

# KORIŠTENJE EAM SUSTAVA U OKVIRU AKTIVNOSTI KOREKTIVNOG ODRŽAVANJA POSTUPKOM PLINSKOG NAŠTRCAVANJA

Danijela Pezer, Tomislav Šarić, Katica Šimunović, Ilija Svalina, Goran Šimunović, Roberto Lujic

Strojarski fakultet, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, 35000 Slavonski Brod

*Ključne riječi: EAM sustav, korektivno održavanje, plinsko naštrcavanje*

## **Sažetak:**

U radu se daje opis i karakteristike suvremenih sustava za upravljanje imovinom poduzeća (EAM) podržanih IT tehnologijama. Korištenjem ovih sustava unapređuje se sustav upravljanja održavanjem. Analizom problema iz realnog proizvodnog okruženja analizirana je mogućnost korištenja EAM sustava. Opisan je konkretan kvar s prijedlogom varijanti rješenja. Kroz postupak vrednovanja odabrano je optimalno rješenje po kriteriju cijene a koje se koriste i u tehnološkom postupku plinskog naštrcavanja.

Kratko je opisan tehnološki postupak sanacije oštećenog vratila. Definirani su svi realni resursi koji su potrebni za sanaciju i popravak, a kroz pristup korektivnog održavanja. Analizom potrebitih podataka i resursa, korištenjem EAM sustava simuliran je cjeloviti proces rješavanja kvara. Na konkretnom primjeru istražena je mogućnost implementacije EAM sustava i prednosti koji se mogu ostvariti na poslovima korektivnog održavanja.

## **USING OF EAM SYSTEM AS A PART OF THE ACTIVITIES OF CORRECTIVE MAINTENANCE WITH PROCEDURE OF FLAME SPRAYING**

*Key words: EAM system, corrective maintenance, flame spraying*

## **Abstract:**

The paper describes the characteristics of modern systems for enterprise asset management (EAM) supported by IT technologies. Use of these systems improves the system for maintenance management. By analyzing the problems in the real production environment, the possibility of using EAM system was analyzed. The specific failure with a proposal of solutions variants was described. Through the procedure of evaluation the optimal solution by the cost criteria was chosen, which is used in technological process of flame spraying.

A technological process of repair of damaged shaft is briefly described. All real resources that are necessary for the refurbishment and repair are defined through the access of corrective maintenance. The analysis of the necessary data and resources, using the EAM system, the whole process of resolving the failure was simulated. On a real example, the possibility of implementing EAM system and the benefits that can be achieved by tasks of corrective maintenance, were explored.

## **1. UVOD**

S obzirom na današnju konkurenciju, tvrtke se suočavaju s povećanim pritiscima kako bi poboljšali učinkovitost, a jedan od načina je i uvođenje sustava za upravljanje imovinom. Informacijski sustavi koji se u praksi najčešće primjenjuju za podršku upravljanju održavanjem fizičke imovine danas su na svjetskom tržištu informatičkih tehnologija (IT) poznati pod nazivom Enterprise Asset Management - EAM, čija je uloga povećati profitabilnost kroz poboljšanje

pouzdanosti imovine, učinkovito korištenje imovine, te smanjenje operativnih troškova vezanih uz istu. Kako bi se postigla maksimalna učinkovitost i profitabilnost unutar organizacije naglasak se stavlja na svakog pojedinca unutar iste jer se na taj način u konačnici poboljšava sposobnost cjelokupne organizacije, te povećava pouzdanost kapitalne imovine.

EAM rješenja daju uvid u cjelokupno poslovanje organizacije, te se može predvidjeti, a samim time pravovremeno reagirati i spriječiti eventualne probleme, održavanje je produktivnije i isplativije. U nastavku rada analizirana je mogućnost korištenja EAM sustava na realnom proizvodnom problemu.

