

Analiza pogonskih sistema rotornog točka na bagerima SRS-2000 sa ciljem unifikacije ;Analysis Of Bucket Wheel Drive System at SRS2000 Excavators, for the Unification Purpose

Predrag Jovančić, Dragan Ignjatović, Nebojša Gnjatović, Srđan Bošnjak



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Analiza pogonskih sistema rotornog točka na bagerima SRS-2000 sa ciljem unifikacije ;Analysis Of Bucket Wheel Drive System at SRS2000 Excavators, for the Unification Purpose | Predrag Jovančić, Dragan Ignjatović, Nebojša Gnjatović, Srđan Bošnjak | XIII Међународна конференција OMC 2018 Zlatibor, 17.-20. oktobar 2018. | 2018 | |

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0007971>

Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду омогућава приступ издањима Факултета и радовима запослених доступним у слободном приступу. - Претрага репозиторијума доступна је на www.dr.rgf.bg.ac.rs

The Digital repository of The University of Belgrade Faculty of Mining and Geology archives faculty publications available in open access, as well as the employees' publications. - The Repository is available at: www.dr.rgf.bg.ac.rs

**XIII MEĐUNARODNA
KONFERENCIJA
Zlatibor, 17-20. oktobar 2018.**

OMC 2018

**Zlatibor, 17-20 October 2018
13TH INTERNATIONAL CONFERENCE**



ZBORNİK RADOVA PROCEEDINGS



**Jugoslovenski komitet za površinsku eksploataciju
Yugoslav Opencast Mining Committee**

**Savez inženjera rudarstva i geologije Srbije
Society of Mining and Geology Engineers of Serbia**



**XIII MEĐUNARODNA KONFERENCIJA
OMC 2018**

Zlatibor, 17.-20. oktobar 2018.

**13th INTERNATIONAL CONFERENCE
OMC 2018**

Zlatibor, 17-20 October 2018

**ZBORNIK RADOVA
PROCEEDINGS**

XIII MEĐUNARODNA KONFERENCIJA OMC 2018

ZBORNİK APSTRAKTA

13th INTERNATIONAL CONFERENCE OMC 2018

BOOK OF ABSTRACTS

Izdavač / Publisher

Jugoslovenski komitet za površinsku eksploataciju

Urednik / Editor

Prof. Dr Vladimir Pavlović

Tehnička priprema / Technical preparation

Petar Maksimović

Natalija Pavlović

Grafičko rešenje korica / Graphic design

Petar Maksimović

Tiraž / Number of copies

150 primeraka

Štampa / Printing

FineGraf, Beograd

© Sva prava zadržava izdavač

ISBN 978-86-83497-25-6

**XIII MEĐUNARODNA KONFERENCIJA
OMC 2018**

**13th INTERNATIONAL CONFERENCE
OMC 2018**

ORGANIZATORI

Savez inženjera rudarstva i geologije Srbije, Jugoslovenski komitet za
površinsku eksploataciju
Ring Deutscher Bergingenieure, Germany
Elektroprivreda Srbije
Elektroprivreda Srbije - Ogranak Rudarski basen Kolubara
Elektroprivreda Srbije - Ogranak Termoelektrane i kopovi Kostolac

U ORGANIZACIJI UČESTVUJE

Ministarstvo rudarstva i energetike Republike Srbije

MEĐUNARODNI NAUČNI ODBOR

Prof. Dr Vladimir Pavlović, CPE Beograd
Prof. Dr Božo Kolonja, Univerzitet u Beogradu
Prof. Dr Dragan Ignjatović, Univerzitet u Beogradu
Prof. Dr Nikola Lilić, Univerzitet u Beogradu
Prof. Dr Carsten Drebenstedt, TU Bergakademie Freiberg
Prof. Dr Michael Karmis, Virginia Tech University
Prof. Dr Vladislav Kecojević, West Virginia University
Prof. Dr Monika Hardygora, University of Technology, Wroclaw
Prof. Dr Zoran Panov, University Skopje
Prof. Dr Michael Galetakis, Technical University of Crete
Prof. Dr Maria Lazar, University of Petrosani
Prof. Dr Pavol Rybar, Technical University Košice
Prof. Dr Ljuben Totev University of Mining and Geology, Sofia
Doc. Dr Tomislav Šubaranović, Univerzitet u Beogradu
Dr Lary Thomas, Dargo Associates Ltd
Dr Francis Pavloudakis, Public Power Corporation of Greece S.A.
Dr Christos Roumpos, Public Power Corporation of Greece S.A.
Dr Sveta Mirković, JP EPS

Zlatibor, 17-20. oktobar 2018.

SADRŽAJ

Božić B., Đermanović S. STVARANJE OPTIMALNIH USLOVA ZA RAD BTO SISTEMA UPOTREBOM DISKONTINUALNE MEHANIZACIJE CREATION OF OPTIMAL CONDITIONS FOR EXCAVATOR-CONVEYOR-SPREADER OPERATION BY DISCONTINUOUS MECHANIZATION	1
Bulatović V., Trifunović M. RAZVOJNE PERSPEKTIVE POVRŠINSKE EKSPLOATACIJE UGLJA U KOSTOLAČKOM BASENU DEVELOPMENT PERSPECTIVES OF SURFACE MINING IN KOSTOLAC BASIN	6
Đenadić S., Miletić F., Jovančić P., Janković I., Lazić M. ANALITIČKO HIJERARHIJSKI PROCES PRIMENJEN ZA SELEKCIJU HIDRAULIČNIH BAGERA NA POVRŠINSKIM KOPOVIMA ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS APPLIED FOR SELECTION OF HYDRAULIC EXCAVATORS ON OPENCAST MINES	14
Đurić R., Milošević Z. EVALUACIJA POUZDANOSTI I RASPOLOŽIVOSTI POMOĆNE MEHANIZACIJE NA POVRŠINSKIM KOPOVIMA EVALUATION OF RELIABILITY AND AVAILABILITY OF AUXILIARY MECHANIZATION ON OPENCAST MINES	23
Gojak Z., Mitrović M., Lazić S. DIGITALIZACIJA DOKUMENTACIONIH GEOLOŠKIH PODATAKA DIGITALIZATION OF DOCUMENTATION GEOLOGICAL DATA	35
Ignjatović D., Jovančić P., Mirković S., Milovanović A., Stević D. OPTIMIZACIJA ORGANIZACIJE, SREDSTAVA I TROŠKOVA POMOĆNE MEHANIZACIJE U CILJU POVEĆANJA STEPENA ISKORIŠĆENJA JALOVINSKIH I UGLJENIH SISTEMA NA POVRŠINSKIM KOPOVIMA EPS OPTIMIZATION OF ORGANIZATION, ASSETS AND COSTS OF AUXILIARY MECHANIZATION FOR BETTER UTILIZATION OF COAL AND OVERBURDEN SYSTEMS ON OPEN PIT MINES EPS	42
Pavlović N. Ivoš V., Korakianiti M. PRIMENA FMEA METODE ANALIZE I OCENE SOCIOLOŠKIH I EKOLOŠKIH RIZIKA ODRŽIVOG RAZVOJA EKSPLOATACIJE UGLJA NA POVRŠINSKOM KOPU RADLJEVO U KOLUBARSKOM BASENU APPLICATION OF FMEA ANALYSIS METHOD AND EVALUATION OF SOCIOLOGICAL AND ECOLOGICAL RISKS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF COAL EXPLOITATION IN THE OPEN PIT RADLJEVO IN THE KOLUBARA BASIN	54
Jovančić P., Ignjatović D., Gnjatović N., Bošnjak S. ANALIZA POGONSKIH SISTEMA ROTORA NA BAGERIMA SRs 2000 SA CILJEM UNIFIKACIJE ANALYSIS OF BUCKET WHEEL DRIVE SYSTEM AT SRs 2000 EXCAVATORS, FOR THE UNIFICATION PURPOSE	63
Jovičić V., Pavlović V. STRATEŠKI PRISTUP UPRAVLJANJA RIZICIMA POSLOVNOG SISTEMA U POVRŠINSKOJ EKSPLOATACIJI STRATEGIC APPROACH TO RISK MANAGEMENT IN THE OPENCAST MINING BUSINESS SYSTEM	72

