

ISSN 2637-2266 (Print)
ISSN 2637-2274 (Online)

15. Naučno-stručni skup
Studenti u susret nauci – StES 2022

ZBORNIK RADOVA

Inženjerstvo i tehnologija

15th scientific conference
Students encountering science – StES 2022

PROCEEDINGS

Engineering and Technology

Banja Luka
2022.

Izdavač:
Univerzitet u Banjoj Luci
Studentski parlament Univerziteta u Banjoj Luci

Za izdavača:
prof. dr Miroslav Malinović,
Vladan Gačić

Urednici:
Nikola Šobot

Lektor za srpski jezik:
Aleksandra Savić

Lektor za engleski jezik:
Milica Guzijan

Štampa:
Mikro print s. p. Banja Luka

Tiraž:
25

Naučni odbor:

Prof. dr Miroslav Malinović, prof. dr Tatjana Marjanović, prof. dr Dragiša Vasić,
prof. dr Igor Sladojević, prof. dr Milica Balaban, prof. dr Pero Sailović, prof. dr Željko Ivanović,
prof. dr Gordana Broćeta, prof. dr Željko Budimir, prof. dr Milenko Krajišnik,
prof. dr Đorđe Savić

Recenzenti:

Prof. dr Rada Petrović, prof. dr Slavica Sladojević, prof. dr Goran Vučić, prof. dr Ladislav
Vasilišin, prof. dr Željko Ivanović, prof. dr Milica Balaban, prof. dr Aleksandar Savić, prof.
dr Smiljana Paraš, prof. dr Borislav Malinović, prof. dr Božana Odžaković, prof. dr Gordana
Broćeta, doc. dr Mladen Kenžić, doc. dr Dragana Blagojević, doc. dr Dijana Drljača, doc. dr Pero
Sailović, mr Mladen Slijepčević, ma. Tijana Đuričić

SADRŽAJ

RADOVI:

JANA JANKOVIĆ, IMPLEMENTACIJA DRAJVERA ZA PRISTUP I UPRAVLJANJE MEMORIJSKI MAPIRANIM HARDVERSKIM MODULIMA SISTEMA ZA SKELETIZACIJU SLIKE	7
ELVIN OKUGIĆ, Husein Okugić, OPTIMIZACIJA TEHNOLOŠKOG PROCESA ANALIZOM POSTOJEĆEG STANJA.....	19
MIHAJLO MAKSIMOVIĆ, MJERENJE NIVOA BUKE U BANJSKOM KOMPLEKSU TERME OZREN	65

APSTRAKTI:

ALEKSANDRA MIJATOVIĆ, KOMPOZITNE PREVLAKE NA BAZI Zn-Co LEGURE I ITRIJUMA/SAMARIJUMA SA EFEKTOM SAMOZALEČENJA SUPSTRATA.....	79
FILIP KOLDŽIĆ, NANOSTRUKTURNI $TiO_2 @ Fe_{2,45} Si_{0,55} O_4 @ Fe_3 O_4$: PRIMENA U FOTOKATALIZI	81
IVONA ĐORĐEVIĆ, MOLEKULSKA DINAMIČKA SIMULACIJA ODABRANIH JONSKIH TEČNOSTI NA BAZI IMIDAZOLA.....	83
JELENA STANISAVLJEVIĆ, Teodora Jakovljević, RAZVOJ KONTROLISANO-POROZNIH BIOKERAMIČKIH MATERIJALA NA BAZI KALCIJUM-FOSFATA DOPIRANOG JONIMA MAGNEZIJUMA, STRONCIJUMA I FLUORA.....	85
NEVENA JAĆIMOVIĆ, GAJENJE ĆELIJA OSTEOSARKOMA MIŠA U PROTOKNOM BIOREAKTORU	87
SINIŠA MLADENOVIĆ, Ivana Savić Gajić, Ivan Savić, IDENTIFIKACIJA FENOLNIH JEDINJENJA U EKSTRAKTU ČAGE IZ JUGOISTOČNE SRBIJE.....	89

RADOVI

IMPLEMENTACIJA DRAJVERA ZA PRISTUP I UPRAVLJANJE MEMORIJSKI MAPIRANIM HARDVERSkim MODULIMA SISTEMA ZA SKELETIZACIJU SLIKE

Autor: JANA JANKOVIĆ

e-mail: jana.jankovic99@yahoo.com

Mentor: Doc. dr Predrag Teodorović

Katedra za elektroniku

Departman za energetiku, elektroniku i telekomunikacije

Fakultet tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu

Uvod: Skeletizacija je proces izdvajanja skeleta, linije debljine jednog piksela koja prolazi kroz sredinu objekta i očuvava njegovu strukturu iz objekta na digitalnoj slici. Skelet je tako, zbog smanjene količine podataka, u osnovi lakše i brže obrađivati, prenositi i analizirati. Prethodnih decenija razvijeni su mnogi algoritmi za skeletizaciju, svaki sa svojim prednostima i manama, a sam izbor algoritma zavisan je od svrhe za koju je namijenjen. Tako, na mjestima kao što su aerodromi, potrebno je brzo izvršavanje procesa skeletizacije za potrebe prepoznavanja otiska prsta, dok na drugim mjestima može biti zahtijevana veća preciznost.

Postojanje paralelnih algoritama čine proces skeletizacije pogodnim za hardversku implementaciju, čime se može postići veća brzina izvršavanja. Sistem za skeletizaciju slike korišten u ovom radu, baziran na Zhang-Suen algoritmu, ima za cilj da hardverski ubrza izvršavanje algoritma za skeletizaciju slike. Jedan od neophodnih i važnih koraka projektovanja hardverskog bloka sistema za skeletizaciju slike svakako je implementacija platformskog drajvera koja će, u kontekstu projektovanog sistema za skeletizaciju slike, biti detaljnije prezentovana u ovom radu.

Cilj: Napraviti drajver koji pristupa i upravlja memorijski mapiranim hardverskim modulima sistema za skeletizaciju slike realizovanog upotrebom Zhang-Suen algoritma.

Materijal i metode: Drajver dizajn tehnike za embeded sisteme – DMA pristup, ZYBO razvojni sistem, C++ programski jezik.

Rezultati: Razvijen je efikasan platformski drajver za implementirani hardverski sistem koji obavlja funkciju skeletizacije slike.

Zaključak: Korištenje modela Linux platformskog drajvera i DMA vođenog pristupa – tehnike za pisanje drajvera za embeded sisteme, može se koristiti i postići zahtijevana efikasnost.

Ključne riječi: skeletizacija; embeded sistemi; drajver; platformski drajver; ZYBO

UVOD

Skeletizacija, takođe poznata kao proces stanjivanja, jeste proces izdvajanja skeleta iz objekta na digitalnoj slici [1–2]. Pod skeletom možemo smatrati liniju debljine jednog piksela koja prolazi kroz sredinu objekta i očuvava njegovu strukturu [3]. Veoma je važan korak u preprocesiranju slike. Skelet je lakše obrađivati jer je smanjena količina podataka koje je potrebno obraditi ili prenijeti, smanjeno je vrijeme za obradu, i olakšana je analizu oblika. Koriste se u analizi slike, prepoznavanju uzorka i digitalnoj obradi slike kao što je optičko prepoznavanje znakova, prepoznavanje otiska prsta, vizuelna inspekcija ili kompresija. Našli su široku upotrebu u prirodnim naukama za karakterizaciju savijanja proteina i morfologije biljaka na različitim biološkim skalamama. Služi za izdvajanje teksta iz slike teksta. Omogućuje da se dokumentuje zastarjela dokumentacija pisana ili crtana rukom. Digitalni oblik daleko je pogodniji za sistematizaciju, oblikovanje, ispravljanje,

dopunjavanje te pohranjivanje od materijala u pisanom obliku. U prethodne tri decenije razvijeni su mnogi algoritmi za skeletizaciju, svaki sa svojim prednostima i manama. Izbor algoritma zavisi od svrhe za koju se koristi, nisu svi algoritmi pogodni za sve upotrebe. Na mjestima kao što su aerodromi potrebno je brzo izvršavanje procesa skeletizacije za potrebe prepoznavanja otiska prsta dok na drugim mjestima može biti potrebna veća preciznost. Postojanje paralelnih algoritama čine proces skeletizacije pogodnim za hardversku implementaciju, čime se može postići veća brzina izvršavanja [3-4]. Sistem za skeletizaciju slike korišten u ovom radu, baziran na Zhang-Suen algoritmu, ima za cilj da hardverski ubrza izvršavanje algoritma za skeletizaciju slike. Jedan od neophodnih i važnih koraka projektovanja hardverskog bloka sistema za skeletizaciju slike svakako je implementacija platformskog drajvera koja će biti detaljnije prezentovana u ovom radu.

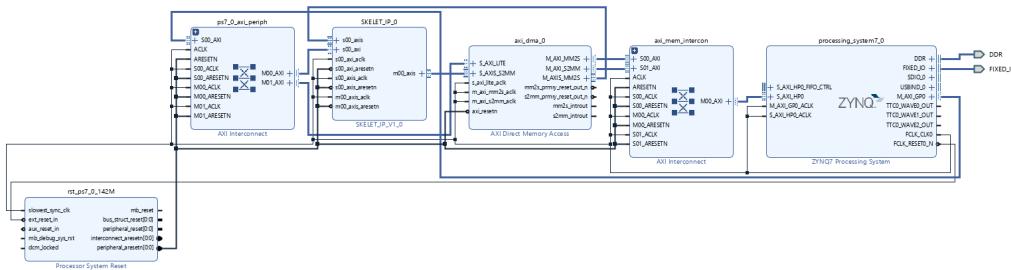
Drajveri (*Driver*) imaju specijalnu ulogu u Linuksovom jezgru (*kernelu*) [5]. Oni predstavljaju softverski sloj koji leži između aplikacije i hardvera. Potpuno kriju detalje funkcionisanja hardvera i enkapsuliraju ga sa dobro definisanim interfejsom. Drugim riječima, drajveri predstavljaju spregu između hardvera i softvera (aplikacije), i olakšavaju komunikaciju između njih. S obzirom na to da postoji veliki broj različitih vrsta hardverskih uređaja, broj drajvera je takođe veoma veliki. Tempo pojavljivanja novih hardverskih uređaja i zastarijevanja postojećih garantuje nepresušnu potrebu za drajverima. Osnovna modularnost omogućava da Linuksovo jezgro, na datom računarskom ili embeded sistemu, posjeduje isključivo drajvere koji su mu potrebni.

Danas, povezivanje hardverskih komponenti sa procesorom se uglavnom vrši pomoću magistrala koje imaju mogućnost automatskog detektovanja periferijskih uređaja (grafičke/mrežne karte, na primjer). Kernel, prilikom podizanja sistema, komunicira sa uređajima na magistrali, uzima sve neophodne informacije i enumeriše ih. Sa druge strane, postoji veliki broj uređaja koji nisu povezani sa procesorom pomoću magistrala, pa ih procesor ne može automatski otkriti. Takvi uređaji se nazivaju platformski uređaji. Platformski drajveri, dakle, predstavljaju drajvere napisane za platformske uređaje.

Ukoliko u sistemu postoje platformski uređaji, neophodno je kernelu dati sve neophodne informacije o njima, što se može postići na više načina, međutim u ovom projektu je korišćena metoda sa stablom uređaja. Stablo uređaja (*Device Tree*) predstavlja strukturu podataka u kojoj se nalaze sve neophodne informacije o hardverskim resursima i koja se prosledjuje kernelu prilikom podizanja sistema. Razdvajanjem informacija o uređajima od kernela, izbjegnuti su problemi kao što su zahtjevi za ponovnim kompajliranjem kernela prilikom nastanka bilo kakvih hardverskih promjena i opisivanje uređaja unutar koda kernela [6].

MATERIJALI I METODE

U ovom projektu je razvijen drajver za sistem (platformski uređaj) prikazan na Slici 1. Sistem za skeletizaciju slike, prikazan na slici 1 sastoji se od IP jezgra za skeletizaciju i DMA kontrolera. U okviru ovog projekta jezgro sadrži 510 workera koji obrađuju piksele slike i dimenzije BRAM-a unutar jezgra su 512. Slika koja se obrađuje je binarna, crni pikseli su predstavljeni jedinicom dok su bijeli pikseli predstavljeni nulom. Maksimalna rezolucija slike koja se može obrađivati je 512 x 512 piksela. Ukoliko se želi obrađivati slika manje širine, sliku je potrebno dopuniti nulama do širine 512 piksela.