## 2. KARAKTERISTIKE SUVREMENIH SUSTAVA ZA UPRAVLJANJE IMOVINOM

Informacijski sustavi za upravljanje imovinom (EAM), nastali su nadogradnjom, proširenjem i razvojem funkcionalnosti prve generacije računalom podržanih sustava za upravljanje poslovima održavanja poznatih kao Computerized Maintenance Management Systems - CMMS. Međutim, i danas se nazivi ovih informacijskih sustava najčešće koriste kao sinonim (EAM/CMMS). Informacijskih sustava za održavanje podržanih informatičkim tehnologijama na tržištu ima puno, a navodimo neke od njih: Infor EAM MP2, MAINPAC, SUPREMA, MAXIMO, MIMS, MITROL, RAPIER i dr. Ovi sustavi imaju grupu zajedničkih obilježja, a svaki od njih ima i svoja karakteristična obilježja koja ga izdvajaju od ostalih [4].

Implementacija EAM sustava osigurava upravljanje imovinom u realnom vremenu, što omogućava jednostavnije planiranje i izvođenje aktivnosti održavanja, odnosno popravaka, te zamjena.

Prema analizi tvrtke za razvoj softverskih rješenja, Infor, na službenoj internet stranici iste, dostupni su podaci (kao povratna informacija trenutnih korisnika) o pogodnostima postignutim implementacijom Infor EAM softvera, izraženi u postocima [2]:

- smanjenje prekovremenog održavanja, rada i troškova vanjskih izvođača do 50%
- smanjenje troškova materijala – 20%
- smanjenje vremena zastoja – 20%
- smanjenje potrošnje energije – 20%
- smanjenje troškova nove opreme – 5%
- povećanje dostupnosti opreme – 10%
- povećanje garancije povrata troškova (isplativost ulaganja) – 50%
- smanjenje troškova u procesu nabave – 50%.

Infor EAM potpuno je integrirani sustav upravljanja imovinom koji pojednostavljuje slijedeće aktivnosti:

**Održavanje** – omogućava učinkovito raspoređivanje resursa i izradu planova preventivnog održavanja kroz ključne funkcije koje uključuju sljedeće:

- Radne naloge – raspoređivanje poslova, dodjeljivanje radne snage – zaposlenika, praćenje troškova.
- Upravljanje imovinom – upravljanje podacima o opremi, uključujući specifikacije, informacije o jamstvu, ugovore o pružanju usluga, rezervne dijelove, datum nabave i očekivani životni vijek.
- Upravljanje zalihama – upravljanje rezervnim dijelovima, alatima i ostalim materijalima.
- Napredna izvješća i analize – kreiranje prilagođenih izvješća i analiza koji se mogu koristiti za predviđanje mogućih problema i sprječavanje istih na vrijeme.

