sati razmjerno mala. Dumperi sa internim oznakama P-3 i P-4 su starijeg datuma proizvodnje, odnosno nisu prolazili proces reparacije, te su kod njih veća očitavanja ostvarenog broja radnih sati. Posebice se to odnosi na dumper P-3 koji se izdvaja od ostatka transportne mehanizacije po ostvarenoj količini radnih sati. Usprkos tome, generalno stanje cjelokupne transportne flote može se okarakterizirati kao dobro budući da su svi strojevi redovito servisirani i održavani, te da na njima nisu zabilježeni nikakvi ozbiljniji nedostaci.

Tablica 2-2. Osnovni podaci o transportnom stroju s internom oznakom P-3



Interna oznaka stroja	Proizvođač		Model	Godina proizvodnje (reparacije)		Broj radnih sati stroja					
P-3	Perlini Equipment SpA		DP 405	1999.		35 862					
DIMENZIJE			MOTOR								
Maksimalna dužina		8640 mm	Model		MTU Detroit Diesel S.60						
Maksimalna širina (u kotačima)		3800 mm	Broj cilindara		6						
Maksimalna visina (prilikom istovara)		8080 mm	Provrt x hod		130 x 168 mm						
Osovinski razmak		4100 mm	Radni obujam motora		14,00 litara						
Razmak od tla		550 mm	Snaga motora (pri 2100 okr/min)		410 kW (550 KS)						
Visina utovara		3320 mm	Okretni moment (pri 1350 okr/min)		2373 Nm						
SUSTAV PRIJENOSA			PERFORMANSE UTOVARENOG STROJA								
Potpuno automatski sa epicikličkim prijenosom i hidraulički aktiviranim spojka s više ploča, te elektroničkim nadzorom			Stupanj prijenosa	1	2	3	4	5	6	R	R2
			Brzina (km/h)	10,5	15,7	21,0	32,8	44,3	66,2	8,6	12,8
Model		Allison H 5620A	UTOVARNI PROSTOR								
MASE			Debljina donje stranice		20 mm						
Nosivost		40 000 kg	Debljina prednje stranice		12 mm						
Masa praznog stroja (neto masa)		30 400 kg	Debljina bočnih stranica		10 mm						
Masa utovarenog stroja (bruto masa)		70 400 kg	Obujam utovarnog prostora		19,5 m³						
Raspodjela opterećenja	utovaren	prazan	Obujam utovarnog prostora “povrh“ natovarenog (SAE2:1)		26 m³						
Sprijeda	33 %	48 %									
Straga	67 %	52 %									

Tablica 2-3. Osnovni podaci o transportnom stroju s internom oznakom P-4



Interna oznaka stroja	Proizvođač	Model	Godina proizvodnje (reparacije)	Broj radnih sati stroja							
P-4	Perlini Equipment SpA	DP 405	2002.	29 137							
DIMENZIJE		MOTOR									
Maksimalna dužina	8640 mm	Model	MTU Detroit Diesel S.60								
Maksimalna širina (u kotačima)	3800 mm	Broj cilindara	6								
Maksimalna visina (prilikom istovara)	8080 mm	Provrt x hod	130 x 168 mm								
Osovinski razmak	4100 mm	Radni obujam motora	14,00 litara								
Razmak od tla	550 mm	Snaga motora (pri 2100 okr/min)	410 kW (550 KS)								
Visina utovara	3320 mm	Okretni moment (pri 1350 okr/min)	2373 Nm								
SUSTAV PRIJENOSA		PERFORMANSE UTOVARENOG STROJA									
Potpuno automatski sa epicikličkim prijenosom i hidraulički aktiviranim spojkama s više ploča, te elektroničkim nadzorom		Stupanj prijenosa	1	2	3	4	5	6	R	R2	
		Brzina (km/h)	10,5	15,7	21,0	32,8	44,3	66,2	8,6	12,8	
Model		Allison H 5620A	UTOVARNI PROSTOR								
MASE		Debljina donje stranice		20 mm							
Nosivost		40 000 kg	Debljina prednje stranice		12 mm						
Masa praznog stroja (neto masa)		30 400 kg	Debljina bočnih stranica		10 mm						
Masa utovarenog stroja (bruto masa)		70 400 kg	Obujam utovarnog prostora		19,5 m³						
Raspodjela opterećenja	utovaren	prazan	Obujam utovarnog prostora “povrh” natovarenog (SAE2:1)		26 m³						
Sprijeda	33 %	48 %									
Straga	67 %	52 %									

Tablica 2-4. Osnovni podaci o transportnom stroju s internom oznakom P-5



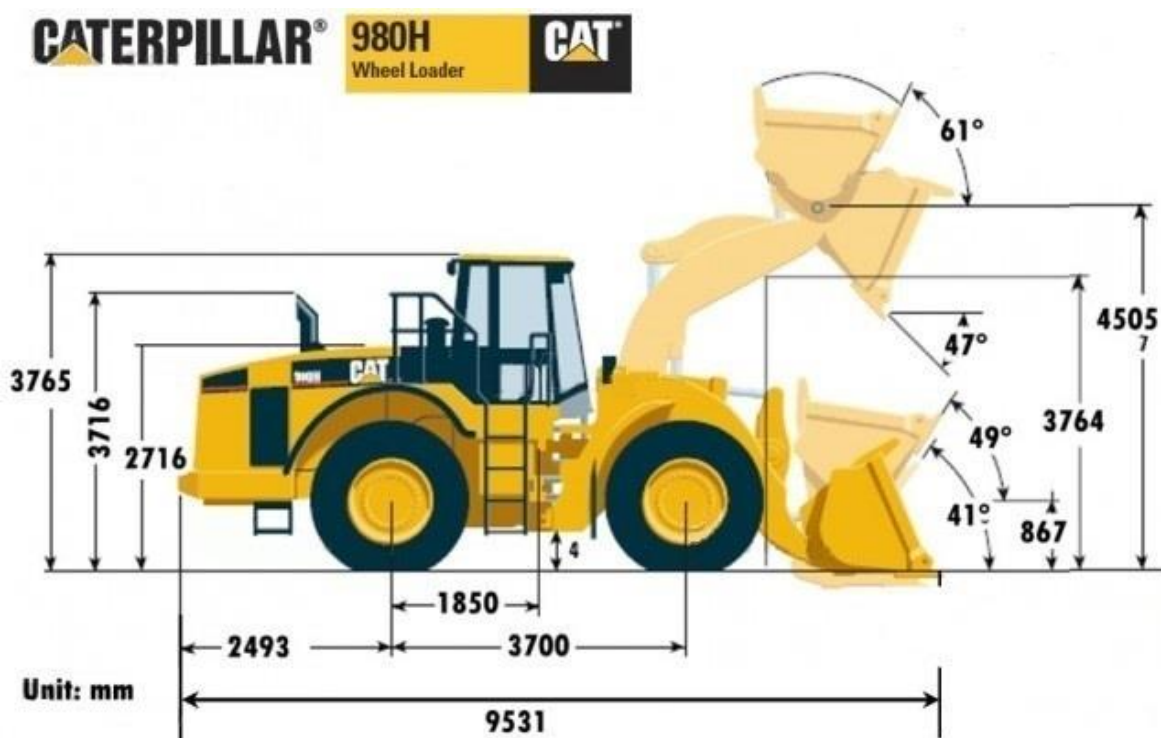
Interna oznaka stroja	Proizvođač	Model	Godina proizvodnje (reparacije)	Broj radnih sati stroja							
P-5	Perlini Equipment SpA	DP 405	2008.	2 757							
DIMENZIJE		MOTOR									
Maksimalna dužina	8640 mm	Model	MTU Detroit Diesel S.60								
Maksimalna širina (u kotačima)	3800 mm	Broj cilindara	6								
Maksimalna visina (prilikom istovara)	8080 mm	Provrt x hod	130 x 168 mm								
Osovinski razmak	4100 mm	Radni obujam motora	14,00 litara								
Razmak od tla	550 mm	Snaga motora (pri 2100 okr/min)	410 kW (550 KS)								
Visina utovara	3320 mm	Okretni moment (pri 1350 okr/min)	2373 Nm								
SUSTAV PRIJENOSA		PERFORMANSE UTOVARENOG STROJA									
Potpuno automatski sa epicikličkim prijenosom i hidraulički aktiviranim spojkama s više ploča, te elektroničkim nadzorom		Stupanj prijenosa	1	2	3	4	5	6	R	R2	
		Brzina (km/h)	10,5	15,7	21,0	32,8	44,3	66,2	8,6	12,8	
Model		Allison H 5620A	UTOVARNI PROSTOR								
MASE		Debljina donje stranice		20 mm							
Nosivost		40 000 kg	Debljina prednje stranice		12 mm						
Masa praznog stroja (neto masa)		30 400 kg	Debljina bočnih stranica		10 mm						
Masa utovarenog stroja (bruto masa)		70 400 kg	Obujam utovarnog prostora		19,5 m³						
Raspodjela opterećenja	utovaren	prazan	Obujam utovarnog prostora “povrh” natovarenog (SAE2:1)		26 m³						
Sprijeda	33 %	48 %									
Straga	67 %	52 %									

2.2. Stanje postojeće utovarne mehanizacije

Pored opisane transportne flote, jedan od najvažnijih čimbenika koji utječe na utovarno-transportne cikluse i učinkovitost cjelokupne proizvodnje jest utovarna mehanizacija. U slučaju Tvornice cementa Koromačno, odnosno njenog rudarskog pogona, raspoloživu utovarnu mehanizaciju namijenjenu utovaru sirovina za cement pridobivenih unutar površinskog kopa sačinjavaju dva utovarivača modela 980H tvrtke Caterpillar Inc.. Oba stroja u vlasništvu su tvrtke Holcim (Hrvatska) d.o.o., a detaljni podaci o dimenzijama i tehničkim specifikacijama promatranog modela mogu se iščitati iz tablice 2-5 i slike 2-2. Iz priloženog je vidljivo kako se radi o utovarnom stroju sa voznim uređajem na gumenim kotačima i glavnim pogonom pomoću dizel motora. Pomoćni pogon stroja, kojim se ostvaruje kretanje radnog elementa, odnosno utovarne lopate, sastoji se od hidrauličkih cilindara i hidrauličke pumpe. Cjelokupnu izvedbu utovarivača tvore dva međusobno odvojena dijela koja su zglobno povezana kako bi se omogućilo zakretanje stroja. Prednost takve izvedbe jest i mogućnost čvršćeg, odnosno krućeg ovjesa, što je posebice važno kod strojeva velike vlastite mase, te prilikom nejednolikog rasporeda tereta na prednje i stražnje kotače (Kujundžić, 2015). Također, jedno od značajnijih obilježja ovoga modela jest masa stroja koja, sa priključenom lopatom namijenjenom za generalnu uporabu, iznosi 30,519 tona. To omogućuje da se kritični moment prevrtanja, sa priključenom lopatom generalne namjene i sa potpuno zakrenutim strojem, razvija tek pri teretu mase 19,496 tona. Snaga koju razvija ugrađeni dizelski motor iznosi 392 KS bruto, odnosno 349 KS neto, a ovisno o potrebama rada, na stroj je moguće priključiti utovarne lopate različitih izvedbi i volumena.

Tablica 2-5. Tehničke specifikacije Caterpillarovog modela 980H

MOTOR		SUSTAV PRIJENOSA									
Model	Cat® C15 ACERT™	Sveukupno osam brzina, četiri za kretanje unaprijed i četiri za kretanje unatrag									
Bruto snaga motora (pri 1800 okr/min)	293 kW (392 KS)	Stupanj prijenosa	1	2	3	4	R1	R2	R3	R4	
		Brzina (km/h)	6,6	11,8	20,7	36,3	7,6	13,5	23,6	41,5	
Neto snaga motora (pri 1800 okr/min)	260 kW (349 KS)	HIDRAULIČKI SUSATV I PERFORMANCE									
Okretni moment (pri 1200 okr/min)	1619 Nm	Protok pumpe					464 litara/minuti				
Broj cilindara	6	Ventil za ograničavanje tlaka postavljen na					20700 kPa (207 bara)				
Provrt	137 mm	Vrijeme podizanja radnog elementa					6,0 sekundi				
Hod	171 mm	Vrijeme istovara					2,1 sekundi				
Radni obujam motora	15,20 litara	Vrijeme spuštanja radnog elementa					3,4 sekundi				
MASE		KAPACITETI OPERATIVNIH FLUIDA									
Masa praznog stroja (sa lopatom za generalnu uporabu)	30 519 kg	Spremnik goriva					479 litara				
Masa tereta koja uzrokuje moment prevrtanja kada je stroj zakrenut (sa lopatom za generalnu uporabu)	19 496 kg	Motorno ulje					64 litre				
DIMENZIJE ISTOVARA		Ulje sustava prijenosna					62 litre				
Visina istovara radnog elementa(pri 45°)	3 305 mm	Rashladni fluid					83 litre				
KOČNICE		Pogonski fluidi prednjeg dijela					87 litara				
U skladu sa ISO 3450-2011 standardima		Pogonski fluidi stražnjeg dijela					87 litara				
GUME		Spremnik hidrauličkog ulja					125 litara				
29.5 R 25, L-3 (XHA); 29.5 R 25, L-5 (XLDD2A); 29.5 R 25, L-5 (XMINED2); 29.5 R 25, L-3 (VMT BS); 29.5 R 25, L-4 (GB4B)		Hidraulički sustav (uključujući spremnik hidrauličkog ulja)					250 litara				



Slika 2-2. Dimenzije utovarivača modela 980H u milimetrima (w-equipment.com, 2015)

Detaljni podaci o stanju utovarivača prikazani su tablicama 2-6 i 2-7. U njima su, uz osnovne tehničke specifikacije, izloženi podaci vezani uz dosadašnji radni vijek strojeva. U obje tablice navedena je interna oznaka stroja, godina proizvodnje, broj ostvarenih radnih sati, tip priključene lopate sa deklariranim volumenom, te je dan fotografski prikaz pojedinih utovarivača. Valja napomenuti kako je u slučaju utovarivača sa internom oznakom 980 H proveden generalni remont stroja 2013. godine, dok se, uslijed manjeg broja ostvarenih radnih sati, za utovarivač sa internom oznakom 980 H2 generalni remont planira provesti u 2016. godini. Za kraj valja spomenuti uporabu lanaca na gumama koja je vidljiva iz fotografija utovarnih strojeva. Naime, usprkos povećavanoj potrošnji goriva uslijed njihove primjene, lanci su se pokazali vrlo efikasnim pri smanjenju potrošnje guma te su tako opravdali svoju uporabu.

Tablica 2-6. Osnovni podaci o utovarnom stroju s internom oznakom 980 H



Interna oznaka stroja	Proizvođač	Model	Godina proizvodnje	Tip utovarne lopate	Volumen utovarne lopate	Broj radnih sati stroja					
980 H	Caterpillar Inc.	980H	2006.	V oblik, za teške uvjete rada	4,8 m³	22 427					
MOTOR			SUSTAV PRIJENOSA								
Model	Cat® C15 ACERT™		Sveukupno osam brzina, četiri za kretanje unaprijed i četiri za kretanje unatrag								
Bruto snaga motora (pri 1800 okr/min)	293 kW (392 KS)		Stupanj prijenosa	1	2	3	4	R1	R2	R3	R4
			Brzina (km/h)	6,6	11,8	20,7	36,3	7,6	13,5	23,6	41,5
Neto snaga motora (pri 1800 okr/min)	260 kW (349 KS)		HIDRAULIČKI SUSATV I PERFORMANCE								
Okretni moment (pri 1200 okr/min)	1619 Nm		Vrijeme podizanja radnog elementa		6,0 sekundi						
Radni obujam motora	15,20 litara		Vrijeme istovara		2,1 sekundi						
DIMENZIJE ISTOVARA			Vrijeme spuštanja radnog elementa		3,4 sekundi						
Visina istovara radnog elementa(pri 45°)	3 305 mm		MASE								
GUME			Masa praznog stroja (sa lopatom za generalnu uporabu)				30 519 kg				
29.5 R 25, L-3 (XHA); 29.5 R 25, L-5 (XLDD2A); 29.5 R 25, L-5 (XMINED2); 29.5 R 25, L-3 (VMT BS); 29.5 R 25, L-4 (GB4B)			Masa tereta koja uzrokuje moment prevrtanja kada je stroj zakrenut (sa lopatom za generalnu uporabu)				19 496 kg				

Tablica 2-7. Osnovni podaci o utovarnom stroju s internom oznakom 980 H2



Interna oznaka stroja	Proizvođač	Model	Godina proizvodnje	Tip utovarne lopate	Volumen utovarne lopate	Broj radnih sati stroja					
980 H2	Caterpillar Inc.	980H	2008.	V oblik, za teške uvjete rada	4,8 m³	18 213					
MOTOR			SUSTAV PRIJENOSA								
Model	Cat® C15 ACERT™		Sveukupno osam brzina, četiri za kretanje unaprijed i četiri za kretanje unatrag								
Bruto snaga motora (pri 1800 okr/min)	293 kW (392 KS)		Stupanj prijenosa	1	2	3	4	R1	R2	R3	R4
			Brzina (km/h)	6,6	11,8	20,7	36,3	7,6	13,5	23,6	41,5
Neto snaga motora (pri 1800 okr/min)	260 kW (349 KS)		HIDRAULIČKI SUSATV I PERFORMANCE								
Okretni moment (pri 1200 okr/min)	1619 Nm		Vrijeme podizanja radnog elementa		6,0 sekundi						
Radni obujam motora	15,20 litara		Vrijeme istovara		2,1 sekundi						
DIMENZIJE ISTOVARA			Vrijeme spuštanja radnog elementa		3,4 sekundi						
Visina istovara radnog elementa(pri 45°)	3 305 mm		MASE								
GUME			Masa praznog stroja (sa lopatom za generalnu uporabu)				30 519 kg				
29.5 R 25, L-3 (XHA); 29.5 R 25, L-5 (XLDD2A); 29.5 R 25, L-5 (XMINED2); 29.5 R 25, L-3 (VMT BS); 29.5 R 25, L-4 (GB4B)			Masa tereta koja uzrokuje moment prevrtanja kada je stroj zakrenut (sa lopatom za generalnu uporabu)				19 496 kg				

2.3. Stanje postojećeg drobiličnog postrojenja

Kao što je ranije spomenuto, drobilično postrojenje predstavlja završnu točku utovarno-transportnih ciklusa mineralnih sirovina za proizvodnju cementa te ujedno i početnu točku tehnološkog procesa proizvodnje unutar tvornice. Naime, nakon prolaska kroz drobilicu, sirovine se, ovisno o svom kemijskom sastavu, skladište u deponiji sirovine kao *magro* (sirovine sa niskim udjelom kalcijevog karbonata) ili kao *grasso* (sirovine sa visokim udjelom kalcijevog karbonata). Budući da u deponiji sirovine uvijek mora biti osigurana dovoljna količina materijala za konstantnu proizvodnju cementa, razumljivo je da drobilično postrojenje, preko svojeg proizvodnog kapaciteta, utječe na dinamiku utovara i transporta. Drugim riječima, potrebno je uskladiti dopremu mineralnih sirovina sa proizvodnim kapacitetom drobilice kako bi se omogućila maksimalna učinkovitost. Iz tog razloga u tablici 2-8 dan je uvid u tip drobilice, proizvođača, godinu proizvodnje i način održavanja, te su izloženi najvažniji podaci vezani za proizvodni proces.

Tablica 2-8. Osnovni podaci o drobilici u Koromačnom

			
Tip drobilice	Proizvođač	Godina proizvodnje	Održavanje
Udarna	FLS	1974.	svake godine promjena čekića, svake druge godine promjena rotora i obloge
Dimenzije ulaza	Dimenzije izlaza	Satni kapacitet	Predviđeni kapacitet smjene
0-850 mm	0-110 mm	320 t	2200 t

2.4. Stanje postojećih transportnih puteva

Ležište sirovina za proizvodnju cementa u blizini mjesta Koromačno heterogene je građe, te kemijski sastav materijala unutar ležišta varira. Budući da je u cementnoj industriji kemijski sastav sirovina krucijalan čimbenik, u proizvodnom se procesu javlja potreba za sirovinama specifičnih kemijskih svojstava. Iz tih razloga, u površinskom kopu u Koromačnom sirovina se selektivno otkopava iz ležišta, te se ponekad, prije samog transporta do drobilnog postrojenja, materijal dobiven iz različitih dijelova ležišta prethodno miješa u svrhu postizanja traženog kemijskog sastava. Kao posljedica takvog višegodišnjeg načina otkopavanja sirovina, te sveukupnih geoloških značajki okolnog terena, površinski kop odlikuje se razmjerno velikom ukupnom površinom, ujednačenim etažama srednjih do velikih visina, velikom dužinom otkopne fronte sa mogućnošću stvaranja većih rezervi mineralne sirovine na prostranim platoima, te značajnom visinskom razlikom između prve i posljednje etaže, odnosno lokacije drobilnog postrojenja i pojedinih etažnih platoa. Navedene značajke uvelike su utjecale na geometrijske značajke transportnih puteva. Kao što je ranije spomenuto, ovisno o mjestu pridobivanja, transport sirovina unutar kopa odvija se sa više različitih etažnih platoa. Stoga područje interesa ovog rada obuhvaća transport materijala sa aktivnih etaža, te etaža na kojima se, po sadašnjem planu eksploatacije, u dogledno vrijeme predviđa značajan obujam rudarskih radova. To dakle uključuje kamenolom kao izdvojenu cjelinu, te drugu, treću, četvrtu, petu jug, petu sjever i šestu etažu. Prva etaža isključena je iz razmatranja budući da u skorije vrijeme nije predviđena za eksploataciju. Terenska mjerenja transportnih puteva obavljena su pomoću GPS uređaja modela GPSMAP 62s tvrtke Garmin, te su duž pojedinih trasa zabilježene karakteristične točke. Prikaz navedenih puteva dan je pomoću programa *Google Earth* na slici 2-3, dok se tablice sa značajkama karakterističnih točaka pojedinih trasa nalaze u potpoglavljima koja slijede. U njima se, osim spomenutih tablica, nalaze prikazi pojedinih transportnih puteva pomoću spomenutog programa *Google Earth* te detaljni opisi trasa temeljeni na otporima kotrljanju i njihovim uzdužnim nagibima. Uzdužni nagibi trasa, odnosno njihovi uzdužni presjeci, dobiveni su pomoću ranije spomenutog GPS uređaja i računalnog programa *BaseCamp* tvrtke Garmin koji služi za interpretaciju dobivenih podataka. Otpori kotrljanju za određene karakteristične točke, odnosno pojedine segmente trasa, procijenjeni su na licu mjesta u skladu sa podacima izloženim u tablici 2-9 (Komatsu, 2009). Za kraj uvodnog dijela valja napomenuti kako unutar površinskog kopa postoji takozvani „glavni transportni put“ izgrađen od armirano-

betonskih ploča. On se, u dužini od 842 metra, proteže od drobiličnog postrojenja do mjesta križanja šeste etaže sa petom južnom i sjevernom etažom koje, upravo na tom mjestu, i razdvaja.