Kezović M. GEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA I ODRŽIVI RAZVOJ U KOLUBARSKOM UGLJONOSNOM BASENU GEOLOGICAL EXPLORATIONS AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN KOLUBARA MINING BASIN	79
Kezović M. REZERVE LIGNITA U KOLUBARSKOM I KOSTOLAČKOM BASENU KAO PREDUSLOV ZA UNAPREĐENJE ODRŽIVE ENERGETIKE LIGNITE RESERVES IN THE KOLUBARA AND KOSTOLAC BASINS AS A PRECONDITION FOR SUSTAINABLE ENERGY IMPROVEMENT	90
Kolovos N., Karnaris I. PRODUCED LIGNITE QUALITY IN ZEBRA TYPE LIGNITE DEPOSITS IN THE SOUTHERN FIELD MINE, NORTHERN GREECE KVALITET DOBIJENOG ZEBRA LIGNITA IZ LEŽIŠTA U RUDNIKU JUŽNO POLJE, SEVERNA GRČKA	99
Lazić M., Vasiljević B., Miletić F., Đenadić S. SANACIJA RADNIH ETAŽA NA POVRŠINSKOM KOPU KREČNJAKA SLOVAC - ANALIZA FAKTORA SIGURNOSTI ETAŽA ZAVRŠNE KOSINE SANATION OF WORKING BECHES AT LIMESTONE SURFACE MINE SLOVAC - ANALYSIS OF THE SAFETY FACTORS FOR ENDIG SLOPE LEVEL	106
Lončar S., Minić G., Đurović M., Mitrović A. PREVENTIVNE MERE ZAŠTITE VODOTOKA U FAZI OTVARANJA KOPA - STANARSKI UGLJENI BASEN PREVENTIVE MEASURES OF WATERFLOWS PROTECTION IN MINE OPENING PHASE - STANARI COAL BASIN	115
Lončar S., Blagojević T. DOISTRAŽIVANJE UGLJA U STANARSKOM BASENU U CILJU PREKATEGORIZACIJE REZERVU UGLJA I POVEĆANJA SIROVINSKE BAZE ZA TERMOELEKTRANU STANARI ADDITIONAL COAL EXPLORATION IN STANARI BASIN FOR RESERVE RE- CATEGORIZATION AND INCREASING RAW MATERIAL QUANTITY FOR THERMAL POWER PLANT STANARI	122
Lukić M., Džigumović J. PRIMENA SAVREMENIH TEHNOLOGIJA - UPOTREBA BESPILOTNOG LETEĆEG SISTEMA (DRONA) ZA IZRADU 3D MODELA TERENA POVRŠINSKOG KOPA I OBRAČUN KOLIČINA UGLJA NA DEPONIJU IMPLEMENTATION OF MODERN TECHNOLOGIES - USAGE OF UNMANNED AIRCRAFT SYSTEM (DRONE) FOR CREATING 3D TERRAIN MODEL OF OPEN PIT MINE AND VOLUME CALCULATION AT COAL STOCKYARD	131
Lutovac S., Gligorić M., Majstorović J., Tokalić R. ODREĐIVANJE OPTIMALNE VRSTE EKSPLOZIVA PRIMENOM ANALITIČKOG POSTUPKA AKUSTIČKE IMPEDANCE DETERMINATION OF THE OPTIMAL TYPE OF EXPLOSIVE BASED ON ANALYTICAL PROCEDURE OF ACOUSTIC IMPEDANCE	138
Malić N., Matko Stamenković U. SPECIFIČNOSTI SASTAVLJANJA TRAVNO-LEGUMINOZNIH SMJESA ZA POTREBE REKULTIVACIJE DEGRADIRANIH ZEMLJIŠTA SPECIFICS OF GRASS-LEGUMINOUS MIXTURES FOR RECLAMATION OF DEGRADED SOILS	147
Marinković Lj., Vojnić M., Avramović A., Pešić S. PREDLOG REŠENJA ODVOĐENJA VODE IZ LINIJA BUNARA LC-XII, LC-XIII, LC-XIV' I LC- XIV U NOVO KORITO DUNAVCA WATER FLOW OUT FROM WELL LINES LC-XII, LC-XIII, LC-XIV' AND LC-XIV TO NEW DUNAVAC RIVERBED SOLUTION PROPOSAL	155

Mićović Ž., Tomašević G., Nedeljković N. STRATEŠKI PRISTUP DIGITALNOJ TRANSFORMACIJI POSLOVANJA RUDARSKOG SEKTORA JP EPS STRATEGIC APPROACH TO DIGITAL BUSINESS TRANSFORMATION OF EPS MINING SECTOR	159
Miladinović D. UPRAVLJANJE RIZICIMA U PROCESIMA OPERATIVNOG UPRAVLJANJA U OBLASTIMA KORIŠĆENJA ENERGIJE I ENERGENATA U RB KOLUBARA RISK MANAGEMENT IN PROCESSES AND ACTIVITIES OF OPERATIONAL MANAGEMENT IN THE FIELD OF ENERGY AND ENERGENTS USING IN MB KOLUBARA	164
Miletić F., Đenadić S., Jovančić P., Novaković D., Vasiljević B. UTVRĐIVANJE UTICAJA REZNIH ELEMENATA ROTORNOG BAGERA NA RAD POGONA ROTORA DETERMINING THE IMPACT OF CUTTING ELEMENTS OF THE ROTOR EXCAVATOR ON THE OPERATION OF BUCKET WHEEL DRIVE	175
Mitrović S. PUT DO DIGITALNOG RUDNIKA ROAD TO A DIGITAL MINE	186
Pavlović N. PERSPEKTIVE KORIŠĆENJA ANTROPOGENIH RESURSA ANTHROPOGENIC RESOURCES USAGE PERSPECTIVES	196
Pavlović V., Milijanović D., Jevtić B. RAZVOJ POVRŠINSKE EKSPLOATACIJE UGLJA U UGLJONOSNIM BASENIMA JP EPS U FUNKCIJI REALIZACIJE STRATEGIJE RAZVOJA ENERGETIKE REPUBLIKE SRBIJE DEVELOPMENT OF OPENCAST COAL MINING ON JP EPS COAL BASINS IN THE FUNCTION OF ENERGY DEVELOPMENT STRATEGY REALIZATION IN THE REPUBLIC OF SERBIA	201
Petrović B., Šubaranović T., Milošević D. VERIFIKACIJA GEOMEHANIČKOG MODELA SEVERO-ZAPADNOG DELA POLJA D - RB KOLUBARA GEOMECHANIC MODEL VERIFICATION OF THE NORTH-WEST PART OF FIELD D - RB KOLUBARA	210
Petrović M., Mišković M., Tomić G., Alimpijević S. ANALIZA DILOKACIJE KONTINUALNIH SISTEMA PK POLJE D U FUNKCIJI PROIZVODNJE UGLJA I OTKRIVKE U ISTOCNOM DELU KOLUBARSKOG UGLJENOG BASENA DISLOCATION OF CONTINUAL SYSTEMS AT OCM "FIELD D" IN FUNCTION OF CONTINUANCE IN PRODUCTION FOR OVERBURDEN AND COAL WITHIN EAST PART OF KOLUBARA COAL BASIN – FROM IDEA TO REALIZATION	217
Polomčić D., Petković V., Jeremić M. ZAŠTITE POVRŠINSKOG KOPA RADLJEVO SEVER OD PODZEMNIH VODA WELLS CALCULATION FOR THE PROTECTION OF OPENCAST MINE RADLJEVO NORTH FROM GROUNDWATER	224
Roumpos C., Sachanidis C., Pavloudakis F. DISTRIBUTION OF THE TRACE AND MAJOR ELEMENTS CONCENTRATION IN THE UPPER AND LOWER LIGNITE BEARING STRATA OF PTOLEMAIS –AMYNTEON MINES RASPODELA KONCENTRACIJE ELEMENATA U TRAGOVIMA I GLAVNIH ELEMENATA U GORNJEM I DONJEM SLOJU LIGNITA U PTOLEMAIS -AMYNTEON RUDNICIMA	229
Slavković D., Šubaranović T., Zdravković J. PREDLOG REŠENJA SPREČAVANJA ULIVA VODE U POVRŠINSKI KOP DRMNO PRILIKOM PRESECANJA KORITA DUNAVCA SOLUTION PROPOSAL FOR PREVENTION OF WATER INFLOW INTO OPENCAST MINE DRMNO DURING DUNAVAC RIVERBED INTERSECTION	243