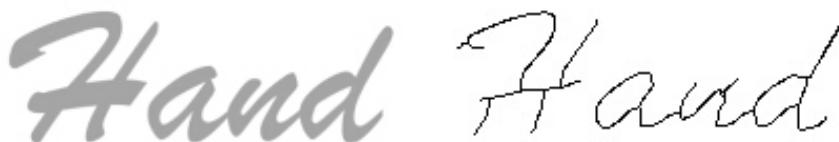
Slika 1. Blok šema Sistema za skeletizaciju slike – napravljena pomoću Vivado IP integratora

DMA kontroler jezgru šalje 64-bitne podatke, koji predstavljaju 64 piksela slike, iz RAM memorije. IP jezgro dobijene podatke smješta u BRAM i kada primi čitavu sliku, kreće sa njenom obradom. BRAM memorija unutar jezgra je dubine 512 512-bitnih lokacija. Jedna lokacija u BRAM memoriji predstavlja jedan red slike.

Procesor konfiguriše jezgro upisujući vrijednost visine slike, redni broj workera koji će obrađivati posljednji piksel u redu i broj piksela koji worker, koji ne obrađuje posljednji piksel, mora da obradi u jednom redu slike. U registar na adresi 0 x 4 upisuje se vrijednost visine slike umanjena za jedan. U registar na adresi 0 x 8 upisuje se pozicija workera koji će obrađivati granični piksel. Pozicije workera su označene vrijednostima od 0 do broj_workera-1. Ukoliko je broj workera maksimalan, što znači da nijedan worker neće obrađivati granični piksel, u registar se upisuje vrijednost jednakog broju workera. U registar na adresi 0 x C potrebno je upisati broj piksela koji worker, koji ne obrađuje granični piksel, treba da obradi. U slučaju da je broj workera maksimalan, u ovaj registar se upisuje vrijednost jedan. Nakon što se upišu vrijednosti u prethodno opisane registre u start registar na adresi 0 x 0, upisuje se jedinica kako bi jezgro počelo sa radom. Kada jezgro započne sa radom, vrijednost ready registra postaje nula, nakon čega je potrebno u start registar upisati vrijednost nula.

Nakon završene obrade, slika se šalje DMA kontroleru koji novu sliku smješta u memoriju. Jezgro takođe šalje 64-bitne podatke DMA kontroleru.

Na slici 2, lijevo, prikazana je originalna slika, a desno rezultat obrade pomoću Zhang-Suen algoritma.



Slika 2. Rezultat obrade Zhang-Suen algoritma

Razvoj platformskog drajvera

Za potrebe korištenja, od strane aplikacije, implementiranog hardverskog sistema koji obavlja skeletizaciju, realizovan je modul koji ima potrebnii pristup DMA kontroleru i samom IP jezgru. Sam drajverski modul se sastoji iz strukture *platform_driver* (Slika 3) koji ima ulogu u inicijalizaciji hardverskog sistema. Sastavni dio je podstruktura *driver*, i pokazivač na funkcije *skelet_probe* i *skelet_remove*.

Polja strukture *driver* su: *name* – ime drajvera, u ovom projektu makro *DRIVER_NAME*

ima vrijednost skelet; *owner* – predstavlja vlasnika drajvera (u ovom projektu, ima vrijednost predefinisanog makroa *THIS_MODULE*); *of_match_table* – pokazuje na strukturu tipa *of_device_id* (Slika 3). Struktura *of_device_id* predstavlja niz koji se sastoji od *compatible* polja, i služi da imenuje sve hardverske resurse koje koristi drajver, pri čemu imena koja su upisana u strukturu *of_device_id*, treba da se nalaze i u stablu uređaja – to omogućava da kernel može utvrditi fizičke adrese korištenih resursa i povezati ih sa drajverom. Navedena imena *compatible* polja su: od realizovanog IP jezgra za skeletizaciju (*xlnx,SKELET-IP-1.0*), od DMA kontrolera (*xlnx,SKELET-DMA*) (Slika 3).

```

static struct of_device_id skelet_of_match[] = {
    { .compatible = "xlnx,SKELET-IP-1.0" },
    { .compatible = "xlnx,SKELET-DMA", },
    { /* end of list */ },
};

MODULE_DEVICE_TABLE(of, skelet_of_match);

static struct platform_driver skelet_driver = {
    .driver = {
        .name = DRIVER_NAME,
        .owner = THIS_MODULE,
        .of_match_table = skelet_of_match,
    },
    .probe     = skelet_probe,
    .remove   = skelet_remove,
};

```

Slika 3. Strukture *platform_driver* i *of_device_id*

Funkcije *skelet_init* i *skelet_exit*: Funkcija *skelet_init* je prva funkcija koja će biti pozvana tokom života modula u kernelu, poziva se pomoću *insmod* komande prilikom povezivanja modula sa kernelom.

Glavne uloge *skelet_init* funkcije su:

- pomoću funkcije *alloc_chrdev_region* izvršava dinamičku alokaciju prvih slobodnih upravljačkih brojeva (rezerviše dva sporedna upravljačka broja);
- pomoću naredbe *device_create* pravi *inode* fajl (*Index Node File*) u */dev* direktorijumu za svaki hardverski resurs – jedan za DMA kontroler i jedan za IP jezgro (dva, koliko ima i *compatible* polja). Nakon *skelet_init* funkcije će biti pozvana *skelet_probe* funkcija, ako je pronađena odgovarajuća *compatible* vrijednost u stablu uređaja.
- pomoću *c_dev* strukture, povezuje kreirane *inode* fajlove sa funkcionalnostima koje se izvršavaju prilikom pozivanja neke od funkcija za rad sa fajlovima.
- na kraju, pomoću *dma_alloc_coherent* funkcije zauzima prostor u memoriji za rx i tx bafere
- sve već izvršene naredbe treba da se ponište ukoliko neka od naredbi ne bude uspješno izvršena.

Skelet_exit funkcija je poslednja funkcija koja će biti pozvana tokom života modula u kernelu, poziva se pomoću *rmmod* komande, isključivanjem modula iz kernela. Suprotno od *skelet_init*, *skelet_exit* funkcija oslobađa zauzetu memoriju, upravljačke brojeve i briše kreirane *inode* fajlovi.

Funkcije *skelet_probe* i *skelet_remove*: Funkcija *skelet_probe* se koristi za inicijalizaciju i alociranje korišćenih hardverskih resursa; pribavljuju se podaci o adresnom prostoru uređaja, rezerviše se dati opseg adresa, mapiraju se fizičke adrese na virtuelne. Funkcija *skelet_probe* poziva se onoliko puta koliko ima hardverskih resursa – u ovom slučaju *skelet_probe* funkcija se poziva dva puta zbog postojanja dva hardverska resursa. U prvom pozivu inicijalizuje se IP jezgro dok se u drugom inicijalizuje DMA kontroler. Za zaustavljanje rada i oslobođanje prethodno korištenih hardverskih resursa koristi se funkcija *skelet_remove*.

Funkcije *skelet_open* i *skelet_close*: U okviru rada korištene za debagovanje napisanog koda (generalno posjeduju širi spektar funkcionalnosti).

Funkcije *skelet_write* i *skelet_read*: Drajver pruža mogućnost upisa slike u tx bafer i započinjanje procesa skeletizacije slike. Ukoliko se želi upisati slika string koji *write* funkcija očekuje, mora biti napisan u formatu „x, y”, gdje x predstavlja poziciju piksela u nizu a y predstavlja vrijednost piksela koja treba da se upiše. Komandu za upis u ovom slučaju je potrebno izvršiti nad *inode* fajlom za DMA kontroler.

Kada je slika upisana, proces skeletizacije je moguće započeti pozivom komande formata „*height, wpx, num_px*“ nad *inode* fajlom za IP jezgro, gdje je *height* visina slike, *wpx* broj *worker-a* koji će obradivati posljednji piksel i *num_px* broj piksela koji obrađuje jedan *worker*. Te vrijednosti se upisuju u registre IP jezgra i u start registar se upisuje vrijednost jedan. Nakon što se upiše jedinica u start registar, inicijalizuje se DMA kontroler pomoću funkcija *dma_init*, *dma_simple_write*, *dma_simple_read*.

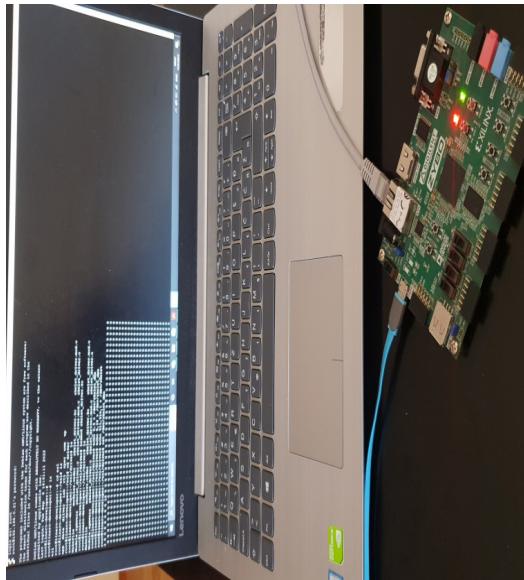
Read funkcijom se može pročitati obrađena slika ili sadržaj ready registra IP jezgra.

Funkcija za memorijsko mapiranje

Funkcija za memorijsko mapiranje omogućava da aplikacija ima direktni pristup memorijskom prostoru u koji se smeštaju slike koje DMA šalje iz RAM-a i IP jezgra. Unutar funkcije poziva se *dma_mmap_from_coherent* funkcija koja vrši memorijsko mapiranje adresnog prostora uređaja (rx i tx bafere) na adresni prostor procesa.

REZULTATI

Za potrebe realizacije ovog projekta korišteno je razvojno okruženje Petalinuks 2019.2 – u svrhu podizanja Linuks operativnog sistema na ZYBO (*Zynq Board*) razvojnoj ploči, koja predstavlja platformu za razvoj softvera i digitalnih sklopova. Petalinuks je iskorišten za generisanje neophodnih komponenti: Linuks kernel, stablo uređaja (*Device Tree*), Root fajl sistem i butlouder (*Bootloader*); potrebni za ispravno funkcionisanje Linuks sistema. Butlouder se koristi za kopiranje stabla uređaja na poznatu RAM adresu. Nakon generisanja, sve navedene komponente, kodovi za drajver i korisničku aplikaciju, prebačeni su na SD karticu ZYBO ploče (Slika 4).



Slika 4. Radno okruženje

Testiranje drajvera

Ukoliko kompajliramo modul, te pozovemo *insmod* komandu, u terminalu dobijemo ispis prikazan na Slici 5.

```
[Sep 6 06:56] skelet_init: Initialize Module "skelet"
[ +0.003580] skelet_init: Successful CHRDEV!
[ +0.004625] skelet_init: Successful class chardev1 create!
[ +0.006393] skelet_init: Device created
[ +0.004826] skelet_init: Module init done
[ +0.007531] skelet_init: Successfully allocated memory for dma transaction buffer
[ +0.008777] skelet_init: Successfully allocated memory for dma transaction buffer
[ +0.006678] skelet_init: DMA memory reset.
[ +0.002989] skelet_probe: Probing
[ +0.002005] skelet_probe: Probing IP
[ +0.002664] skelet_probe: Skelet platform driver registered
[ +0.004463] skelet_probe: Probing
[ +0.002005] skelet_probe: Probing dma
[ +0.002370] skelet_probe: Skelet platform driver registered
```

Slika 5. Kompajliranje modula i poziv *insmod* komande – ispis

Može se primijetiti da se uspješno završila *skelet_init* funkcija i neposredno nakon nje *skelet_probe* funkcija, što nam govori da je drajver uparen sa uređajima.