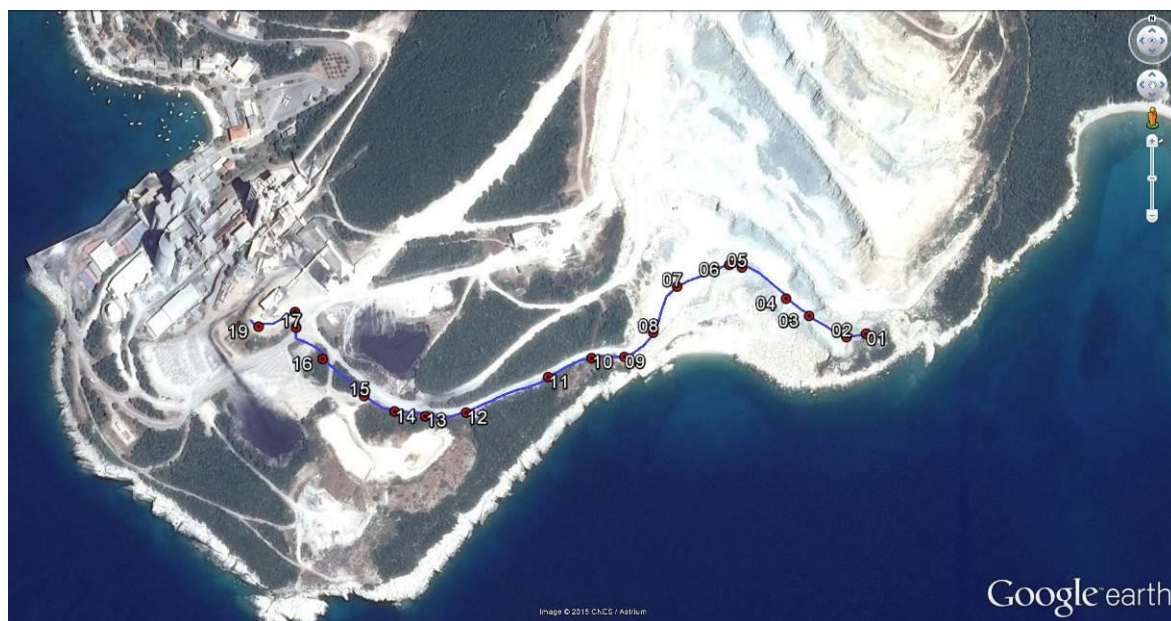
Slika 2-3. Prikaz transportnih trasa u površinskom kopu Koromačno

Tablica 2-9. Ovisnost otpora kotrljanju o stanju transportnog puta (Komatsu, 2009)

Stanje transportnog puta	Otpor kotrljanju
Dobro održavan put, ravan i utvrđen kolnik, dobra vlažnost kolnika, bez propadanja kolnika uslijed težine vozila	2 %
Dobro održavan put, ravan i utvrđen kolnik, dobra vlažnost kolnika, blago propadanje kolnika uslijed težine vozila	3,5 %
Slabo održavan put, loša vlažnost kolnika, propadanje kolnika uslijed težine vozila	5 %
Loše održavan put, neutvrđena podloga, formiranje brazdi	8 %
Put izgrađen od pijeska ili šljunka	10 %
Put koji nije održavan, mekana ili blatnjava podloga, duboko izbrazdan	15 % do 20 %

2.4.1. Transportna trasa od druge etaže do drobilice

Transportni put od najudaljenije točke platoa druge etaže do drobilice dužine je 1,01 kilometar. Specifičnost ove trase jest da se ona, za razliku od većine drugih, u velikoj mjeri prostire po neutvrđenoj površini. Naime, tek u posljednjih 65 metara put prelazi na armirano-betonsku površinu sa znatno manjim otporom kotrljanju. Najniža kota trase nalazi se na nadmorskoj visini od 17 metara, a najviša na 49 metara nadmorske visine. Na slici 2-4 prikazana je navedena transportna trasa te 19 karakterističnih točaka zabilježenih po njezinoj dužini. Podaci o zabilježenim terenskim uvjetima na mjestima karakterističnih točaka nalaze se u tablici 2-10. Uz razmjerno velik otpor kotrljanju koji je posljedica neutvrđene podloge, drugi važan čimbenik lošije kvalitete transportne trase jest neujednačenost njezinih uzdužnih nagiba. Ovdje se ponajprije misli na nekoliko lokacija unutar transportnog puta, označenih pomoću karakterističnih točaka, koje se odlikuju značajnim i naglim promjenama kutova nagiba te tako utječu na neujednačeni izgled uzdužnog presjeka prikazanog na slici 2-5. Naposljetku se valja osvrnuti na širinu transportnog puta koja onemogućava mimoilaženje dvaju dumpera te uzrokuje poteškoće u vidu potencijalnih opasnosti i neučinkovitosti. Naime, pri istovremenom radu više kamiona, dumper koji je u povratku na utovarno mjesto mora se zaustaviti na jednom od ugibališta i propustiti utovareni dumper iz suprotnog smjera. U uvjetima smanjene preglednosti, kao i na mjestima križanja sa drugim transportnim trasama, ova praksa predstavlja svojevrsan problem te zahtijeva povećani oprez vozača.



Slika 2-4. Prikaz transportne trase od druge etaže do drobilice



Slika 2-5. Uzdužni presjek trase od druge etaže do drobilice (na apscisi prikazan pomak duž trase u kilometrima, na ordinati nadmorska visina u metrima)

Tablica 2-10. Zabilježeni terenski uvjeti na mjestima karakterističnih točaka na trasi od druge etaže do drobilice

Oznaka točke	Zabilježene značajke
01	Najudaljenije utovarno mjesto druge etaže, relativno loše stanje puta sa mnogo rupa, otpor kotrljanju procijenjen na 6 %
02	Zamijećeno povećanje nagiba, trasa nije ujednačena, otpor kotrljanju procijenjen na 6 %
03	Zamijećena izbočina, na cesti nekolicina rupa i neravnina, otpor kotrljanju procijenjen na 6 %
04	Uočena nova izbočina sa naglim povišenjem, otpor kotrljanju procijenjen na 7 %
05	Zamijećeno uzdignuće terena strmim usponom, početak platoa, otpor kotrljanju procijenjen na 7 %
06	Prestanak prethodnog platoa i početak značajnijeg zavoja ulijevo, otpor kotrljanju procijenjen na 7 %
07	Zamijećen početak novog značajnijeg skretanja ulijevo, otpor kotrljanju procijenjen na 7 %
08	Početak novog skretanja, ovaj put udesno, na cesti zamijećena manja oštećenja od oborinskih voda, <u>generalno stanje ceste bolje</u> , otpor kotrljanju procijenjen na 4 %
09	Nastavak prethodno opisanog skretanja udesno uz strmi uspon, otpor kotrljanju procijenjen na 4 %
10	Zamijećena pojava omanjeg platoa, prestanak zavoja udesno i početak blagog zavoja ulijevo, unutarnja strana ceste osjetno niža zbog vododerina, otpor kotrljanju procijenjen na 4 %
11	Pojava novog manjeg platoa nakon kojeg slijedi novi uspon, unutarnja strana ceste i dalje nešto niža od vanjske, otpor kotrljanju procijenjen na 4 %
12	Početak zavoja udesno, i dalje prisutna oštećenja uslijed slijevanja vode te poprečna neujednačenost ceste, otpor kotrljanju procijenjen na 4 %
13	Početak spajanja sa transportnim putem koji vodi do treće etaže, unutarnja strana ceste ponovno niža uz neravnine, po sredini ceste nekoliko manjih izbočina, otpor kotrljanju procijenjen na 3 %
14	Završetak spajanja sa transportnim putem koji vodi do treće etaže, početak oštrijeg zavoja udesno sa izraženim nagibom, otpor kotrljanju procijenjen na 3 %
15	Križanje sa putem koji vodi do deponije gipsa, završetak zavoja udesno, početak ravne etape sa ujednačenim usponom, cesta bez oštećenja, otpor kotrljanju procijenjen na 3 %
16	Križanje sa još jednim putem koji vodi do deponije gipsa, početak skretanja ulijevo, otpor kotrljanju procijenjen na 3 %
17	Izlazak trase na tzv. "glavni transportni put", stanje ceste odlično, otpor kotrljanju procijenjen na 2 %
18	Skretanje ulijevo radi spajanja sa istovarnim platoom ispred drobilice, otpor kotrljanju procijenjen na 2 %
19	Točka istovara, širok i prostran istovarni plato ispred usipnog bunkera drobilice, mnogo mjesta za manevriranje, otpor kotrljanju procijenjen na 2 %

2.4.2. Transportna trasa od treće etaže do drobilice

Transportni put od treće etaže do drobiličnog postrojenja ukupne je dužine 1,15 kilometara. Ova se trasa, poput susjedne koja spaja drugu etažu sa drobilicom, najvećim dijelom prostire po neutvrđenoj površini. Budući da se transportni put od treće etaže u jednom dijelu spaja sa spomenutom susjednom trasom, odnosno da dvije navedene trase dijele zajedničku pristupnu cestu, i u ovome slučaju posljednjih 65 metara puta prostire se po armirano-betonskoj površini sa manjim otporom kotrljanju. Najniža kota promatrane trase nadmorske je visine od 24 metra, dok se najviša kota trase nalazi na 49 metara nadmorske visine. Cjelokupni transportni put sa 19 karakterističnih točaka zabilježenih duž njegova pružanja prikazan je na slici 2-6. Podaci o terenskim uvjetima zabilježenim na mjestima karakterističnih točaka izloženi su u tablici 2-11. Na sveukupnu kvalitetu transportnog puta ponajviše utječu veliki otpori kotrljanju te uzdužni nagibi. U prvom redu se to odnosi na nekoliko zabilježenih lokacija na kojima se, iznenadnim promjenama nagiba, uzrokuje neujednačenost uzdužnog presjeka prikazanog na slici 2-7. Kao i u slučaju transportnog puta do druge etaže, uočeno je da sadašnja širina puta izvan etažnog platoa onemogućava mimoilaženje transportne mehanizacije, te tako stvara potencijalne opasnosti i neučinkovitosti u procesu dopreme materijal.



Slika 2-6. Prikaz transportne trase od treće etaže do drobilice



Slika 2-7. Uzdužni presjek trase od treće etaže do drobilice (na apscisi prikazan pomak duž trase u kilometrima, na ordinati nadmorska visina u metrima)

Tablica 2-11. Zabilježeni terenski uvjeti na mjestima karakterističnih točaka na trasi od treće etaže do drobilice

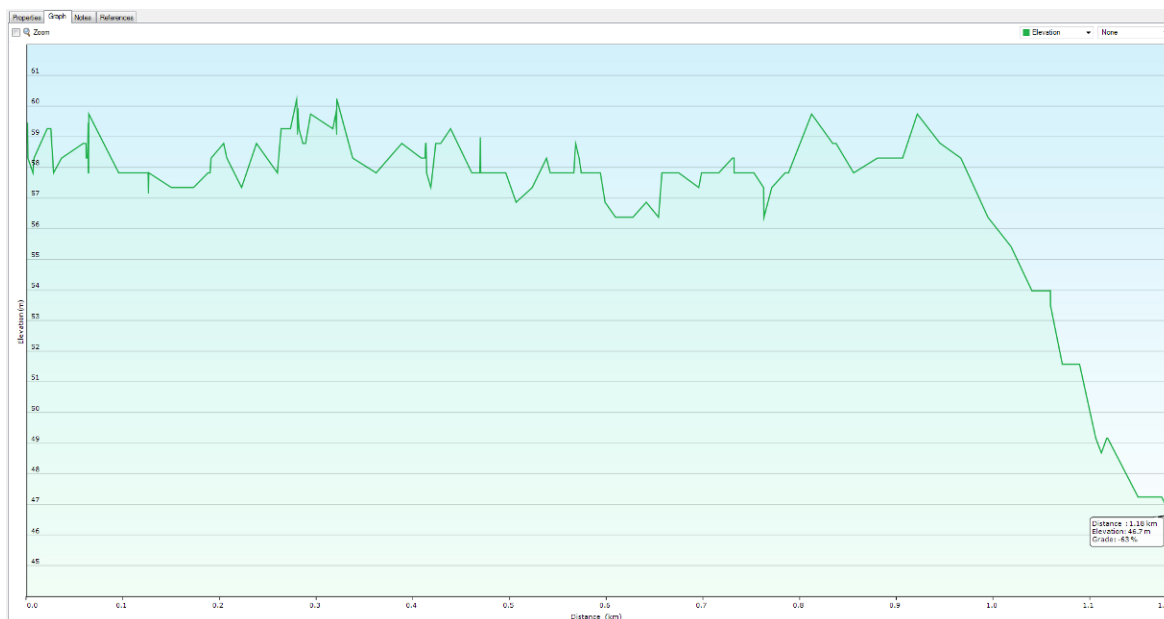
Oznaka točke	Zabilježene značajke
01	Najudaljenije utovarno mjesto treće etaže, ravnina, otpor kotrljanju procijenjen na 7 %
02	Zamijećeno izbočenje na cesti, početak dijela trase obilježenog neravninama, otpor kotrljanju procijenjen na 7 %
03	Zamijećena nova izbočina, otpor kotrljanju procijenjen na 7 %
04	Zamijećen blagi negativan nagib trase u smjeru kretanja, početak vrlo blagog skretanja ulijevo, neravnine po cesti, otpor kotrljanju procijenjen na 7 %
05	Pojava trećeg izbočenja ceste, prisutne neravnine po putu, otpor kotrljanju procijenjen na 7 %
06	Početak značajnijeg zavoja ulijevo, neravnine po putu, otpor kotrljanju procijenjen na 7 %
07	Završetak zavoja, zamijećena pojava platoa do kojeg vodi blagi uspon, otpor kotrljanju procijenjen na 7 %
08	Prestanak opisanog platoa blagim spuštanjem trase, otpor kotrljanju procijenjen na 7 %
09	Početak duljeg zavoja udesno, otpor kotrljanju procijenjen na 7 %
10	Kraj prethodnog skretanja, otpor kotrljanju procijenjen na 7 %
11	Mjesto spajanja sa putem koji ostrim nagibom i skretanjem udesno vodi prema rudarskoj autoradionici, otpor kotrljanju procijenjen na 7 %
12	Početak blagog zavoja ulijevo, stanje ceste dobro i bez neravnina, otpor kotrljanju procijenjen na 7 %
13	Početak spajanja sa transportnim putem koji vodi do druge etaže i nailazi s lijeve strane, otpor kotrljanju procijenjen na 7 %
14	Završetak spajanja sa transportnim putem koji vodi do druge etaže, početak oštrijeg zavoja udesno sa izraženim nagibom, otpor kotrljanju procijenjen na 7 %
15	Križanje sa putem koji vodi do deponije gipsa, završetak zavoja udesno, početak ravne etape sa ujednačenim usponom, cesta bez oštećenja, otpor kotrljanju procijenjen na 7 %
16	Križanje sa još jednim putem koji vodi do deponije gipsa, početak skretanja ulijevo, otpor kotrljanju procijenjen na 7 %
17	Izlazak transportne trase na tzv. "glavni transportni put", stanje ceste odlično, otpor kotrljanju procijenjen na 2 %
18	Skretanje ulijevo radi spajanja sa istovarnim platoom ispred drobilice, otpor kotrljanju procijenjen na 2 %
19	Točka istovara, širok i prostran istovarni plato ispred usipnog bunkera drobilice, mnogo mjesta za manevriranje, otpor kotrljanju procijenjen na 2 %

2.4.3. Transportna trasa od četvrte etaže do drobilice

Ukupna dužina transportne trase koja spaja četvrtu etažu sa drobiličnim postrojenjem iznosi 1,18 kilometara. Uz dvije prethodno opisane, ovo je posljednja trasa koja se odlikuje natpolovičnom duljinom puta po neutvrđenoj podlozi. Ipak, u odnosu na transportne puteve do druge i treće etaže, dio koji se prostire po utvrđenoj podlozi u ovom je slučaju znatno duži te iznosi 277 metara. Tako je, uslijed smanjenog otpora kotrljanju, povećana ukupna kvaliteta puta, te je istovremeno omogućeno mimoilaženje transportne mehanizacije na proširenom dijelu trase poslije spajanja sa tzv. „glavnim transportnim putem“. Potencijalne opasnosti i neučinkovitosti uslijed nedovoljne širine puta za mimoilaženje dumpera pojavljuju se isključivo na dionici trase koja spaja krajnji dio etažnog platoa sa armirano-betonskom cestom. Slika 2-8 prikazuje cjelokupni transportni put od četvrte etaže do drobiličnog postrojenja te lokaciju 19 karakterističnih točaka čija su obilježja izložena u tablici 2-12. Najniža točka puta nalazi se na nadmorskoj visini od 46 metra, a najviša na 60 metara iznad razine mora. Podaci o elevacijama svih zabilježenih točaka duž trase prikazani su pomoću presjeka na slici 2-9. Iz njih je jasno vidljivo kako se ujednačenost nagiba, a time i sveukupna kvaliteta puta, značajno poboljšava prelaskom trase na utvrđenu armirano-betonsku podlogu.



Slika 2-8. Prikaz transportne trase od četvrte etaže do drobilice



Slika 2-9. Uzdužni presjek trase od četvrte etaže do drobilice (na apscisi prikazan pomak duž trase u kilometrima, na ordinati nadmorska visina u metrima)

Tablica 2-12. Zabilježeni terenski uvjeti na mjestima karakterističnih točaka na trasi od četvrte etaže do drobilice

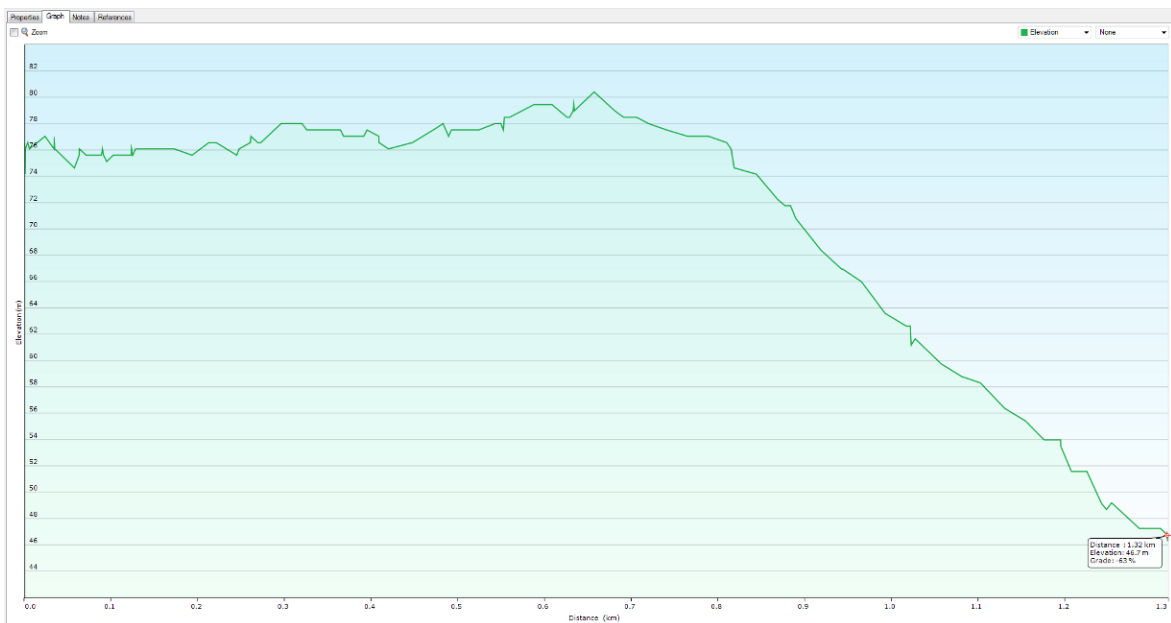
Oznaka točke	Zabilježene značajke
01	Najudaljenije utovarno mjesto četvrte etaže, radni plato, otpor kotrljanju procijenjen na 6 %
02	Blago skretanje trase udesno, cesta sa blagim poprečnim nagibom prema vanjskoj strani, zamijećene neravnine te veće udubljenje na vanjskom rubu, otpor kotrljanju procijenjen na 6 %
03	Zamijećeno novo značajnije udubljenje na vanjskom rubu, poprečna neujednačenost puta, otpor kotrljanju procijenjen na 6 %
04	Pojava izbočenja do kojeg vodi kratki i oštri uspon, ceste blago nagnuta prema vanjskom dijelu, otpor kotrljanju procijenjen na 6 %
05	Zamijećeno blago povišenje trase, križanje sa putem koji skreće desno i vodi prema petoj etaži, otpor kotrljanju procijenjen na 6 %
06	Početak zavoja ulijevo, stanje puta bolje, bez neravnina, otpor kotrljanju procijenjen na 6 %
07	Prestanak prethodnog zavoja, uočeno omanje izbočenje, pojava kraće ravne dionice nakon koje slijedi novo skretanje ulijevo, otpor kotrljanju procijenjen na 6 %
08	Izlazak iz zavoja, blagi nagib, stanje puta dobro, otpor kotrljanju procijenjen na 6 %
09	Početak blagog skretanja ulijevo, otpor kotrljanju procijenjen na 6 %
10	Početak blagog skretanja udesno nakon kojeg slijedi dulja ravna dionica trase, otpor kotrljanju procijenjen na 6 %
11	Ulazak trase u novi relativno oštar zavoj udesno, otpor kotrljanju procijenjen na 6 %
12	Križanje sa putem koji vodi do rudarske autoradionice, transportni put nastavlja uspinjući se uz blagi nagib, otpor kotrljanju procijenjen na 6 %
13	Zamijećeno omanje oštećenje puta koje je potrebno sanirati, otpor kotrljanju procijenjen na 6 %
14	Završetak uspona, početak ravnog platoa, stanje ceste dobro, otpor kotrljanju procijenjen na 6 %
15	Spajanje trase sa tzv. "glavnim transportnim putem", stanje ceste odlično, otpor kotrljanju procijenjen na 2 %
16	Cesta ponovno dobiva nagib te se spušta i skreće ulijevo, otpor kotrljanju procijenjen na 2 %
17	Skretanje ceste udesno pod malo oštrijim nagibom, otpor kotrljanju procijenjen na 2 %
18	Skretanje ulijevo radi spajanja sa istovarnim platoom ispred drobilice, otpor kotrljanju procijenjen na 2 %
19	Točka istovara, širok i prostran istovarni plato ispred usipnog bunkera drobilice, mnogo mjesta za manevriranje, otpor kotrljanju procijenjen na 2 %

2.4.4. Transportna trasa od pete etaže jug do drobilice

Drobligicu i utovarnu zonu na platou pete etaže jug povezuje transportni put dužine 1,32 kilometara. Zbog toga je ovo najduža promatrana trasa u sklopu ovoga rada. Druga važna značajka koju treba istaknuti jest da je, uslijed geometrijskih svojstava i povijesnog razvitka površinskog kopa, te samog prostiranja tzv. „glavnog transportnog puta“, ovo jedna od dviju transportnih trasa koje vode do praktički iste etaže. Naime, zbog sadašnje situacije u površinskom kopu, odnosno dimenzija i smjera pružanja šeste etaže, dva transportna puta koja vode do suprotnih dijelova pete etaže račvaju se na mjestu prestanka armirano-betonske ceste. To je važno naglasiti iz razloga što će, postupnim razvojem rudarskih radova i potpunom eksploatacijom sirovina koje se nalaze na šestoj etaži, u budućnosti cjelovitu petu etažu sa drobligicom povezivati jedinstveni transportni put. Sadašnja transportna trasa koja vodi do pete etaže jug prikazana je, zajedno sa 19 značajnih točaka, na slici 2-10. U tablici 2-13 izloženi su podaci o terenskim uvjetima ustanovljenim na mjestima naznačenih točaka. Za razliku od prethodno opisanih transportnih trasa, ova se odlikuje manjim i povoljnijim otporima kotrljanju te kvalitetnije izvedenim i sveukupno ujednačenijim elevacijskim presjekom prikazanim na slici 2-11. Ondje se također mogu iščitati kote najniže i najviše točke trase koje iznose 46, odnosno 80 metara iznad razine mora. Naposljetku valja reći kako se potencijalne opasnosti i neučinkovitosti u transportnom procesu, osim na mjestima spajanja sa drugim transportnim putevima, vežu uz uži dio trase koji spaja tzv. „glavni transportni put“ sa proširenim etažnim platoom.