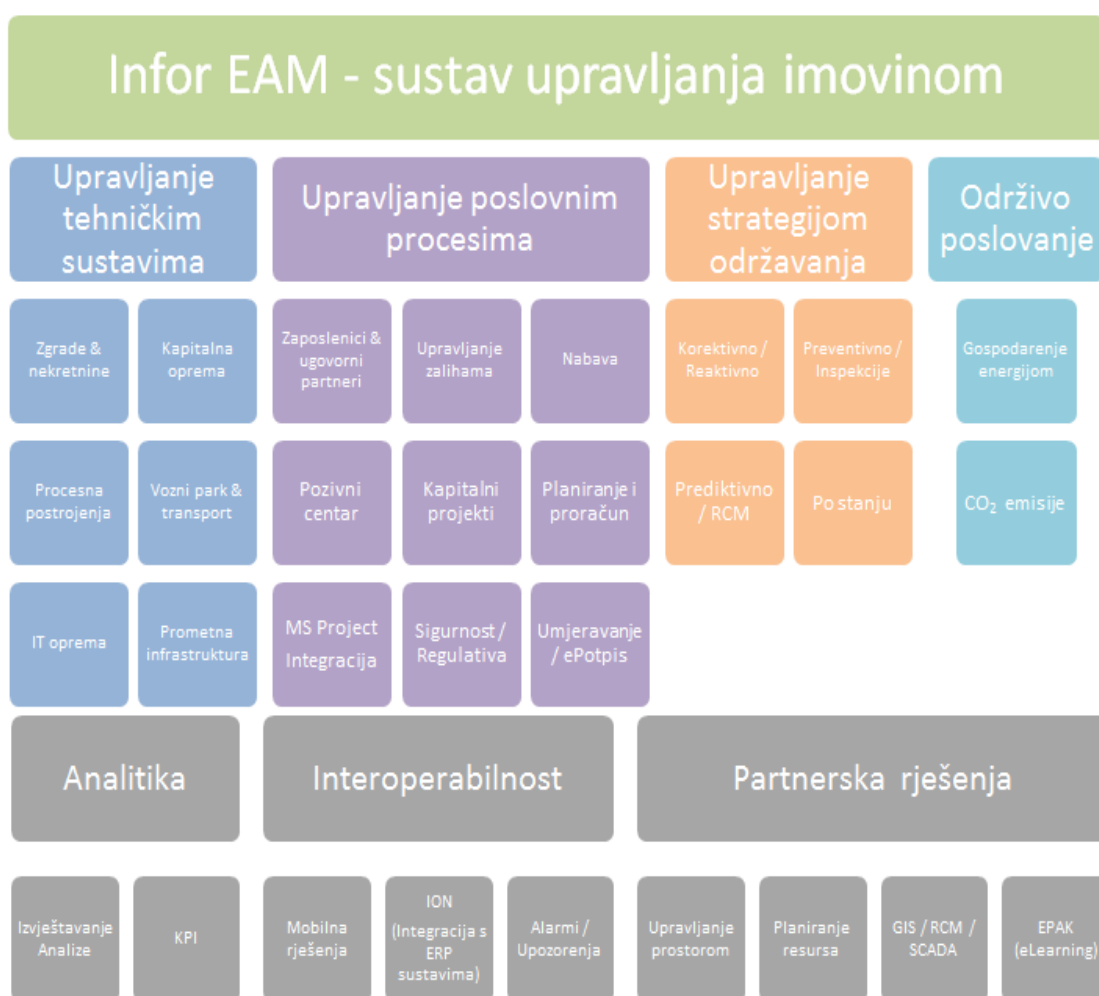
**Upravljanje zalihama** – smanjenje zaliha i troškova nabave:

- Upravljanje materijalom – praćenje i kontrola zaliha.
- Upravljanje narudžbama – osiguranje nabave potrebnih dijelova, praćenje rokova isporuke, učinkovitost dobavljača, plaćanje i ispravnost računa.

**Strateško planiranje** – upravljanje imovinom s ciljem ostvarivanja strateških ciljeva:

- Integracija podataka - fleksibilna integracija podataka o poduzeću u cilju stvaranja jedinstvenog pogleda na cjelokupnu organizaciju, te potpora strateškom planiranju i ostalim procesima vezanim uz imovinu.
- Upravljanje proračunom – praćenje, kontrola i analiza rashoda vezana uz imovinu.
- Izvješća – unaprijed definirana izvješća (imovine, materijala, nabave, raspoređivanja, rada, analize proračuna, projekata, komercijalnih usluga), kao i prilagođena izvješća kako bi se stekao uvid u upravljanje performansama imovine.
- Analitika – omogućava predviđanje budućeg poslovanja.

Slika 1. prikazuje strukturu i glavne funkcije Infor EAM sustava, jednog od vodećih informacijskih sustava održavanja na svjetskom tržištu, primijenjenog i u ovom radu.