Ako pokušamo čitanje pomoću komande *cat /dev/skelet*, dobićemo sadržaj *ready* registra koji je na početku jedan, što znači da je IP jezgro spremno za obradu (Slika 6).

```
root@linaro-developer:~/esl/driver# cat /dev/skelet
ready 1
root@linaro-developer:~/esl/driver# [ +7.536917] Skelet opened
[ +0.001375] skelet read 1
[ +0.001352] Succesfully read from file
[ +0.002488] Skelet closed
```

Slika 6. Prikaz statusa *ready* registra – ispis

Pomoću komande echo „0,3” > /dev/skelet_dma upisujemo vrijednost 3 na 0 poziciju tx bafera. Slanjem stringa „0,3” i „8,18” pomoću echo komande, dobijamo sljedeći ispis u terminalu, prikazan na Slici 7.

```
root@linaro-developer:~/esl/driver# echo "0,3" > /dev/skelet_dma
[Sep 6 07:06] Skelet opened
[ +0.001358] skelet_write: Succesfully wrote into dma device. 3
[ +0.004841] Skelet closed
root@linaro-developer:~/esl/driver# echo "8,18" > /dev/skelet_dma
[ +16.181065] Skelet opened
[ +0.001355] skelet_write: succesfully wrote into dma device. 18
[ +0.004955] Skelet closed
```

Slika 7. DMA upis

Čitanjem pomoću komande `cat /dev/skelet_dma` dobijamo sadržaj rx bafera koji je na početku popunjeno nulama (Slika 8):

Slika 8. Sadržaj rx bafera na početku – ispis

Za početak obrade upisujemo string „511,510,1” pomoću echo komande u `/dev/skelet`, čime dobijamo ispis (Slika 9).

```
root@linaro-developer:~/esl/driver# echo "511,510,1" > /dev/skelet
[ +12.043008] Skelet opened
[ +0.001369] skeleton_write: Successfully wrote into skelet device. 511, 510, 1
[ +0.005741] Skelet closed
```

Slika 9. Početak obrade – ispis

Zatim provjeravamo da li je jezgro završilo obradu odnosno da li je *ready* signal jedan (Slika 10).

```
root@linaro-developer:~/esl/driver# cat /dev/skelet
[ +31.536560] Skelet opened
[ +0.001368] skelet read 1
ready 1
root@linaro-developer:~/esl/driver# [ +0.002441] Succesfully read from file
[ +0.002496] Skelet closed
```

Slika 10. Završetak obrade – ispis

Za provjeru rezultata obrade čitamo sadržaj rx bafera (Slika 11).

Slika 11. Provjera rezultata obrade – Sadržaj rx bafera

Prvih 8 članova bafera predstavlja prvi red slike 10. koji se ne obrađuje jer se granični pikseli ne obrađuju. Svaki sljedeći red je predstavljen sa sljedećih 8 članova niza. U niz, koji se šalje jezgru, prethodno je na poziciju 0 upisana vrijednost 3 i na poziciju 8 vrijednost

18. U tom slučaju prva tri reda slike bi u binarnom zapisu izgledala:

```
000...000011 00..00  
000...010010 00..00  
000...000000 00..00
```

Podvučeni piksel zadovoljava uslov za brisanje u procesu skeletizacije, što bi značilo da na toj poziciji neće više biti vrijednost 18(binarno 000...010010) nego 16(binarno 000...010000). To odgovara sadržaju rx bafera (Slika 10) nakon obrade (na poziciji 0 vrijednost 3, dok je na poziciji 8 vrijednost 16), što potvrđuje pravilan rad drajvera.

Na kraju, pozivom *rmmmod* komande uspješno se izvršavaju *skelet_exit* i *skelet_remove* funkcije (Slika 12).

```
root@linaro-developer:~/esl/driver# rmmmod skelet_driver.ko  
[Sep 6 07:10] skelet_exit: DMA memory reset  
[ +0.002813] skelet_remove: ressetting  
[ +0.000017] skelet_remove: Dma removed  
[ +0.002528] skelet_remove: Skelet removed  
[ +0.003401] skelet_exit: Exit device module finished"skelet".
```

Slika 12. Rezultat izvršenja *rmmmod* komande

Test aplikacija

Za testiranje ispravnog rada sistema i drajvera nad realnim slučajem napisana je aplikacija. U aplikaciji se koristi funkcija *mmap* kako bi se određeni opseg adresa iz korisničkog prostora povezao sa memorijom uređaja (drajvera).

Slika koju je potrebno poslati jezgru na obradu smještena je u niz *image*. Pomoću *mmap* funkcije taj niz se mapira na adresni prostor tx bafera (Slika 13).

```
fd = open("/dev/skelet_dma", O_RDWR|O_NDELAY);  
  
if (fd < 0)  
{  
    printf("Cannot open /dev/skelet_dma \n");  
    return -1;  
}  
p=(unsigned long long int*)mmap(0,MAX_PKT_SIZE, PROT_READ | PROT_WRITE, MAP_SHARED, fd, 0);  
memcpy(p, image, MAX_PKT_SIZE);  
munmap(p, MAX_PKT_SIZE);  
close(fd);  
if (fd < 0)  
{  
    printf("Cannot close /dev/skelet_dma for write\n");  
    return -1;  
}
```

Slika 13. Memorjsko mapiranje na adresni prostor tx bafera

Nakon toga, aplikacija započinje obradu slike i čeka da *ready* signal postane jedan (Slika 14).

```

FILE *fd2;
height = 511;
wlpx=510;
numpx=1;
fd2 = fopen ("/dev/skelet", "w");
if (fd2 < 0)
{
    printf("Cannot open /dev/skelet \n");
    return -1;
}
fprintf (fd2, "%d, %d, %d\n", height, wlpx, numpx);
fclose (fd2);
if (fd2 < 0)
{
    printf("Cannot close /dev/skelet \n");
    return -1;
}

FILE *fp;

clock_t begin = clock();
while(ready == 0)
{
    fp = fopen("/dev/skelet", "r");
    if(fp==NULL)
    {
        puts("Problem pri otvaranju /dev/skelet");
        return -1;
    }
    fgets(text, 10, fp);
    if(text[6] == '1')
        ready = 1;

    if(fclose(fp))
    {
        printf("Problem pri zatvaranju /dev/skelet\n");
        return -1;
    }
}
.

```

Slika 14. Pokretanje obrade slike, čekanje da se obrada završi

Na kraju se poziva *mmap* funkcija, sada sa ofsetom, kako bi se niz *image_skelet* mapirao na rx bafer i na taj način pročitali rezultati obrade jezgra (Slika 15).

```

fd = open("/dev/skelet_dma", O_RDWR|O_NDELAY);
if (fd < 0)
{
    printf("Cannot open /dev/skelet_dma for read\n");
    return -1;
}
p=(unsigned long long int*)mmap(0,MAX_PKT_SIZE, PROT_READ | PROT_WRITE, MAP_SHARED, fd,_page_sz);
memcpy(image_skelet, p, MAX_PKT_SIZE);
munmap(p, MAX_PKT_SIZE);
close(fd);
if (fd < 0)
{
    printf("Cannot close /dev/skelet_dma for read\n");
    return -1;
}

```

Slika 15. Memorijsko mapiranje na adresni prostor tx bafera

DISKUSIJA

U razvoju embeded sistema [7], dizajn drajvera (upravljačkog programa) jedna je od ključnih tehnologija. U dizajnu Linux drajvera, platformski model je važna metoda dizajna drajvera, novi mehanizam upravljanja i registracije drajvera, zasnovan na platformi Linux 2.6 kornela. Platforma je vrsta virtualne magistrale, koja se koristi za povezivanje SOC (*System on Chip*) integrisanih resursa sa CPU magistralom u embeded sistemu. Koristi objektno orijentisanu ideju da kompletira apstrakciju od drajvera uređaja do magistrale i sloja jezgra. U poređenju sa tradicionalnim mehanizmom drajvera uređaja, korišteni mehanizam drajvera Linux platforme, implementiran i testiran na ZYBO razvojnem sistemu, registruje resurse uređaja kojima upravlja kernel; drajver koristi ove resurse primjenom standardnog interfejsa obezbijedenog od *platform_device*, koji poboljšava nezavisnost drajvera i upravljanja resursima, te ima bolju prenosivost i sigurnost. Arhitektura platformskog drajvera omogućava ponovno korištenje koda razvojnog okvira (*framework*), jaku nezavisnost resursa uređaja i drajvera, jednostavan kod, unificiran interfejs kernela, lako održavanje i proširenje.

Na Linux platformi magistrala, uređaj i drajver čine model, odnosno razvojni okvir je dizajniran za istu vrstu opreme. Osnovni sloj razvojnog okvira realizuje neke uobičajene funkcije ove vrste uređaja, programer ne mora sam da ih implementira. Razdvajanje drajvera i uređaja čini paralelnim pisanje upravljačkog programa host kontrolera i drajvera periferije (više nisu međusobno povezani), ostvarujući ideju slojevitosti i razdvajanja, kako bi se poboljšala nezavisnost i prenosivost drajvera. Magistrala povezuje uređaj i drajver sa sistemom svaki put kada registruje uređaj, automatski će pronaći odgovarajući drajver. Slično tome, kada registruje upravljački program, automatski će pronaći odgovarajući uređaj. Stoga, stepen automatizacije uskladištanja uređaja i upravljačkog programa je poboljšan, tako da je poboljšana efikasnost razvoja drajvera [8].

Tri primarne tehnike koje programeri za embeded sisteme mogu koristiti za pisanje drajvera prema [9] su: Pul drajveri (*Polled Driver*), Interaptom vođeni drajveri (*Interrupt Driven Drivers*) i DMA vođeni drajveri (*DMA Driven Drivers*). U radu je u osnovi korišten DMA vođen pristup za razvoj drajvera koji je prema [9] u kontekstu poređenja efikasnosti pomenutih tehnika za razvoj drajvera obilježen sa visokim nivoom efikasnosti.

ZAKLJUČAK

Korištenjem modela Linux platformskog drajvera i DMA vođenog pristupa – tehnike za pisanje drajvera za embeded sisteme, postignut je zahtijevani cilj, funkcionalnost i efikasnost. Uspješno testiranje ispravnog rada sistema i drajvera, korištenjem namjenski kreirane aplikacije za rad nad realnim slučajem, potvrđena je uspješnost implementacije drajvera za pristup i upravljanje memoriski mapiranim modulima sistema za skeletizaciju slike.

LITERATURA

- [1] Shivani Sharma, Maninder Kaur, *Skeletonization of Image Patterns using Medial Axis Transform*, International Journal of Scientific & Engineering Research, Volume 4, Issue 11, November-2013.
- [2] Waleed Abu-Ain, Siti Norul Huda Sheikh Abdullah, Bilal Bataineh, Tarik Abu-Ain, Khairuddin Omar, *Skeletonization Algorithm for Binary Images*, 2013.
- [3] N.P. Khanyile, J.R. Tapamo, E. Dube, *A Comparative Study of Fingerprint Thinning Algorithms*, 2011.
- [4] Lynda Ben Boudaoud, Abderrahmane Sider, Abdelkamel Tari, *A new thinning algorithm for binary images*, 2015.
- [5] Predrag Teodorović, Veljko Malbaša, „Mikroračunarski sistemi za rad u realnom vremenu“, 2010.

- [6] <https://www.kernel.org/doc/html/latest/driver-api/driver-model/index.html>, posjećeno 05.09.2022.
- [7] Daniel Gajski, Samar Abdi, Andreas Gerstlauer, Gunar Schirner, *Embedded System Design: Modeling, Synthesis and Verification*, Springer, 2009.
- [8] Mei Rifei, Xiao Laisheng, *Design on Linux Platform Driver for Embedded Systems*, American Journal of Embedded Systems and Applications, 2022.; 9(1): 1-5
- [9] Jacob Beningo, *3 driver design techniques for microcontrollers*, <https://www.embedded.com/3-driver-design-techniques-for-microcontrollers/> August 19, 2019

IMPLEMENTATION OF DRIVER FOR ACCESSING AND MANAGING MEMORY MAPPED HARDWARE MODULES OF SYSTEM FOR SKELETONIZATION OF IMAGES

Author: JANA JANKOVIĆ

Email: jana.jankovic99@yahoo.com

Mentor: Assist. Prof. Predrag Teodorović

Chair of Electronics

Department of Power, Electronic and Telecommunication Engineering

Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad

Introduction: Skeletonization is a process of extracting a skeleton, a one-pixel thick line, through the middle of an object which preserves the topology of that object from an object in a digital image. Skeletons are easier to process, and they reduce processing time. Many thinning algorithms have been developed in the past three decades, and all have their own advantages and disadvantages. The choice of the thinning algorithm should depend on the application. For example, an application for an airport boarding gate would have to trade accuracy for execution time, whereas other locations need to ensure high accuracy and can trade the execution time.

The existence of parallel algorithms makes the skeletonization process suitable for hardware implementation, which can achieve higher execution speed. The image skeletonization system used in this work, based on the Zhang-Suen algorithm, aims to accelerate the execution of the image skeletonization algorithm. One of the necessary and important steps, designing the hardware block of the image skeletonization system, is certainly the implementation of the platform driver, which will be presented in more detail in this paper.