Stevanović Petrović N., Petrović M., Majstorović J., Savić D ZAŠTITA POVRŠINSKOG KOPA TAMNAVA- ZAPADNO POLJE OD POVRŠINSKIH VODA DO 2022. GODINE PROTECTION OF OPEN-PIT MINE TAMNAVA-WEST FIELD FROM SURFACE WATERS UP TO YEAR 2022	248
Stojaković M., Žujović T. PLANIRANJE TEHNOLOŠKOG REŠENJA PROCESA HOMOGENIZACIJE UGLJA NA POVRŠINSKIM KOPOVIMA PLANNING OF THE HOMOGENIZATION PROCESS ON OPECAST COAL MINES	255
Stojanović C., Mićanović Z., Borović B. POLITIKA KONCESIJA I NAKNADA ZA KORIŠĆENJE MINERALNIH SIROVINA U FUNKCIJI SVEUKUPNOG RAZVOJA POLICY OF CONCESSIONS AND FEES FOR THE USE OF MINERAL RESOURCES IN THE FUNCTION OF OVERALL DEVELOPMENT	260
Šubaranović T., Veljić U., Ristović I., Pavlović D. REŠENJE PRIPREME PODLOGE ISTOČNOG SPOLJAŠNJEG ODLAGALIŠTA NA PK DACITA ĆERAMIDE ZA SIGURNO ODLAGANJE JALOVINE SOLUTION FOR PREPARING THE BASE OF THE DACITE SURFACE MINE CERAMIDE EASTERN OUTER DUMP FOR SAFE WASTE DISPOSAL	267
Šubaranović T., Polomčić D., Pavlović V. TEHO-EKONOMSKA ANALIZA VARIJANTI SISTEMA ODVODNJAVANJA POVRŠINSKOG KOPA DRMNO OD PODZEMNIH VODA DO KRAJA EKSPLOATACIJE TECHNO-ECONOMIC ANALYSIS OF OPENCAST MINE DRMNO GROUNDWATER DRAINAGE UNTIL THE END OF MINING	274
Thomas L. THE CHANGING FACE OF THE COAL MINING INDUSTRY PROMENE U EKSPLOATACIJI I INDUSTRIJI UGLJA	283
Tošović R. SAVREMENI PROCES KOMUNIKACIJA U MENADŽMENTU MINERALNOG SEKTORA MODERN COMMUNICATION PROCESS IN MINERAL SECTOR MANAGEMENT	288
Tošović R. SPECIFIČNOSTI INŽENJERINGA ODLUČIVANJA U MINERALNOM SEKTORU SPECIFICS OF DECISION MAKING ENGINEERING IN MINERAL SECTOR	297
Vučković B., Dimitrijević B., Radovanović B., Simić Ž. GEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA LIGNITA NA LEŽIŠTU POLJE E I UTICAJ NA PROJEKTOVANJE RUDARSKIH RADOVA GEOLOGICAL EXPLORATIONS ON FIELD E LIGNITE DEPOSIT AND AFFECTATION ON MINING OPERATIONS DESIGNING	303
Živojinović I., Jevtić D., Stefanović Kojić J. MOGUĆNOST PRIMENE SOFTVERSKOG ALATA ACCESS ZA PRAĆENJE I OBRADU PODATAKA NA RUDNICIMA UGLJA THE POSSIBILITY OF USING ACCESS AS TOOL FOR MONITORING AND PROCESSING DATA ON COAL MINES	311



**ANALIZA POGONSKIH SISTEMA ROTORA
NA BAGERIMA SRs 2000 SA CILJEM UNIFIKACIJE**

**ANALYSIS OF BUCKET WHEEL DRIVE SYSTEM AT SRs 2000 EXCAVATORS,
FOR THE UNIFICATION PURPOSE**

Jovančić P.¹, Ignjatović D.², Gnjatović N.³, Bošnjak S.⁴

Apstrakt

Na površinskim kopovima EPS trenutno je u funkciji 4 rotorna bagera tipa SRs 2000. Bageri su nabavljeni i montirani u različitim periodima što je uslovalo da ovi bageri imaju različita konstruktivna rešenja najvitalnijeg dela - glave rotora. Tokom dosadašnje eksploatacije ovih bagera na našim površinskim kopovima, kao najslabija mesta pokazali su se sistemi za pogon rotornog točka i sam rotor. To iziskuje optimalno definisanje modernizacije i revitalizacije odnosno unifikacije pogonske grupe rotora, što bi trebalo da obezbedi povećanje pouzdanosti bagera, a time i povećanje vremenskog i kapacitnog iskorišćenja. Na osnovu sistematizovanja zapažanja i primedbi korisnika i održavalaca ovih rotornih bagera kao i hronologije problema u radu, vrši se analiza pogona kopanja na svim bagerima i donosi krajnji stav o mogućim daljim aktivnostima sa ciljem unifikacije.

Ključne reči: rotorni bager SRs 2000, reduktori, glava rotora

Abstract

There are 4 bucket wheel excavators operating at open pit mines of the EPS. These excavators were acquired and assembled in different times, meaning that they are equipped with various constructive solutions of most important component - head of the bucket wheel. Operation of these excavators so far at our open pit mines showed that most vulnerable spot is the drive system of bucket wheel, including the bucket wheel itself. This situation imposes optimal definition of modernization and revitalization, i.e. unification of drive group of bucket wheel, which should ensure higher reliability of excavator, as well as better time and capacity utilization. Systematic detection and remarks of operators and maintenance staff, including available data of chronology of the problems were used as a base for analysis of drive for digging on all excavators, which would ensure final suggestion on further activities for the purpose of unification.