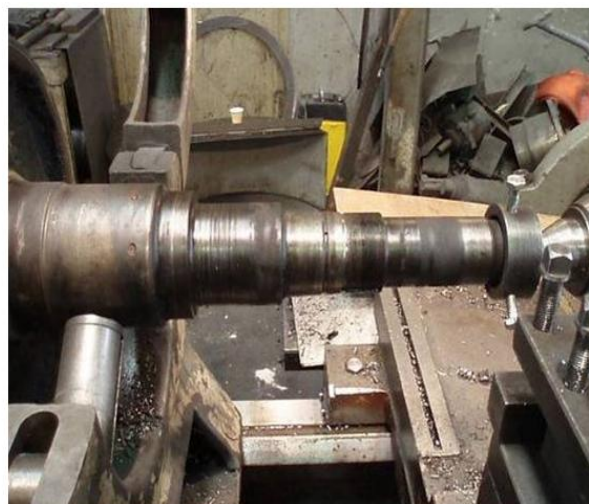
*Slika 1. Struktura suvremenog informacijskog sustava za podršku upravljanju održavanjem [4]*

### 3. ANALIZA RJEŠENJA SANACIJE RUKAVCA VRATILA

U tvornici poluceluloze i papira, Duropack Belišće d.o.o., u jedan stroj za proizvodnju papira ugrađeno je 40 valjaka koji služe za provođenje papirne trake kroz stroj. Proizvodnja papira (dio pogona za proizvodnju prikazan je na slici 2.) obavlja se kontinuirano 24 sata dnevno i dolazi do istrošenosti pojedinih dijelova, a česta su oštećenja rukavaca na valjcima (slika 3.), što je ujedno i problematika ovog rada.



*Slika 2. Dio pogona za proizvodnju papira [5]*



*Slika 3. Oštećeni rukavac vratila [6]*

Kao rješenje problema sanacije oštećenog vratila razmatrane su i analizirane 4 varijante [6]:

**Varijanta 1: Narudžba novog valjka**

Kvalitetno rješenje, a prednost je što bi se dobio još jedan valjak u opticaju i više vremena za remont ostalih valjaka.

Nedostatak je velika cijena izrade za koju ponuda iznosi 66.670,00 kn uz rok isporuke od 60 dana, od dana narudžbe.

**Varijanta 2: Zamjena rukavaca na valjku**

Uklanjanje postojećih rukavaca odrezivanjem i bušenjem, te ugradnja novih. Popravak bi kvalitetno riješio kvar dovodeći valjak u stanje visoke pouzdanosti i točnosti.

Troškovi popravka iznosili bi 16.400,00 kn, a kao nedostatak je dugi rok popravka od 15 dana.

**Varijanta 3: Popravak rukavaca navarivanjem**

Za postupak navarivanja rukavca je potrebno obraditi u podmjeri 2 mm po promjeru, te navariti sloj. Nedostatak je što zbog toplinskih deformacija prilikom navarivanja dolazi do tzv. "bacanja" rukavaca, pa je potrebno navariti cijelu površinu rukavaca od oštećenja prema van.

Za izradu zadane tolerancije na konusu trebalo bi angažirati CNC strojeve. U ovom slučaju popravak bi trajao 5 dana, uz troškove u iznosu od 8.000,00 kn.

**Varijanta 4: Popravak rukavaca postupkom plinskog naštrcavanja**

Za hladni postupak plinskog naštrcavanja (uobičajeni izraz u Sektoru održavanja je hladna metalizacija) bilo bi potrebno obraditi rukavce u podmjeri 1 mm po promjeru i to samo oštećene površine. Prednost je u tome što ne dolazi do toplinskih deformacija i tzv. "bacanja" rukavaca, pa je dovoljno obraditi samo metalizirani sloj, a ostale površine počistiti.

Cjelokupni popravak moguće je obaviti za 2 dana uz troškove od 3.800,00 kn.

U tablici 1. prikazane su navedene varijante mogućih rješenja s pripadajućim troškovima i rokovima isporuke.