Aim: To create a driver that accesses and manages memory-mapped hardware modules of an image skeletonization system implemented using the Zhang-Suen algorithm.

Material and Methods: Driver design techniques for embedded systems—DMA Driven Driver, ZYBO Board, C++ programming language

Results: An efficient platform driver has been developed for the hardware system that performs the skeletonization of images.

Conclusion: Linux platform driver model and DMA-driven access, a technique for writing drivers for embedded systems, can be used and achieve the required efficiency.

Keywords: skeletonization, embedded system, driver, platform driver, ZYBO

OPTIMIZACIJA TEHNOLOŠKOG PROCESA ANALIZOM POSTOJEĆEG STANJA

Autor: ELVIN OKUGIĆ, Husein Okugić
e-mail: elvin.okugic@gmail.com; husein.okugic@hotmail.com
Mentor: Emeritus prof. dr Milan Jurković
Sani Global d. o. o Bihać
Katedra za drvnu industriju
Tehnički fakultet Univerziteta u Bihaću

Uvod: Optimizacijom tehnološkog procesa se utječe na rad preduzeća i doprinosi preduzeću na način da će preduzeće imati brojne koristi od optimizacije. Optimizacijom procesa povećava se produktivnost poslovanja, smanjuju se troškovi proizvodnje, minimizira se vrijeme proizvodnje, povećava se konkurentnost proizvoda i preduzeća, a što je veoma bitno zbog troškova i konkurentnosti tržišta.

Cilj: Osnovni cilj istraživanja u ovom radu je optimizacija tehnološkog procesa proizvodnje analizom postojećeg stanja u preduzeću SANI GLOBAL, s ciljem iznalaženja mjera za unapređenje i poboljšanje procesa. Dakle, u konkretnom slučaju, snimi se postojeće stanje, uoče se problemi i uska grla u tehnološkom procesu, i primjeni se postupak optimizacije.

Materijal i metode: Metode koje su korištene u radu su: metoda analize postojećeg stanja, metoda optimizacije, metoda SWOT analize. Od materijala su korištene bukove masivne ploče, CNC stroj, četverostrana blanjalica Weing 17, snimano je stanje u proizvodnom pogonu firme Sani Global, ispitani su radnici preduzeća o okolnostima upravljanja strojevima, o vođenju tehnološkog procesa i sl.

Rezultati: Postizanje željenog kvaliteta, reduciranje varijabilnosti tehnološkog procesa, zadovoljenje zahtjeva i želja kupaca, unapređenje tehnološkog procesa, smanjenje gubitaka energije.

Zaključak: Da bi se u preduzeću Sani Global d. o. o. Bihać poboljšao tehnološki proces, potrebno je izraditi strategiju razvoja proizvodno poslovnog sistema „Sani Global“ d. o. o. Bihać u narednih 10 godina, s ciljem uvođenja suvremenih tehnologija i sistema obrade te postizanja više tehnološke razine, kvalitete i količine proizvoda koji će imati veću konkurentnost na tržištu. Također, izgradnjom nove proizvodne hale stvaraju se proizvodni uvjeti za poznate inostrane kupce koji su zadovoljni kvalitetom proizvoda, no to nije konstanta pa kvalitetu treba stalno poboljšavati.

Treba istaknuti da je potrebno uvesti suvremene CNC tehnologije i obradne sisteme koji osiguravaju veću kvalitetu proizvoda i veću tehnoekonomsku učinkovitost. Nužno je povećati konkurentnosti drvorerađivačkih kapaciteta, samim time i stupanj izvozne orijentacije drvnog sektora na način da industrijska društva (subjekti iz drvnog sektora) prvenstveno moraju biti oslonjena na resurse znanje i intelektualni kapital. Potrebno je osigurati da privredna društva orientirana izvozu finalnih proizvoda iz oblasti drvne industrije mogu lakše doći do kreditnih sredstava, a isto bi se moglo ostvariti kroz Razvojnu banku Federacije BiH i određene investicijske fondove.

Ključne riječi: optimizacija; analiza; kvalitet; proces

UVOD

U inženjerstvu, optimizacija znači pronalaženje maksimuma ili minimuma zadanoj cilja ili ciljeva unutar određene granice. Ograničenja mogu biti različita koliko su to raspoloživi resursi, razina kvalitete, nemogućnost ulaganja itd. Optimizacija nije vezana samo uz inženjerstvo, pa se može reći da ljudi i u svakodnevnom životu stalno optimiziraju, iako toga nisu uvijek svjesni. Pronalaženje pravog načina raspodjele i planiranja trošenja prihoda dobar je primjer svakodnevne optimizacije. Redoslijed obavljanja poslova obično se utvrđuje na temelju nekih kriterija (minimalno vrijeme, minimalni troškovi i sl.). Za razliku od opće optimizacije, proces inženjerske optimizacije zahtjeva sustavno traženje optimalnog rješenja inženjerskog problema, u skladu s funkcijom cilja i unutar dopuštenog raspona rješenja koja određuju različita ograničenja. Uz navedenu optimizacijsku metodu postoji niz različitih metoda poboljšanja procesa kojima se može uspješno optimizirati proizvodni proces. Neki od njih su: Six sigma, Reinženjerstvo poslovnih procesa, Lean management, Kaizen, Benchmarking, Process of Business reengineering itd. Optimizacija tehnološkog procesa utječe na rad tvrtke i doprinosi tvrtki na način da tvrtka ima brojne prednosti optimizacije. Optimizacija procesa povećava produktivnost poslovanja, što je vrlo važno zbog konkurenčnosti. U ovom radu prikazani su načini povećanja produktivnosti poduzeća optimizacijom proizvodnog procesa, uzimajući u obzir sva pitanja u analizi postojećeg stanja proizvodnog procesa. Bez obzira na veličinu poduzeća, učinkovito upravljanje poduzećem iznimno je važno. Uz učinkovito upravljanje, sve operacije i procesi odvijaju se bez zastoja i to bi trebala biti svakodnevna aktivnost svake tvrtke. Optimizacija proizvodnje je stalno uvođenje novih metoda rada koje poboljšavaju proizvodni proces. Povećani zahtjevi tržišta i potreba za kvalitetnim proizvodima stvaraju potrebu za optimizacijom procesa proizvodnje uz optimalnu potrošnju sirovina i korištenje raspoloživih resursa. Osnovni cilj istraživanja u ovom radu je analiza i optimizacija tehnološkog procesa proizvodnje u poduzeću SANI GLOBAL s ciljem iznalaženja mjera za poboljšanje i unapređenje procesa. Ove mjere trebale bi omogućiti unapređenje i optimizaciju tehnološkog procesa proizvodnje, a rezultat će biti smanjenje troškova proizvodnje, povećanje produktivnosti rada i iskorištenja proizvodnih kapaciteta i sirovina. U radu je objašnjena analiza postojećeg stanja proizvodnog procesa koja se primjenjuje na način da se analizira postojeće stanje proizvodnog procesa, identificiraju problemi u proizvodnom procesu i uska grla te na kraju primjeni postupak optimizacije analizom postojećeg stanja.

MATERIJALI I METODE

Da bi se izvršila optimizacija tehnološkog procesa s analizom postojećeg stranja potrebno je analizirati sve faze postojećeg procesa proizvodnje.

Tehnološki proces za proizvodnju masivnih ploča u preduzeću Sani Global d.o.o Bihać se sastoji od sljedećih faza:

Priprema materijala odnosno sirovine za proizvodnju

Osnovne sirovine od koje se u pogonu SANI GLOBAL proizvode masivne ploče su drveni trupci. Drvo je prirodan materijal i kao takvo se doprema u pilanu. Drvo od kojeg se proizvode masivne ploče je bukva. Firma SANI GLOBAL sirovini nabavlja od Unsko-sanskih šuma, sa područja cijele BiH, te iz zemalja Europske unije poput Njemačke. Većina drvoprerađivački firmi u BiH nabavljaju sirovinu tamo gdje je jeftinije bez obzira na udaljenost.

Transport znači prijevoz robe. U ovom slučaju misli se na prijevoz, prenošenje ili

nošenje trupaca (sirovine) iz šume do tvornice. Transport se izvodi u dvije faze, a to su: 1. Primarni transport drva (privlačenje ili pomicanje drveta traktorom po šumskom bespuću ili šumskim komunikacijama od mjesta sječe do pomoćnog stovarišta) i 2. Sekundarni transport drva (prijevoz drveta po javnim putevima do tvornice). Posjećeni trupci bukve u šumama Unsko-sanskog kantona prikazani su na slici 1.

Drvo se u šumi ne siječe samo na jednom mjestu nego površina na kojoj se siječe može biti velika. Posjećeni trupci se utovaraju na kamion koji ima hidrauličnu dizalicu. Dizalicom se trupci podižu na kamion. Dizalicom prilikom podizanja trupaca upravlja jedan radnik. Kamion ima određenu težinu koju može podnijeti i koju smije prevoziti. Zbog toga, potrebno je obratiti pažnju na broj utovarenih trupaca na kamion.

Trupci se siječu, odnosno obaraju motornom pilom. Sječu vrše iskusni radnici koji moraju biti pripremljeni za taj posao. Prilikom obaranja trupca radnik treba uzeti u obzir sve što može utjecati na sigurnost. Prije obaranja stabla radnik mora ustanoviti prirodni smjer pada stabla. Ukoliko radnik nije siguran u kojem će smjeru stablo pasti potrebno je viskom odrediti smjer padanja. Poželjno je da stablo padne na čisto tlo, odnosno tlo na kojem nema raslinja i granja. Kada stablo počne padati radnik treba da ima prostor da se odmakne od stabla koje pada. Nakon obaranja stabla, sa stabla se odrežu granje tako da trupac izgleda kao na slici 5.1. Nakon rezanja granja i uređivanja trupca, trupac je spreman za utovar. Čest je slučaj da se posjećeni trupci (slika 5.1.) slažu na pomoćna stovarišta do kojeg se privlače traktorom ili drugim mehaniziranim sredstvom. Na slici 2. prikazan je kamion sa hidrauličnom dizalicom za prevoz trupaca bez utovarenih trupaca, te sa utovarenim trupcima koji se transportuju do tvornice.

Stovarište trupaca

Kada se trupci dovezu do tvornice istovaraju se na mjesto koje se zove stovarište trupaca, a koje je prikazano na slici 3.

Stovarište trupaca je otvorenog tipa. Trupci se sa kamiona spuštaju, odnosno istovaraju takođe pomoću hidraulične dizalice sa hvataljkom koja je služila za utovar trupaca.

Stovarište trupaca u firmi SANI GLOBAL je organizovano na tlu kao suho stovarište. Trupci na stovarištu moraju biti lijepo i pravilno poredani kako bi se olakšao njihov transport unutar pogona. Trupci se sortiraju po klasi i promjeru kako bi bilo lakše izvoditi slijedeću fazu procesa proizvodnje, a to je piljenje trupaca. Trupci se istovaraju sa velikom pažnjom kako ne bi došlo do neočekivanog kretanja trupaca što bi moglo ozlijediti radnike koji rade na istovaru. Prije rezanja sa trupaca se moraju odstraniti zemlja i kamenje, te provjeriti da li u trupcu ima metalnih dijelova kao što su ekseri ili slično. Ako su metalni dijelovi prisutni na trupcu potrebno ih je odstraniti. Trupci se unutar pogona prevoze mini bagerom JCB 926 koji je prikazan na slici 4.

Primarna obrada drveta – primarna pilana

Primarna obrada drveta vrši se u primarnoj pilani. Trupci se sa stovarišta uzimaju bagerom i dovoze se do pogona (primarnu pilanu) u kojem se vrši operacija piljenje trupaca koja je jedna od najvažnijih operacija u tehnološkom procesu. Cilj primarne obrade drveta je dobijanje piljenica od trupca. Piljenice se pilaju u debljini od oko 45 mm, raznih širina (širina zavisi od promjera trupca). Dužine piljenica su 3 m, 3.5 m ili 4 m. Dužina piljenica zavisi od dužine trupaca. Npr. ako u pilanu dođe trupac dužine 6 m on se pila na dva dijela od 3 m. Ako je trupac dužine 6.20 m takođe se sječe na dva komada, na 3 m i 3.20 m.