Slika 2-10. Prikaz transportne trase od pete etaže jug do drobilice



Slika 2-11. Uzdužni presjek trase od pete etaže jug do drobilice (na apscisi prikazan pomak duž trase u kilometrima, na ordinati nadmorska visina u metrima)

Tablica 2-13. Zabilježeni terenski uvjeti na mjestima karakterističnih točaka na trasi od pete etaže jug do drobilice

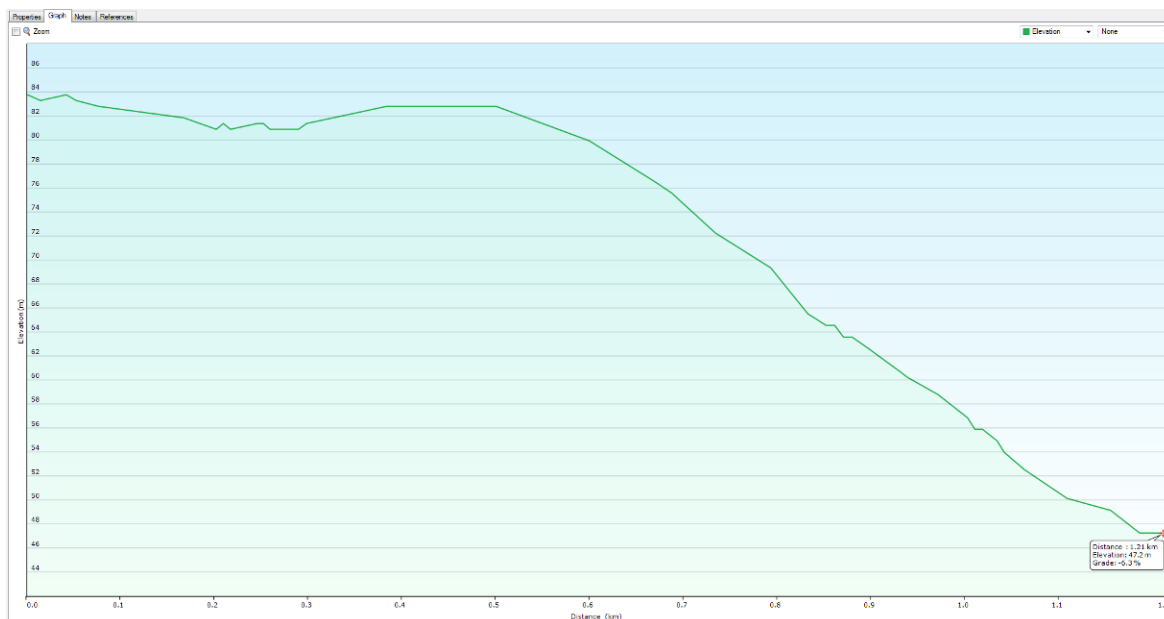
Oznaka točke	Zabilježene značajke
01	Najudaljenije utovarno mjesto pete etaže jug, radni plato, otpor kotrljanju procijenjen na 5 %
02	Zamijećena dobra kvaliteta ceste, širok kolnik, otpor kotrljanju procijenjen na 5 %
03	Uočeno izbočenje na cesti uslijed naglog i oštrog uspona, otpor kotrljanju procijenjen na 5 %
04	Pojava blagog uspona trase i skretanja udesno, otpor kotrljanju procijenjen na 5 %
05	Početak dijela trase koji je saniran i zapunjen materijalom sitnije granulacije, otpor kotrljanju procijenjen na 6 %
06	Završetak zapunjenog dijela trase, početak skretanja udesno, cesta u dobrom stanju, bez neravnina, otpor kotrljanju procijenjen na 5 %
07	Zamijećeno manje udubljenje ceste, otpor kotrljanju procijenjen na 5 %
08	Pojava blagog uspona te omanje izbočine, otpor kotrljanju procijenjen na 5 %
09	Početak preglednog skretanja ulijevo, stanje puta dobro, otpor kotrljanju procijenjen na 5 %
10	Nastavak skretanja udesno, zamijećena poprečna neujednačenost ceste, otpor kotrljanju procijenjen na 5 %
11	Prestanak zavoja, križanje sa putevima koji vode do pete etaže sjever, šeste etaže te obližnjim pomoćnim putem za četvrtu etažu, izlazak trase na tzv. "glavni transportni put", otpor kotrljanju procijenjen na 2 %
12	Početak spajanja sa transportnim putem koji vodi do kamenoloma, zamijećen blagi nagib, cesta lagano počinje skretati ulijevo, otpor kotrljanju procijenjen na 2 %
13	Završetak spajanja sa transportnim putem koji vodi do kamenoloma, ravna dionica trase, otpor kotrljanju procijenjen na 2 %
14	Povećanje nagiba, početak izraženijeg spuštanja ceste te blagog skretanja udesno, otpor kotrljanju procijenjen na 2 %
15	Križanje trase sa transportnim putem koji vodi do četvrte etaže, stanje ceste odlično, otpor kotrljanju procijenjen na 2 %
16	Cesta ponovno dobiva nagib te se spušta i skreće ulijevo, otpor kotrljanju procijenjen na 2 %
17	Skretanje ceste udesno pod malo oštrijim nagibom, otpor kotrljanju procijenjen na 2 %
18	Skretanje ulijevo radi spajanja sa istovarnim platoom ispred drobilice, otpor kotrljanju procijenjen na 2 %
19	Točka istovara, širok i prostran istovarni plato ispred usipnog bunkera drobilice, mnogo mjesta za manevriranje, otpor kotrljanju procijenjen na 2 %

2.4.5. Transportna trasa od pete etaže sjever do drobilice

Transportni put koji spaja petu etažu sjever sa drobilicom veoma je sličan transportnom putu do pete etaže jug. To ne iznenađuje budući da se obje trase prostiru po istoj dionici armirano-betonske ceste te vode do etažnih platoa približno jednakih elevacija. Ipak, navedene trase razlikuju se po ukupnoj dužini prostiranja zbog toga što je transportni put do pete etaže sjever nešto kraći, te iznosi 1,21 kilometar. Cjelokupna trasa do pete etaže sjever prikazana je na slici 2-12. Ondje su prikazani položaji 16 karakterističnih točaka zabilježenih duž trase. Podaci o zatečenom stanju transportnog puta na mjestima pojedinih karakterističnih točaka izloženi su u tablici 2-14. Zabilježeni otpori kotrljanju i stupanj ujednačenosti uzdužnih nagiba trase razmjerno su dobri budući da se cjelokupni transportni put najvećim dijelom prostire po utvrđenoj armirano-betonskoj podlozi. Najniža točka promatrane trase nalazi se na nadmorskoj visini od 46 metara, dok se najviša točka nalazi na visini od 84 metra iznad razine mora. Elevacije preostalih točaka su, uz ranije spomenute uzdužne nagibe trase, prikazane presjekom na slici 2-13. Na kraju treba spomenuti da se, kao i u slučaju transportne trase koji vodi do pete etaže jug, potencijalne opasnosti i neučinkovitosti u transportnom procesu, osim na mjestima spajanja sa susjednim transportnim putevima, javljaju na ograničenom dijelu trase koji spaja armirano-betonsku cestu sa etažnim platomom.



Slika 2-12. Prikaz transportne trase od pete etaže sjever do drobilice



Slika 2-13. Uzdužni presjek trase od pete etaže sjever do drobilice (na apscisi prikazan pomak duž trase u kilometrima, na ordinati nadmorska visina u metrima)

Tablica 2-14. Zabilježeni terenski uvjeti na mjestima karakterističnih točaka na trasi od pete etaže sjever do drobilice

Oznaka točke	Zabilježene značajke
01	Najudaljenije utovarno mjesto pete etaže sjever, radni plato, početak manje depresije, otpor kotrljanju procijenjen na 6 %
02	Prestanak udubljena, nailazak ceste na ravnu dionicu, cesta poprečno nagnuta prema vanjskom rubu, otpor kotrljanju procijenjen na 6 %
03	Ravna dionica trase, stanje puta dobro, otpor kotrljanju procijenjen na 6 %
04	Zamijećena izbočina, manja oštećenja koja su posljedica otjecanja oborinskih voda, otpor kotrljanju procijenjen na 6 %
05	Početak dijela trase sa relativno blagim i ujednačenim nagibom, zamijećena manja oštećenja ceste uslijed otjecanja oborina, otpor kotrljanju procijenjen na 6 %
06	Prestanak spuštanja trase, cesta ulazi u lijevi zavoj, širina ceste dostatna za sigurno prometovanje iako je radi oštine zavoja smanjena preglednost, otpor kotrljanju procijenjen na 6 %
07	Kraj navedenog zavoja, izlazak na ravnicu i početak spajanja na tzv. "glavni transportni put", uz desni rub ceste zamijećena manja udubina, otpor kotrljanju procijenjen na 6 %
08	Križanje sa putevima koji vode do pete etaže sjever, šeste etaže te obližnjim pomoćnim putem za četvrtu etažu, izlazak trase na tzv. "glavni transportni put", otpor kotrljanju procijenjen na 2 %
09	Početak spajanja sa transportnim putem koji vodi do kamenoloma, zamijećen blagi nagib, cesta lagano počinje skretati ulijevo, otpor kotrljanju procijenjen na 2 %
10	Završetak spajanja sa transportnim putem koji vodi do kamenoloma, ravna dionica trase, otpor kotrljanju procijenjen na 2 %
11	Povećanje nagiba, početak izraženijeg spuštanja ceste te blagog skretanja udesno, otpor kotrljanju procijenjen na 2 %
12	Križanje trase sa transportnim putem koji vodi do četvrte etaže, stanje ceste odlično, otpor kotrljanju procijenjen na 2 %
13	Cesta ponovno dobiva nagib te se spušta i skreće ulijevo, otpor kotrljanju procijenjen na 2 %
14	Skretanje ceste udesno pod malo oštrijim nagibom, otpor kotrljanju procijenjen na 2 %
15	Skretanje ulijevo radi spajanja sa istovarnim platoom ispred drobilice, otpor kotrljanju procijenjen na 2 %
16	Točka istovara, širok i prostran istovarni plato ispred usipnog bunkera drobilice, mnogo mjesta za manevriranje, otpor kotrljanju procijenjen na 2 %

2.4.6. Transportna trasa od šeste etaže do drobilice

Specifičnost transportnog puta koji povezuje šestu etažu sa drobiličnim postrojenjem jest najizraženija razlika između najniže i najviše kote trase. Najniža kota nalazi se na 46 metara nadmorske visine, dok se najviša kota nalazi na 103 metra iznad razine mora. Gledano sa aspekta dužine transportnog puta, ova trasa se, sa svojih 1,23 kilometara, ne ističe niti kao najduža ni kao najkraća. Po preostalim svojstvima za ovaj se transportni put može ustvrditi sličnost sa putevima do pete jug, odnosno pete sjever etaže. Cjelokupan prikaz transportne trase koja vodi do šeste etaže, zajedno sa lokacijama 14 karakterističnih točaka, vidljiv je na slici 2-14. Podaci o zabilježenim uvjetima na mjestima karakterističnih točaka podastrijeti su u tablici 2-15. Cjelokupnu kvalitetu transportne trase ponajviše srozavaju uvjeti koji prevladavaju na dijelu s neutvrđenom podlogom. U prvom redu se to odnosi na iznenadne promjene nagiba uslijed elevacijskih neujednačenosti na toj dionici transportnoga puta. Dokazi za navedene opaske vidljivi su na uzdužnom presjeku trase prikazanom na slici 2-15. Kao i u slučaju transportnih puteva do etaža peta jug i peta sjever, jedino je širina puta zapažena na dijelu od kraja etažnog platoa do mjesta prelaska trase na utvrđenu podlogu nedostatna za mimoilaženje transportne mehanizacije. Iz tog razloga ta je dionica transportnog puta, uz točke spajanja sa susjednim transportnim trasama, okarakterizirana kao mjesto mogućih opasnosti i neučinkovitosti u transportnom procesu.



Slika 2-14. Prikaz transportne trase od šeste etaže do drobilice



Slika 2-15. Uzdužni presjek trase od šeste etaže do drobilice (na apscisi prikazan pomak duž trase u kilometrima, na ordinati nadmorska visina u metrima)

Tablica 2-15. Zabilježeni terenski uvjeti na mjestima karakterističnih točaka na trasi od šeste etaže do drobilice

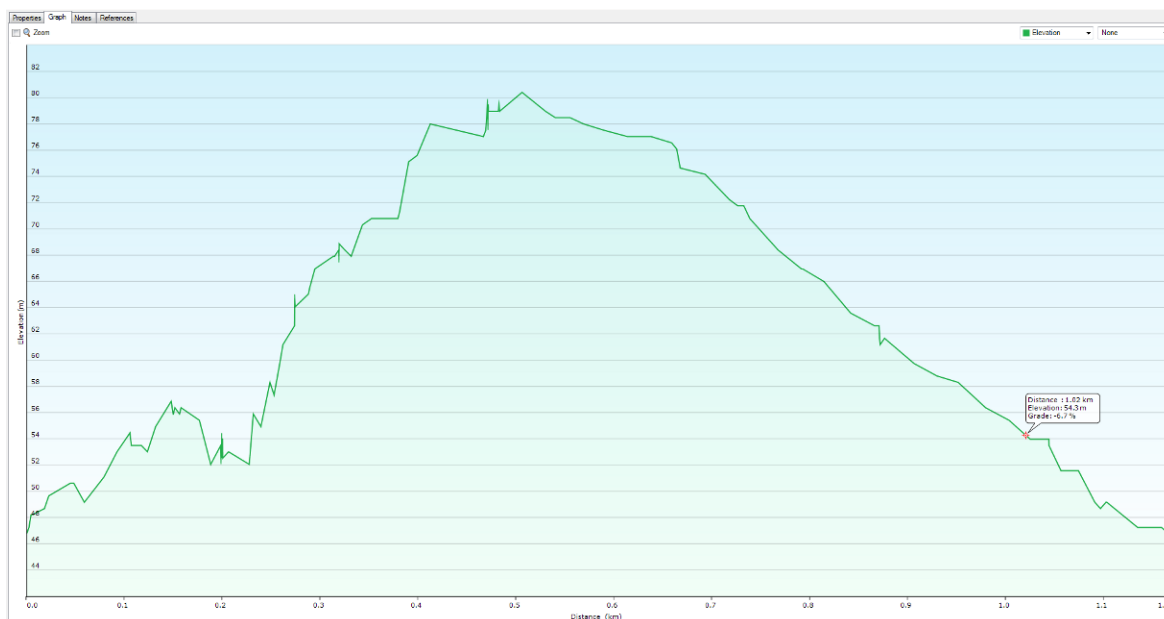
Oznaka točke	Zabilježene značajke
01	Točka utovara na šestoj etaži, radni plato, otpor kotrljanju procijenjen na 7 %
02	Početak blagog skretanja ulijevo, uočene manje neravnine po cesti, otpor kotrljanju procijenjen na 7 %
03	Početak oštrijeg zavoja udesno, cesta se spušta uslijed negativnog nagiba, otpor kotrljanju procijenjen na 7 %
04	Zamijećena izbočina, uzdužni nagib trase je neujednačen, otpor kotrljanju procijenjen na 7 %
05	Završetak prethodnog zavoja, trasa malo ujednačenija, otpor kotrljanju procijenjen na 7 %
06	Križanje sa putevima koji vode do pete etaže sjever, šeste etaže te obližnjim pomoćnim putem za četvrtu etažu, izlazak trase na tzv. "glavni transportni put", otpor kotrljanju procijenjen na 2 %
07	Početak spajanja sa transportnim putem koji vodi do kamenoloma, zamijećen blagi nagib, cesta lagano počinje skretati ulijevo, otpor kotrljanju procijenjen na 2 %
08	Završetak spajanja sa transportnim putem koji vodi do kamenoloma, ravna dionica trase, otpor kotrljanju procijenjen na 2 %
09	Povećanje nagiba, početak izraženijeg spuštanja ceste te blagog skretanja udesno, otpor kotrljanju procijenjen na 2 %
10	Križanje trase sa transportnim putem koji vodi do četvrte etaže, stanje ceste odlično, otpor kotrljanju procijenjen na 2 %
11	Cesta ponovno dobiva nagib te se spušta i skreće ulijevo, otpor kotrljanju procijenjen na 2 %
12	Skretanje ceste udesno pod malo oštrijim nagibom, otpor kotrljanju procijenjen na 2 %
13	Skretanje ulijevo radi spajanja sa istovarnim platoom ispred drobilice, otpor kotrljanju procijenjen na 2 %
14	Točka istovara, širok i prostran istovarni plato ispred usipnog bunkera drobilice, mnogo mjesta za manevriranje, otpor kotrljanju procijenjen na 2 %

2.4.7. Transportna trasa od kamenoloma do drobilice

Kamenolom kao zasebnu cjelinu u odnosu na ostatak površinskog kopa sa drobiličnim postrojenjem povezuje transportni put ukupne dužine 1,17 kilometara. Posebnost ove trase jest da se, uslijed dinamike izvođenja rudarskih radova te zbog potrebe za sirovinama specifičnih kemijskih karakteristika, materijal dovozi sa nekoliko različitih etaža unutar kamenoloma. Stoga se razmatrana trasa sa odabranim mjestom utovara može razlikovati u manjem broju detalja, ovisno o samoj lokaciji pridobivanja sirovina. Prikaz promatranog transportnog puta, zajedno sa položajima 13 karakterističnih točaka duž njegova prostiranja, nalazi se na slici 2-16. Prevladavajući terenski uvjeti zabilježeni na mjestima navedenih točaka izloženi su u tablici 2-16. Najniža i najviša točka cjelokupne transportne trase nalaze se na nadmorskoj visini od 46, odnosno 80 metara, a nadmorske visine preostalih točaka prikazane su, zajedno sa promjenama uzdužnih nagiba trase, pomoću uzdužnog presjeka na slici 2-17. Širina ceste na dionici trase sa armirano-betonskom podlogom dostatnih je dimenzija za mimoilaženje transportne mehanizacije iz dvaju suprotnih smjerova, dok na dijelu trase koji se prostire po neutvrđenoj podlozi to nije slučaj. Osim toga, na dionici trase sa neutvrđenom podlogom cjelokupna je kvaliteta puta nešto lošija zbog povećanog otpora kotrljanju, nejednolikih uzdužnih nagiba trase, te mjestimično smanjene preglednosti.



Slika 2-16. Prikaz transportne trase od kamenoloma do drobilice



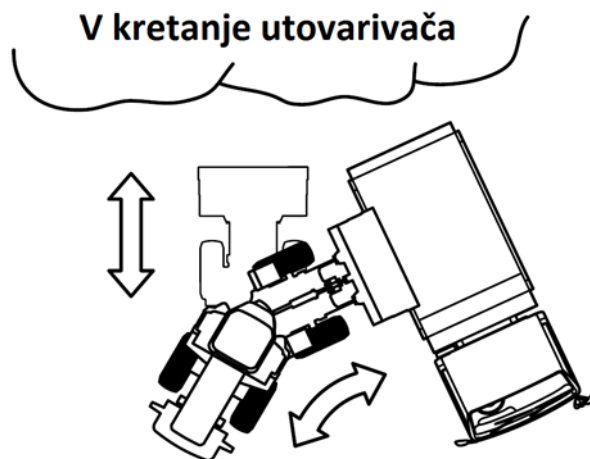
Slika 2-17. Uzdužni presjek trase od kamenoloma do drobilice (na apscisi prikazan pomak duž trase u kilometrima, na ordinati nadmorska visina u metrima)

Tablica 2-16. Zabilježeni terenski uvjeti na mjestima karakterističnih točaka na trasi od kamenoloma do drobilice

Oznaka točke	Zabilježene značajke
01	Točka utovara unutar kamenoloma, radni plato, otpor kotrljanju procijenjen na 9 %
02	Početak skretanja udesno, uspon trase jednolikim nagibom, otpor kotrljanju procijenjen na 9 %
03	Završetak prethodnog zavoja, prestanak uspona, spajanje sa putem koji vodi do više etaže unutar samog kamenoloma, kvalitetnija podloga trase, otpor kotrljanju procijenjen na 7 %
04	Početak strmog uspona, blago skretanje udesno, otpor kotrljanju procijenjen na 7 %
05	Nastavak uspona trase sa blažim nagibom, skretanje ulijevo, otpor kotrljanju procijenjen na 7 %
06	Zamijećena pojava platoa koji prekida kontinuitet uspona, otpor kotrljanju procijenjen na 6 %
07	Izlazak transportne trase na tzv. "glavni transportni put", stanje puta odlično, otpor kotrljanju procijenjen na 2 %
08	Povećanje nagiba, početak izraženijeg spuštanja ceste te blagog skretanja udesno, otpor kotrljanju procijenjen na 2 %
09	Križanje trase sa transportnim putem koji vodi do četvrte etaže, stanje ceste odlično, otpor kotrljanju procijenjen na 2 %
10	Cesta ponovno dobiva nagib te se spušta i skreće ulijevo, otpor kotrljanju procijenjen na 2 %
11	Skretanje ceste udesno pod malo oštrijim nagibom, otpor kotrljanju procijenjen na 2 %
12	Skretanje ulijevo radi spajanja sa istovarnim platoom ispred drobilice, otpor kotrljanju procijenjen na 2 %
13	Točka istovara, širok i prostran istovarni plato ispred usipnog bunkera drobilice, mnogo mjesta za manevriranje, otpor kotrljanju procijenjen na 2 %

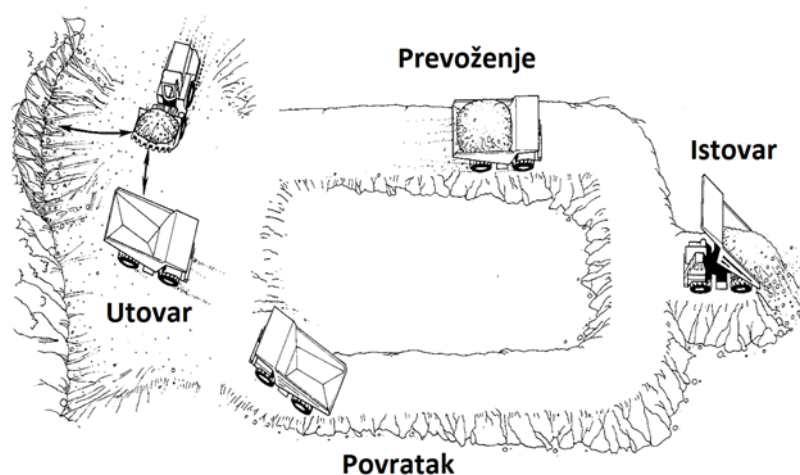
2.5. Postojeći utovarno-transportni ciklusi

Utovar mineralnih sirovina u površinskom kopu Koromačno odvija se u skladu sa shemom prikazanom na slici 2-18. Navedena shema pojednostavljeno predočava takozvano "V kretanje" utovarivača prilikom utovarnog procesa. Ono se sastoji od zahvata punjenja utovarne lopate, podizanja lopate, povratnog hoda sa zakretanjem, promjenom smjera kretanja sa pozicioniranjem na mjesto istovara, pražnjenja lopate, povratnog hoda sa zakretanjem i naposljetku promjenom smjera kretanja sa pozicioniranjem na mjesto novog zahvata, odnosno punjenja. Navedene operacije tvore ciklus punjenja i pražnjenja jedne utovarne lopate, dok trajanje ukupnog utovarnog ciklusa ovisi o broju lopata potrebnih za utovar transportne mehanizacije.



Slika 2-18. Pojednostavljena shema tzv. "V kretanja" utovarivača prilikom utovara (Komatsu, 2009)

Na slici 2-19 prikazana je pojednostavljena shema transportnog procesa prema kojoj se odvija prijevoz mineralnih sirovina u Koromačnom. Sirovina se na etažnom platou utovaruje u transportnu mehanizaciju, zatim prevozi do istovarne zone ispred drobiličnog postrojenja te istovaruje. Nakon toga, prazni dumperi vraćaju se do utovarne zone i cijeli postupak se ponavlja.