**Tablica 1.** Varijante rješenja s pripadajućim troškovima i rokom isporuke [6]

Varijanta 1 Narudžba novog valjka		Varijanta 2 Zamjena rukavaca na valjku	
Cijena: 66.670,00 kn	Isporuca: 60 dana	Cijena: 16.400,00 kn	Isporuca: 15 dana
Varijanta 3 Popravak rukavaca navarivanjem		Varijanta 4 Popravak rukavaca postupkom plinskog naštrcavanja	
Cijena: 8.000,00 kn	Isporuca: 5 dana	Cijena: 3.800,00 kn	Isporuca: 2 dana

Kroz postupak vrednovanja odabrano je optimalno rješenje po kriteriju cijene, odnosno Varijanta 4, koja se pokazala najisplativijom, te s najkraćim vremenom isporuke od 2 dana.

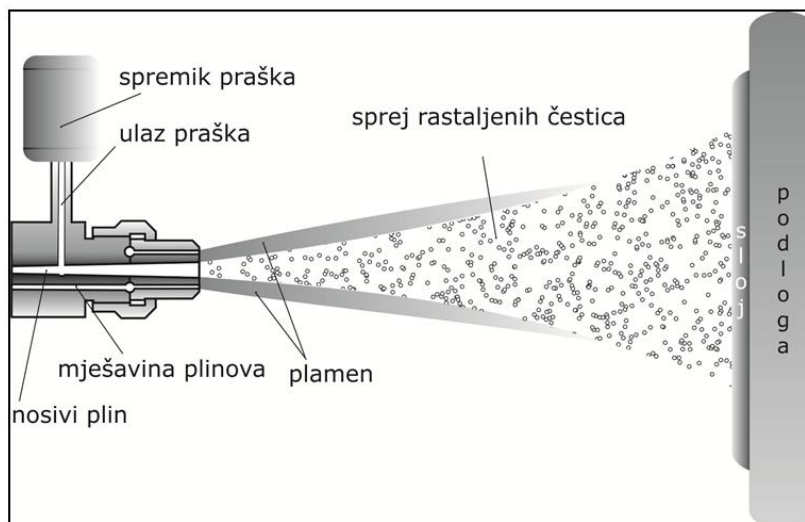
#### 4. PRIMJENA PLINSKOG NAŠTRCAVANJA U ODRŽAVANJU STROJA ZA PROIZVODNJU PAPIRA

Naštrcavanje podrazumijeva nanošenje dodatnog materijala na površinu osnovnog materijala.

Plinsko naštrcavanje čest je postupak prilikom održavanja postrojenja, kojim osim što se može povećati otpornost na trošenje i koroziju, te visoke temperature, također se obnavljaju oštećene površine i istrošeni elementi poput zupčanika ili rukavaca vratila, čija sanacija je tema i ovog rada. Prilikom naštrcavanja ne dolazi do taljenja osnovnog materijala kao kod navarivanja, već zagrijavanja materijala do određene temperature, a moguće je naštrcavati materijale koji inače nisu zavarljivi.

Postupak plinskog naštrcavanja često je primjenjiv zbog svoje ekonomičnosti, dok su nedostaci ovog postupka relativno loš koeficijent iskorištenja materijala za naštrcavanje, te velika buka i prašina prilikom izvođenja postupka. Plinsko naštrcavanje koristi komprimirani zrak ili kisik pomiješan s gorivim plinom (acetilen, propan i nešto rjeđe vodik), koji tale i potiskuju rastaljene čestice prema površini podloge. Polazni materijal od kojeg nastaje sloj može biti u obliku žice, šipke ili praha (praška).

Postupkom plinskog naštrcavanja mogu se nanijeti: polimerni, metalni, keramički i kompozitni slojevi. Slika 4. prikazuje postupak plinskog naštrcavanja praškom pri kojemu se uslijed izgaranja goriva i kisika kemijska energija pretvara u toplinsku energiju.