Mašine koje se nalaze u primarnoj pilani su slijedeće:

1. Lančani transporter za prijenos trupca od ulaza primarne pilane do tračne pile,
2. Horizontalna tračna pila,

3. Transportna traka za prijem piljenica sa tračne pile,
4. Valjkasti transporter bez pogona za prijem piljenica sa transportne trake,
5. Cikular za poprečno prorezivanje piljenica,
6. Valjkasti transporter bez pogona za prijem piljenica sa cikulara.
- 7.

Piljenje trupaca

Piljenje se obavlja pomoću horizontalne tračne pile, model Mebor HTZ 1200 Super Profi Plus, slovenske proizvodnje. Prije dolaska do tračne pile trupci se bagerom postavljaju, odnosno spuštaju na lančani transporter koji trupce odvodi do tračne pile, a koji je prikazan na slici 5. Ulaz u primarnu pilanu je dovoljno velik tako da mini bager može ući i staviti trupac na lančani transporter što se vidi na slici 5.

Transporter se sastoji od metalne konstrukcije i četiri lanca. Lance pokreću metalni zupčanici. Ovaj transporter ima mogućnost da pomici velike terete. Na transporteru se može nalaziti više trupaca, a ne samo jedan trupac. Kada se jedan trupac obradi na pili, na red dolazi trupac iza obrađenog i tako redom. Tračna pila može piliti trupce raznih dužina. Rukovanje transporterom se mora obavljati u skladu sa pravilnikom o zaštiti na radu kako ne bi došlo do ugrožavanja sigurnosti radnika. Nestručno rukovanje ili upravljanje transporterom može dovesti do toga da zupčanici zahvate odjeću ili ruku radnika, te da radnika udari trupac. Svi rotirajući dijelovi transportera se moraju redovno održavati kako bi što bolje obavljali svoju funkciju. U mnogim pogonima, kao u pogonu SANI GLOBAL, zupčanici nisu zaštićeni zaštitnim napravama. Horizontalna tračna pila za piljenje trupaca prikazana je na slici 6.

Jedan kraj transportera, gdje se bagerom spušta trupac, je slobodan kako se vidi na slici 5. Na drugom kraju transportera nalazi se mehanizam za prijenos trupca sa transportera na tračnu pilu kako je prikazano na slici 7.

Detaljniji prikaz mehanizma za prijenos trupaca na tračnu pilu i dijela tračne pile gdje će se trupac spustiti prikazan je na slici 5.8. Mehanizam za prijenos trupaca na tračnu pilu je metalna konstrukcija koja se sastoji od 4 glavna metalna nosača kako se vidi na slikama 5.7. i 5.8. Nosači su međusobno povezani sa željznim profilima manjeg presjeka.

Metalni nosači na jednom kraju imaju glavu, a drugi se kraj oslanja na tračnu pilu. Takođe imaju i lance koje pokreću servo motori. Kada trupac stigne do drugog kraja transportera on upada u glavu nosača kako se vidi na slici 8. Tada se cijeli mehanizam (4 nosača) zaokrene za 180 stepeni u smjeru suprotnom od smjera kretanja kazaljke na satu. Pri zaokretanju mehanizma za 180 stepeni drugi krajevi nosača se oslanjaju na tračnu pilu, te cijeli mehanizam dođe u horizontalni položaj. Onda se upale servo motori koji pokreću lance, te se trupac na taj način prenese na tračnu pilu. Mehanizam za prijenos trupaca sa transportera na tračnu pilu funkcioniše na isti način kao lančani transporter samo što ima mogućnost zaokretanja. Ovaj mehanizam je zapravo sastavni dio lančanog transportera.

Na slici 7. se vidi položaj trupca u odnosu na tračnu pilu. Trupac se na transporteru nalazi u onom položaju u kojem i treba da bude kada se spusti na tračnu pilu tako da se trupac ne treba dodatno okretati nakon spuštanja na pilu. Ova tračna pila je vjerovatno najskuplja mašina od svih drugih mašina u pogonu SANI GLOBAL. Pila ima raznovrsne funkcije i mogućnosti. Piljenje je najvažniji proces u primarnoj preradi drveta, a služi da se od trupca naprave piljenice.

Na prihvatom dijelu pile, gdje se trupac spušta, postoje razne funkcije za podešavanje, prilagođavanje, odnosno manipulaciju trupca potrebi piljenja. Kada se trupac podesi na prihvatom dijelu pile, fiksira se u tom položaju pomoću metalnih držača na pili. Nakon fiksiranja trupca počinje piljenje trupca. Po samom nazivu pile može se zaključiti da je list pile postavljen horizontalno, odnosno da se trupac pila horizontalno. Naravno postoje i

vertikalne tračne pile gdje se trupac pila vertikalno. Veoma je bitno naglasiti da se horizontalna tračna pila sastoji iz dva dijela, a to su nepomični (fiksi) dio i pomični dio. Na slici 6. nepomični, odnosno stojeći dio pile je crvene boje, a pomični dio pile je zelene boje. Trupac se nalazi na nepomičnom dijelu pile, a list pile na pomičnom. List pile se može spuštati i podizati jer je prikačen na mehanizam koji se može pomicati vertikalno. Pilom se upravlja preko kontrolne (upravljačke) ploče koja se može vidjeti na slici 6., a nalazi se iza pile na lijevoj strani. Pomak se ostvaruje preko servo motora, a zadaje se preko kontrolne ploče. Kada se pomični dio pile počne pomicati horizontalno dolazi do piljenja trupca. Nakon što se trupac ispila po cijeloj dužini list pile se podiže i vraća se u početni položaj.

Kada se pomični dio pile vrati u početni položaj, list pile se spušta zavisno od toga kolika se debљina piljenice (daske) želi napraviti, a onda se pilanje vrši ponovo. Što trupac ima veći prečnik, više će se puta moći isplati, a samim tim moći će se napraviti više piljenica. Pomak pile je konstantan, odnosno nema nikakvog pomicanja u smjeru gore-dole za vrijeme pilanja trupca. Zbog toga, dobijaju se piljenice sa veoma preciznim rezovima. Tračne pile imaju visoku proizvodnost i preciznost što je njihova najvažnija karakteristika. Tračnim pilama se mogu piliti veliki trupci jer imaju velik kapacitet rada. Kapacitet rada im je mnogo veći nego kod okvirnih pila. Mala širina reza omogućava dobijanje piljenica sa veoma preciznim rezom. Pored toga, gubitak materijala pri piljenju je mali. Piljenice dobivene piljenjem trupca prikazane su na slici 9.

Primarno piljenje u pogonu SANI GLOBAL se obavlja na dva načina koja se najčešće koriste u praksi, a to su:

1. Piljenje trupca u cijelo,
2. Piljenje prizmiranjem.

Piljenje trupca u cijelo

Postupak piljenja trupca u cijelo je prikazan na slici 10.

Nakon što se trupac fiksira na tračnu pilu trupac se počinje pilati sa gornje strane, a ispila se nekoliko piljenica ili do oko polovine trupca (slika 10-1). Zatim se trupac okreće za 180 stepeni, odnosno na drugu stranu, te se pila do kraja (slika 10-2). Ovim se načinom piljenja dobijaju neokrajčene piljenice, odnosno piljenice sa korom različitih širina.

Dobijene piljenice su prikazane na slici 5.10-3 (bočne piljenice ili okorci) i 10-4 (piljenice iz centralnog dijela trupca). Ovo je najjednostavnija i najbrža metoda piljenja, a primjenjuje se kada je to potrebno. Ovaj način piljenja se često primjenjuje kod loših trupaca.

Postupak piljenja trupca prizmiranjem je prikazan na slici 11. Nakon što se trupac namjesti na tračnoj pili trupac se pila sa gornje strane, a ispila se onoliko piljenica koliko je potrebno da se skinu okrajci sa trupca (slika 11-1). Trupac se zatim okreće za 180 stepeni kako bi se okrajci skinuli sa suprotne strane (slika 11-2) čime je trupac oblikovan u prizmu. Ovako prizmiran trupac se okreće za 90 stepeni kako bi se isplala treća strana (slika 5.11-3) čime je ostala još samo jedna strana neispilana. U zadnjoj fazi prizma se okreće za 180 stepeni i pila se sve dok se ne završi (slika 11-4). Raspljivanjem prizme u zadnjoj fazi dobijaju se okrajčene piljenice, odnosno piljenice bez kore jednakih širina (slika 5.11-5) što je i cilj. Na osnovu slike 11. se vidi da se piljenje prizmiranjem izvodi u dva prolaza, odnosno u dvije osnove. Prvi prolaz čine koraci 1 i 2 čime se dobija prizma iz centralnog dijela trupca, te neokrajčene daske različitih širina iz bočnih dijelova trupca. Drugi prolaz čine koraci 3 i 4 čime se piljenjem prizmatičnog dijela dobijaju okrajčene piljenice (daske) jednakih širina i neokrajčene daske različitih širina iz bočnih dijelova trupca.

Piljenje prizmiranjem se koristi u industriji piljenja i maksimizira proizvodnju. Ovom metodom piljenja se znatno štedi trud i vrijeme pri primarnoj obradi drveta. Koristi se za pilanje trupaca niske, srednje i visoke kvalitete, a trupac se maksimalno iskorištava.

Odmah pokraj tračne pile nalazi se transportna traka za prihvatanje piljenica. Kada se trupac ispila piljenice se automatski sa tračne pile prenose na transportnu traku. Pokraj transportne trake nalazi se valjkasti transporter bez pogona. Na ovom valjkastom transporteru piljenice stoje spremne za daljnju obradu. Pokraj valjkastog transportera, koji služi za prihvatanje piljenica sa transportne trake, nalazi se cikular za poprečno rezanje piljenica na potrebnu, odnosno zadatu dužinu. Poslije cikulara nalazi se još jedan valjkasti transporter bez pogona za prihvatanje piljenica sa cikulara. Piljenice se sa ovog valjkastog transportera odnose na slaganje. Dobijanjem piljenica debljine oko 45 mm i raznih širina, te s odgovarajućom dužinom završava se proces primarne obrade drveta.

Piljenje je najvažnija faza tehnološkog procesa proizvodnje masivnih ploča. Od kvalitete piljenja zavisi kvalitet finalnog proizvoda. Pri projektovanju pilana posebna se pažnja posvećuje primarnim pogonima. Najvažnije je da primarna pilana ima dovoljnu veličinu i kapacitet, te da se redovno održava.

Na slici 12. prikazana je transportna traka za prihvatanje piljenica sa tračne pile, valjkasti transporter bez pogona, cikular za poprečno rezanje piljenica, te valjkasti transporter bez pogona za prihvatanje piljenica sa cikulara.

Sve ove mašine su veoma kvalitetne i izrađene su visokokvalitetnog materijala.

Priprema piljenica za sekundarnu obradu

Nakon dobijanja piljenica, odnosno primarne obrade drveta, piljenice se ne podvrgavaju odmah sekundarnoj obradi. Dobijene piljenice se prvo moraju pripremiti za sekundarnu obradu drveta, a to uključuje slijedeće procese.

Sortiranje i slaganje piljene građe

Nakon što se proizvedu piljenice se slažu u primarnoj pilani na paletu. Piljenice se slažu ručno. Kada se slože paleta sa piljenicama se iz primarne pilane viljuškarom odnosi napolje, na otvoreno, odnosno na stovarište piljenica. Na slici 12. prikazane su piljenice složene u palate u blizini primarne pilane.

Piljenice se moraju slagati po propisima i to po debljini i dimenzijama. Složajevi moraju biti popunjeni i ravnji jer loše i neadekvatno složene palete piljenica mogu pasti na radnike. Palete moraju biti složene tako da se mogu lako i bezopasno istovariti, odnosno utovariti kada se transportuju do sušare. Radnici koji rade ili se kreću u blizini paleta moraju biti sigurni da su palete dobro složene i da neće doći do obrušavanja piljenica. Okolo paleta koje su složene na otvorenom mora se obezbijediti dovoljen prostor da viličar može prići i uzeti paletu prilikom prijenosa palete do sušare. Palete sa piljenicama stoje na otvorenom nekoliko dana, a zatim se pare i suše u parionici, odnosno sušionici. Neki faktori koji utječu na prirodno sušenje piljenica su temperatura, vlaga, topografija, smjer i jačina vjetra, eksponcija, blizina vodenih površina (mora, rijeke, jezera), vrsta godišnjeg doba i klima, sunčeve zrake, oborine itd.