Slika 2-19. Pojednostavljena shema transportnog procesa u Koromačnom

Mjerenja utovarno-transportnih ciklusa obavljena su na dvjema unaprijed određenima transportnim trasama. Spomenuta mjerenja provedena su na drugoj i šestoj etaži pri radu različite utovarne i transportne mehanizacije, te su dobiveni podaci o vremenu potrebnom za utovar mineralnih sirovina i njihov daljnji transport do drobilice. Podaci o utovarno-transportnim ciklusima bilježeni su tijekom dva uzastopna dana terenskih mjerenja na specifičan način kako bi se kasnije mogli uklopiti u računalni program korišten za optimizaciju. Naime, kao što je vidljivo iz priloženih tablica 2-17, 2-18, 2-19 i 2-20 u nastavku ovoga poglavlja, izmjerena vremena bilježena su u decimalnim minutama, dok su operacije utovara i transporta raščlanjene u segmente kako bi se dobio što detaljniji uvid u promatrane procese i osigurala reprezentativnost rezultata. U slučaju utovarnih ciklusa to znači da je cjelokupni utovarni proces podijeljen na manje segmente određene brojem lopata potrebnih za uspješno utovarivanje transportnih kamiona. Prilikom mjerenja transportnih ciklusa, raščlamba procesa na manje segmente izvršena je u skladu s radnjama koje tvore cjelokupni transportni ciklus.

Rezultati mjerenja pokazali su kako postoje određene poželjne zakonitosti i sličnosti, ali i odstupanja u izmjerenim ciklusima. Tako je primjerice, pri svim utovarnim ciklusima broj punih lopata stroja potreban za utovar kamiona jednak te njegova vrijednost od pet ukazuje na dobru usklađenost utovarne i transportne mehanizacije (Caterpillar Inc., 2012). Jednako tako, ukupna vremena trajanja utovarnih ciklusa pri radu u određenim radnim uvjetima poprilično su bliska, odnosno bez većih oscilacija. Obje te činjenice ukazuju kako se, kod same operacije utovara mineralnih sirovina u transportnu mehanizaciju, radi o standardiziranom i dobro uvježbanom postupku pri kojem nisu zamijećene mogućnosti za

znatnija poboljšanja i optimizaciju. S druge strane, transportni ciklusi su duži u odnosu na utovarne te su kod njih zabilježena značajnija odstupanja unutar procesa i veći potencijal za optimizaciju.

Valja se osvrnuti i na uzroke zabilježenih razlika između pojedinih utovarnih i transportnih ciklusa. Razlike između utovarnih ciklusa izmjerenih na drugoj etaži te onih izmjerenih na šestoj etaži očituju se u vremenu trajanja. Razlog tome ponajprije leži u činjenici da su fizičko-mehanička svojstva mineralnih sirovina na navedenim etažama bila različita, odnosno da je, sa aspekta tehnološkog procesa utovara, zamijećena osjetno veća kvaliteta materijala koji se pridobiva na lokaciji druge etaže u odnosu na materijal sa šeste etaže. U prilog toj tvrdnji, osim uvjeta zamijećenih na licu mjesta, govore i razlike u prosječnim vremenima potrebnim za utovar lopate te vremenima manevriranja utovarivača u utovarnoj zoni.

Promatrajući rezultate mjerenja transportnih ciklusa dolazi se do zaključka kako između pojedinih mjerenja također postoje značajnije razlike. No, za razliku od utovarnih ciklusa, ovdje to nije posljedica dopreme materijala sa različitih etaža. Manje razlike u trajanju transportnih ciklusa pri dopremi materijala sa različitih lokacija naravno postoje, ali one su u prvom redu uzrokovane dužinama i konfiguracijama samih transportnih trasa. Značajnije razlike, zabilježene unutar transportnih ciklusa sa iste lokacije, ponajprije su posljedica radnog kapaciteta drobilice. Naime, nakon ulaska kamiona u istovarnu zonu, u pravilu je potrebno pričekati određeno vremensko razdoblje kako bi se iz usipnog bunkera ispraznila zaliha materijala koja omogućava kontinuirani rad drobilice. Tek tada moguće je započeti sa istovarom novodopremljenog materijala. Drugi čimbenik koji uzrokuje razlike između pojedinih ciklusa jest mimoilaženje dvaju transportnih strojeva. U takvim situacijama, uslijed nedovoljne širine transportnog puta, kamion koji je u povratku i bez tereta zaustavlja se i čeka prolazak natovarenog kamiona iz suprotnog smjera.

Tablica 2-17. Izmjereno vrijeme trajanja utovarnog procesa na šestoj etaži

BILJEŠKE: RAD 980 H NA 6. ETAŽI, LOŠIJE ZNAČAJKE MATERIJALA, NISU IZMJERENA VREMENA IZMJENE KAMIONA											
MODEL	BROJ LOPATE	POČETAK ISTOVARA	TRAJANJE ISTOVARIVANJA	KRAJ ISTOVARA	PUTOVANJE PRAZNOG UTOVARIVAČA	POČETAK UTOVARA	TRAJANJE UTOVARIVANJA	KRAJ UTOVARA	PUTOVANJE PUNOG UTOVARIVAČA	TRAJANJE IZMJENE KAMIONA	TRAJANJE CIKLUSA
980 H	1	0.000	0.077	0.077	0.186	0.263	0.133	0.396	0.197		0.593
	2	0.593	0.100	0.693	0.235	0.928	0.693	1.621	0.280		1.308
	3	1.901	0.268	2.169	0.199	2.368	0.254	2.622	0.252		0.973
	4	2.874	0.223	3.097	0.175	3.272	0.440	3.712	0.279		1.117
	5	3.991	0.188	4.179							
980 H	1	0.000	0.055	0.055	0.183	0.238	0.316	0.554	0.219		0.773
	2	0.773	0.128	0.901	0.215	1.116	0.292	1.408	0.201		0.836
	3	1.609	0.134	1.743	0.198	1.941	0.451	2.392	0.313		1.096
	4	2.705	0.219	2.924	0.198	3.122	0.139	3.261	0.198		0.754
	5	3.459	0.118	3.577							
980 H	1	0.000	0.077	0.077	0.163	0.240	0.154	0.394	0.244		0.638
	2	0.638	0.082	0.720	0.163	0.883	0.229	1.112	0.225		0.699
	3	1.337	0.121	1.458	0.159	1.617	0.153	1.770	0.210		0.643
	4	1.980	0.186	2.166	0.172	2.338	0.219	2.557	0.188		0.765
	5	2.745	0.178	2.923							
980 H	1	0.000	0.073	0.073	0.185	0.258	0.215	0.473	0.248		0.721
	2	0.721	0.109	0.830	0.221	1.051	0.296	1.347	0.220		0.846
	3	1.567	0.147	1.714	0.179	1.893	0.393	2.286	0.253		0.972
	4	2.539	0.189	2.728	0.180	2.908	0.126	3.034	0.199		0.694
	5	3.233	0.254	3.487							
980 H	1	0.000	0.066	0.066	0.370	0.436	0.324	0.760	0.271		1.031
	2	1.031	0.081	1.112	0.240	1.352	0.741	2.093	0.249		1.311
	3	2.342	0.102	2.444	0.233	2.677	0.700	3.377	0.255		1.290
	4	3.632	0.173	3.805	0.184	3.989	0.170	4.159	0.262		0.789
	5	4.421	0.258	4.679							
SREDNJE VRIJEDNOSTI			0.14424	3.76900	0.20190		0.32190		0.23815		0.89245

Tablica 2-18. Izmjereno vrijeme trajanja utovarnog procesa na drugoj etaži, prvi dan mjerenja

BILJEŠKE: RAD 980 H2 NA 2. ETAŽI, BOLJE ZNAČAJKE MATERIJALA, PRVI DAN MJERENJA											
MODEL	BROJ LOPATE	POČETAK ISTOVARA	TRAJANJE ISTOVARIVANJA	KRAJ ISTOVARA	PUTOVANJE PRAZNOG UTOVARIVAČA	POČETAK UTOVARA	TRAJANJE UTOVARIVANJA	KRAJ UTOVARA	PUTOVANJE PUNOG UTOVARIVAČA	TRAJANJE IZMJENE KAMIONA	TRAJANJE CIKLUSA
980 H2	1	0.000	0.058	0.058	0.110	0.168	0.208	0.376	0.180		0.556
	2	0.556	0.094	0.650	0.117	0.767	0.165	0.932	0.152		0.528
	3	1.084	0.090	1.174	0.119	1.293	0.229	1.522	0.153		0.591
	4	1.675	0.134	1.809	0.112	1.921	0.207	2.128	0.163		0.616
	5	2.291	0.220	2.511						1.087	
980 H2	1	0.000	0.046	0.046	0.142	0.188	0.089	0.277	0.222		0.499
	2	0.499	0.080	0.579	0.135	0.714	0.131	0.845	0.204		0.550
	3	1.049	0.076	1.125	0.151	1.276	0.193	1.469	0.176		0.596
	4	1.645	0.161	1.806	0.131	1.937	0.198	2.135	0.161		0.651
	5	2.296	0.251	2.547						5.910	
980 H2	1	0.000	0.033	0.033	0.099	0.132	0.115	0.247	0.203		0.450
	2	0.450	0.055	0.505	0.106	0.611	0.106	0.717	0.180		0.447
	3	0.897	0.101	0.998	0.117	1.115	0.129	1.244	0.173		0.520
	4	1.417	0.113	1.530	0.114	1.644	0.120	1.764	0.198		0.545
	5	1.962	0.220	2.182						4.686	
980 H2	1	0.000	0.039	0.039	0.124	0.163	0.102	0.265	0.211		0.476
	2	0.476	0.064	0.540	0.139	0.679	0.113	0.792	0.169		0.485
	3	0.961	0.098	1.059	0.113	1.172	0.115	1.287	0.189		0.515
	4	1.476	0.123	1.599	0.117	1.716	0.124	1.840	0.176		0.540
	5	2.016	0.231	2.247							
SREDNJE VRIJEDNOSTI			0.11435	2.37175	0.12163		0.14650		0.18188	3.89433	0.53531

Tablica 2-19. Izmjereno vrijeme trajanja utovarnog procesa na drugoj etaži, drugi dan mjerenja

BILJEŠKE: RAD 980 H NA 2. ETAŽI, BOLJE ZNAČAJKE MATERIJALA, DRUGI DAN MJERENJA											
MODEL	BROJ LOPATE	POČETAK ISTOVARA	TRAJANJE ISTOVARIVANJA	KRAJ ISTOVARA	PUTOVANJE PRAZNOG UTOVARIVAČA	POČETAK UTOVARA	TRAJANJE UTOVARIVANJA	KRAJ UTOVARA	PUTOVANJE PUNOG UTOVARIVAČA	TRAJANJE IZMJENE KAMIONA	TRAJANJE CIKLUSA
980 H	1	0.000	0.073	0.073	0.142	0.215	0.135	0.350	0.233		0.583
	2	0.583	0.074	0.657	0.149	0.806	0.186	0.992	0.191		0.600
	3	1.183	0.106	1.289	0.159	1.448	0.201	1.649	0.203		0.669
	4	1.852	0.194	2.046	0.144	2.190	0.163	2.353	0.194		0.695
	5	2.547	0.158	2.705						2.253	
980 H	1	0.000	0.048	0.048	0.149	0.197	0.095	0.292	0.208		0.500
	2	0.500	0.078	0.578	0.168	0.746	0.139	0.885	0.196		0.581
	3	1.081	0.087	1.168	0.167	1.335	0.137	1.472	0.203		0.594
	4	1.675	0.126	1.801	0.141	1.942	0.123	2.065	0.229		0.619
	5	2.294	0.205	2.499						3.115	
980 H	1	0.000	0.052	0.052	0.193	0.245	0.122	0.367	0.206		0.573
	2	0.573	0.053	0.626	0.170	0.796	0.167	0.963	0.196		0.586
	3	1.159	0.089	1.248	0.150	1.398	0.223	1.621	0.195		0.657
	4	1.816	0.115	1.931	0.150	2.081	0.264	2.345	0.197		0.726
	5	2.542	0.186	2.728						3.378	
980 H	1	0.000	0.079	0.079	0.214	0.293	0.274	0.567	0.235		0.802
	2	0.802	0.078	0.880	0.149	1.029	0.336	1.365	0.185		0.748
	3	1.550	0.111	1.661	0.142	1.803	0.203	2.006	0.202		0.658
	4	2.208	0.141	2.349	0.174	2.523	0.238	2.761	0.199		0.752
	5	2.960	0.179	3.139						4.114	
980 H	1	0.000	0.064	0.064	0.167	0.231	0.208	0.439	0.245		0.684
	2	0.684	0.088	0.772	0.192	0.964	0.173	1.137	0.273		0.726
	3	1.410	0.136	1.546	0.157	1.703	0.387	2.090	0.147		0.827
	4	2.237	0.145	2.382	0.178	2.560	0.152	2.712	0.164		0.639
	5	2.876	0.224	3.100						3.865	
980 H	1	0.000	0.055	0.055	0.213	0.268	0.197	0.465	0.255		0.720
	2	0.720	0.082	0.802	0.199	1.001	0.120	1.121	0.223		0.624
	3	1.344	0.129	1.473	0.160	1.633	0.146	1.779	0.210		0.645
	4	1.989	0.217	2.206	0.204	2.410	0.129	2.539	0.208		0.758
	5	2.747	0.164	2.911						4.045	
980 H	1	0.000	0.060	0.060	0.168	0.228	0.133	0.361	0.184		0.545
	2	0.545	0.062	0.607	0.189	0.796	0.281	1.077	0.218		0.750
	3	1.295	0.104	1.399	0.187	1.586	0.110	1.696	0.215		0.616
	4	1.911	0.145	2.056	0.192	2.248	0.154	2.402	0.220		0.711
	5	2.622	0.196	2.818						3.847	
980 H	1	0.000	0.066	0.066	0.160	0.226	0.235	0.461	0.209		0.670
	2	0.670	0.075	0.745	0.173	0.918	0.230	1.148	0.199		0.677
	3	1.347	0.110	1.457	0.171	1.628	0.177	1.805	0.211		0.669
	4	2.016	0.194	2.210	0.157	2.367	0.136	2.503	0.194		0.681
	5	2.697	0.189	2.886						3.147	
980 H	1	0.000	0.057	0.057	0.167	0.224	0.189	0.413	0.221		0.634
	2	0.634	0.069	0.703	0.150	0.853	0.244	1.097	0.193		0.656
	3	1.290	0.120	1.410	0.155	1.565	0.201	1.766	0.225		0.701
	4	1.991	0.197	2.188	0.160	2.348	0.213	2.561	0.219		0.789
	5	2.780	0.283	3.063						2.975	
SREDNJE VRIJEDNOSTI			0.12140	2.87211	0.16833		0.18947		0.20847	3.41544	0.66847

Tablica 2-20. Izmjereno vrijeme trajanja transportnog procesa na trasi koja vodi od šeste etaže do drobilice

BILJEŠKE: P5 NA 6. ETAŽI, NEMA ČEKANJA NA UTOVAR																
MODEL	POČETAK UTOVARA	TRAJANJE UTOVARIVANJA	KRAJ UTOVARA	PUTOVANJE UTOVARNOM ZONOM	IZLAZAK IZ UTOVARNE ZONE	TRAJANJE PREVOŽENJA	ULAZAK U ISTOVARNU ZONU	VRIJEME DO POČETKA ISTOVARA	POČETAK ISTOVARA	TRAJANJE ISTOVARIVANJA	KRAJ ISTOVARA	PUTOVANJE ISTOVARNOM ZONOM	TRAJANJE POVRATKA	UKUPNO VRIJEME	ČEKANJE ISTOVARA KOD DROBILICE	VRIJEME MIMOILAŽENJA
P5	0.000	3.494	3.494	0.447	3.941	3.121	7.062	1.561	8.623	0.436	9.059	0.522	3.912	13.493	1.039	0.000
P5	0.000	3.452	3.452	0.482	3.934	2.962	6.896	7.712	14.608	0.446	15.054	0.515	3.804	19.373	7.197	0.000
SREDNJE VRIJEDNOSTI		3.47300		0.46450		3.04150		4.63650		0.44100		0.51850	3.85800	16.43300	4.11800	0.00000

Tablica 2-21. Izmjereno vrijeme trajanja transportnog procesa na trasi koja vodi od druge etaže do drobilice

BILJEŠKE: P3 NA 2. ETAŽI, NEMA ČEKANJA NA UTOVAR, OBJEDINJENA DVA DANA MJERENJA																
MODEL	POČETAK UTOVARA	TRAJANJE UTOVARIVANJA	KRAJ UTOVARA	PUTOVANJE UTOVARNOM ZONOM	IZLAZAK IZ UTOVARNE ZONE	TRAJANJE PREVOŽENJA	ULAZAK U ISTOVARNU ZONU	VRIJEME DO POČETKA ISTOVARA	POČETAK ISTOVARA	TRAJANJE ISTOVARIVANJA	KRAJ ISTOVARA	PUTOVANJE ISTOVARNOM ZONOM	TRAJANJE POVRATKA	UKUPNO VRIJEME	ČEKANJE ISTOVARA KOD DROBILICE	VRIJEME MIMOILAŽENJA
P3	0.000	2.862	2.862	0.352	3.214	3.730	6.944	2.233	9.177	0.496	9.673	0.546	3.381	13.600	1.687	0.499
P3	0.000	2.900	2.900	0.353	3.253	3.819	7.072	5.189	12.261	0.494	12.755	0.418	3.178	16.351	4.771	0.819
P3	0.000	2.815	2.815	0.478	3.293	3.875	7.168	5.348	12.516	0.486	13.002	0.462	3.166	16.630	4.886	1.129
P3	0.000	2.769	2.769	0.392	3.161	3.578	6.739	3.879	10.618	0.580	11.198	0.491	3.565	15.254	3.388	0.231
P3	0.000	2.545	2.545	0.348	2.893	2.978	5.871	3.577	9.448	0.506	9.954	0.408	3.240	13.602	3.169	0.328
P3	0.000	2.962	2.962	0.443	3.405	3.189	6.594	2.406	9.000	0.632	9.632	0.455	2.748	12.835	1.951	0.000
P3	0.000	3.699	3.699	0.393	4.092	3.054	7.146	3.331	10.477	0.503	10.980	0.601	3.234	14.815	2.730	0.322
P3	0.000	3.664	3.664	0.425	4.089	2.838	6.927	3.704	10.631	0.478	11.109	0.435	2.909	14.453	3.269	0.000
P3	0.000	3.663	3.663	0.412	4.075	3.053	7.128	4.300	11.428	0.439	11.867	0.538	3.227	15.632	3.762	0.315
SREDNJE VRIJEDNOSTI		3.09767		0.39956		3.34600		3.77411		0.51267		0.48378	3.18311	14.79689	3.29033	0.36430

3. OPTIMIZACIJA SADAŠNJEG UTOVARNO-TRANSPORTNOG PROCESA SA PREDLOŽENIM MJERAMA ZA UNAPRIJEĐENJE UČINKOVITOSTI

Postupak proračuna i dobivanja brojčanih vrijednosti kojima se opisuje sadašnji utovarno-transportni ciklus u tvornici cementa Koromačno obavljen je pomoću specijaliziranog računalnog programa *Fleet Production and Cost*. Navedeni program proizvod je tvrtke Caterpillar, najvećeg svjetskog proizvođača utovarne i transportne rudarske mehanizacije, te je namijenjen upravo postupku poboljšavanja i optimiziranja tehnoloških procesa utovara i transporta. Budući da tvrtka Holcim (Hrvatska) d.o.o. u značajnoj mjeri poslovno surađuje sa tvrtkom Caterpillar, za potrebe ovoga rada omogućeno je korištenje spomenutog računalnog programa. U prethodnom poglavlju opisani su glavni čimbenici koji utječu na utovarno-transportni proces i čine osnovu za provedbu daljnjih računalnih proračuna. Stoga će u ovom poglavlju biti ponuđena i razmotrena rješenja koja se jednim dijelom nadovezuju na prethodno utvrđeno i opisano stanje, a koja imaju za cilj unaprjeđenje cjelokupne učinkovitosti utovarno-transportnog procesa.

3.1. Metode rada računalnog programa *Fleet Production and Cost*

Dakle, kao što je već rečeno, specijalizirani računalni program *Fleet Production and Cost* koristi se za potrebe proračunavanja i međusobnog uspoređivanja utovarno-transportnih ciklusa te njihovog opisivanja pomoću konkretnih brojčanih vrijednosti. Također, važna odlika jest i mogućnost dobivanja uvida u podatke o učinkovitosti, vremenu trajanja cjelokupnih procesa i pojedinih operacija od kojih se oni sastoje, te procjena spomenutih procesa sa ekonomskog aspekta, odnosno troška tih operacija. Za dobivanje točnih i reprezentativnih rezultata, u računalni program potrebno je unijeti točne i precizne podatke o čimbenicima koji utječu na promatrane procese i na temelju kojih se odvija proračun. Kako bi se dobio nešto detaljniji uvid, u ovom dijelu rada bit će opisane osnovne funkcije programa i mogućnosti koje on pruža.

Prilikom prvog pokretanja programa korisnik pristupa izradi nove studije te odabire postavke prema kojima će program raditi, odnosno hoće li rezultati biti prikazivani u metričkom ili angloameričkom sustavu mjernih jedinica, hoće li ukupna proizvodnja biti prikazana u odnosu na masu ili volumen itd. Nakon toga slijedi stvaranje i odabir transportne flote kao što je prikazano na slici 3-1. To je moguće izvršiti odabirom

transportne mehanizacije iz baze postojećih Caterpillarovih strojeva ili korisnik može, unošenjem podataka u predložak, stvoriti vlastiti transportni stroj. Također, valja napomenuti kako program omogućava da se flota sastoji od više raznovrsnih transportnih strojeva.

	Model	Description	Engine	Gross HP	Flywheel HP	Rated Payload
33	777D	3PR_Unregulated_DS/L Body	3508B	1,000	938	213,110
34	777D_HAA	2YW,,AGC_Unregulated High Altitude_DS/L E	3508B	1,000	938	213,000
35	777D_T1	AGY_Tier1 Emissions_DS/L Body	3508B	1,000	938	213,110
36	777F CB	JRP Tier 2 Emissions DS/16mm L with CAT I	C32	1,016	938	199,212
37	777F Econ	JRP Tier 2 Emissions DS/16mm L Econ	C32	969	891	199,212
38	777F Tier II	JRP Tier 2 Emissions DS/16mm L	C32	1,016	938	199,212
39	784		3512	0	1,290	480,000
40	785		3512	0	1,290	300,000
41	785B		3512	1,380	1,290	300,002

Slika 3-1. Prikaz odabira transportne mehanizacije (FPC Manual, 2015)

Zatim slijedi nešto detaljniji unos i odabir podataka o transportnim strojevima prikazan na slici 3-2. Potrebno je utvrditi odgovarajuću veličinu i tip guma, pobliže odrediti masu praznog stroja, nosivost i volumen utovarnog prostora ukoliko se oni razlikuju od realnih vrijednosti, te po potrebi odrediti faktore korekcije i procijeniti stupanj raspoloživosti stroja.