*Slika 4. Shematski prikaz postupka plinskog naštrecavanja praškom [6]*

Naštrecavanje se može izvoditi bez naknadne toplinske obrade, s neposrednom toplinskom obradom, te s naknadnom toplinskom obradom u svrhu povećanja metalurške veze sloja s podlogom čime se poboljšava prionjivost (zahtijeva se hrapavost površine), a smanjuje vjerojatnost pojave poroznosti. Na prionjivost utječe i temperatura površine obratka prije, tijekom i nakon naštrecavanja, te osim toga značajnu ulogu ima i udarna brzina čestica [1].

Kod plinskog naštrecavanja postoje brojni parametri koji utječu na svojstva sloja i na njegovu kvalitetu [3]:

Parametri polaznog materijala sloja:

- vrsta
- veličina i oblik
- protok i brzina nosivog plina
- geometrija ubrizgavanja

Parametri gibanja:

- brzina gibanja u sustavu pištolj-radni komad
- preklap između dva prolaza

Parametri plamenika:

- snaga
- vrsta toplinske energije
- tok plina
- sastav plina
- temperatura, hlađenje

Parametri mlaza:

- izlazna brzina i temperatura plamena
- brzina i temperatura čestica praška
- putanja čestica praška

Parametri čestica:

- kinetička energija
- kut udara
- stanje skrutnjavanja
- reologija, morfologija

Parametri podloge:

- vrsta pripreme
- temperatura.

Većinu navedenih parametara moguće je regulirati na uređajima za plinsko naštrecavanje (prema preporuci proizvođača opreme ili dodatnog materijala), dok je za definiranje određenih parametara potrebno iskustvo i poznavanje navedene tehnologije kako bi kvaliteta naštrecanog sloja bila što viša/bolja, a varijabilni parametri se odnose na [3]:

- udaljenost pištolja od podloge
- brzina gibanja pištolja u odnosu na obradak
- posmak pištolja u odnosu na obradak,
- tlak stlačenog zraka, protok dodatnog materijala.

Važnu ulogu neposredno prije izvođenja postupka plinskog naštrecavanja (pridaje se) ima priprema površine koja za cilj u konačnici ima dobro vezivanje osnovnog i dodatnog materijala.

Priprema površine sastoji se od sljedećih koraka [1]:

- čišćenje (uklanjanje nečistoća koje mogu dovesti do slabe veze između nanesenog sloja i osnovnog materijala)
- hrapavljenje površine (u svrhu povećanja mehaničkog sidrenja)
- predgrijavanje obratka (eliminacija vlage, te smanjenje naprezanja).

U nastavku su navedeni i slikom popraćeni koraci provedenog tehnološkog postupka sanacije oštećenog vratila [6]:

- Rukavac pripremiti za naštrcavanje - tokarenjem ukloniti oštećenje do dubine 1 mm (slika 5.)
- Površine na koje ne treba nanijeti slojeve premazati pastom (slika 6.)
- Rukavac zatim zagrijati na temperaturu 80 do 90°C i obrusiti nemasnim brusom kako bi se dobila hrapava površina i time omogućilo bolje prijanjanje i čvršća mehanička veza između sloja i površine (slika 7.)
- Potom slijedi naštrcavanje temeljnog Ni Al sloja, a zatim i glavnog Ni Cr sloja (slika 8.)
- Postupak naštrcavanja je završen kada su postignute mjere s dodatkom za obradu tokarenjem (slika 9.)
- Višak materijala potrebno je otokariti (slika 10.)
- Postupak je potrebno izvesti i za drugu stranu valjka.