Parenje piljene građe

Palete sa piljenicama se sa stovarišta (slika 13.) uzimaju viljuškarom te odnose u parionicu. Viljuškarom se vrše obe radnje, utovar sa stovarišta i istovar u parionicu. Parenje piljenje građe se ne vrši u vijek. To zavisi od kupca. Neki kupci žele neparene proizvode, a neki parene. Piljenice se ne pare ako kupac to ne želi već odmah idu na fazu sušenja. Palete piljene građe unutar parionice prikazane su na slici 14., a kotlovnica za proizvodnju pare

za parionicu prikazana je na slici 15.

Parionice su zatvoreni objekti u kojima se pare piljenice. Parenje je postupak izlaganja piljenica zasićenoj vodenoj pari koja ima određeni pritisak i temperaturu.

U pogonu SANI GLOBAL primjenjuje se direktna metoda parenja što znači da se vodena para proizvodi u kotlovnici, a u parionicu se prenosi paravodom. Cilj parenja je da se na piljnicama naglasi crvena boja i estetska svojstva. Parenjem se ne mijenjaju fizičke osobine materijala. Parenje je posebno važno kod bukve koja je glavna sirovina za proizvodnju masivnih ploča. Trupac bukve nema jednaku boju po cijelom volumenu. Neprava srž koju bukva ima u manjoj ili većoj količini ima drugačiju boju od boje ostatka drveta. Nakon parenja piljena građa po cijelom volumenu će dobiti svijetlu ili tamnu crvenu boju. Ako u piljnicama postoje insekti oni će se parenjem uništiti što je dodatna prednost parenja. Parenjem se poboljšavaju svojstva piljenica. Parene piljenice se manje utežu i manje bubre od neparenih. Pored toga, parene piljenice se lakše mašinski obrađuju u sljedećim fazama obrade drveta.

Prije parenja piljenice se očiste od piljevine što se uradi tijekom primarne obrade drveta, odnosno prije slaganja piljenica u paletu. Poželjno je da piljenice imaju vlažnost od 35 % i više. Paleta piljene građe se viljuškarom stavi u parionicu, a vrata parionice se zatvore. Prva faza je zagrijavanje rezane građe koje se vrši postepeno. U suprotnom, odnosno naglim zagrijavanjem građa će početi raspucavati. Faza zagrijavanja traje oko 3 sata. Druga ili aktivna faza parenja je djelovanje zasićene pare na piljenice. Temperatura vodene pare je oko 95°.

Djelovanjem pare boja piljenica se počinje mijenjati i ujednačavati. Ovo je najvažnija faza parenja i traje oko 17 sati, a zimi i nešto duže. Nakon ovog perioda prekida se dovod pare i počinje postepeno hlađenje piljenica. Drvo se smiruje i smanjuju se naprezanja nastala parenjem. Faza hlađenja i mirovanja piljenica traje oko 4 sata. Nakon hlađenja paleta sa piljenicama je spremna za sušenje. Ukupan proces parenja traje oko 24 sata.

Oprema moderne parionice kod direktnе metode parenja sastoji se od:

1. Parovoda (kojim se para doprema od kotlarnice do parionice),
2. Razvodnika pare sa sistemom ventila, koji služi za razvođenje pare do pojedinih komora. Razvodnik treba da ima termometar i manometar za kontrolu parametara pare u razvodniku,
3. Perforiranih cevi (parorasprišivači) za brizganje pare u komori. Prečnik cijevi je od 60-70 mm, sa perforacijama oko 5mm spiralno raspoređenih na samoj cevi. Cijev bi trebalo da bude izrađena od nerđajućih materijala (bakar ili aluminijum). Parorasprišivači se obično smještaju na bočnim zidovima iznad palete, a između njih i palete postavlja se aluminijumski lim čija je uloga da sprječava direktni udar pare na piljenu građu, jer u protivnom građa više puca,
4. Instrumenata (termometar i manometar za svaku komoru), za kontrolu parametara klime u komori,
5. Prelivnog sifona (po jedan za svaku komoru), čija je funkcija kontinuiranog odvođenja kondenzata uz zadržavanje vodene pare,
6. Opreme za punjenje i pražnjenje komore (najbolje je hidraulički vagoneti, koji se po obavljenom punjenju građe vade iz komore, jer obični vagoneti veoma brzo propadaju usled korozije).

Sušenje piljene građe

Sušenje piljene građe je najvažniji proces u pripremi piljenica za sekundarnu obradu drveta, a obavlja se u sušarama. Paleta sa piljenicama se u sušaru doprema pomoću viličara koji u pilani predstavlja važno mehanizirano sredstvo. Najvažnije je da u sušari postoji

pravilna cirkulacija zraka. Cilj sušenja je da piljenice postignu željenu vlagu. Sušenjem piljenice iz primarne prerade drveta dobivaju veću vrijednost. Piljena građa se u prošlosti najviše sušila na zraku što je bila najpopularnija metoda.

Drvetu treba puno vremena da se osuši na otvorenom. Da bi drvo dostiglo sadržaj vlage oko 20 % potrebno da je da se na zraku suši godinu i više dana. Naravno, to zavisi od debljine drveta, klimi i vrsti drveta. Kako je potrebno puno vremena da se drvo osuši na zraku ova metoda sušenja se smatra neprofitabilnom i neadekvatnom. Kako vrijeme izrade proizvoda utječe na konkurentnost na tržištu, metoda sušenja na zraku je odavno napuštena. Danas su u primjeni sušare koje rade na raznim principima i koje se sastoje od moderne prateće opreme. Nevažno u kakvoj se sušari piljenice suše cilj je da se vrijeme sušenja skrati, odnosno da piljenice dobiju potrebnu količinu vlageza što manje vremena. Palete piljenica se moraju pravilno i adekvatno složiti kako ne bi pale na radnike. Piljenice se moraju adekvatno i pravilno složiti u paletu već nakon njihove proizvodnje, odnosno nakon obrade tračnom pilom u primarnoj pilani. Tako složene palete se odnose na stovarište piljenica, a nakon što odstoje nekoliko dana na sušenje. Ponovno slaganje ili popravljanje već složenih piljenica značilo bi gubitak vremena.

Pogon SANI GLOBAL posjeduje solidne sušare gdje se toplova dobiva zagrijavanjem vode. Sušara se sastoji od opreme kao što su vodovi (cijevi), radijatori i ventilatori. Sušare gdje se kao izvor toplove koristi voda su jeftinije od sušara koje koriste ulje kao izvor toplove jer nije potrebna temperatura veća od 80 °C. U slučajevima gdje je potrebna veća temperatura zraka u sušari, zagrijavanje sušare se vrši uljem jer ulje može prenijeti temperature do 150 °C. Najmanja komora za sušenje u pogonu ima kapacitet od 40 m³, a najveća 100 m³. Paleta sa piljenicama ima kapacitet od oko 1.50 m³. Obično se odjednom suši od 10 do 30 paleta piljenica. Nakon sušenja debljina piljenica će se smanjiti za oko 5 mm jer se drvo usuši i skupi i iznosit će oko 40 mm.

Paleta sa piljenicama unutar sušare prikazana je na slici 15.

Sušenje paleta traje najviše do 30 dana, a u nekim slučajevima i manje što zavisi od debljine piljenica. Piljenice će se osušiti za manje vremena pri jačim temperaturama ali će dosta piljenica popucati uslijed velikih temperatura. Stoga se preporučuje sušenje na temperaturi koja neće izazvati pucanje piljenica. Sušenjem na normalnim temperaturama svaka će piljenica biti upotrijebljena za proizvodnju.

Preventivne mjere za sigurnost u radu kod pripreme piljenica za sekundarnu obradu

Najvažnije sredstvo kod pripreme piljenica za sekundarnu obradu drveta je viličar. Pomoću njega se palete sa piljenicama odnose iz primarne pilane i istovaraju na stovarište piljenica. Zatim se palete ponovno utovaraju na viličar i odnose u parionicu i sušaru. Stoga je veoma važno poznavati specifične mjere zaštite pri radu sa viličarom. Te mjere su slijedeće [27]:

1. Viličar se smije kretati samo po površinama čija nosivost odgovara ukupnom opterećenju viličara sa teretom,
2. Radnik koji vozi viličar mora ispunjavati uvjete potrebne za rukovanje viličarom,
3. Vozač viličara dužan je upotrebljavati viličar prema njegovoj namjeni i na način kojim se osigurava siguran rad,
4. Viličari koji se ne koriste moraju biti zaključani, a ključevi se moraju nalaziti kod ovlaštenog radnika,
5. Teret koji se prenosi viličarom mora se slagati na palete ili podmetače koji omogućavaju siguran zahvat tereta vilicom,
6. Teret na zahvatnoj vilici mora biti raspoređen ravnomjerno na oba kraka vilice i

- ležati oslonjen na stražnjem dijelu nosača vilica i ne smije zaklanjati vidik vozaču. Ukoliko iz opravdanih razloga vozač viličara nema dobar pregled područja po kojem se kreće tada treba odrediti osobu koja će pratiti viličar i davati ugovorene znakove vozaču pri dizanju i prenošenju tereta.
7. Nije dozvoljeno viličarom izvlačenje ili guranje tereta kao ni podizanje, spuštanje i prenošenje tereta obješenog o vilice,
 8. Za zaštitu vozača viličara od vremenskih nepogoda i prašine, viličar mora imati kabinu iz koje je omogućena dobra vidljivost na sve strane, a ukoliko se rad obavlja noću viličar mora biti opskrbljen rasvjetnim tijelima za osvjetljavanje radnog prostora i prolaza kojima se kreće.

Sekundarna obrada drveta – sekundarna pilana

Nakon parenja i sušenja, odnosno nakon samog sušenja piljenice su spremne za sekundarnu obradu. Sekundarna obrada je postupak kojim se od piljenica prave elementi koji će kasnije, kada se zalijepe, činiti masivnu ploču, odnosno gotov proizvod. Primarnom obradom drveta, odnosno pri dobivaju piljenica iz trupca, nije definisana širina piljenica. Primarnim piljenjem dobivaju se razne širine piljenica ali to u primarnom piljenju nije važno. Sekundarnom obradom vrši se dalja obrada piljenica. Piljenice se pilaju po dužini i širini, odnosno svode se na oblik ili dimenzije koje su najprikladnije za dobivanje finalnog proizvoda. U sekundarnoj pilani nalaze se i mašine za finalizaciju proizvoda.

Mašine koje se nalaze u sekundarnoj pilani su slijedeće:

1. Cikular za poprečno raspiljivanje piljenica sa valjkastim transporterima,
2. Višelisni cikular,
3. Četverostrana blanjalica za prvo blanjanje,
4. Mali cikulari za poprečno prezivanje elemenata,
5. Cink mašina,
6. Presa za spajanje elemenata u lajsne i vodilica koja elemente odvodi do prese gdje se spajaju,
7. Četverostrana blanjalica za drugo blanjanje i
8. Mašine za finalizaciju proizvoda.

Poprečno raspiljivanje piljenica

Primarnom obradom drveta dobivaju se piljenice određene dužine, a ta dužina zavisi od dužine trupca. Dužina piljenica je takva da se one mogu adekvatno složiti u paletu. Kako je ranije rečeno, paleta sa piljenicama se zatim suši u sušari. Odmah nakon sušenja, odnosno na početku sekundarne obrade, dužina piljenica je neprikladna i neadekvatna za dalju obradu. Zbog toga, piljenice se moraju skratiti po dužini. Skraćivanje piljenica se vrši cikularom za poprečno raspiljivanje koji je prikazan na slici 16.

Kako se vidi na slici, cikular sa svojih strana ima dva valjkasta transporterja bez pogona. Desni valjkasti transporter služi za ulaz piljenica. Kada se piljenice obrade cikularom one se prihvataju lijevim valjkastim transporterom odakle se uzimaju, te se zatim ručno slažu u paletu. Piljenice se zatim uzimaju sa paleta i šalju na slijedeću operaciju. Cikularom se poravnavaju čela piljenice. Čela su kraće, odnosno poprečne strane daske.

Na primjer, ako je piljenica dužine 3 m i širine 20 cm (ili bilo koje druge širine) bez grešaka na drvetu, ona će se cikularom isjeći na 3 komada koji će imati dužinu od 1 m. Ako je piljenica 3.20 m dužine bez grešaka na drvetu, ona će se isjeći na 3 komada po 1 m i ostat će jedna piljenica od 20 cm koja takođe ide na daljnju obradu, odnosno bit će upotrijebljena u proizvodnji. Piljenica dužine 20 cm je najmanja koja može ići u dalji pro-

ces proizvodnje. Ako piljenica ima greške na drvetu, greške će se isjeći, a uzet će se samo dijelovi piljenice na kojima nema grešaka. Rijetke su piljenice bez grešaka. Ako je piljenica iskrivljena što je čest slučaj ona će takođe presjeći cikularom tako da krivina bude manja.