Input

- Project
- [-] Fleets
 - Manage Fleets
 - [-] 2nd
 - Support
 - Dump/Crusher/Hopper
 - Rimpull Graph
 - Retarding Graph
 - [+] 1st
- [+] Haul Roads
 - Select
 - Select for Excel export

Fleet Name:
Description:

Hauler Data		
	777D	
Has Fuel Data	Yes	
Quantity	1	...
Machine Code	C276	
Identifier (opt.)		
Tire Size	27.00R49	
Tire Type	E4	...
Speed Correction	1.00	
Propulsion Correction	1.00	...
Retarding Correction	1.00	...
Retarding Margin (mph)		
Empty Weight (Lbs)	160,734	
TMPH Limit (opt.)		...
Payload Index (Lbs)	199,266.00	
Body Volume (CY)	78.60	
Hourly Cost (\$)		...
Availability (%)	100.00	

Slika 3-2. Prikaz unosa dodatnih podataka za transportnu mehanizaciju (FPC Manual, 2015)

U sljedećem koraku prikazanom na slici 3-3 potrebno je definirati utovarnu mehanizaciju na podjednak način kao i transportne strojeve. Naime, moguće je odabrati strojeve iz baze postojećih Caterpillarovih strojeva ili, pomoću ručnog unosa podataka, stvoriti vlastitu utovarnu mehanizaciju. Zatim slijedi ispunjavanje podataka o volumenu i tipu utovarne lopate, stupnju zapunjenosti lopate, stupnju raspoloživosti stroja i podataka o vremenima utovara.

Loader Data		
Quantity	1	
Model	2800XP	
Bucket Type	CAST	
Bucket Capacity (CY)	39.00	
Fill Factor (%)	100	
Rated Load (Lbs)	102,860	
Cycle Time (Minutes)	0.50	
First Bucket Dump (Minutes)	0.05	
Hauler Exchange	0.70	
Hourly Cost (\$)	200.00	...
Availability (%)	97.00	

Slika 3-3. Prikaz unosa dodatnih podataka za utovarnu mehanizaciju (FPC Manual, 2015)

Zatim je potrebno odrediti parametre vezane za drobilicu, odnosno njezin kapacitet koji je često glavni faktor pri planiranju i proračunavanju proizvodnje. Nakon toga slijedi određivanje transportnih trasa vidljivo na slici 3-4. Njih je moguće definirati neposredno pomoću unosa podataka dobivenih GPS-om ili posredno pomoću ručnog unosa podataka o duljini puta, otporu kotrljanju i uzdužnom nagibu. Moguće je odabrati opciju preslikavanja unesenih podataka što znači da program sam stvara povratnu trasu od mjesta istovara do mjesta novog utovara. Također se mogu unijeti maksimalne dopuštene brzine kretanja transportne mehanizacije na pojedinim dionicama trase, kao i podaci o materijalima, odnosno sirovinama koje se transportiraju. Nakon definiranja transportne i utovarne mehanizacije, te određivanja transportnih trasa, moguće je upariti flote sa trasama te ih međusobno kombinirati na način da su pojedine flote istovremeno dodijeljene nekolicini trasa.

Course Data

Name

Description

☐ Passing Allowed

☐ Extended Format

☒ Haul ☐ Return feet

Material Data

Loose Density Lbs per LCY

Bank Density Lbs per BCY

Quantity Tons

Intermittent Retarding Distance Calculation

☒ Complete Cycle

☐ Individual Segment

	Distance (feet)	Rolling Resistance %	Grade %	mph Limit	Description	Stop	Stop Time (Minutes)
1	800	2.00	0.00			☐	
2	1,350	2.00	3.50			☐	
3	775	2.00	6.00			☐	
4	150	2.00	6.00	25.00	Curve	☐	
5	700	2.00	4.00			☐	
6	1,100	2.00	0.00			☐	
7						☐	

Slika 3-4. Prikaz unosa podataka o transportnim trasama (FPC Manual, 2015)

Na temelju dosad unesenih podataka i podatka o vremenu potrebnom za pozicioniranje transportnog stroja i istovar koji se unosi u ovom koraku, program izračunava cjelokupno trajanje ciklusa te prikazuje rezultate na način prikazan na slici 3-5.

Hauler Cycle Time			Loader Cycle Time		
	2.777F Tier II			2.777F Tier II	
Load with Exchange (Min)	1.25		Loader Model (CY)	2800XP	
Haul (Min)	3.43		Loader Quantity (CY)	1	
Dump and Maneuver (Min)	1.00		Bucket Capacity (CY)	39.00	
Return (Min)	1.63		Loader Fill Factor (%)	90.00	
Potential Cycle Time (Min)	7.31		Loose Density (Lbs/LCY)	2,798	
Wait on Slow Hauler (Min)	0.00		Tons per Pass	49.10	
Wait to Load (Min)	0.00		System Passes per Hauler	2.00	
Additional Bunching (Min)	0.00		Hauler Payload (Tons)	98.21	
Wait to Dump (Min)	2.29		% of Max GWV	99.22	
TMPH Wait (Min)			Hauler Volume (LCY)	70.20	
Total Cycle Time (Min)	9.61		% of Body Fill	89	
Bunching	Avg		Loader Cycle Time (Min)	0.50	
Haul Start mph	0.00		First Bucket Dump (Min)	0.05	
Haul End mph	0.00		Hauler Exchange Time (Min)	0.70	
Return Start mph	0.00				
Return End mph	0.00				

Slika 3-5. Prikaz izračuna ukupnog trajanja ciklusa (FPC Manual, 2015)

U sljedećem koraku koji je prikazan na slici 3-6 program izračunava potencijalne vrijednosti učinka flote koje se zatim, na temelju ograničavajućih faktora (npr. kapacitet drobilice) preračunavaju u vrijednost realnog učinka flote. Ta se vrijednost zatim dodatno

korigira stupnjem učinkovitosti strojara te se dobiva konačna procijenjena vrijednost učinka koji flota u određenom razdoblju može ostvariti.

Fleet Estimates		
Operating Schedule		
Operator Efficiency	91.83	%
Schedule Period	Year	
Scheduled Hours	2,000	
Fleet Estimates		
Fleet Availability	95.00	%
Production per Sched Hr	1,046.88	Tons
Total Production	1,000,000	Tons
Sched Hrs Required	955.21	
Total Cost (\$)	869,563	
Cost per Ton (\$)	0.870	
Production per Year	2,093,770	Tons
Years Required	0.48	

Slika 3-6. Prikaz procijenjene vrijednosti učinka flote (FPC Manual, 2015)

Kao što je vidljivo sa slike 3-7, program omogućava usporedbu proizvodnih kapaciteta i sveukupne učinkovitosti transportne flote s obzirom na broj strojeva od kojih se ona sastoji. Ovdje valja voditi računa o mogućim ograničavajućim faktorima koji utječu na proizvodne kapacitete, odnosno opravdanost i potrebu za dodatnom mehanizacijom.

Fleet Composition						Analyze					
Loader	1	2800XPA				From	1	to	4	777F Tier II	☒ Annual
Dump	1					Total Material Quantity	1,000,000	Tons			☐ Efficiency
Haulers						Operator Efficiency	91.93	%			☐ Production
	1	4	777F Tier II			Sched Hours per Year	2,000				☐ Cost
						Bunching	Manual				Assumes 100% for TMPH
Qty	Model	Tons per Sched Hr	Inc. Tons per Sched Hr	Sched Hrs Req.	\$ per Ton	Total \$	Tons per Year	Years Required	Normal TMPH Front*	Normal TMPH Rear*	Normal TMPH Trail*
1	777F Tier	749	749	1,335	0.710	710,001	1,498,321	0.67	364	296	
2	777F Tier	1,324	575	755	0.451	451,358	2,647,642	0.38	322	262	
3	777F Tier	1,324	0	755	0.452	451,685	2,647,642	0.38	215	174	
4	777F Tier	1,324	0	755	0.452	452,012	2,647,642	0.38	161	131	

Slika 3-7. Radni učinak s obzirom na broj transportnih strojeva (FPC Manual, 2015)

Naposljetku treba reći kako program omogućuje tablični prikaz svih rezultata studije na način prikazan slikom 3-8, te grafičke prikaze rezultata u obliku grafova i grafikona uz pomoć kojih je moguće ostvariti detaljan uvid u sve aspekte promatranih utovarno-transportnih ciklusa. Uz to, program omogućava i mjerenja vremena trajanja transportnih i utovarnih ciklusa pomoću funkcije uklopljene unutar samog programa te naknadni prikaz svih dobivenih rezultata pomoću Excela i PowerPointa.

Input

Production and Cost

Fleet / Course Results

Fleet Results

Results

Cost

Fleet / Course Graphs

Sort First By

☒ Fleet

☐ Course

Sort Next By

☐ Decreasing Production

☐ Increasing Cost

☒ Input Order

Display

☒ Detail

☒ Subtotals

☒ Grand Total

TMPH Errors

Fleet	Material Qty Tons	Scheduled Hrs. Req.	Tons per Sched Hr.	Total \$	\$ per Ton	Total Gallons	Tons per Gallon	Gallons per Ton	Fuel \$ per Ton	Gallons per Hr.
Fleet 3	1,000,000	0	0	0	0.000	0		0.000	0.000	
	1,000,000	0	0	0	0.000	0		0.000	0.000	
Fleet 3	2,000,000	0		0	0.000					
Fleet One	1,000,000	955	1,047	866,260	0.866	37,584	26.607	0.038	0.122	39.346
	1,000,000	0	0	0	0.000	0		0.000	0.000	
Fleet One	2,000,000	955	2,094	866,260	0.433	37,584	53.214	0.019	0.061	39.346
Fleet Two	1,000,000	0	0	0	0.000	0		0.000	0.000	
	1,000,000	0	0	0	0.000	0		0.000	0.000	
Fleet Two	2,000,000	0		0	0.000					
Grand Totals	6,000,000	955	6,281	866,260	0.144	37,584	159.643	0.006	0.020	39.346

Slika 3-8. Tablični prikaz konačnih rezultata proračuna (FPC Manual, 2015)

3.2. Proračun sadašnjeg utovarno-transportnog procesa

Proračun sadašnjih utovarno-transportnih ciklusa pomoću programa Fleet Production and Cost izveden je na temelju trenutno postojeće utovarne i transportne mehanizacije te dviju transportnih trasa. Naime, u površinskom kopu Koromačno čest je slučaj da se mineralne sirovine za proizvodnju cementa u drobilično postrojenje dopremaju istovremeno sa dviju različitih etaža. Budući da je po sadašnjem planu eksploatacije predviđena značajnija proizvodnja na drugoj etaži i petoj etaži jug, upravo su trase koje vode do spomenutih etaža odabrane za izradu proračuna. Utovarna i transportna flota, kao što je vidljivo na slici 3-9, sastoje se od jednog kamiona Perlini D405 stvorenog na temelju Caterpillarovog kamiona modela 770 sa veoma sličnim specifikacijama i jednog Caterpillarovog utovarivača 980H. Podaci o transportnim trasama mogu se iščitati sa slike 3-10 i slike 3-11, a važno je spomenuti kako su trase podijeljene u segmente ovisno o otporu kotrljanju i uzdužnom nagibu. Sukladno stanju sadašnjih transportnih putova, ograničenje brzine kretanja transportne mehanizacije postavljeno na 35, odnosno 40

kilometara na sat. Također valja istaknuti da očekivane količine sirovina za proizvodnju cementa iznose 1100 tona po smjeni za svaku etažu budući da je smjenski kapacitet drobilice procijenjen na 2200 tona.

Default Hauler Data		Default Loader Data	
Has Fuel Data	Yes	Quantity	1
Quantity	1	Model	980H
Dump and Maneuver	2.50	Tandem Loading	No
Machine Code	D405	Bucket Type	GP W/TEETH
Identifier (opt.)	Perlini	Bucket Capacity (CM)	4.97
Tire Size	18.00R33	Fill Factor (%)	95
Tire Type	E4	Rated Load (kilos)	9.420
Speed Correction	1.00	Cycle Time (Minutes)	0.50
Propulsion Correction	1.00	First Bucket Dump (Minutes)	0.06
Retarding Correction	1.00	Hauler Exchange	4.12
Retarding Margin (kph)		Hourly Cost (€)	0.00
Empty Weight (kilos)	33.177	Availability (%)	90.00
TKPH Limit (opt.)			
Payload Index (kilos)	37.037.48		
Body Volume (CM)	25.08		
Hourly Cost (€)			
Limited to Gear			
Shift Logic	Standard		
Availability (%)	92.00		
Speed Limit Loaded	35.00		
Speed Limit Empty	40.00		

Slika 3-9. Prikaz sadašnje utovarno-transportne flote

Project Input
Fleet Input
Course Input

- Haul Roads
 - Manage Haul Roads
 - 2 etaža do drobilice**
 - Graphical Display
 - Graphically Modify Course
 - Course Image
 - Dump/Crusher/Hopper
 - 3. etaža do drobilice
 - 4. etaža do drobilice
 - 5. etaža jug do drobilice
 - 5. sjever do drobilice
 - 6. sjever do drobilice
 - 2 etaža do drobilice - poboljšanja

Course Data
Name: 2 etaža do drobilice
Description:
Elevation at Load Area: 19 meters
☒ Passing Allowed
☐ Extended Format

☒ Haul
☐ Return
1002 meters

Material Data
Loose Density: 1.650 kilos per LCM
Bank Density: 2.670 kilos per BCM
Quantity: 1.100 Tonnes
Select Material

	Distance (meters)	Rolling Resistance %	Grade Pct	kph Limit	Description	Stop	Stop Time (Minutes)
1	123.0	6.00	-0.70	30.00	put na etaži	☐	
2	266.0	7.00	-0.50	30.00	put na etaži	☐	
3	213.0	4.00	6.80	30.00		☐	
4	125.0	4.00	7.90	30.00		☐	
5	210.0	3.00	3.20	30.00		☐	
6	65.0	2.00	-3.80	30.00		☐	
7						☐	

Slika 3-10. Prikaz trase od druge etaže do drobilice za sadašnju transportnu flotu

Project Input

Fleet Input

Course Input

Haul Roads

Manage Haul Roads

2. etaža do drobilice

Graphical Display

Graphically Modify Course

Course Image

Dump/Crusher/Hopper

3. etaža do drobilice

Graphical Display

Graphically Modify Course

Course Image

Dump/Crusher/Hopper

4. etaža do drobilice

Graphical Display

Graphically Modify Course

Course Image

Dump/Crusher/Hopper

5. etaža jug do drobilice

Graphical Display

Graphically Modify Course

Course Image

Dump/Crusher/Hopper

5. sjever do drobilice

6. sjever do drobilice

2. etaža do drobilice - poboljšanja

Course Data

Name

5. etaža jug do drobilice

Description

Elevation at Load Area

75

meters

☐ Passing Allowed

☐ Extended Format

☒ Haul
 ☐ Return

1312 meters

	Distance (meters)	Rolling Resistance %	Grade Pct.	kph Limit	Description	Stop	Stop Time (Minutes)
1	294,0	5,00	0,60	35,00		☐	
2	195,0	5,00	-0,20	35,00		☐	
3	163,0	5,00	1,80	35,00		☐	
4	127,0	2,00	-2,60	35,00		☐	
5	533,0	2,00	-4,50	35,00		☐	
6						☐	

Material Data

Loose Density

1.650

kilos per LCM

Bank Density

2.670

kilos per BCM

Quantity

1.100

Tonnes

Select Material

Slika 3-11. Prikaz trase od pete etaže jug do drobilice za sadašnju transportnu flotu

Na temelju definirane utovarno-transportne flote, transportnih trasa i podataka potrebnih za određivanje trajanja samih ciklusa, program izvodi proračun za odabranu kombinaciju utovarno-transportne flote i trase. Prvo će biti iskazani podaci vezani uz sadašnju transportnu trasu od druge etaže do drobilice, dok će kasnije biti izloženi podaci vezani za transportnu trasu od pete etaže jug do drobilice. U slučaju transportne trase do druge etaže, određivanje trajanja ciklusa precizirano je vrijednostima dobivenim terenskim mjerenjima te su podaci izloženi na slici 3-12.

Hauler Cycle Time			Loader Cycle Time		
	1 770			1 770	
Load with Exchange (min)	3,10		Loader Model	980H	
Haul (min)	3,30		Loader Quantity	1	
Dump and Maneuver (min)	1,60		Bucket Capacity (CM)	4,97	
Return (min)	2,95		Loader Fill Factor (%)	99,66	
Potential Cycle Time (min)	10,95		Loose Density (kilos/LCM)	1,650	
Wait on Slow Hauler (min)	0,00		Tonnes per Pass	7,40	
Wait to Load (min)	0,00		System Passes per Hauler	5,00	
Additional Bunching (min)	0,00		Hauler Payload (Tonnes)	37,00	
Wait to Dump (min)	3,28		% of Max GVW	99,98	
TMPH Wait (min)			Hauler Volume (LCM)	22,42	
Total Cycle Time (min)	14,23		% of Body Fill	89	
Bunching	Avg	--	Loader Cycle Time (min)	0,80	
Haul Start kph	0,00		First Bucket Dump (min)	0,06	
Haul End kph	0,00		Hauler Exchange Time (min)	3,12	
Return Start kph	0,00				
Return End kph	0,00				

Slika 3-12. Prikaz ukupnog trajanja ciklusa za postojeću trasu od druge etaže do drobilice za postojeću transportnu flotu

U sljedećem prikazu izloženom na slici 3-13 prezentirani su različiti učinci utovarno–transportne flote vezani uz postojeću trasu od druge etaže do drobilice. Od njih je svakako najvažniji procijenjeni stvarni učinak flote koji govori da je transportna flota sačinjena od jednog kamiona, sposobna do drobilice prevesti 122,71 tonu sirovina po satu.

Theoretical Production				Fleet Estimates	
Quantity	Model	Tonnes per Hour	Cycles per Hour	Operating Schedule	
1	980H	348		Operator Efficiency	95,00 %
1	770	156	4,2	Schedule Period	Shift
				Scheduled Hours	7,0
Actual Production				Fleet Estimates	
Quantity	Model	Cycles per Hour	Payload in Tonnes	Tonnes per Hour	
1	770	4,22	37,00	156,00	
Fleet Tonnes per Operating Hour				156,00	
x 95.00% Operator Efficiency =				148,20	
x 82.80% Fleet Availability =				122,71	
				Total Production	1,100 Tonnes
				Sched Hrs Required	8,96
				Total Cost (€)	164
				Cost per Mton (€)	0,149
				Production per Shift	859 Tonnes
				Shifts Required	1,28

Slika 3-13. Prikaz procijenjenog stvarnog učinka postojeće flote za postojeću trasu od druge etaže do drobilice

Naposljetku su na slici 3-14 prikazani podaci o radnom učinku flote s obzirom na broj transportnih strojeva. Iz tih podataka još je jednom vidljivo kako, na sadašnjoj transportnoj trasi od druge etaže do drobilice, jedan kamion po satu može prevesti 123 tone sirovina, odnosno 859 tona po smjeni. Iz navedenog je vidljivo kako jedan kamion nije u stanju prevesti dovoljnu količinu sirovina da bi se zadovoljile potrebe drobilice od 1100 tona po smjeni, dok bi dva kamiona bila sposobna prevesti 216 tona po satu, odnosno 1512 tona sirovine po smjeni.

Fleet Composition				Analyze							
Loader	1	980H		From	1	to	10	770	☒ Annual		
Dump	0			Total Material Quantity	1.100	Tonnes			☐ Efficiency		
Haulers				Operator Efficiency	95,00	%			☐ Production		
				Sched Hrs per Shift	7,0				☐ Cost		
				Bunching	Avg				Assumes 100% Fleet Availability for TKPH		

Qty	Model	Tonnes per Sched Hr	Inc. Tonnes per Sched	Sched Hrs Req.	€ per Mton	Total €	Tonnes per Shift	Shifts Required	Normal TKPH Front*	Normal TKPH Rear*	Normal TKPH Trail*
1	770	123	123	9	0,149	164	859	1,28	81	65	
2	770	216	93	5	0,149	164	1.512	0,73	72	57	
3	770	283	67	4	0,138	152	1.979	0,56	58	46	
4	770	297	14	4	0,148	162	2.080	0,53	45	36	
5	770	297	0	4	0,149	164	2.082	0,53	36	29	
6	770	298	0	4	0,149	164	2.083	0,53	30	24	
7	770	298	0	4	0,149	164	2.083	0,53	26	21	
8	770	298	0	4	0,149	164	2.083	0,53	23	18	
9	770	298	0	4	0,149	164	2.083	0,53	20	16	
10	770	298	0	4	0,149	164	2.083	0,53	18	15	

Slika 3-14. Prikaz radnog učinka postojeće flote s obzirom na broj transportnih strojeva za trasu od druge etaže do drobilice

Za razliku od trase od druge etaže do drobilice, prilikom proračunavanja podataka vezanih za trasu od pete etaže jug od drobilice nisu bili raspoloživi podaci dobiveni terenskim mjerenjima. Stoga su, kao što je vidljivo sa slike 3-15, podaci potrebni za proračunavanje ukupnog trajanja ciklusa procijenjeni kako bi što bliže opisali realnu situaciju utovara i transporta.

Hauler Cycle Time		Loader Cycle Time	
	1 770		1 770
Load with Exchange (min)	3,86	Loader Model	980H
Haul (min)	2,47	Loader Quantity	1
Dump and Maneuver (min)	1,60	Bucket Capacity (CM)	4,97
Return (min)	2,37	Loader Fill Factor (%)	99,66
Potential Cycle Time (min)	10,30	Loose Density (kilos/LCM)	1,650
Wait on Slow Hauler (min)	0,00	Tonnes per Pass	7,40
Wait to Load (min)	0,00	System Passes per Hauler	5,00
Additional Bunching (min)	0,00	Hauler Payload (Tonnes)	37,00
Wait to Dump (min)	2,90	% of Max GVW	99,98
TMPH Wait (min)		Hauler Volume (LCM)	22,42
Total Cycle Time (min)	13,20	% of Body Fill	89
Bunching	Avg	Loader Cycle Time (min)	0,70
Haul Start kph	0,00	First Bucket Dump (min)	0,06
Haul End kph	0,00	Hauler Exchange Time (min)	3,00
Return Start kph	0,00		
Return End kph	0,00		

Slika 3-15. Prikaz ukupnog trajanja ciklusa za trasu od pete etaže jug do drobilice za postojeću transportnu flotu

Utovarno–transportni učinci flote za trasu od pete etaže jug do drobilice izloženi na slici 3-16 prikazuju da procijenjeni stvarni učinak flote po satu, u slučaju jednog kamiona, iznosi 126,82 tone.

Theoretical Production				Fleet Estimates	
Quantity	Model	Tonnes per Hour	Cycles per Hour	Operating Schedule	
1	980H	379		Operator Efficiency	91,07 %
1	770	168	4,5	Schedule Period	Shift
				Scheduled Hours	7,0
Actual Production				Fleet Estimates	
Quantity	Model	Cycles per Hour	Payload in Tonnes	Fleet Availability	
1	770	4,55	37,00	82,80 %	
Fleet Tonnes per Operating Hour			168,18	Production per Sched Hr	126,82 Tonnes
x 91.07% Operator Efficiency =			153,17	Total Production	1.100 Tonnes
x 82.80% Fleet Availability =			126,82	Sched Hrs Required	8,67
				Total Cost (€)	92
				Cost per Mton (€)	0,083
				Production per Shift	888 Tonnes
				Shifts Required	1,24

Slika 3-16. Prikaz procijenjenog stvarnog učinka postojeće flote za trasu od pete etaže jug do drobilice

Na kraju su opet, pomoću slike 3-17, prikazani podaci o radnom učinku flote s obzirom na broj transportnih strojeva. Vidljiv je kapacitet proizvodnje flote koja se sastoji od jednog kamiona koji iznosi 127 tona po satu, odnosno 888 tona po smjeni. Dodavanjem još jednog kamiona u flotu satni kapacitet proizvodnje porastao bi na 224 tone, a smjenski na 1567 tona.