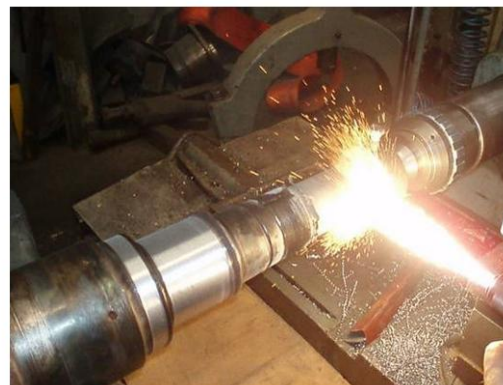
*Slika 5. Uklanjanje oštećenja tokarenjem*



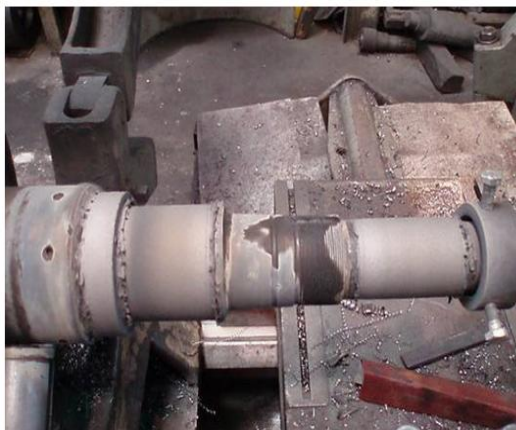
*Slika 6. Premazivanje pastom*



*Slika 7. Brušenje nemasnim brusom*



*Slika 8. Postupak naštrcavanja*



*Slika 9. Izgled rukavca vratila*

*Slika 10. Tokarenje viška*

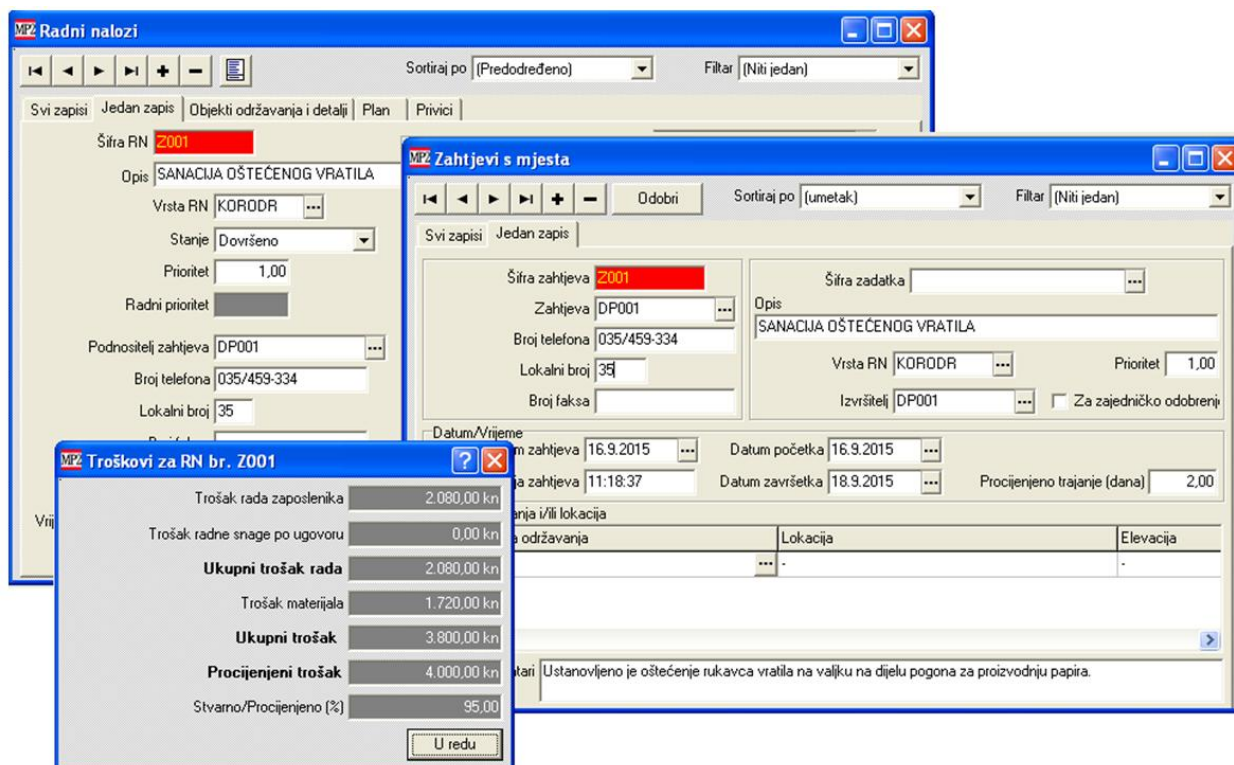
*nakon postupka naštrcavanja*

*materijala*

## 5. SIMULACIJA OBRADE RADNOG NALOGA U INFOR EAM MP2 INFORMACIJSKOM SUSTAVU ODRŽAVANJA

U nastavku rada izvršena je simulacija izrade radnog naloga u Infor EAM MP2 informacijskom sustavu. Simulacija je započela popunjavanjem prijave kvara, odnosno Zahtjeva za rad (slika 11.), koji sadrži podatke poput opisa kvara, šifre objekta održavanja, te datuma zahtjeva.

Na osnovu prijave kvara generiran je radni nalog (slika 11.) te dopunjen podacima o izvršiteljima posla, potrebnim pričuvnim dijelovima i materijalima, nakon čega je uslijedilo zatvaranje istog uz unos utrošenih radnih sati, iskorištenih pričuvnih dijelova i pripadajućih cijena, opis obavljenog posla, te datum zatvaranja.



*Slika 11. Prikaz prijave kvara, radnog naloga i troškova održavanja*

Nakon obrade radnih naloga sustav nudi mogućnost generiranja različitih izvještaja na osnovu kojih je moguće analizirati stanje u održavanju u svrhu pouzdanijeg upravljanja i donošenja odluka.