Kao što se vidi na slici 17. cikular se sastoji od metalnog kućišta koje na gornjem dijelu ima konstrukciju koja sprječava da radnik rukom dođe u doticaj sa listom pile. Ova konstrukcija se sastoji od 3 metalna profila, 2 vertikalna i 1 horizontalni koji su međusobno povezani. Unutar kućišta nalazi se električni motor sa listom. Prije puštanja cikulara u rad list se podigne i ostavi se u podignutom položaju dok cikular radi. Podizanje lista se vrši okretanjem ručice. Na gornjem dijelu cikulara se vidi otvor za cikular. Kućište cikulara se sa jedne strane može otvoriti kako bi se isti mogao popraviti u slučaju kvara.

Podužno prorezivanje piljenica – izrada profila ili elemenata

Nakon obrađivanja piljenica na cikularu one su spremne za dalju obradu, a to je izrada profila, odnosno elemenata od piljenica širine 55 mm. Ova operacija se vrši na stroju koji se zove višelisni cikular, a koji je prikazan na slici 17. Ovaj cikular, kako njegov naziv govorи, ima više listova koji rade istovremeno.

Nakon podužnog rezanja piljenica ovim strojem od piljenice se dobivaju elementi ili drveni profili širine 55 mm koji su prikazani na slici 5.18.

Stroj je veoma masivan jer je u potpunosti izrađen od metala. Ovo je veoma važan stroj za obradu drveta i posjeduje ga svaka pilana. Sastoji se od donje i gornje konstrukcije kako se vidi na slici 18.

Na jednu stranu cikulara se unose piljenice, a na drugoj strani se prihvataju nakon piljenja. Ovaj cikular je ustvari kružna pila koja ima osovinu na koju se može postaviti više listova, odnosno oštrica. Cikular ima 6 oštrica koje su postavljene na razmaku od 55 mm. Oštrice se na osovinu postavljaju pomoću razmaknica koje se mogu pomjerati po osovini. Oštrice stoje čvrsto i stabilno na osovini. Cikular ima gusjenicu (lanac) sa klinovima koji vode dasku na obradu. Cikular radi na sličnom principu kao glodalica jer se na osovinu glodalice može takođe postavljati više oštrica. Prednosti ovakvog cikulara su slijedeće:

1. Oštice se mogu postaviti na željenoj udaljenosti tako da se cikular može upotrijebiti u bilo kojoj drugoj proizvodnji, a ne samo u proizvodnji masivnih ploča,
2. U jednom potezu piljenica se može ispitati više puta (kada piljenica dimenzija npr. 1 m dužine i 22 cm širine uđe u cikular ona će iz cikulara izaći ispitana na 4 komada dimenzija 1 m dužine i 5,5 cm širine u slučaju da su oštice razmaknute za 5,5 cm),
3. Može se koristiti u proizvodnji dasaka, drvenih greda i bilo kojih drugih profila.

Ako se ovakav cikular opremi računalom on može postati CNC stroj. Obradeni komadi imaju tačne i ravne rezove. Cikular je takođe opremljen mnogim drugim komandama za pouzdan i brz rad. Nakon raspiljivanja piljenica dobiveni elementi se slažu u paletu (slika 5.19.), a zatim idu na drugu operaciju.

Ujednačavanje profila ili elemenata – prvo blanjanje

Nakon dobijanja elemenata ili profila iz piljenica pomoću višelisnog cikulara slijedeća operacija je blanjanje elemenata ili profila. Blanjanje se vrši čestverostranom blanjalicom tipa Weinig U 17 N koja je prikazana na slici 19.

Već je rečeno da se sušenjem u sušari drvo usuši i skupi, a posljedica toga je gubitak oko 3 mm u debljini piljenica.

Zbog skupljanja drveta piljenice se takođe smanjuju u širini ali gubitak u širini piljenica nije važan jer se piljenice pilaju na željenu širinu pomoću višelisnog cikulara. Važna je

debljina piljenica. Međutim, neće svaka piljenica izgubiti 3 mm debljine nakon sušenja. Ovaj gubitak zavisi od kvalitete drveta. Kvalitetnije piljenice, na koje je sušenje imalo slabiji utjecaj, će izgubiti manje u debljini. Na piljenice slabije kvalitete sušenje ima velik utjecaj pa je zbog toga gubitak u debljini veći. Gubitak u debljini kod nekih piljenica može biti manji od 3 mm, a kod nekih veći od 3 mm. Blanjanje elemenata služi da se elementi ujednače po debljini i širini, odnosno da debljina i širina svakog elementa bude ista što je važno za slijedeću operaciju. Dužina elemenata u ovom slučaju nije važna jer će se elementi u kasnijoj fazi procesa odrezati na potrebnu dužinu. Znači, važno je ujednačiti elemente po debljini i širini kako bi elementi, kada se zalijepi po dužini, imali iste dimenzije. To znači da će lajsna, koja se dobije spajanjem više elemenata po dužini, imati istu širinu i debljinu po cijeloj svojoj dužini. Elementi se blanjaju na sve četiri strane. U blanjalicu ulaze elementi širine 55 mm i debljine oko 37 mm. Kako je već rečeno, neće svaka piljenica imati debljinu od 37 mm jer nije svaka piljenica izgubila tačno 3 mm u debljini zbog skupljanja uslijed sušenja. Neke piljenice mogu imati debljinu od npr. 37.5 mm, a neke 36.5 mm. Dužine elemenata su različite, a mogu biti u opsegu od 20 cm (najmanja), te preko 50 cm. Prvim blanjanjem se skida 3 mm u debljini elemenata, odnosno sa jedne strane u debljini se skine 1.5 mm i sa druge strane takođe 1.5 mm. U širini elemenata se takođe skida 3 mm, odnosno po 1.5 mm sa svake strane širine. Na osnovu toga, svi elementi će nakon izlaza iz blanjalice imati širinu od 52 mm i debljinu od 34 mm. Na izlazu iz blanjalice nalazi se automatski transportni mehanizam (slika 20.) koji odvodi oblanjate i ujednačene elemente do slijedeće operacije, a to je poprečno prorezivanje elemenata.

Transportni mehanizam se sastoji od valjkastog i kaišnog (remenog) prijenosnika, te transportne trake.

Elementi se u blanjalicu stavljujaju jedan po jedan tako da nema prostora između elemenata ili da prostor, ako postoji, bude veoma mali. Kada se jedan element stavi u blanjalicu, odmah se stavi i drugi tako da početak drugog elementa dodiruje kraj prvog. Elementi brzo prolaze kroz blanjalicu, te na izlazu iz blanjalice izlaze ujednačeni i oblanjati. Ploče koje se vide na slici 21. su radni stol, a postavljene su da se popuni šuplji prostor na metalnoj konstrukciji. Ploče sprječavaju da manji komadi (elementi) padnu na pod. Četverostrane blanjalice se mnogo koriste u drvnoj industriji za ujednačavanje elemenata i piljene grade. Ovim se blanjalicama sve vrste piljene grade (profili, ploče, paneli) režu u tačno željene dimenzije. Ima i druge primjene, kao npr. za preradu grubo rezanog drveta u glatku i ravnu površinu. Veoma je učinkovita u masivnoj proizvodnji i zato je veoma važan stroj u pilani. Glavni dio blanjalice je alat sa oštricom. Drvo ide po alatu i tako se reže. Tokarnjem drveta postiže se željena preciznost obradaka. Element koji se obrađuje se kreće po podesivoj i preciznoj vodilici čime se sprječavaju nekontrolisani pokreti kao što su udarci unazad. Sigurnosna oprema je važan dio blanjalice. Alat sa oštricom koji se okreće je zaštićen kućištem. Piljevina od elementa tako ne može doći do radnika. Element je za vrijeme obrade konstantno osiguran tračnom vodilicom. Blanjalica omogućava siguran i pouzdan rad. Blanjalica je mašina za rutinske poslove, odnosno za obradivanje serije elemenata koji moraju biti oblanjani na iste dimenzije. Dimenzije se na blanjalici podešavaju ručno ili elektronički. Blanjalica radi brzo i tačno. Iako je alat sa oštricom najvažniji element u blanjalici on je istovremeno i najopasniji dio. Zato je smješten duboko unutar blanjalice. Dodir radnika sa oštricom nije moguć. Kod modernih blanjalica alat sa oštricom prekida rad čim se digne zaštitni poklopac zahvaljujući sigurnosnim prekidačima koji se nalaze u blanjalici. Blanjalicu je potrebno češće čistiti jer se pri obradi elemenata stvara puno piljevine. Ukoliko se blanjalicom rukuje na ispravan način i ako su pri radu postignute sve sigurnosne mjere, nesreća se može desiti samo radniku koji nema dovoljno iskustva. Oštricu treba mijenjati samo iskusni i obučen radnik. Može je zamijeniti i radnik sa manje iskustva ali uz prisustvo iskusnog mehaničara. Blanjalica, kao i sve mašine u pogonu SANI GLOBAL imaju dokumentaciju proizvođača. Neke poznate firme koje proizvode četvero-

strane blanjalice su WEINIG, MARTIN, HOLYTEK, SCM i GUBISCH.

Poprečno prorezivanje elemenata

Da bi se na elementima otklonile greške elemente je potrebno poprečno prerezati. Dva od četiri cikulara koja postoje u pilani za ovu svrhu prikazana su na slici 21.

Ako na elementu ima kora, kvrga ili veliko izobličenje, element se mora presjeći cikularom kako bi se greške otklonile, a ostao samo zdravi dio koji može ići u dalju proizvodnju.

Element koji na svojoj površini ima koru prikazan je na slici 22.

Kod ovog elementa, dio sa korom se mora ispilati cikularom. Pilanjem ovog elementa dobit će se tri dijela, a to su dio sa korom koji se neće upotrijediti u proizvodnji i dva dijela koja će se upotrijebiti za izradu masivnih ploča. Ova operacija služi jer se sve greške na drvetu nisu mogle otkloniti poprečnim prorezivanjem piljenica, odnosno cikularom iz faze 4.1. Cikulari su maleni i jednostavni su za rukovanje.

Izrada cink spoja na elementima

Kada se elementi obrade na poprečnim cikularima slijedi njihovo razvrstavanje po boji kako bi ploča bila ravnomjerno šarena. Elementi zatim idu na cink mašinu. Pri razvrstavanju elemenata po boji oni se slažu na hrpu u blizini maštine za cinkovanje. Složeni i razvrstani elementi koji su spremni za cinkovanje prikazani su na slici 23.

Cinkovanje je izrada spoja na drvenim elementima kako bi se element mogao spojiti sa drugim elementom, a obavlja se na cink mašini. Spojevi moraju biti kvalitetno i precizno napravljeni na elementima kako bi se elementi, na mjestu spoja, tačno poklopili u širini i debljini.

Izgled zupčastog spoja elementa sa konstruktivnim detaljima prikazan je na slici 24. Zupčasti spoj se sastoji od 4 cijela zupca i 2 polovična zupca. Razmak između vrhova zubaca je 4 mm, a ukupna dužina zubaca je 12 mm. Kada se elementi spoje rubovi elemenata se moraju savršeno poklopiti.

Cink mašina za izradu spojeva prikazana je na slici 25.