Key words: bucket wheel excavator SRs 2000, gearboxes, head of the bucket wheel

¹ Prof. Dr Jovančić Predrag, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko geološki fakultet

² Prof. Dr Ignjatović Dragan, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko geološki fakultet

³ Doc. Dr Gnjatović Nebojša, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko geološki fakultet

⁴ Prof. Dr Bošnjak Srđan, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet

1. Uvod

Bager SRs 2000 spada u klasu bagera C odnosno u klasu velikih bagera (po nemačkoj podeli) i proizvod je nemačke kompanije TAKRAF. Ova kompanija je ovaj bager proizvela u više varijanti. Ovih bagera ima ukupno 57 komada (43 bagera na evropskim površinskim kopovima lignita, a 14 komada u Aziji). Tokom dosadašnje eksploatacije kao najslabija mesta pokazali su se sistemi za pogon rotora i sam rotor sa koficama i reznim elementima.

Analiza pogonskih sistema definiše primarni cilj koji treba da ostvari modernizaciju/revitalizaciju i unifikaciju pogonske grupe rotora, pri čemu bi se obezbedilo povećanje pouzdanosti bagera, a time i povećanje vremenskog i kapacitetnog iskorišćenja.

Hronologija primene reduktora za pogon rotora se kreće od sedamdesetih godina prošlog veka pa do današnjih dana. Postoji više izvedbi ovog reduktora. Sedamdesetih i do početka osamdesetih u primeni su bili konusno-cilindrični reduktori snage 2*630 kW i cilindrični reduktori 2*400 kW. Sredinom osamdesetih izrađuju se konusno-cilindrični reduktori snage 2*670 kW. Od kraja devedesetih godina prošlog veka u primeni su konusno-cilindrično-planetni reduktori snage 1*800 kW i 2*500 kW. Takođe, proizvode se reduktori za pogon rotora snage 500 kW, 710 kW, 800 kW, 2*500 kW, 2*1250 kW i posebno treba naglasiti 1*1250 kW.

Na Slikama 1.1 i 1.2 dati su dijagrami proizvodnje i ostvarenog vremena rada ovih bagera na površinskim kopovima lignita Elektroprivrede Srbije.



Slika 1.1. Dijagram proizvodnje bagera SRs 2000 u EPS



Slika 1.2. Dijagram vremena rada bagera SRs 2000 u EPS

Tokom eksploatacije ovih bagera, koji su tokom svog radnog veka otkopavali samo otkrivku u uslovima površinskih kopova Tamnava-Zapadno Polje i Drmno, ostvareni su rezultati koji su dati u Tabeli 1.1.

Tabela 1.1. Osnovne proizvodne karakteristike bagera SRs2000 u EPS-u zaključno sa 2017. godinom

Kop	Bager	Početak rada	Teoretski kapacitet	Ostvarena proizvodnja	Efektivno vreme rada
			(m ³ /h)	(m ³)	(h)
Tamnava	SRs 2000 (G2)	1995.	6600	205.017.623	93.008
Drmno	SRs 2000 (I)	1985.	6000	208.116.168	102.402
Drmno	SRs 2000 (II)	1997.	6600	163.853.604	75.842
Drmno	SRs 2000 (III)	2009.	6600	99.163.453	30.518

2. Dosadašnja problematika

2.1. Rotorni bager SRs 2000.28/3+VR (bager I), PK Drmno

Pogon rotora je na ovom bageru već pretrpeo određenu revitalizaciju. Svojevremeno je zamenjen reduktor pogona rotora sa istim reduktorom kao na bageru SRs 2000.32/5+VR (bager II). Osnovna razlika između ovih reduktora je bila dispozicija elektromotora za pogon reduktora: kod osnovne, stare izvedbe reduktora, pogoni su bili montirani sa strane, a kod nove, trenutno postojeće izvedbe, elektromotori su sa prednje strane. Prema tome, umesto postojećeg reduktora za pogon rotornog točka snage 2*500 kW, montiran je novi reduktor snage 2*670 kW, koji je istovetan kao na bageru SRs 2000.32/5+VR (bager II). Ovaj novi reduktor je donešen sa površinskog kopa Tamnava-Zapadno Polje. Ovaj potez se pokazao tada kao dobro rešenje.

Problematika na pogonu rotora ovog bagera je bila sledeća: lom osovine rotora, zamena više komada poprečnih vratila i ulaznih vratila sa ležajevima i zupčanicima, zamena hidrodinamičkih spojnika (premeštanje težeg dela spojnice na stranu elektromotora), problematika pomoćnog/reparaturnog pogona, kao i kompletnog sistema za podmazivanje. U okviru stare varijante evidentan problem je bio u samom oslanjanju pogona preko klizne čaure, dok je problematika na novom pogonu izražena kroz nedovoljnu čvrstoću male membrane kao oslonca koji je zamenio kliznu čauru. Pored toga, došlo je i do pucanja i havarije velike membrane na rotornom točku. Na Slici 2.1 data je problematika pogona rotora bagera SRs 2000.28/3+VR (bager I) na površinskom kopu Drmno, Kostolački basen.



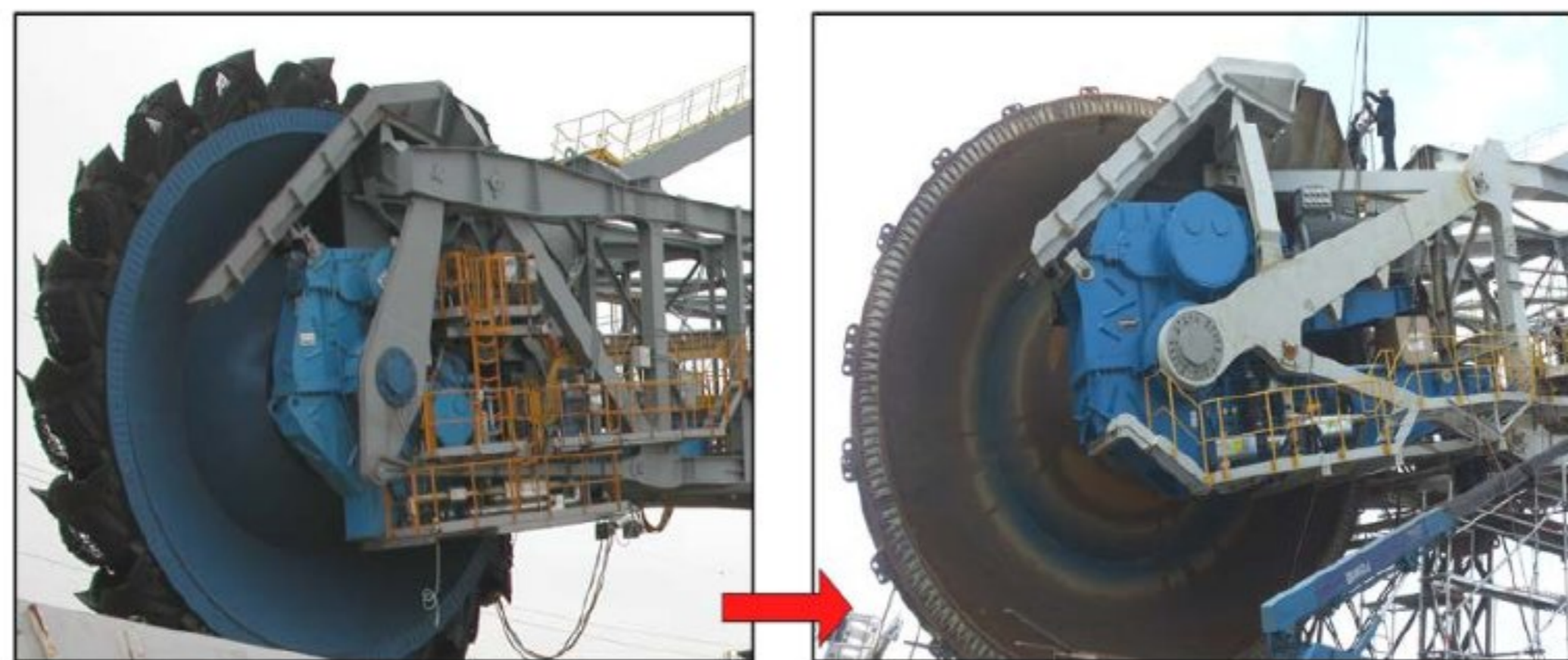
Slika 2.1. Problematika pogona rotora bagera SRs 2000 (bager I)