Fleet Composition				Analyze							
Loader	1	980H		From	1	to	10	770	☒ Annual		
Dump	0			Total Material Quantity	1.100	Tonnes			☐ Efficiency		
Haulers	1	770		Operator Efficiency	91,07	%			☐ Production		
				Sched Hours per Shift	7,0				☐ Cost		
				Bunching	Avg				Assumes 100% Fleet Availability for TKPH		
Qty	Model	Tonnes per Sched Hr	Inc. Tonnes per Sched Hr	Sched Hrs Req.	€ per Mton	Total €	Tonnes per Shift	Shifts Required	Normal TKPH Front*	Normal TKPH Rear*	Normal TKPH Trail*
1	770	127	127	9	0,083	92	888	1,24	110	88	
2	770	224	97	5	0,083	92	1.567	0,70	97	78	
3	770	295	71	4	0,077	85	2.062	0,53	79	63	
4	770	310	16	4	0,083	91	2.171	0,51	62	50	
5	770	310	0	4	0,083	92	2.173	0,51	50	40	
6	770	311	0	4	0,083	92	2.174	0,51	41	33	
7	770	311	0	4	0,083	92	2.174	0,51	35	28	
8	770	311	0	4	0,083	92	2.174	0,51	31	25	
9	770	311	0	4	0,083	92	2.174	0,51	28	22	
10	770	311	0	4	0,083	92	2.174	0,51	25	20	

Slika 3-17. Prikaz radnog učinka postojeće flote s obzirom na broj transportnih strojeva za trasu od pete etaže jug do drobilice

Na kraju se valja osvrnuti na sve prethodno prikazane rezultate. Podaci o utovarno-transportnim ciklusima dobiveni programom *Fleet Production and Cost* za postojeću utovarno-transportnu flotu i postojeće stanje transportnih trasa dobro se poklapaju sa stvarnim stanjem na terenu. Nadalje, proračunati rezultati o proizvodnim kapacitetima odgovaraju realnim kapacitetima u površinskom kopu u Koromačnom. Naime, upravo iz razloga vidljivih iz samog proračuna, odnosno nedovoljnih proizvodnih kapaciteta uslijed rada dvaju kamiona, postojeća transportna flota sastoji se od tri kamiona. Način na koji je sada organiziran utovar i transport mineralnih sirovina jest da, prilikom dopreme materijala sa dvije odvojene etaže, na svakoj etaži kontinuirano radi jedan transportni stroj. Treći kamion se izmjenjuje između dviju etaža i na taj se način postiže potreban kapacitet za nesmetan rad drobilice.

3.3. Proračun utovarno-transportnog procesa uz poboljšanja za povećanje učinkovitosti

Kako bi se povećala učinkovitost utovarno-transportne flote i omogućila optimizacija cjelokupnog proizvodnog procesa, u ovom poglavlju bit će razmotrena opcija poboljšanja stanja transportnih trasa. Pomoću računalnog programa *Fleet Production and Cost* bit će proveden proračun temeljen na postojećoj utovarno-transportnoj floti i poboljšanom stanju transportnih trasa. Kako bi se otklonio možebitan utjecaj drugih čimbenika na proračun, bit će promijenjen samo jedan parametar te analiziran i ocijenjen utjecaj provedene izmjene. Drugim riječima, evaluirat će se učinak poboljšanja stanja transportnih trasa na temelju poboljšane transportne trase koja vodi od druge etaže do drobilice, budući da je procijenjeno kako ona ima veći potencijal za poboljšanja u odnosu na transportnu trasu koja vodi od pete etaže jug do drobiličnog postrojenja.

Jedna od glavnih posljedica poboljšanja stanja transportne trase od druge etaže do drobilice vidljiva je na slici 3-18. Riječ je o povećanju ograničenja brzine kretanja transportne mehanizacije sukladno cjelokupnom povećanju kvalitete transportnih puteva.

Default Hauler Data		Default Loader Data	
Has Fuel Data	Yes	Quantity	1
Quantity	1	Model	980H
Dump and Maneuver	2,50	Tandem Loading	No
Machine Code	D405	Bucket Type	GP W/TEETH
Identifier (opt.)	Perlini	Bucket Capacity (CM)	4,97
Tire Size	18.00R33	Fill Factor (%)	100
Tire Type	E4	Rated Load (kilos)	9.420
Speed Correction	1,00	Cycle Time (Minutes)	0,50
Propulsion Correction	1,00	First Bucket Dump (Minutes)	0,10
Retarding Correction	1,00	Hauler Exchange	0,70
Retarding Margin (kph)		Hourly Cost (€)	0,00
Empty Weight (kilos)	33.177	Availability (%)	93,00
TKPH Limit (opt.)			
Payload Index (kilos)	37.037,46		
Body Volume (CM)	25,08		
Hourly Cost (€)			
Limited to Gear			
Shift Logic	Standard		
Availability (%)	95,00		
Speed Limit Loaded	40,00		
Speed Limit Empty	50,00		

Slika 3-18. Prikaz utovarno-transportne flote uz poboljšanja transportne trase od druge etaže do drobilice

Kao što je već poznato, potrebno je definirati transportne trase. Za razliku od proračuna u prethodnom poglavlju, u ovom postupku bit će prvo obrađeni podaci vezani uz nepromijenjenu trasu koja vodi od pete etaže jug do drobilice, a zatim i za modificiranu trasu koja spaja drugu etažu i drobilicu. Stoga slika 3-19 na kojoj su prikazani podaci o transportnoj trasi od pete etaže do drobilice prethodi slici 3-20 sa izloženim podacima o poboljšanoj trasi. Modifikacije izvršene na transportnoj trasi koja spaja drugu etažu s drobilicom prvenstveno se odnose na smanjivanje otpora kotrljanju i već spomenuto povećavanje maksimalne brzine kretanja transportne mehanizacije. Smanjenje otpora kotrljanju postiglo bi se kvalitetnijom izvedbom i boljim održavanjem podloge trase, te bi se sukladno tome maksimalne brzine kretanja povećale. Valja naglasiti kako eventualna poboljšanja ne uključuju nikakve promjene uzdužnih nagiba trase i da potrebne količine sirovina za proizvodnju cementa i dalje iznose 1100 tona po smjeni za obje etaže.

Project Input

Fleet Input

Course Input

Haul Roads

Manage Haul Roads

2. etaža do drobilice

Graphical Display

Graphically Modify Course

Course Image

Dump/Crusher/Hopper

3. etaža do drobilice

Graphical Display

Graphically Modify Course

Course Image

Dump/Crusher/Hopper

4. etaža do drobilice

Graphical Display

Graphically Modify Course

Course Image

Dump/Crusher/Hopper

5. etaža jug do drobilice

Graphical Display

Graphically Modify Course

Course Image

Dump/Crusher/Hopper

5. sjever do drobilice

6. sjever do drobilice

2. etaža do drobilice - poboljšanja

Course Data

Name

5. etaža jug do drobilice

Description

Elevation at Load Area

75

meters

☐ Passing Allowed

☐ Extended Format

☒ Haul
 ☐ Return

1312 meters

	Distance (meters)	Rolling Resistance %	Grade Pct.	kph Limit	Description	Stop	Stop Time (Minutes)
1	294,0	5,00	0,60	35,00		☐	
2	195,0	5,00	-0,20	35,00		☐	
3	163,0	5,00	1,80	35,00		☐	
4	127,0	2,00	-2,60	35,00		☐	
5	533,0	2,00	-4,50	35,00		☐	
6						☐	

Material Data

Loose Density

1.650

kilos per LCM

Bank Density

2.670

kilos per BCM

Quantity

1.100

Tonnes

Select Material

Slika 3-19. Prikaz trase od pete etaže jug do drobilice uz postojeću transportnu flotu i poboljšanja za povećanje učinkovitosti

Project Input

Fleet Input

Course Input

Graphically Modify Course

Course Image

Dump/Crusher/Hopper

3. etaža do drobilice

Graphical Display

Graphically Modify Course

Course Image

Dump/Crusher/Hopper

4. etaža do drobilice

Graphical Display

Graphically Modify Course

Course Image

Dump/Crusher/Hopper

5. etaža jug do drobilice

Graphical Display

Graphically Modify Course

Course Image

Dump/Crusher/Hopper

5. sjever do drobilice

Graphical Display

Graphically Modify Course

Course Image

Dump/Crusher/Hopper

6. sjever do drobilice

Graphical Display

Graphically Modify Course

Course Image

Course Data

Name

2. etaža do drobilice - poboljšanja

Description

Elevation at Load Area

19

meters

☒ Passing Allowed

☐ Extended Format

☒ Haul
 ☐ Return

1002 meters

	Distance (meters)	Rolling Resistance %	Grade Pct.	kph Limit	Description	Stop	Stop Time (Minutes)
1	123,0	2,00	-0,70	35,00	put na etaži	☐	
2	266,0	2,00	-0,50	35,00	put na etaži	☐	
3	213,0	2,00	6,80	35,00		☐	
4	125,0	2,00	7,90	35,00		☐	
5	210,0	2,00	3,20	35,00		☐	
6	65,0	1,00	-3,80	35,00		☐	
7						☐	

Material Data

Loose Density

1.650

kilos per LCM

Bank Density

2.670

kilos per BCM

Quantity

1.100

Tonnes

Select Material

Slika 3-20. Prikaz poboljšane trase od druge etaže do drobilice uz postojeću transportnu flotu

Budući da se ovaj proračun temelji na uporabi samo dva transportna stroja, odnosno da ne postoje relevantne vrijednosti dobivene terenskim mjerenjima koje bi davale uvid u vrijeme čekanja na istovar, ukupno trajanje ciklusa proračunato je na vrijednosti prikazane na slici 3-21. Kako se u ovome proračunu koriste uvećane brzine prometovanja transportne mehanizacije, te se očekuje kraće čekanje na istovar uslijed smanjenog broja transportera, sa ukupnim vremenom trajanja ciklusa od 12,7 minuta u odnosu na 13,2 minute dobivene u prošlom proračunu, proračunata vrijednost nalazi se na strani sigurnosti.

Hauler Cycle Time		Loader Cycle Time	
	1 770		1 770
Load with Exchange (min)	5,86	Loader Model	980H
Haul (min)	2,47	Loader Quantity	1
Dump and Maneuver (min)	2,00	Bucket Capacity (CM)	4,97
Return (min)	2,37	Loader Fill Factor (%)	90,24
Potential Cycle Time (min)	12,70	Loose Density (kilos/LCM)	1,650
Wait on Slow Hauler (min)	0,00	Tonnes per Pass	7,40
Wait to Load (min)	0,00	System Passes per Hauler	5,00
Additional Bunching (min)	0,00	Hauler Payload (Tonnes)	37,00
Wait to Dump (min)	0,00	% of Max GVW	99,98
TMPH Wait (min)		Hauler Volume (LCM)	22,42
Total Cycle Time (min)	12,70	% of Body Fill	89
Bunching	Avg	Loader Cycle Time (min)	0,70
Haul Start kph	0,00	First Bucket Dump (min)	0,06
Haul End kph	0,00	Hauler Exchange Time (min)	3,00
Return Start kph	0,00		
Return End kph	0,00		

Slika 3-21. Prikaz ukupnog trajanja ciklusa za trasu od pete etaže jug do drobilice uz postojeću transportnu flotu i poboljšanja za povećanje učinkovitosti

Utovarno–transportni učinci flote za trasu od pete etaže jug do drobilice izloženi na slici 3-22 prikazuju da procijenjeni stvarni učinak flote po satu iznosi 140,65 tona. Razlog značajnog povećanja vrijednosti procijenjenog stvarnog učinka u odnosu na rezultat dobiven u prethodnom proračunu donekle leži i u povećanoj vrijednosti faktora raspoloživosti flote uslijed boljih radih uvjeta. Drugim riječima, kada strojevi naizmjenice rade na trasama koje vode do različitih etaža, kvalitetnije stanje puteva povećava njihovu raspoloživost.

Kao i kod proračunavanja trajanja ciklusa za transportnu trasu od pete etaže jug do drobilice, niti u ovom slučaju ne postoje relevantne vrijednosti dobivene terenskim mjerenjima. Stoga su na slici 3-24 prikazane procijenjene vrijednosti trajanja ciklusa u slučaju boljeg stanja trase, povećane brzine kretanja transportne mehanizacije i smanjenog vremena čekanja na istovar.

Hauler Cycle Time			Loader Cycle Time		
	1 770			1 770	
Load with Exchange (min)	6,26		Loader Model	980H	
Haul (min)	2,52		Loader Quantity	1	
Dump and Maneuver (min)	2,00		Bucket Capacity (CM)	4,97	
Return (min)	1,84		Loader Fill Factor (%)	90,24	
Potential Cycle Time (min)	12,62		Loose Density (kilos/LCM)	1,650	
Wait on Slow Hauler (min)	0,00		Tonnes per Pass	7,40	
Wait to Load (min)	0,00		System Passes per Hauler	5,00	
Additional Bunching (min)	0,00		Hauler Payload (Tonnes)	37,00	
Wait to Dump (min)	0,00		% of Max GVW	99,98	
TMPH Wait (min)			Hauler Volume (LCM)	22,42	
Total Cycle Time (min)	12,62		% of Body Fill	89	
Bunching	Avg		Loader Cycle Time (min)	0,80	
Haul Start kph	0,00		First Bucket Dump (min)	0,06	
Haul End kph	0,00		Hauler Exchange Time (min)	3,00	
Return Start kph	0,00				
Return End kph	0,00				

Slika 3-24. Prikaz ukupnog trajanja ciklusa za poboljšanu trasu od druge etaže do drobilice uz postojeću transportnu flotu

Proračunom su dobiveni podaci o utovarno–transportnim učincima flote za poboljšanu trasu od druge etaže do drobilice. Kao što je vidljivo na slici 3-25, vrijednost procijenjenog stvarnog učinka iznosi 147,62 tone po satu. Također je vidljiva povećana vrijednost faktora raspoloživosti flote u odnosu na proračun iz prethodnog poglavlja.

Theoretical Production				Fleet Estimates	
Quantity	Model	Tonnes per Hour	Cycles per Hour	Operating Schedule	
1	980H	355		Operator Efficiency	95,00 %
1	770	176	4,8	Schedule Period	Shift
				Scheduled Hours	7,0
Actual Production				Fleet Estimates	
Quantity	Model	Cycles per Hour	Payload in Tonnes	Tonnes per Hour	
1	770	4,75	37,00	175,88	
Fleet Tonnes per Operating Hour				175,88	
x 95,00% Operator Efficiency =				167,09	
x 88,35% Fleet Availability =				147,62	
				Total Production	1.100 Tonnes
				Sched Hrs Required	7,45
				Total Cost (€)	105
				Cost per Mton (€)	0,096
				Production per Shift	1.033 Tonnes
				Shifts Required	1,06

Slika 3-25. Prikaz procijenjenog stvarnog učinka postojeće flote za poboljšanu trasu od druge etaže do drobilice

Sa slike 3-26 može se iščitati kako smjenski kapacitet flote sastavljene od jednog kamiona iznosi 1033 tone. Ta vrijednost poprilično je bliska smjenskom kapacitetu od 1100 tona sirovina za proizvodnju cementa kako bi se osigurao kontinuirani rad drobilicnog postrojenja. Jednako tako, vidljivo je da bi se dodavanjem novih strojeva u transportnu flotu značajno premašile potrebe za količinom dopremljenog materijala.

Fleet Composition

Loader

1

980H

Dump

0

Haulers

	Qty	Model
1	1	770

Analyze

From

1

to

10

770

Total Material Quantity

1.100

Tonnes

Operator Efficiency

95,00

%

Sched Hours per Shift

7,0

Bunching

Avg

☒ Annual
 ☐ Efficiency
 ☐ Production
 ☐ Cost

Assumes 100% Fleet Availability for TKPH

Qty	Model	Tonnes per Sched Hr	Inc. Tonnes per Sched	Sched Hrs Req.	€ per Mton	Total €	Tonnes per Shift	Shifts Required	Normal TKPH Front*	Normal TKPH Rear*	Normal TKPH Trail*
1	770	148	148	7	0,096	105	1.033	1,06	92	73	
2	770	252	104	4	0,096	105	1.762	0,62	78	63	
3	770	306	54	4	0,091	100	2.140	0,51	60	48	
4	770	313	7	4	0,095	105	2.193	0,50	46	37	
5	770	313	0	4	0,096	105	2.193	0,50	37	30	
6	770	313	0	4	0,096	105	2.193	0,50	31	25	
7	770	313	0	4	0,096	105	2.193	0,50	26	21	
8	770	313	0	4	0,096	105	2.193	0,50	23	18	
9	770	313	0	4	0,096	105	2.193	0,50	21	16	
10	770	313	0	4	0,096	105	2.193	0,50	19	15	

Slika 3-26. Prikaz radnog učinka postojeće flote s obzirom na broj transportnih strojeva za poboljšanu trasu od druge etaže do drobilice

Promatrajući rezultate provedenog proračuna proizvodnje sa poboljšanom transportnom trasom od druge etaže do drobilice i nepromijenjenom trasom od pete etaže jug do drobilice, daje se zaključiti kako bi potencijalna smanjenja otpora kotrljanju i povećanja brzina kretanja transportne flote rezultirala značajnim porastom proizvodnih kapaciteta. Dapače, možebitno unaprjeđenje utovarno-transportnog procesa je toliko da otvara mogućnost za uspješnu proizvodnju uz samo dva kamiona. Naime, iako rezultati proračuna ukazuju kako transportna flota ne bi bila u stanju zadovoljiti potrebe drobilice, valja imati na umu da su utovarno-transportni ciklusi procijenjeni sa određenom dozom rezerve, te da bi se daljnjim poboljšavanjem transportnih trasa vjerojatno još dodatno povećao navedeni proizvodni kapacitet flote.

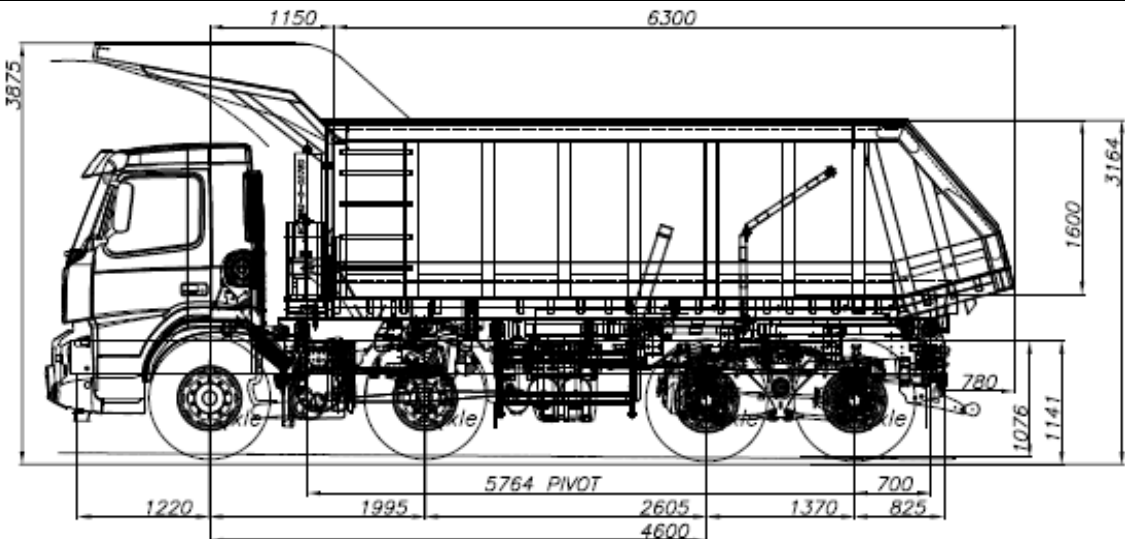
4. ANALIZA ISPLATIVOSTI I UČINKOVITOSTI RAZLIČITIH KONCEPATA TRANSPORTNE FLOTE I CJELOKUPNOG UTOVARNO-TRANSPORTNOG PROCESA U BUDUĆNOSTI

Kada istekne radni vijek transportnih strojeva koji su sada u upotrebi, rudarski pogon tvornice cementa u Koromačnom morat će obnoviti svoju transportnu flotu za prijevoz sirovina za proizvodnju cementa. Kao jedno od mogućih rješenja za učinkovitu proizvodnju nameće se trenutno veoma popularan koncept uporabe modificiranih cestovnih kamiona. Naime, modificirani cestovni kamioni u posljednje se vrijeme sve više primjenjuju za zadovoljavanje potreba proizvodnih kapaciteta kakvi se pojavljuju u tvornicama cementa tipa promatrane tvornice u Koromačnom. Iz navedenih razloga, u ovom poglavlju bit će, pomoću računalnog programa *Fleet Production and Cost*, obrađena i analizirana učinkovitost dviju potencijalnih transportnih flota temeljenih na uporabi modificiranih cestovnih kamiona. Oba razmatrana modela na kojima se baziraju potencijalne flote zadovoljavaju potrebne sigurnosne standarde te je moguća izvedba njihovih vozačkih kabina sa ROPS (eng. Roll Over Protection System=zaštita u slučaju prevrtanja) i FOPS (eng. Falling Object Protection System=zaštita od udara padajućeg materijala) sustavom zaštite. Također valja napomenuti kako se proračuni baziraju na sadašnjim proizvodnim kapacitetima, te kako eventualno povećanje ili smanjenje budućeg obujma proizvodnje nije uzeto u obzir. Kako je cilj poglavlja ustvrditi i ocijeniti učinke promjena transportne mehanizacije, za potrebe navedenih proračuna bit će korištene transportne trase od pete etaže jug do drobilice i poboljšana trasa od druge etaže do drobilice dok će utovarna mehanizacija i kapacitet drobilice ostati nepromijenjeni.

4.1. Proračun utovarno-transportnog procesa uz uporabu modificiranih cestovnih kamiona Volvo FMX 500 8x4

Prva potencijalna transportna flota koja će biti promatrana temelji se na uporabi modificiranih cestovnih kamiona proizvođača Volvo Trucks modela FMX 500 8x4. Radi se modificiranoj verziji kamiona namijenjenog prvenstveno za potrebe građevinarstva, no uz određene preinake stroj se preporuča i za uporabu u rudarstvu. Osnovni podaci o tehničkim specifikacijama, kao i slika spomenutog modela, mogu se vidjeti u tablici 4-1.

Tablica 4-1. Osnovne tehničke specifikacije modela FMX 500 8x4 proizvođača Volvo

				
Proizvođač	Model	Snaga motora	Okretni moment	Tip guma
Volvo Trucks	FMX 500 8x4	372 kW (500 KS)	2500 Nm	325/95R24 Goodyear ORD
Nosivost	Masa praznog stroja	Masa utovarenog stroja	Obujam utovarnog prostora	Način istovara
35 000 kg	15 000 kg	50 000 kg	20 m ³	Prevrtanjem
Dimenzije stroja				
				

Kao i u prethodnim proračunima, transportna flota stvorena je na temelju postojećeg Caterpillarovog kamiona. U ovom slučaju radi se o modelu 769B čiji podaci su naknadno izmijenjeni kako bi odgovarali odabranom modificiranom cestovnom kamionu. Prikaz prve promatrane potencijalne utovarno-transportne flote dan je na slici 4-1.