## 6. ZAKLJUČAK

U radu su analizirane prednosti koje se mogu ostvariti na poslovima korektivnog održavanja uz korištenje sustava za upravljanje imovinom poduzeća (EAM).

Na konkretnom primjeru sanacije oštećenog vratila, simuliran je i putem programskih maski dijelom i prikazan rad u informacijskom sustavu Infor EAM MP2. Kroz simulaciju aktivnosti korektivnog održavanja izvršeno je upravljanje radnim nalogom, uz unos svih podataka potrebnih za analizu troškova.

Korištenjem ovakvih informacijskih sustava održavanja osigurava se pouzdanije upravljanje i pravovremeno donošenje odluka u održavanju.



## 7. LITERATURA

- [1] Crawmer, D. E., “Handbook of Thermal Spray Technology“, ASM International and the Thermal Spray Society, USA, 2004.
- [2] Infor, dostupno na: <http://www.infor.com/solutions/eam/>, pristupljeno: 10.9.2015.
- [3] Kožuh, Z., Glogović, Z., “Umjetna inteligencija u području toplinskog naštrcavanja“, Zavarivanje Vol. 52, No.1/2, 2009, pp 19-30.
- [4] Šarić, T., Šimunović, K., Pezer, D., Šimunović, G. “Istraživanje i mogućnost primjene EAM – MP2 sustava u održavanju metaloprerađivačkog poduzeća“, Održavanje 2015, Ivo Čala (ur.), HDO - Hrvatsko društvo održavatelja Zagreb, Šibenik, 2015, pp 64-72.
- [5] Šarić, T., Kiš, G., “Održavanje papirnog stroja u poduzeću Belišće d.d. “, Održavanje 2005, Ivo Čala (ur.), HDO - Hrvatsko društvo održavatelja. Šibenik, 2005, pp 13-55 .