2.2. Rotorni bager SRs 2000.32/5+VR (bager II), PK Drmno

Na ovom bageru nije rađena revitalizacija, rekonstrukcija i modernizacija pogona rotora. Pogon radi od prvog dana eksploatacije. Problematika na pogonu rotora ovog bagera je bila sledeća: zamena više komada poprečnih vratila i ulaznih vratila sa ležajevima i zupčanicima, zamena hidrodinamičkih spojnice (teži deo spojnice ostao na strani reduktora), problematika pomoćnog/reparaturnog pogona, kao i kompletnog sistema za podmazivanje. U okviru stare varijante evidentan problem je bio u samom oslanjanju pogona preko klizne čaure, dok je problematika na novom pogonu izražena kroz nedovoljnu čvrstoću male membrane kao oslonca koji je zamenio kliznu čauru.

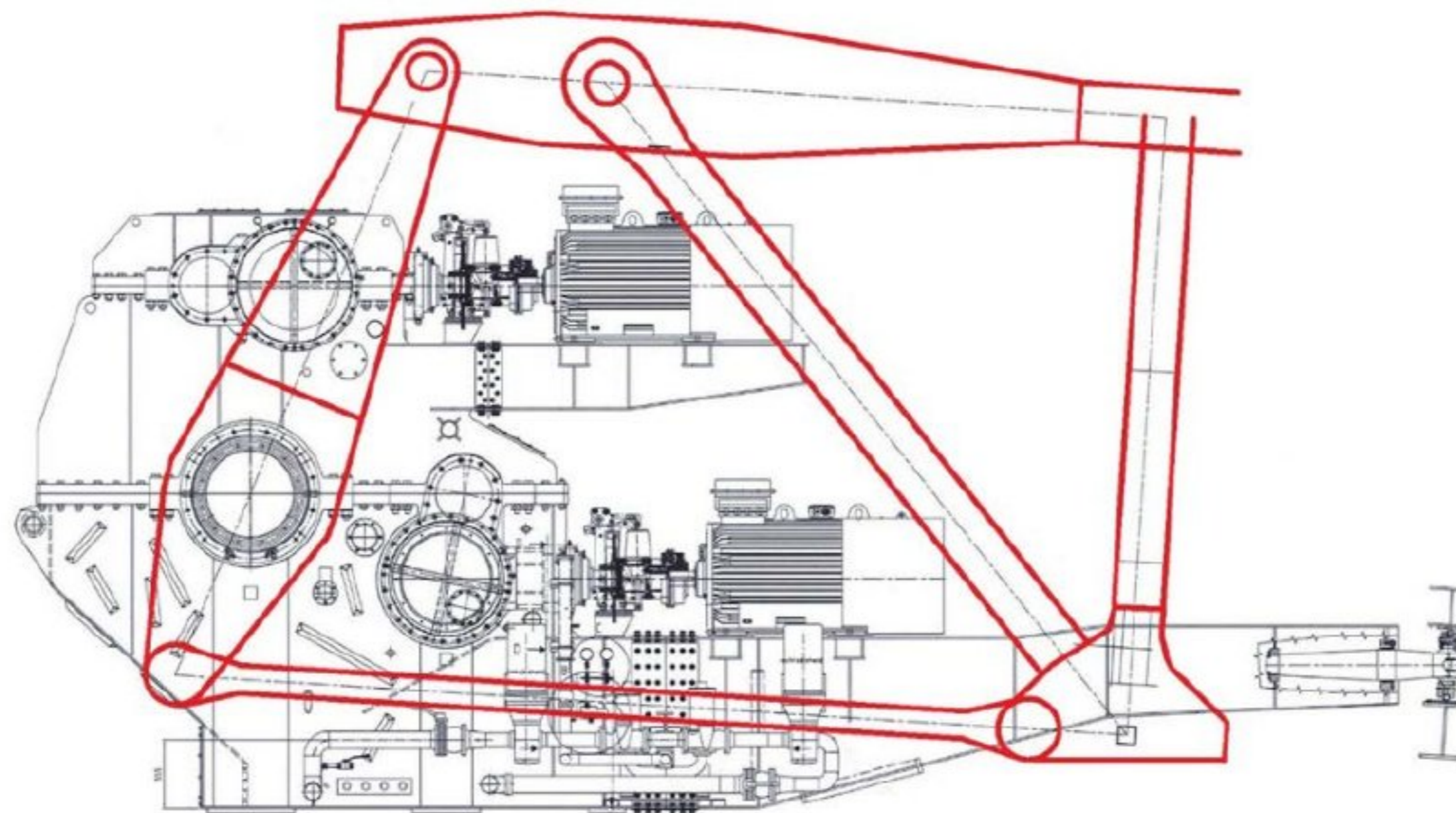
2.3. Rotorni bager SRs2000.32/5+VR (bager III), PK Drmno

Početak rada ovog bagera sa novim planetnim reduktorom sa diferencijalnim izlaznim stepenom ukazivao je na odlično rešenje, a koje se manifestovalo velikim kapacitetnim iskorišćenjem, odnosno velikom proizvodnjom. Reduktor je proizveden u firmi *Lauchhammer*, tadašnjoj fabrici *MAN TAKRAF Fördertechnik GmbH*. To je bio 40. po redu proizveden reduktor tog tipa. Snaga je iznosila 2×670 kW. Nedugo posle početka rada, posle samo 5 godina, bager je zaustavljen zbog velike havarije transmisionih elemenata unutar reduktora. Reduktor je zamenjen novim reduktorom sa jednim ulazom, snage 1×1250 kW, od istog proizvođača. Od tada pa do danas ovaj reduktor radi bez problema. Osnovna vizuelna razlika između ovih dvaju reduktora je broj motora za pogon i način oslanjanja, a što je dato na Slici 2.2.