Default Hauler Data		Default Loader Data	
Has Fuel Data	No	Quantity	1
Quantity	1	Model	980H
Dump and Maneuver	3,00	Tandem Loading	No
Machine Code	C200	Bucket Type	GP W/TEETH
Identifier (opt.)	Volvo FMX 500 8x	Bucket Capacity (CM)	4,97
Tire Size	325/95R24	Fill Factor (%)	100
Tire Type	Goodyear ORD	Rated Load (kilos)	9.420
Speed Correction	1,00	Cycle Time (Minutes)	0,50
Propulsion Correction	1,00	First Bucket Dump (Minutes)	0,10
Retarding Correction	1,00	Hauler Exchange	0,70
Retarding Margin (kph)		Hourly Cost (€)	0,00
Empty Weight (kilos)	15.000	Availability (%)	95,00
TKPH Limit (opt.)			
Payload Index (kilos)	36.165,23		
Body Volume (CM)	20,00		
Hourly Cost (€)			
Limited to Gear			
Shift Logic	Standard		
Availability (%)	95,00		
Speed Limit Loaded	30,00		
Speed Limit Empty	35,00		

Slika 4-1. Prikaz prve potencijalne utovarno-transportne flote

Transportne trase korištene za potrebe proračuna prikazane su na slikama 4-2 i 4-3. Vidljivo je kako su zahtijevani proizvodni kapaciteti za obje etaže isti i iznose 1100 tona.

Project Input
Fleet Input
Course Input

- Haul Roads
 - Manage Haul Roads
 - 2. etaža do drobilice
 - Graphical Display
 - Graphically Modify Course
 - Course Image
 - Dump/Crusher/Hopper
 - 3. etaža do drobilice
 - Graphical Display
 - Graphically Modify Course
 - Course Image
 - Dump/Crusher/Hopper
 - 4. etaža do drobilice
 - Graphical Display
 - Graphically Modify Course
 - Course Image
 - Dump/Crusher/Hopper
 - 5. etaža jug do drobilice**
 - Graphical Display
 - Graphically Modify Course
 - Course Image
 - Dump/Crusher/Hopper
 - 5. sjever do drobilice
 - 6. sjever do drobilice
 - 2. etaža do drobilice - poboljšanja

Course Data
Name: 5. etaža jug do drobilice
Description:
Elevation at Load Area: 75 meters
☐ Passing Allowed
☐ Extended Format
☒ Haul ☐ Return 1312 meters

Material Data
Loose Density: 1.650 kilos per LCM
Bank Density: 2.670 kilos per BCM
Quantity: 1.100 Tonnes
Select Material

	Distance (meters)	Rolling Resistance %	Grade Pct	kph Limit	Description	Stop	Stop Time (Minutes)
1	294,0	5,00	0,60	35,00		☐	
2	195,0	5,00	-0,20	35,00		☐	
3	163,0	5,00	1,80	35,00		☐	
4	127,0	2,00	-2,60	35,00		☐	
5	533,0	2,00	-4,50	35,00		☐	
6						☐	

Slika 4-2. Prikaz trase od pete etaže jug do drobilice za prvu potencijalnu flotu

Project Input

Fleet Input

Course Input

Graphically Modify Course
Course Image
Dump/Crusher/Hopper
3. etaža do drobilice
Graphical Display
Graphically Modify Course
Course Image
Dump/Crusher/Hopper
4. etaža do drobilice
Graphical Display
Graphically Modify Course
Course Image
Dump/Crusher/Hopper
5. etaža jug do drobilice
Graphical Display
Graphically Modify Course
Course Image
Dump/Crusher/Hopper
5. sjever do drobilice
Graphical Display
Graphically Modify Course
Course Image
Dump/Crusher/Hopper
6. sjever do drobilice
Graphical Display
Graphically Modify Course
Course Image
Dump/Crusher/Hopper
2 etaža do drobilice - poboljša
Graphical Display

Course Data

Name2 etaža do drobilice - poboljšanja
Description
Elevation at Load Area19 meters
☒ Passing Allowed
☐ Extended Format
☒ Haul ☐ Return 1002 meters

Material Data

Loose Density1.650 kilos per LCM
Bank Density2.670 kilos per BCM
Quantity1.100 Tonnes
Select Material

	Distance (meters)	Rolling Resistance %	Grade Pct.	kph Limit	Description	Stop	Stop Time (Minutes)
1	123,0	2,00	-0,70	35,00	put na etaži	☐	
2	266,0	2,00	-0,50	35,00	put na etaži	☐	
3	213,0	2,00	6,80	35,00		☐	
4	125,0	2,00	7,90	35,00		☐	
5	210,0	2,00	3,20	35,00		☐	
6	65,0	1,00	-3,80	35,00		☐	
7						☐	

Slika 4-3. Prikaz poboljšane trase od druge etaže do drobilice za prvu potencijalnu flotu

Kako nije poznat broj čimbenika i način na koji bi oni utjecali na utovarno-transportni proces u slučaju uporabe potencijalne transportne flote na trasi koja spaja petu etažu jug sa drobiličnim postrojenjem, uneseni su podaci koji procijenjeno vrijeme trajanja ciklusa dovode na stranu sigurnosti. Prikaz konačnih podataka o ukupnom vremenu trajanja ciklusa dan je na slici 4-4.

Hauler Cycle Time		Loader Cycle Time	
	1 769B		1 769B
Load with Exchange (min)	9,15	Loader Model	980H
Haul (min)	2,75	Loader Quantity	1
Dump and Maneuver (min)	3,00	Bucket Capacity (CM)	4,97
Return (min)	2,33	Loader Fill Factor (%)	85,37
Potential Cycle Time (min)	17,23	Loose Density (kilos/LCM)	1.650
Wait on Slow Hauler (min)	0,00	Tonnes per Pass	7,00
Wait to Load (min)	0,00	System Passes per Hauler	5,00
Additional Bunching (min)	0,00	Hauler Payload (Tonnes)	35,00
Wait to Dump (min)	0,00	% of Max GVW	97,72
TMPH Wait (min)		Hauler Volume (LCM)	21,21
Total Cycle Time (min)	17,23	% of Body Fill	0
Bunching	Avg	Loader Cycle Time (min)	1,50
Haul Start kph	0,00	First Bucket Dump (min)	0,15
Haul End kph	0,00	Hauler Exchange Time (min)	3,00
Return Start kph	0,00		
Return End kph	0,00		

Slika 4-4. Prikaz ukupnog trajanja ciklusa prve potencijalne flote za trasu od pete etaže jug do drobilice

Podaci o učincima potencijalne flote temeljene na modelu FMX 500 8x4 za transportnu trasu od pete etaže jug do drobilice iskazani su na slici 4-5. Vrijednost procijenjenog stvarnog učinka flote iznosi 104,48 tona po satu. Vrijednost faktora raspoloživosti flote dodatno je povećana u odnosu na vrijednosti iz prethodnog poglavlja zbog toga što se radi o potpuno novim strojevima.

Theoretical Production				Fleet Estimates	
Quantity	Model	Tonnes per Hour	Cycles per Hour	Operating Schedule	
1	980H	230		Operator Efficiency	95,00 %
1	769B	122	3,5	Schedule Period	Shift
				Scheduled Hours	7,0
Actual Production				Fleet Estimates	
Quantity	Model	Cycles per Hour	Payload in Tonnes	Tonnes per Hour	
1	769B	3,48	35,00	121,86	
Fleet Tonnes per Operating Hour				121,86	
x 95.00% Operator Efficiency =				115,77	
x 90.25% Fleet Availability =				104,48	
				Total Production	1.100 Tonnes
				Sched Hrs Required	10,53
				Total Cost (€)	0
				Cost per Mton (€)	0,000
				Production per Shift	731 Tonnes
				Shifts Required	1,50

Slika 4-5. Prikaz procijenjenog stvarnog učinka prve potencijalne flote za trasu od pete etaže jug do drobilice

Za transportnu trasu koja vodi od pete etaže jug do drobilice, proračunati satni kapacitet flote sastavljene od jednog kamiona iznosi 104 tone, a smjenski kapacitet 731 tonu. Povećanjem transportne flote na dva kamiona povećao bi se i satni kapacitet na vrijednost od 172 tone, odnosno na 1204 tone ako promatramo smjenski kapacitet. Podaci o dodatnim promjenama proizvodnih kapaciteta ovisno o broju transportnih strojeva daju se iščitati sa slike 4-6.

Fleet Composition

Loader: 1 980H

Dump: 0

Qty	Model
1	769B

Analyze

From: 1 to 10 769B

Total Material Quantity: 1.100 Tonnes

Operator Efficiency: 95,00 %

Sched Hours per Shift: 7,0

Bunching: Avg

☒ Annual
☐ Efficiency
☐ Production
☐ Cost

Assumes 100% Fleet Availability for TKPH

Qty	Model	Tonnes per Sched Hr	Inc. Tonnes per Sched	Sched Hrs Req	€ per Mton	Total €	Tonnes per Shift	Shifts Required	Normal TKPH Front*	Normal TKPH Rear*	Normal TKPH Trail*
1	769B	104	104	11	0,000	0	731	1,50	52	45	
2	769B	172	68	6	0,000	0	1.204	0,91	43	37	
3	769B	205	33	5	0,000	0	1.432	0,77	32	28	
4	769B	207	3	5	0,000	0	1.450	0,76	24	21	
5	769B	207	0	5	0,000	0	1.450	0,76	19	17	
6	769B	207	0	5	0,000	0	1.450	0,76	16	14	
7	769B	207	0	5	0,000	0	1.450	0,76	14	12	
8	769B	207	0	5	0,000	0	1.450	0,76	12	11	
9	769B	207	0	5	0,000	0	1.450	0,76	11	9	
10	769B	207	0	5	0,000	0	1.450	0,76	10	8	

Slika 4-6. Prikaz radnog učinka prve potencijalne flote s obzirom na broj transportnih strojeva za trasu od pete etaže jug do drobilice

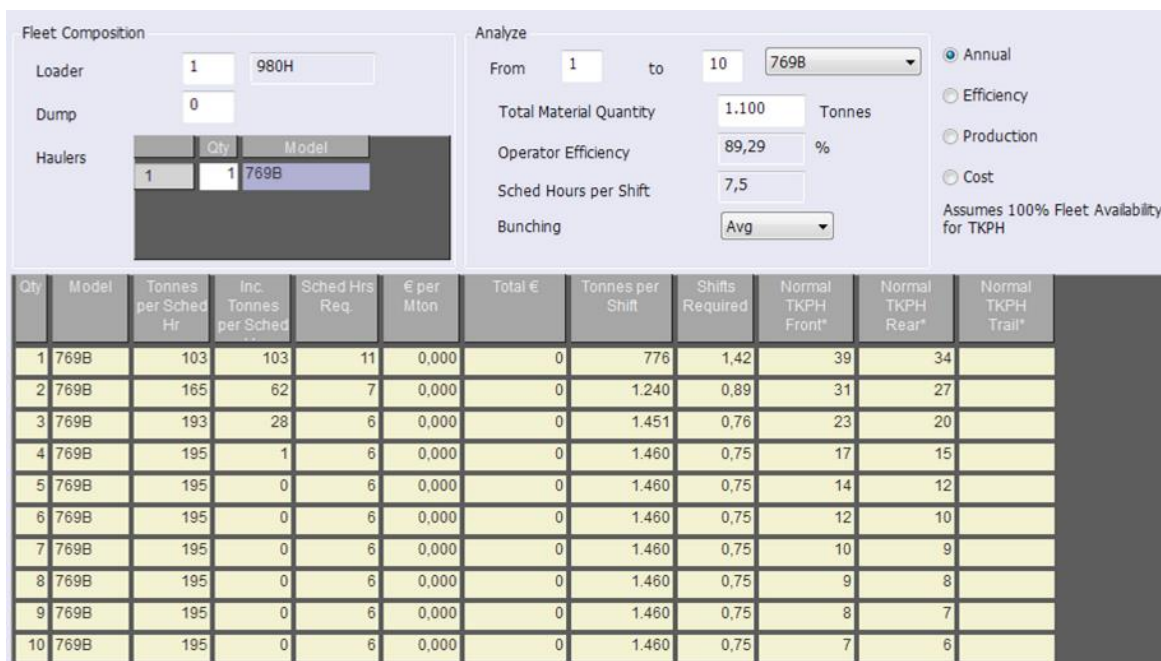
Budući da pri proračunavanju ukupnog vremena trajanja ciklusa za prvu potencijalnu transportnu flotu pri radu na poboljšanoj transportnoj trasi od druge etaže do drobilice također nije poznat broj čimbenika i način na koji bi oni utjecali na utovarno-transportni proces, cjelokupno vrijeme trajanja ciklusa procijenjeno je tako da bude na strani sigurnosti. Na slici 4-7 izložene su navedene procijenjene vrijednosti trajanja ciklusa.

Hauler Cycle Time		Loader Cycle Time	
	1 769B		1 769B
Load with Exchange (min)	9,15	Loader Model	980H
Haul (min)	2,41	Loader Quantity	1
Dump and Maneuver (min)	3,00	Bucket Capacity (CM)	4,97
Return (min)	1,80	Loader Fill Factor (%)	85,37
Potential Cycle Time (min)	16,36	Loose Density (kilos/LCM)	1.650
Wait on Slow Hauler (min)	0,00	Tonnes per Pass	7,00
Wait to Load (min)	0,00	System Passes per Hauler	5,00
Additional Bunching (min)	0,00	Hauler Payload (Tonnes)	35,00
Wait to Dump (min)	0,00	% of Max GVW	97,72
TMPH Wait (min)		Hauler Volume (LCM)	21,21
Total Cycle Time (min)	16,36	% of Body Fill	0
Bunching	Avg	Loader Cycle Time (min)	1,50
Haul Start kph	0,00	First Bucket Dump (min)	0,15
Haul End kph	0,00	Hauler Exchange Time (min)	3,00
Return Start kph	0,00		
Return End kph	0,00		

Slika 4-7. Prikaz ukupnog trajanja ciklusa prve potencijalne flote za poboljšanu trasu od druge etaže do drobilice

Theoretical Production					Fleet Estimates		
Quantity	Model	Tonnes per Hour	Cycles per Hour		Operating Schedule		
1	980H	230			Operator Efficiency	89,29	%
1	769B	128	3,7		Schedule Period	Shift	
					Scheduled Hours	7,5	...
					Fleet Estimates		
					Fleet Availability	90,25	%
					Production per Sched Hr	103,45	Tonnes
Actual Production					Total Production	1.100	Tonnes
Quantity	Model	Cycles per Hour	Payload in Tonnes	Tonnes per Hour	Sched Hrs Required	10,63	
1	769B	3,67	35,00	128,38	Total Cost (€)	0	
Fleet Tonnes per Operating Hour				128,38	Cost per Mton (€)	0,000	
x 89.29% Operator Efficiency =				114,62	Production per Shift	776	Tonnes
x 90.25% Fleet Availability =				103,45	Shifts Required	1,42	

Posljednja slika proračuna prve potencijalne transportne flote bazirane na modificiranom cestovnom kamionu Volvo modela FMX 500 8x4 prikazuje kako, za poboljšanu trasu od druge etaže do drobilice, satni kapacitet flote sačinjene od jednog kamiona iznosi 103 tone. Sa slike 4-9 također je vidljivo kako je smjenski kapacitet takve flote proračunat na 776 tona što znači da se uporabom jednog kamiona ne može ostvariti potreban kapacitet za kontinuirani rad drobilice.



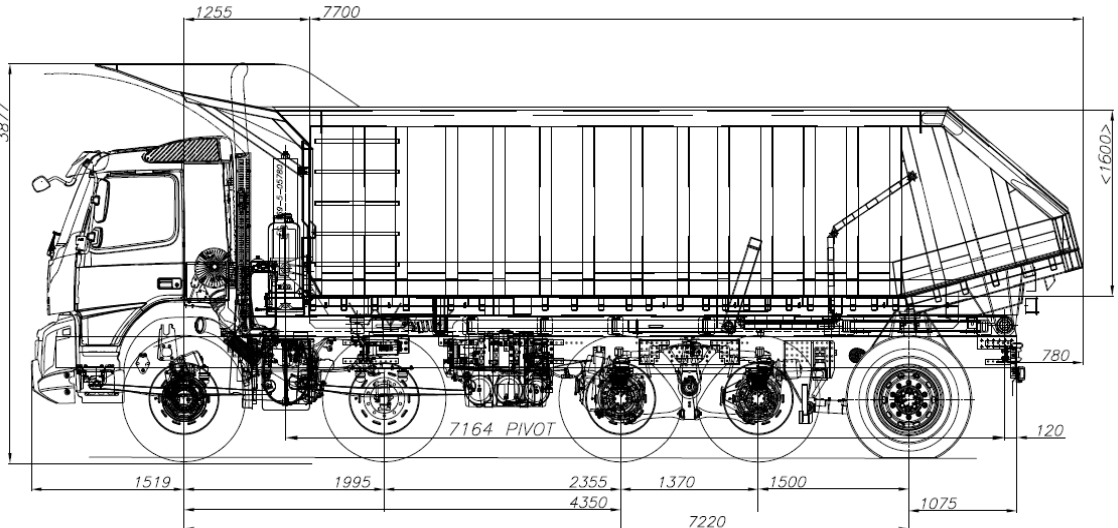
Slika 4-9. Prikaz radnog učinka prve potencijalne flote s obzirom na broj transportnih strojeva za poboljšanu trasu od druge etaže do drobilice

Rezultati provedenog proračuna govore kako u slučaju uporabe opisane potencijalne utovarno-transportne flote za postizanje traženih kapaciteta ne bi bila dovoljna dva kamiona. Naime, proračunom dobiveni kapaciteti koje je u stanju postići potencijalna flota sačinjena od dva kamiona, nešto su manji od vrijednosti dobivenih proračunom sadašnje utovarno transportne-transportne flote pri radu na postojećim transportnim trasama. Uzmemo li u obzir kako su procijenjena vremena trajanja ciklusa vjerojatno malo precijenjena, radni učinak promatrane potencijalne flote bio bi veoma blizak učinku koji je dobiven za postojeću utovarno-transportnu mehanizaciju. Dakle, u slučaju eventualne implementacije modificiranih cestovnih kamiona modela FMX 500 8x4, broj potrebnih strojeva za postizanje učinkovite proizvodnje bio bi 3. Način rada tih strojeva morao bi biti jednak sadašnjem, odnosno da dva stroja kontinuirano rade svaki na jednoj etaži, dok bi se treći transportni stroj izmjenjivao između dviju etaža. Uzevši u obzir kako su inicijalni troškovi nabavke modificiranih cestovnih kamiona znatno manji u odnosu na klasične rudarske kamione te da su operativni troškovi također manji uslijed smanjene potrošnje goriva, postoji opravdanost za detaljniju analizu učinka implementacije modificiranih cestovnih kamiona.

4.2. Proračun utovarno-transportnog procesa uz uporabu modificiranih cestovnih kamiona Volvo FMX 540 10x4

Druga potencijalna transportna flota sastavljena od modificiranih cestovnih kamiona temelji se na modelu FMX 540 10x4 proizvođača Volvo Trucks prikazanom u tablici 4-2 .

Tablica 4-2. Osnovne tehničke specifikacije modela FMX 540 10x4 proizvođača Volvo

				
Proizvođač	Model	Snaga motora	Okretni moment	Tip guma
Volvo Trucks	FMX 540 10x4	402 kW (540 KS)	2600 Nm	325/95R24 Goodyear ORD
Nosivost	Masa praznog stroja	Masa utovarenog stroja	Obujam utovarnog prostora	Način istovara
45 000 kg	21 000 kg	66 000 kg	30 m ³	Prevrtanjem
Dimenzije stroja				
				

Strojevi koji tvore transportnu flotu generirani su na temelju Caterpillarovog modela 769D. Podaci odabranog modela naknadno su izmijenjeni kako bi odgovarali podacima modificiranog cestovnog kamiona FMX 540 10x4. Konačne specifikacije utovarno-transportne flote moguće je iščitati sa slike 4-10.

Default Hauler Data		Default Loader Data	
Has Fuel Data	Yes	Quantity	1
Quantity	1	Model	980H
Dump and Maneuver	3.00	Tandem Loading	No
Machine Code	C280	Bucket Type	GP W/TEETH
Identifier (opt.)	Volvo FMX 540 10	Bucket Capacity (CM)	4.97
Tire Size	325/95R24	Fill Factor (%)	100
Tire Type	Goodyear ORD	Rated Load (kilos)	9,420
Speed Correction	1.00	Cycle Time (Minutes)	0.50
Propulsion Correction	1.00	First Bucket Dump (Minutes)	0.10
Retarding Correction	1.00	Hauler Exchange	0.70
Retarding Margin (kph)		Hourly Cost (€)	0.00
Empty Weight (kilos)	21,000	Availability (%)	95.00
TKPH Limit (opt.)			
Payload Index (kilos)	47,214.01		
Body Volume (CM)	30.00		
Hourly Cost (€)			
Limited to Gear			
Shift Logic	Standard		
Availability (%)	95.00		
Speed Limit Loaded	30.00		
Speed Limit Empty	35.00		

Slika 4-10. Prikaz druge potencijalne utovarno-transportne flote

Za potrebe proračuna korištene su transportne trase prikazane na slikama 4-11 i 4-12. Zahtijevani proizvodni kapaciteti za obje etaže ostali su isti i iznose 1100 tona.

Project Input		Course Data		Material Data			
Fleet Input		Name	5. etaža jug do drobilice	Loose Density	1.650 kilos per LCM		
Course Input		Description		Bank Density	2.670 kilos per BCM		
- Haul Roads - Manage Haul Roads 2. etaža do drobilice - Graphical Display - Graphically Modify Course - Course Image - Dump/Crusher/Hopper 3. etaža do drobilice - Graphical Display - Graphically Modify Course - Course Image - Dump/Crusher/Hopper 4. etaža do drobilice - Graphical Display - Graphically Modify Course - Course Image - Dump/Crusher/Hopper 5. etaža jug do drobilice - Graphical Display - Graphically Modify Course - Course Image - Dump/Crusher/Hopper 5. sjever do drobilice 6. sjever do drobilice 2. etaža do drobilice - poboljšanja		Elevation at Load Area	75 meters	Quantity	1.100 Tonnes		
		☐ Passing Allowed					
		☐ Extended Format					
		☒ Haul ☐ Return	1312 meters				
	Distance (meters)	Rolling Resistance %	Grade Pct	kph Limit	Description	Stop	Stop Time (Minutes)
1	294,0	5,00	0,60	35,00		☐	
2	195,0	5,00	-0,20	35,00		☐	
3	163,0	5,00	1,80	35,00		☐	
4	127,0	2,00	-2,60	35,00		☐	
5	533,0	2,00	-4,50	35,00		☐	
6						☐	

Slika 4-11. Prikaz trase od pete etaže jug do drobilice za drugu potencijalnu flotu

Project Input

Fleet Input

Course Input

Graphically Modify Course
Course Image
Dump/Crusher/Hopper
3. etaža do drobilice
Graphical Display
Graphically Modify Course
Course Image
Dump/Crusher/Hopper
4. etaža do drobilice
Graphical Display
Graphically Modify Course
Course Image
Dump/Crusher/Hopper
5. etaža jug do drobilice
Graphical Display
Graphically Modify Course
Course Image
Dump/Crusher/Hopper
5. sjever do drobilice
Graphical Display
Graphically Modify Course
Course Image
Dump/Crusher/Hopper
6. sjever do drobilice
Graphical Display
Graphically Modify Course
Course Image
Dump/Crusher/Hopper
2 etaža do drobilice - poboljša

Course Data

Name2 etaža do drobilice - poboljšanja
Description
Elevation at Load Area19 meters
☒ Passing Allowed
☐ Extended Format
☒ Haul ☐ Return 1002 meters

Material Data

Loose Density1.650 kilos per LCM
Bank Density2.670 kilos per BCM
Quantity1.100 Tonnes
Select Material

	Distance (meters)	Rolling Resistance %	Grade Pct.	kph Limit	Description	Stop	Stop Time (Minutes)
1	123,0	2,00	-0,70	35,00	put na etaži	☐	
2	266,0	2,00	-0,50	35,00	put na etaži	☐	
3	213,0	2,00	6,80	35,00		☐	
4	125,0	2,00	7,90	35,00		☐	
5	210,0	2,00	3,20	35,00		☐	
6	65,0	1,00	-3,80	35,00		☐	
7						☐	

Slika 4-12. Prikaz poboljšane trase od druge etaže do drobilice za drugu potencijalnu flotu

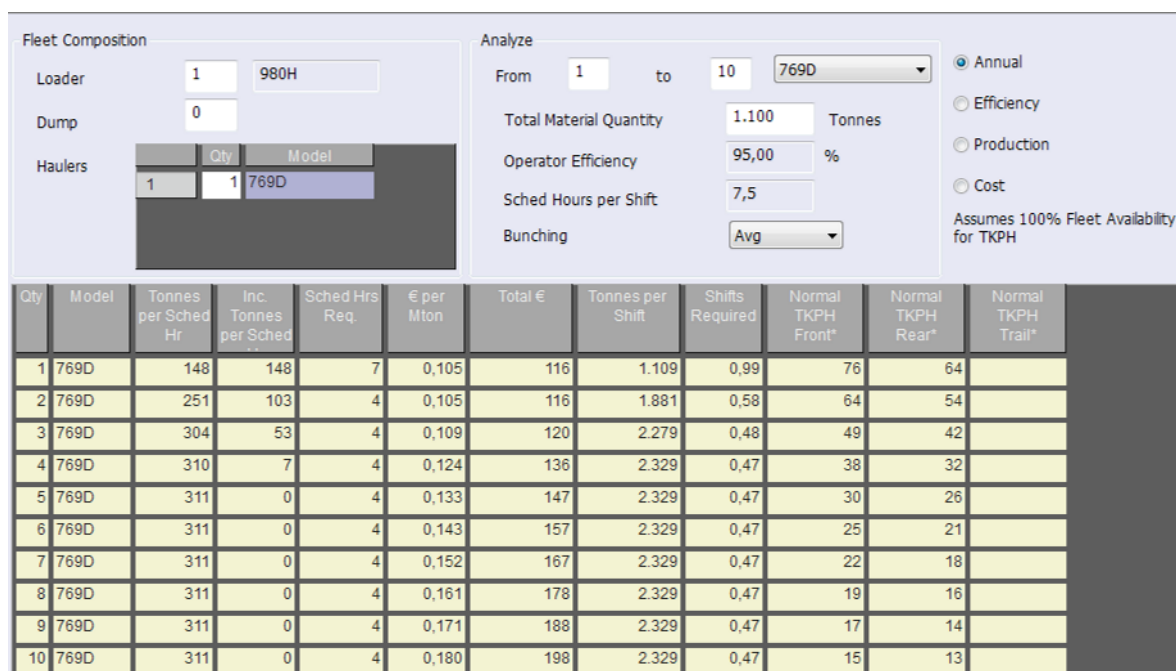
Budući da prilikom određivanja vremena trajanja utovarno-transportnih ciklusa na transportnoj trasi koja vodi od pete etaže jug do drobilice nisu sa sigurnošću definirani čimbenici koji utječu na cjelokupni proces, uneseni su podaci koji procijenjeno vrijeme trajanja ciklusa dovode na stranu sigurnosti. Na slici 4-13 dan je prikaz procijenjenog ukupnog vremena trajanja ciklusa.