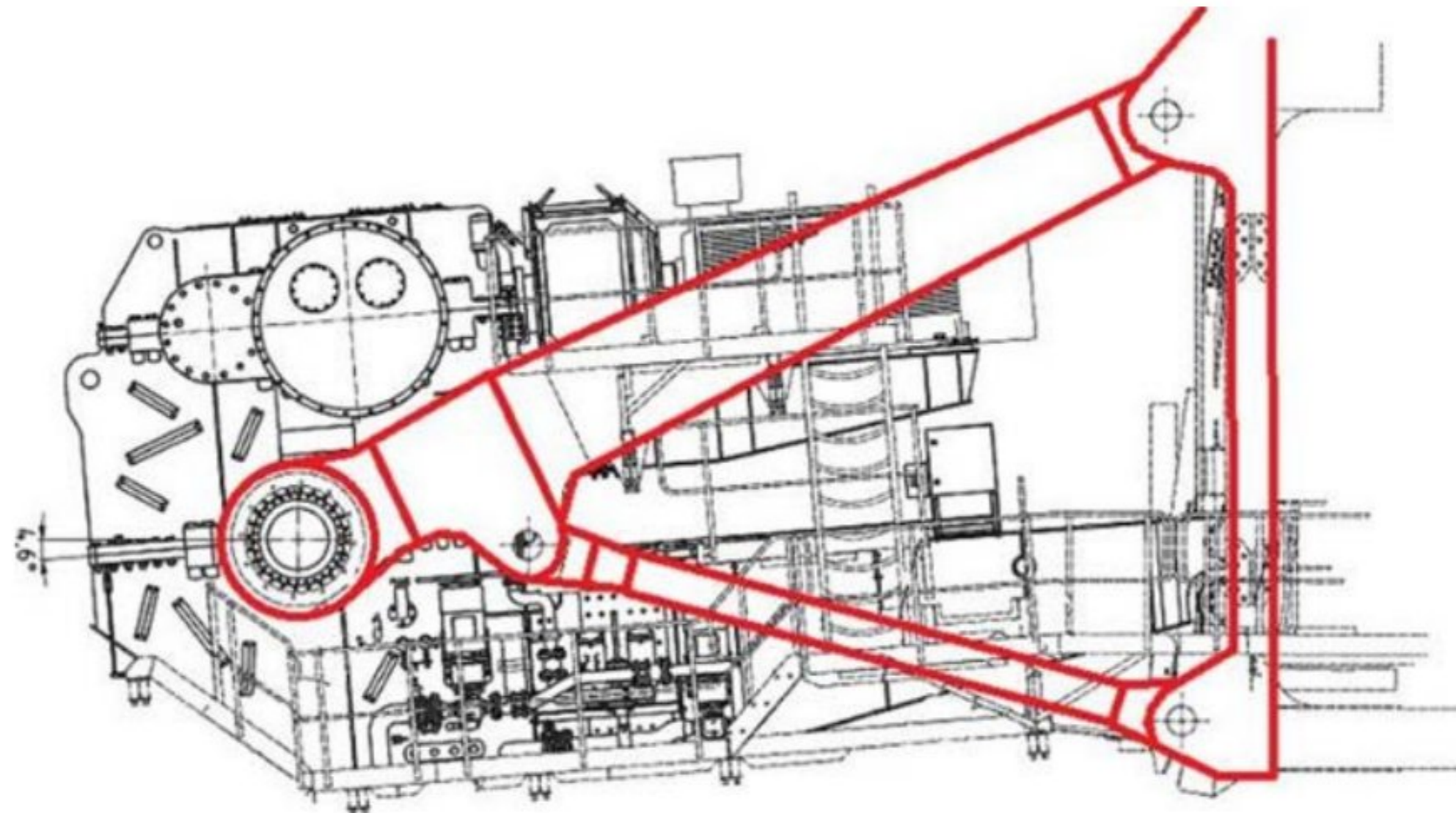
Slika 2.2. Pogon rotora bagera SRs2000.32/5+VR (bager III), pre i posle revitalizacije

Kod reduktora sa dva motora 2×670 kW, način vešanja i oslanjanja reduktora za konstrukciju strele rotornog točka je izveden u obliku četvorougla, a što je dato na Slici 2.3.



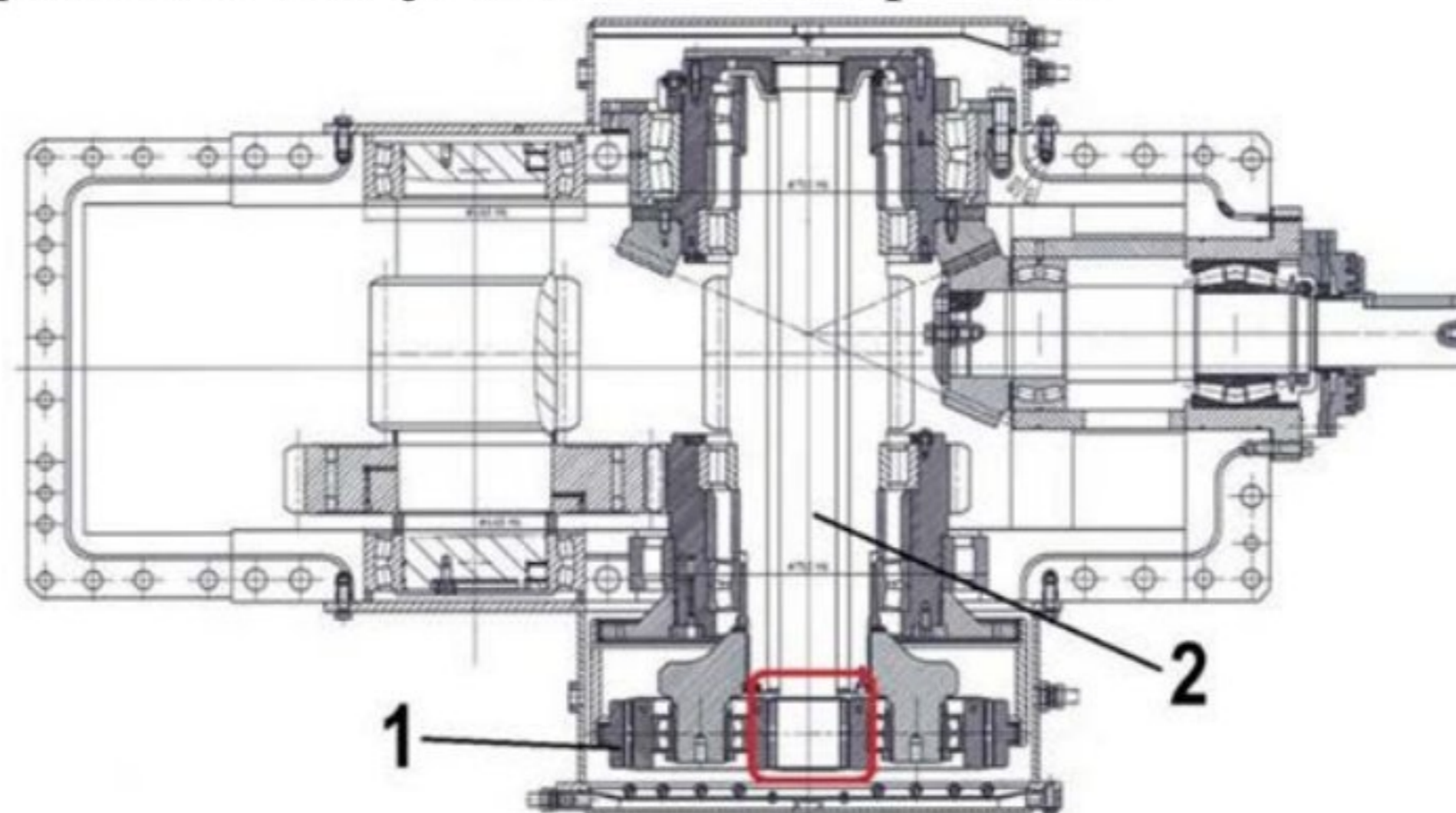
Slika 2.3. Vešanje i oslanjanje pogona rotora bagera SRs 2000.32/5+VR, pre revitalizacije

Kod reduktora sa jednim motorom 1*1250 kW, način vešanja i oslanjanja reduktora za konstrukciju strele rotora je izveden u obliku trougla (oblik bolje čvrstoće), a što je dato na Slici 2.4.



Slika 2.4. Vešanje i oslanjanje pogona rotora bagera SRs 2000.32/5+VR, posle revitalizacije

Nakon samo 5 godina rada i odrađenih 18.597 sati efektivnog rada (mart 2014.), bager je zaustavljen radi zamene ležajeva u reduktoru pogona rotora. Tada su uočena i oštećenja na transmisionim elementima u reduktoru. Primećeno je da je drastično oštećena ozubljena veza između zupčaste spojnice (Slika 2.5, pozicija 1) i nazubljenog vratila (Slika 2.5, pozicija 2) na gornjem vratilu, što praktično stavlja reduktor van upotrebe.



Slika 2.5. Lokacija oštećenog dela na vratilu gornjeg pogona reduktora

Reduktor rotora sa ovakvim problemima nije bilo moguće staviti u funkcionalno stanje odnosno u pogon. Znači, dotadašnji tip reduktora od 2*670 kW se pokazao kao nepouzdan, pa se pristupilo njegovoj zameni sa konstruktivno pouzdanijim reduktorom.

2.4. Rotorni bager SRs 2000.32/5+VR (G2), PK Tamnava-Zapadno Polje

Od početka eksploatacije ovog bagera, više puta je izvršena zamena elemenata pogona/reduktora zbog problema u radu (dva šuplja vratila, osnovna verzija osovine, dva zupčanika na izlaznom vratilu, više komada poprečnih vratila, ulaznih vratila, zupčanika i hidrodinamičkih spojnice, pomoćni pogon, više elemenata sistema za podmazivanje). Kontrolom izlaznog vratila, ustanovljena je pohabanost čaure u šupljem vratilu, usled čega je došlo do kolizije osovine i šupljeg vratila u delu završetka vratila. Tada je ovaj problem prevaziđen ugradnjom dvodelne čaure na mestu kolizije. Potom je došlo do loma osovine rotora, oštećenja šupljeg vratila u zoni samopodesivog ležaja (Slika 2.6) i havarije nekoliko pozicija sklopa male membrane (Slika 2.6).



Slika 2.6. Lom osovine rotora i havarija male membrane

Pored problema sa šupljim vratilom i načinom oslanjanja reduktora na osovinu, postojao je i problem vezan za okretanje ležajeva u kućištima (gnezdim), otkaz ležaja na ulaznim vratilima i sam lom ulaznih vratila kao i habanje provrta hidrodinamičke spojnice. Sam sistem podmazivanja reduktora je imao više puta otkaze prouzrokovane pumpom, instalacijom i kontrolnim uređajima. U ležišna mesta u reduktoru ugrađene su čaure na pet mesta. Do sada je evidentan problem u samom oslanjanju pogona preko klizne čaure (habanje čaure je nemoguće kontrolisati, dolazi do aksijalnog pomeranja čaure), a treći oslonac reduktora se pokazao kao nedovoljno elastičan.

3. Analiza mogućnosti unifikacije

Četiri rotorna bagera SRs 2000 koji rade na površinskim kopovima EPS, na stanju imaju ukupno šest reduktora za pogon rotornog točka, od kojih rade sledeći tipovi:

- Konusno cilindrični reduktor, broj crteža 530 231 433:000, proizvođača Takraf; tri komada u radu - jedan na bageru na površinskom kopu Tamnava-Zapadno Polje sa motorima 2*670 kW i dva na površinskom kopu Drmno sa motorima 2*500 kW i 2*670 kW (bager I - rezervni reduktor dopremljen sa kopa Tamnava-Zapadno Polje i montiran na ovaj bager; i bager II);
- Konusno planetni reduktor, broj crteža 420 200 00, proizvođača Takraf; jedan je u radu na bageru površinskog kopa Drmno sa motorom 1*1250 kW (bager III).
Pored toga, postoje još dva reduktora koji su na stanju ali ne rade:
- Prepravljeni konusno cilindrični reduktor (bočni ulazi prepravljeni u čeone), broj crteža 530 230 588:000, proizvođača Takraf; reduktor prilagođen ugradnim merama kao na bageru II na površinskom kopu Drmno i bageru na površinskom kopu Tamnava-Zapadno Polje sa motorima 2*670 kW;
- Havarisani konusno planetni reduktor, broj crteža 420 009 027 proizvođača Takraf; bio je montiran od početka rada na bageru III površinskog kopa Drmno sa motorima 2*670 kW.

Predlaže se nekoliko stepena unifikacije. Od analize ekonomske opravdanosti zavisice koji stepen unifikacije će se primeniti, u zavisnosti od tehničko-tehnoloških potreba i značaja ovih bagera u budućem radu na površinskim kopovima Elektroprivrede Srbije.

3.1. Niži stepen unifikacije

Zadržavanje postojećeg stanja na rotornom bageru SRs 2000.32/5+VR (bager III), koji radi na V BTO sistemu PK Drmno, 1*1250 kW (jedan reduktor) i zadržavanje postojećih reduktora ASUG SRG 2*670 - 2200*222 LHW sa tehničkim unapređenjima (tri reduktora u radu i jedan rezervni). Tehničko unapređenje starijih reduktora (veći prečnik osovine, mala membrana kao otkovak,

razdvojiva veza šupljeg vratila sa zupčanicom), je apsolutno prihvatljivo sa stanovišta pouzdanosti i bezbednosti. Reparacija i rekonstrukcija ovog tipa reduktora je tehnički izvodljiva i ekonomski opravdana. Bilo bi ovakvih četiri reduktora za tri bagera (jedan u rezervi).

Prema tome, imali bi:

- Konusno planetni reduktor, broj crteža 420 200 00, proizvođača Takraf, snage 1250 kW, jedan reduktor;
- Konusno cilindrični reduktor, broj crteža 530 231 433:000, proizvođača Takraf, snage 2*670 kW, tri reduktora u radu - jedan rezervni; sa tehničkim unapređenjem.

3.2. Viši stepen unifikacije - prvi nivo

S obzirom da EPS raspolaže sa jednim izuzetno pouzdanim i modernim reduktorom pogona kopanja sa jednim ulazom 1250 kW, montiran na bageru SRs 2000.32/5+VR (bager III), nabaviti još jedan isti takav reduktor i montirati ga na bager SRs 2000.32/5+VR koji radi na Tamnava-Zapadno Polje (sa istim specifikacijama). Ostala dva bagera na površinskom kopu Drmno bi zadržala postojeće reduktore koji će se tehnički unaprediti po principima iz Nižeg stepena unifikacije (ovi reduktori bi imali i dva rezervna reduktora).

Prema tome, imali bi:

- Konusno planetni reduktor, broj crteža 420 200 00, proizvođača Takraf, snage 1250 kW, dva reduktora;
- Konusno cilindrični reduktor, broj crteža 530 231 433:000, proizvođača Takraf, snage 2*670 kW, dva reduktora u radu - dva rezervna; sa tehničkim unapređenjem.

Na Slici 3.1 dat je princip unifikacije višeg stepena unifikacije prvog nivoa.