Hauler Cycle Time			Loader Cycle Time		
	1 769D			1 769D	
Load with Exchange (min)	8,15		Loader Model	980H	
Haul (min)	2,76		Loader Quantity	1	
Dump and Maneuver (min)	3,00		Bucket Capacity (CM)	4,97	
Return (min)	2,34		Loader Fill Factor (%)	95,00	
Potential Cycle Time (min)	16,26		Loose Density (kilos/LCM)	1.650	
Wait on Slow Hauler (min)	0,00		Tonnes per Pass	7,79	
Wait to Load (min)	0,00		System Passes per Hauler	6,00	
Additional Bunching (min)	0,00		Hauler Payload (Tonnes)	46,74	
Wait to Dump (min)	0,00		% of Max GVW	95,12	
TMPH Wait (min)			Hauler Volume (LCM)	28,33	
Total Cycle Time (min)	16,26		% of Body Fill	94	
Bunching	Avg		Loader Cycle Time (min)	1,00	
Haul Start kph	0,00		First Bucket Dump (min)	0,15	
Haul End kph	0,00		Hauler Exchange Time (min)	3,00	
Return Start kph	0,00				
Return End kph	0,00				

Slika 4-13. Prikaz ukupnog trajanja ciklusa druge potencijalne flote za trasu od pete etaže jug do drobilice

Theoretical Production					Fleet Estimates		
Quantity	Model	Tonnes per Hour	Cycles per Hour				
1	980H	344					
1	769D	172	3,7				
					Operating Schedule		
					Operator Efficiency	95,00	%
					Schedule Period	Shift	
					Scheduled Hours	7,5	...
					Fleet Estimates		
					Fleet Availability	90,25	%
					Production per Sched Hr	147,90	Tonnes
					Total Production	1.100	Tonnes
					Sched Hrs Required	7,44	
					Total Cost (€)	116	
					Cost per Mton (€)	0,105	
					Production per Shift	1.109	Tonnes
					Shifts Required	0,99	
Actual Production							
Quantity	Model	Cycles per Hour	Payload in Tonnes	Tonnes per Hour			
1	769D	3,69	46,74	172,50			
Fleet Tonnes per Operating Hour				172,50			
x 95.00% Operator Efficiency =				163,87			
x 90.25% Fleet Availability =				147,90			

Proračunati satni kapacitet druge potencijalne transportne flote s jednim kamionom na transportnoj trasi koja vodi od pete etaže jug do drobilice iznosi 148 tona. Vrijednost smjenskog kapaciteta flote proračunata je na 1109 tona. Ostali podaci o promjenama proizvodnih kapaciteta ovisno o broju transportnih strojeva za trasu od pete etaže jug do drobilice prikazani su na slici 4-15.



Slika 4-15. Prikaz radnog učinka druge potencijalne flote s obzirom na broj transportnih strojeva za trasu od pete etaže jug do drobilice

Kao i pri procjeni ciklusa na transportnoj trasi koja vodi od pete etaže jug do drobilice, za drugu potencijalnu flotu na poboljšanoj trasi od druge etaže do drobilice nisu poznati svi faktori koji bi utjecali na ukupno vrijeme trajanja utovara i transporta. Iz tog razloga procijenjeno vrijeme nešto je veće kako bi cjelokupan proračun bio na strani sigurnosti. Prikaz podataka o procijenjenom vremenu trajanja ciklusa dan je na slici 4-16.

Hauler Cycle Time		Loader Cycle Time	
	1 769D		1 769D
Load with Exchange (min)	8,15	Loader Model	980H
Haul (min)	2,55	Loader Quantity	1
Dump and Maneuver (min)	3,00	Bucket Capacity (CM)	4,97
Return (min)	1,81	Loader Fill Factor (%)	95,00
Potential Cycle Time (min)	15,51	Loose Density (kilos/LCM)	1.650
Wait on Slow Hauler (min)	0,00	Tonnes per Pass	7,79
Wait to Load (min)	0,00	System Passes per Hauler	6,00
Additional Bunching (min)	0,00	Hauler Payload (Tonnes)	46,74
Wait to Dump (min)	0,00	% of Max GVW	95,12
TMPH Wait (min)		Hauler Volume (LCM)	28,33
Total Cycle Time (min)	15,51	% of Body Fill	94
Bunching	Avg	Loader Cycle Time (min)	1,00
Haul Start kph	0,00	First Bucket Dump (min)	0,15
Haul End kph	0,00	Hauler Exchange Time (min)	3,00
Return Start kph	0,00		
Return End kph	0,00		

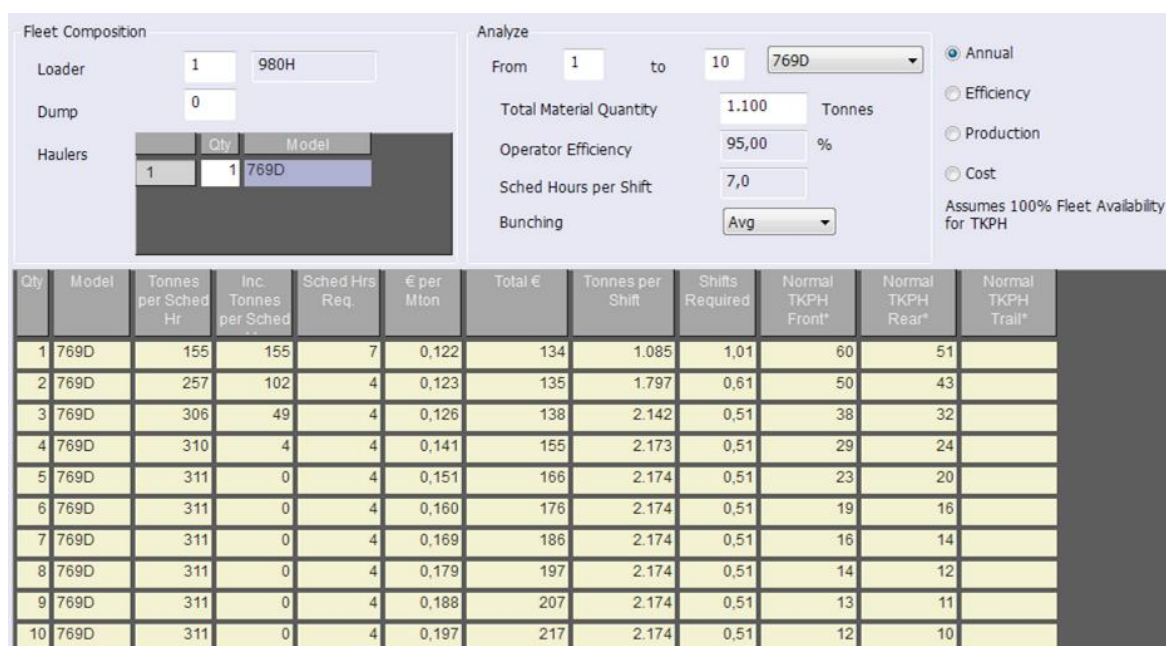
Slika 4-16. Prikaz ukupnog trajanja ciklusa druge potencijalne flote za poboljšanu trasu od druge etaže do drobilice

Na slici 4-17 izloženi su učinci druge potencijalne flote vezani uz poboljšanu trasu od druge etaže do drobilice. Procijenjeni stvarni učinak flote iznosi 154,99 tona sirovina za proizvodnju cementa po satu.

Theoretical Production				Fleet Estimates	
Quantity	Model	Tonnes per Hour	Cycles per Hour	Operating Schedule	
1	980H	344		Operator Efficiency	95,00 %
1	769D	181	3,9	Schedule Period	Shift
				Scheduled Hours	7,0
Actual Production				Fleet Estimates	
Quantity	Model	Cycles per Hour	Payload in Tonnes	Tonnes per Hour	
1	769D	3,87	46,74	180,77	
Fleet Tonnes per Operating Hour				180,77	
x 95.00% Operator Efficiency =				171,74	
x 90.25% Fleet Availability =				154,99	
				Total Production	1.100 Tonnes
				Sched Hrs Required	7,10
				Total Cost (€)	134
				Cost per Mton (€)	0,122
				Production per Shift	1.085 Tonnes
				Shifts Required	1,01

Slika 4-17. Prikaz procijenjenog stvarnog učinka druge potencijalne flote za poboljšanu trasu od druge etaže do drobilice

Ovisnost proračunatih satnih i smjenskih kapaciteta druge potencijalne transportne flote s obzirom na broj transportnih strojeva na poboljšanoj transportnoj trasi od druge etaže do drobilice prikazana je na završnoj slici 4-18. Sa spomenute slike jasno je vidljivo kako satni kapacitet flote sačinjene od jednog modificiranog cestovnog kamiona FMX 540 10x4 iznosi 155, a smjenski 1085 tona.



Slika 4-18. Prikaz radnog učinka druge potencijalne flote s obzirom na broj transportnih strojeva za poboljšanu trasu od druge etaže do drobilice

Podaci o proizvodnim kapacitetima druge potencijalne transportne flote dobiveni pomoću računalnog programa *Fleet Production and Cost* sugeriraju kako bi za ostvarivanje učinkovite proizvodnje uvjetovane kontinuiranim radom drobiličnog postrojenja bila dovoljna dva modificirana cestovna kamiona FMX 540 10x4. Naime, iako su proizvodni kapaciteti flote sačinjene od jednog kamiona za transportnu trasu od pete etaže jug do drobilice na samoj granici, a oni za poboljšanu trasu od druge etaže do drobilice čak i ispod tražene vrijednosti, valja imati na umu kako su proračuni provedeni na temelju vremena trajanja utovarno-transportnih ciklusa koji su vrlo vjerojatno precijenjeni. Stoga se može ustvrditi kako bi, u slučaju implementiranja transportne flote sačinjene od kamiona FMX 540 10x4, za postizanje zahtijevanog utovarno-transportnog učinka vjerojatno bila dostatna dva transportna stroja, oba u kontinuiranom radu na svojim trasama. Iako bi prethodno trebalo ustanoviti i detaljnije proučiti sve čimbenike koji utječu na učinkovitost, ovaj model organizacije tehnoloških procesa utovara i transporta mineralnih sirovina za proizvodnju cementa u površinskom kopu Koromačno nameće se kao optimalan, te se preporuča njegova eventualna implementacija.

5. ANALIZA REZULTATA

U ovom poglavlju bit će razmotreni i opisani rezultati provedenih proračuna. Dakle, u sklopu rada provedena su četiri proračuna pomoću kojih se želio steći detaljniji uvid u sadašnji utovarno-transportni proces, odnosno simulirati potencijalne izmjene te analizirati njihov učinak. Krajnji rezultati navedenih proračuna, kao i najbitniji podaci koji su utjecali na njihovu provedbu, izloženi su u tablici 5-1. U spomenutoj tablici proračuni su prikazani sukladno redoslijedu kojim su obavljeni u radu. Nadalje, mogu se iščitati korištene transportne flote i trase na temelju kojih su izvršeni pojedini proračuni, kao i vrijednosti dobivenih smjenskih učinaka flota. Na kraju su, budući da se svi proračuni temelje na uporabi kamionskog transporta mineralnih sirovina za proizvodnju cementa, prikazane vrijednosti procijenjenog broja kamiona potrebnih za učinkovitu proizvodnju.

Rezultati prvog provedenog proračuna u skladu su sa sadašnjom situacijom na terenu i ukazuju na potrebu za uporabom triju kamiona. Kao što je vidljivo iz tablice, uporabom jednog kamiona po etaži vrijednost zajedničkog smjenskog učinka nedovoljna je za zadovoljavanje proizvodnih kapaciteta drobilice. U slučaju poboljšanja transportne trase koja vodi od druge etaže do drobilice, uz uporabu transportne flote temeljene na postojećim kamionima, pretpostavlja se da bi za zadovoljavanje potreba proizvodnje bila dovoljna dva kamiona. Iako su dobivene vrijednosti smjenskih učinaka za flotu sastavljenu od dva kamiona nešto manje od potrebnih, valja uzeti u obzir kako su simulacije provedene na temelju utovarno-transportnih ciklusa procijenjenih sa dozom sigurnosti. Vrijednosti dobivene proračunom temeljenim na uporabi prve potencijalne transportne flote sastavljene od modificiranih cestovnih kamiona ukazuju kako bi, za potrebe sadašnje proizvodnje, utovarno-transportni proces bilo moguće učinkovito organizirati uz uporabu tri kamiona. U tom slučaju, organizacija rada bila bi identična sadašnjoj. Naposljetku je proveden proračun temeljen na uporabi modificiranih cestovnih kamiona veće nosivosti. Vrijednosti smjenskih učinaka dobivene tim proračunom govore kako bi, za uspješnu i učinkovitu proizvodnju, bila dostatna svega dva kamiona.

Tablica 5-1. Sažeti prikaz provedenih proračuna

Redoslijed proračuna u radu	Transportna flota korištena u proračunu	Transportne trase korištene u proračunu	Vrijednosti smjenskih učinaka dobivene proračunom		Procijenjeni broj kamiona potrebnih za učinkovitu proizvodnju
Prvi	Sadašnja flota temeljena na kamionima Perlini DP 405	Trasa od druge etaže do drobilice	1 stroj	859 tona	3
			2 stroja	1512 tona	
		Trasa od pete etaže jug do drobilice	1 stroj	888 tona	
			2 stroja	1567 tona	
Drugi	Sadašnja flota temeljena na kamionima Perlini DP 405	Trasa od pete etaže jug do drobilice	1 stroj	985 tona	2
			2 stroja	1718 tona	
		Poboljšana trasa od druge etaže do drobilice	1 stroj	1033 tone	
			2 stroja	1762 tone	
Treći	Prva potencijalna flota temeljena na kamionima Volvo FMX 500 8x4	Trasa od pete etaže jug do drobilice	1 stroj	731 tona	3
			2 stroja	1204 tone	
		Poboljšana trasa od druge etaže do drobilice	1 stroj	776 tona	
			2 stroja	1240 tona	
Četvrti	Druga potencijalna flota temeljena na kamionima Volvo FMX 540 10x4	Trasa od pete etaže jug do drobilice	1 stroj	1109 tona	2
			2 stroja	1881 tona	
		Poboljšana trasa od druge etaže do drobilice	1 stroj	1085 tona	
			2 stroja	1797 tona	

6. ZAKLJUČAK

Cilj rada bio je odrediti mogućnosti za optimiziranje utovarno-transportnog procesa mineralnih sirovina za proizvodnju cementa na površinskom kopu Koromačno. Kako bi se navedeno postiglo, bilo je potrebno steći uvid u čimbenike koji utječu na sadašnji utovar i transport. Stoga su u prvom dijelu ovoga rada opisane postojeća transportna flota, utovarna flota i transportne trase. Osim navedenih čimbenika, ustanovljeno je i stanje sadašnjeg drobiličnog postrojenja koje, preko svojeg proizvodnog kapaciteta, utječe na dinamiku odvijanja utovarno-transportnih ciklusa. Nadalje, kako bi se stvorili temelji za što uspješniju izradu računalnih proračuna u drugoj i trećoj cjelini rada, terenskim mjerenjima utovarnih i transportnih ciklusa u površinskom kopu Koromačno dobiveni su podaci o njihovim ukupnim vremenima trajanja, te podaci o vremenima trajanja pojedinih segmenata, odnosno operacija od kojih su cjelokupni ciklusi sačinjeni.

U drugom i trećem dijelu rada, pomoću računalnog programa *Fleet Production and Cost* namijenjenog za proračunavanje i međusobno uspoređivanje različitih koncepata utovarno-transportnih ciklusa, dobiveni su i izloženi podaci o sadašnjem procesu utovara i transporta u Koromačnom, te su obrađena tri rješenja za njegovo poboljšanje i eventualnu optimizaciju. Dakle, prvo je proveden proračun sadašnjeg utovarno-transportnog procesa na temelju postojeće utovarno-transportne mehanizacije i transportnih trasa. Rezultati dobiveni računalnim programom dobro se poklapaju sa stvarnim stanjem na terenu. Iz rezultata proračuna vidljivo je kako početno definirana transportna flota sastavljena od dvaju transportnih strojeva nije u stanju zadovoljiti proizvodne kapacitete drobilice, te da bi za učinkovitu proizvodnju bila potrebna tri kamiona. To je u skladu sa stvarnom situacijom na terenu gdje se prijevoz mineralnih sirovina za proizvodnju cementa odvija uz korištenje tri transportna stroja. Zatim je navedenim računalnim programom obrađeno moguće unaprjeđenje sadašnje učinkovitosti utovara i transporta poboljšanjem stanja transportnih trasa. Analiziran je i ocijenjen utjecaj pojedinačnog poboljšanja transportne trase od druge etaže do drobilice kako bi se otklonio možebitan utjecaj drugih čimbenika na proračun. Ustanovljeno je kako bi potencijalna smanjenja otpora kotrljanju i povećanja brzina kretanja transportne flote rezultirala značajnim porastom proizvodnih kapaciteta. Štoviše, u tom slučaju unaprjeđenje utovarno-transportnog procesa je toliko da otvara mogućnost za uspješnu proizvodnju uz samo dva kamiona sadašnje transportne flote.

U završnom dijelu rada obrađena su dva potencijalna rješenja za učinkovitu proizvodnju u budućnosti, odnosno nakon isteka radnog vijeka transportnih strojeva koji su trenutno u upotrebi. Oba razmatrana rješenja baziraju se na uporabi modificiranih cestovnih kamiona za zadovoljavanje sadašnjih proizvodnih kapaciteta. Provedeni proračuni pretpostavljaju uporabu postojeće utovarne mehanizacije i smjenskog kapaciteta drobilice, te uporabu sadašnje transportne trase od pete etaže jug do drobilice i poboljšane trase od druge etaže do drobilice. Važno je naglasiti kako je, u slučaju eventualne implementacije neke od flota temeljenih na modelima modificiranih cestovnih kamiona, nužna izvedba vozačkih kabina sa ROPS (eng. Roll Over Protection System=zaštita u slučaju prevrtanja) i FOPS (eng. Falling Object Protection System=zaštita od udara padajućeg materijala) sustavom zaštite kako bi se zadovoljili svi sigurnosni standardi. Prvo je razmatrana opcija implementacije flote sačinjene od modificiranih cestovnih kamiona manje nosivosti. Rezultati proračuna pokazali su kako bi, u slučaju uporabe takve flote, bila potrebna tri kamiona za postizanje učinkovite proizvodnje. Uzevši u obzir kako se sada također koriste tri transportna stroja i da su inicijalni i operativni troškovi modificiranih cestovnih kamiona znatno manji u odnosu na klasične rudarske kamione, ustanovljeno je da bi implementacija takve flote unaprijedila cjelokupan utovarno-transportni proces, te da postoji opravdanost za detaljnije razmatranje takvog rješenja.

Naposljetku je izvršen proračun za potencijalnu opciju transportne flote sačinjene od modificiranih cestovnih kamiona veće nosivosti. Dobiveni podaci sugeriraju kako bi za ostvarivanje učinkovite proizvodnje vjerojatno bila dovoljna dva modificirana cestovna kamiona, oba u kontinuiranom radu na svojim transportnim trasama. Iako bi u tom slučaju prethodno trebalo ustanoviti i detaljnije proučiti sve čimbenike koji utječu na učinkovitost, taj model organizacije tehnoloških procesa utovara i transporta mineralnih sirovina za proizvodnju cementa nameće se kao optimalan, te se preporuča njegova eventualna implementacija.

7. LITERATURA

Caterpillar Inc., 2012. Caterpillar Performance Handbook 42. Caterpillar Inc., Peoria, Illinois, U.S.A.

FPC Manual, 2015. Caterpillar Inc., Fleet Production and Cost Manual

Komatsu, 2009. Komatsu Specifications & Application Handbook Edition 30. Japan

Kujundžić, T., 2015. Nastavni tekst za predavanja iz predmeta: Rudarski i geotehnički strojevi. Interna skripta. Rudarsko-Geološko-Naftni fakultet, Zagreb

Matjašić, I., 2015. Elaborat o rezervama sirovina za proizvodnju cementa i tehničko-građevnog kamena na eksploatacijskom polju „Koromačno“ kod Koromačnog u Istri (VI. obnova proračuna rezervi). CALX d.o.o., Zagreb

Perlini-equipment, 2015. (17.8.2015.) URL:

http://www.perlini-equipment.com/index.php?option=com_content&view=article&id=72&Itemid=100

Perlini International, 2000. Dump Truck DP 405 Use And Maintenance. Perlini Sezione Pubblicazioni tecniche, Verona

Vrkljan, D., 2006. Dopunski rudarski projekt u eksploatacijskom polju „Koromačno“. Rudarsko-Geološko-Naftni fakultet, Zagreb

W-equipment.com, 2015. (14.7.2015.) URL:

<https://www.w-equipment.com/machinery-specifications/models/2654/caterpillar-980h.html>