Slika 3.1. Viši stepen unifikacije - prvi nivo

3.3. Viši stepen unifikacije - drugi nivo

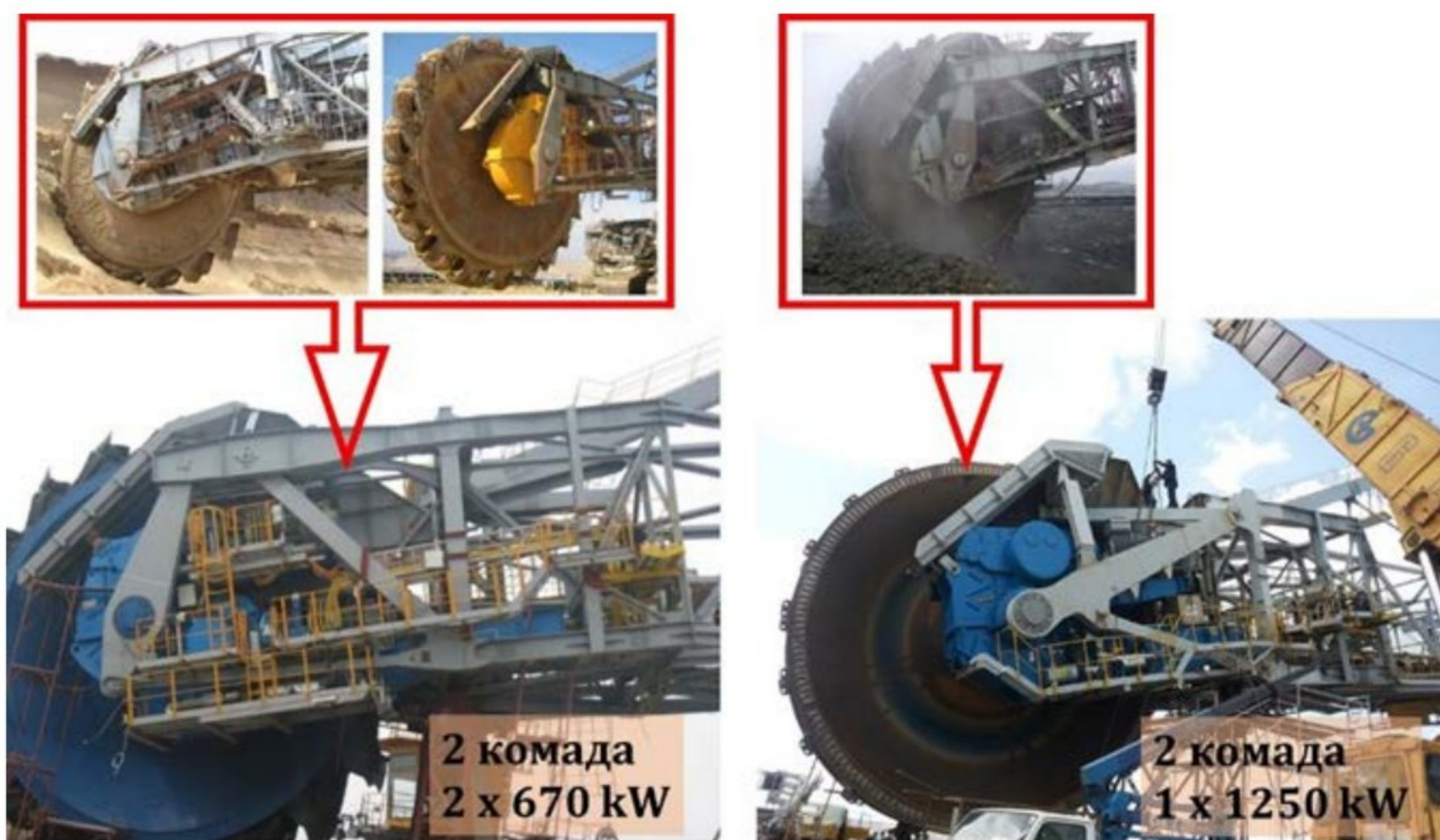
Znajući da EPS raspolaže sa dva pouzdana i moderna reduktora pogona kopanja, prvi 2*670 kW sa brojem crteža 420 009 027 proizvođača Takraf koji je bio montiran na bageru SRs 2000.32/5+VR, bager III (havarisana utroba koja se može brzo i kvalitetno rekonstruisati) i sa jednim ulazom 1250 kW, koji je trenutno montiran na bageru SRs 2000.32/5+VR (bager III), nabaviti još po jedan isti takav reduktor i montirati ga na ostale bagere SRs 2000.

Prema tome, imali bi:

- Konusno planetni reduktor, broj crteža 420 009 027 proizvođača Takraf, snage 2*670 kW, dva reduktora (jedan postojeći koji bi se rekonstruisao i jedan novi koji bi bio urađen po istom principu); ovi reduktori bi bili montirani na bagere SRs 2000, bagere I i II;

- Konusno planetni reduktor, broj crteža 420 200 00, proizvođača Takraf, snage 1250 kW, dva reduktora (jedan postojeći koji već radi na bageru III i jedan novi koji bi bio urađen po istom principu); ovaj reduktor bi bio montiran na bageru SRs 2000 sa kopa Tamnava-Zapadno Polje;
- Ostali konusno cilindrični reduktori, broj crteža 530 231 433:000, proizvođača Takraf, snage 2*670 kW, bili bi rezervni reduktori koji bi bili naknadno prilagođeni konstrukciji bagera.

Na slici 3.2 dat je princip unifikacije višeg stepena unifikacije drugog nivoa.



Slika 3.1. Viši stepen unifikacije - drugi nivo

3.4. Najviši stepen unifikacije

Najviši stepen unifikacije podrazumeva potpunu unifikaciju uležištenja, pogona rotora i samog rotora, koja je moguća na svim rotornim bagerima SRs 2000 u EPS. Predlog bi bio da se nabave nova tri reduktora sa jednim pogonom od 1250 kW. Obavezno je da uležištenja rotornog točka imaju ojačanu osovinu i mali membranu kao otkovak.

4. Zaključak

Ono što karakteriše svaku pogonsku grupu rotora ali i pravce unifikacije su: tip reduktora i način njegovog oslanjanja, osovinu, šuplje vratilo, uležištenja, veze sa strelom rotora i veze momentne poluge/kutije sa strelom rotora. Osnovna poenta ove unifikacije bi bila da se svi tipovi raspoloživih i pouzdanih reduktora pogona rotora bagera SRs 2000 mogu montirati na sva četiri bagera. Cilj analize i rešavanja problema ovih elemenata je izvršiti adekvatnu i pravovremenu pripremu za proces revitalizacije odnosno modernizacije svih ovih elemenata, da bi se obezbedilo povećanje pouzdanosti, a time i povećanje vremenskog i kapacitetnog iskorišćenja i smanjenje troškova održavanja. Značaj primene planetnih reduktora na rotornim bagerima je više puta razmatran u pozitivnom smislu. Primena planetnih reduktora već je postala standardna oprema modernih bagera. Ekonomska analiza će ipak na kraju bliže definisati koje će tehničko rešenje biti najisplativije, pri čemu se moraju ispoštovati osnovni zahtevi o pouzdanosti odnosno sigurnosti funkcionisanja rotornih bagera SRs 2000. To je ustvari i glavno pitanje studije *Analiza pogonskih sistema rotora na bagerima SRs 2000 sa ciljem unifikacije*, koja je u toku izrade.

Literatura

- [1] Projekat: Revitalizacija bagera - Izrada projekta revitalizacije bagera SRs 2000.28/3+VR, Inovacioni centar Mašinskog fakulteta u Beogradu i Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, 2015.
- [2] Pogonska dokumentacija rotornih bagera SRs 2000 na PK Tamnava-Zapadno Polje, RB Kolubara i PK Drmno, TE-KO Kostolac
- [3] Jovančić, P., Maneski, T., Ignjatović, D., Slavković, Č. (2015): Revitalizacija rotornog bagera SRs 2000.28/3+VR na površinskom kopu Drmno, VII Međunarodna konferencija UGALJ 2015, Zbornik radova, str. 109-126, ISBN 978-86-83497-22-5
- [4] Novaković, D., Jovančić, P. (2017): Analiza i rešavanje problema pogona rotora rotornog bagera SRs 2000 - put ka modernizaciji, VIII Međunarodna konferencija UGALJ 2017, Zbornik radova, str. 247-256, ISBN 978-86-83497-24-9