Cink mašina se sastoji od slijedećih jedinica, odnosno dijelova:

1. Jedinica 1: Pomoćna jedinica za pripremu elemenata – Ova jedinica je na slici 25. prikazana na lijevoj strani slike (bijele boje). Elementi se uzimaju sa hrpe (slika 23.) i stavljuju se na ovu jedinicu kako bi se lakše mogli prenijeti na transportnu traku. Ovaj dio maštine služi samo za pripremu elemenata;
2. Jedinica 2: Transportna traka – Ova transportna traka se može rotirati za 360 stepeni.
3. Na slici 25. se vidi da ova jedinica ima elektromotor, a na njenom donjem dijelu se nalazi mehanizam koji ovoj traci omogućuje puni zaokret za 360 stepeni. Elementi se uzimaju sa pomoćne jedinice i stavljuju se na traku. Na traci se elementi poredaju jedan pored drugog.
4. Odjednom se može obraditi 25 elemenata, odnosno širina trake je tolika da se na nju može smjestiti 25 elemenata;
5. Jedinica 3: Jedinica sa alatom koji ima oštricu za urezivanje spoja u drvo – Ova jedinica je opremljena vlastitom transportnom trakom kako je prikazano na slici 25. Kada se elementi slože na traci (jedinica 2) jedan pored drugog, traka se pokrene i odveze elemente do alata sa oštricom. Ova jedinica veoma brzo svim poredanim elementima ureže spoj. Kada se spoj ureže na elementima (na jednoj strani svih elemenata) traka se pokrene unazad, te se svi elementi vraćaju na transportnu traku (jedinica 2). Tada se pokrene rotacija trake. Traka se zarotira za 360 stepeni

- tako da ona strana elemenata na kojoj nisu urezani spojevi bude okrenuta prema jedinici 3 (oštrica sa alatom). Traka se zatim ponovo pokrene i elementi se ponovo odvezu do oštrice sa alatom koja na elementima (na drugoj ili suprotnoj strani elemenata) napravi spojeve;
6. Jedinica 4: Valjkasti transporter – Kada se na jedinici 3 na elementima naprave spojevi, jedinica 3 se pomiče do valjkastog transportera koji odnosi elemente na sljedeću operaciju. Valjkasti transporter se na slici 25. nalazi odmah pored jedinice 3. Prilikom pomicanja do valjkastog transportera, jedinica 3 zajedno sa elementima prolazi pored mehanizma za nanošenje ljepila na spojeve (zupce) elemenata.

Na slici 27. zasebno je prikazana jedinica 3 cink mašine.

Na slici se vide elementi poredani jedan pored drugog. Elementi su redaju tako da se njihova debljina (kraća strana) postavi u vertikalni položaj, a širina (duža strana) u horizontalni položaj tako da širina bude paralelna sa trakom. Na slici se vidi da na jednoj strani elemenata nema zupčastih spojeva dok se druga strana elemenata nalazi u području sa oštricom. Kada se zupci naprave na jednoj strani elementi se vraćaju na pokretnu traku, odnosno na jedinicu 2. Traka se zatim zajedno sa elementima okreće za 360 stepeni tako da i strana na kojoj nema zubaca ide u područje sa oštricom.

Na slici 28. prikazan je mehanizam za nanošenje ljepila na zubce elemenata.

Nakon obrade na jedinici 3 cink mašine ova jedinica se zajedno sa elementima pomiče do valjkastog transportera koji elemente dovodi do radnog stola gdje počinje proces dužinskog spajanja elemenata. Tako elementi nailaze na ljepilo koje ulazi u zupce elemenata. Na slici 27. vide se elementi i njihovi zupci, te bijela tečnost, odnosno ljepilo. Ljepilo se nanosi samo na jednu stranu svih elemenata. Kada se druga grupa elemenata bude obrađivala na cink mašini, ljepilo će se takođe nanositi samo na jednu stranu. Kada se elementi budu spajali po dužini uvijek će se spajati jedna strana elementa koja ima ljepilo sa stranom drugog elementa koja nema ljepilo. Znači, ljepilo se nanosi samo na jednu dodirnu površinu, a ne na obe.

Spajanje elemenata po dužini – izrada lajsni

Spajanje elemenata po dužini počinje tako što se elementi sa radnog stola ručno ubacuju u vodilicu koja elemente vodi do prese (slika 29.).

Elemente do radnog stola dovodi valjkasti transporter nakon obrade na cink mašini.

Elementi se u vodilicu ubacuju jedan po jedan. Ne trebaju se spajati ručno, a zatim ubaciti u vodilicu. Može biti i razmak između njih jer će se elementi sami spajati kako ulaze u vodilicu. Vodilica kao i presa su mašine koje karakteriše brz i pouzdan rad tako da se elementi ne moraju u vodilicu ubacivati sporo. Ova faza procesa se može odvijati brzo jer su mašine namijenjene za brz rad. Presa za presovanje, odnosno spajanje elemenata po dužini se sastoji od dvije jedinice (slike 31. i 32.) kroz koje obradci (elementi) moraju proći da bi se spojili. Spajanjem više elemenata po dužini dobija se jedan element koji se zove lajsna. Presa služi upravo za tu namjenu, za izradu lajsni.

Da bi se objasnio način funkcionisanja prese, odnosno njenih jedinica, potrebno je poznavati dimenzije konačnog proizvoda. SANI GLOBAL proizvodi 4 kategorije masivnih ploča, a njihove konačne dimenzije su sljedeće: 1) 2400×600 mm, 2) 1700×600 mm, 3) 1200×600 mm i 4) 600×600 mm.

Kao što se vidi, širina masivnih ploča (konačnog proizvoda) je ista, a dužina je različita. Ukupna dužina jedinice 1 i jedinice 2 prese je 500 cm. Dužina svake ploče prije obrade na sljedećoj operaciji mora biti malo veća od konačne dimenzije ploče. Na primjer, ploča 1 (2400×600 mm) se pravi u dužini od oko 2430 mm. Ploča dužine 2430 mm se na formatnom štucu pila na konačnu dimenziju od 2400 mm, odnosno sa svake se strane ploče

ispila 15 mm čime se ploča svede na konačnu dimenziju sa poravnanjem na obe strane. Iz navedenog proizilazi da lajsne (poduzno spojeni elementi) za ploču 1 moraju imati dužinu od 2430 mm. Lajsne za ploču 2 se prave u dužini od 1725 mm, a lajsne za ploču 3 u dužini od 1225 mm. Sve ploče se kasnije na formatnom štucu pilaju na konačne dimenzije.

Kod ploče 4 (600×600 mm) situacija je drugačija. Za ploče 4 dužina lajsni je 2430 mm (isto kao lajsne za ploče 1). Spajanjem lajsni dužine 2430 mm po širini dobit će se masivna ploča dužine od 2430 mm. Ploča dužine 2430 mm se zatim na jednom kraju poravna štucerom, a onda se istom mašinom siječe po dužini na svakih 600 mm. Tako se od ploče dužine 2430 mm dobiju 4 ploče dužine od 600 mm.

Način funkcionisanja prese, odnosno njenih jedinica se svodi na slijedeće. Jedinica 1 služi za ulaz elemenata iz vodilice. Elementi u jedinicu 1 iz vodilice ulaze dok se ne postigne potrebna dužina lajsne. Kada lajsna bude imala dovoljnu dužinu vodilica se zaustavlja, a lajsna se siječe poprečnim cikularom na potrebnu, odnosno zadalu dužinu. Nakon presijecanja lajsne, elementi neće prijeći u jedinicu 2 nego će se vodilica ponovo pokrenuti, a elementi će nastaviti popunjavati jedinicu 1. Kada se jedinica 1 popuni elementima poprečni cikular se ponovo spušta i siječe spojene elemente (lajsnu) na istu dužinu. Tako se u jedinici 1 prese nalaze dvije lajsne jednakih dimenzija. Važno je napomenuti da su elementi u jedinici 1 samo djelomično spojeni, odnosno ostvaren je samo djelomični pritisak na elemente. Ova jedinica služi samo za rezanje lajsni na potrebnu dužinu. Dok se elementi nalaze u jedinici 1, jedinica 2 je prazna kao što je prikazano na slici 29. Da bi se ostvarilo potpuno spajanje elemenata oni iz jedinice 1 moraju prijeći u jedinicu 2. Odmah nakon drugog poprečnog rezanja elementi će automatski prijeći u jedinicu 2.

Jedinica 2 služi za potpuno spajanje elemenata. Kada elementi prijeđu iz jedinice 1 u jedinicu 2, jedinica 1 ostaje prazna dok se ponovo ne popuni elementima kao što je prikazano na slici 30. U jedinici 2 elementi se pritišću i spajaju u jednu cjelinu, te se tako dobija poduzno spojen element, odnosno lajsna. Nakon spajanja elementi se automatski izbacuju van prese. U slijedećem tekstu se nalazi dodatno objašnjenje za izradu lajsni. Kao primjer uzeta je ploča 1 (2400×600 mm).

Ploča 1 – Lajsne za ovu ploču se prave u dužini od 2430 mm. Elementi će ulaziti u jedinicu 1 dok se ne postigne dužina od 2430 mm. Kada se ova dužina postigne vodilica se zaustavi, poprečni cikular se spušta i siječe lajsnu. Nakon toga vodilica se ponovo pokrene, elementi nastavljaju ulaziti u jedinicu 1 potiskivajući lajsnu. Kada se ponovo postigne dužina od 2430 mm vodilica se zaustavlja, a poprečni cikular se spušta i siječe lajsnu. Sada se u jedinici 1 nalaze 2 lajsne dužine 2430 mm. Obe lajsne zatim prelaze u jedinicu 2 kako bi se njihovi elementi pritisnuli i spojili. Nakon spajanja obe lajsne se izbacuju van prese. Na isti se način prave lajsne za ploče 2 (1700×600 mm), 3 (1200×600 mm) i 4 (600×600 mm). Kada se lajsne spoje po širini, kod ploča 1, 2 i 3 se formatnim štucerom moraju samo poravnati strane ploče. Na primjer, ploča 1 čija je dužina 2430 mm se sa obe strane skraćuje za 15 mm kako bi se strane poravnale čime se dobija ploča u konačnoj dužini od 2400 mm. Ploča 2 u dužini od 1725 mm se skraćuje takođe sa obe strane i dobija se dužina od 1700 mm, a ploča 3 čija je dužina 1225 mm se skraćuje na dužinu od 1200 mm. Ploča 4 se pravi u dužini od 2430 mm ali se zatim pila na dijelove od 600 mm što je jedina razlika u odnosu na ploče 1, 2 i 3.

U jedinici 2 na elemente djeluju dva pritiska (P1 i P2) koji su prikazani na slici 31.

Pomoću dva pritiska na slici 31. dolazi do spajanja elemenata po dužini. Pritisak P1 ne mora biti velik. On samo služi da elementi ne ispadnu iz spojeva (zubaca) za vrijeme djelovanja pritiska P2. Oba pritiska moraju djelovati istovremeno. Pritisak P1 djeluje po cijeloj dužini elemenata. Kada elementi prijeđu iz jedinice 1 u jedinicu 2 na njih u jedinicu 2 prvo djeluje pritisak P1. Zatim na elemente djeluje pritisak P2 koji pritišće elemente, te tako dolazi do njihovog spajanja.

Na slici 32. prikazane su lajsne na izlazu iz prese, a na slici 35. prikazan je spoj dva elementa.

Kada se elementi spoje na presi mala poluga izbacu lajsne na metalne nosače kako je prikazano na slici 32. Na metalne nosače može stati oko 25 lajsni.

Lajsne se uzimaju sa nosača i slažu se na pod u paletu. Slijedeća operacija je četverostrano blanjanje lajsni. Ako je blanjalica blizu, lajsne se slažu pokraj nje. Ako je blanjalica udaljena od prese, paleta se viljuškarom uzima sa poda i odvozi se u blizinu četverostrane blanjalice.

Ujednačavanje lajsni – drugo blanjanje

Drugo blanjanje se vrši četverostranom blanjalicom (slika 5.34.), a služi da se na lajsnama otklone nedostaci nastali tijekom presanja koji su prikazani na slici 36.

Na slici 37. prikazane su 4 greške na spojevima elemenata nastale presanjem.

Prvim blanjanjem koje je opisano u tački 5.4.3. svi elementi dobijaju jednaku širinu i debljinu (širina: 52 mm; debljina: 34 mm) kako bi se na njima mogli napraviti zupčasti spojevi i kako bi se mogli spojiti presanjem u jednu cjelinu (lajsnu). Cink mašina i presa za dužinsko spajanje ne mogu obaviti svoj zadatak ako elementi imaju nejednaku širinu i debljinu. Iako svi elementi u presu ulaze sa jednakim širinama i debljinama, elementi se u presi ne mogu poklopiti sa potpunom tačnošću. Na slici 5.35. prikazane su lajsne nakon izlaza iz prese. Na detalju 1, 2 i 3 se vidi da se dva elementa nisu tačno poklopili u debljini. Rubovi elemenata se ne poklapaju tačno, odstupanje je jasno vidljivo. Na detalju 4 se vidi da su se dva elementa donekle poklopili u debljini ali donji element je isturen prema gore u odnosu na gornji element što znači da se ova dva elementa nisu poklopili u širini. Na spojevima se takođe nalaze tragovi ljepila koje je izašlo iz spojeva kada su elementi pritisnuti presom. Za otlanjanje ovih grešaka i nedostataka služi drugo blanjanje. Četverostranim blanjanjem lajsne će se ujednačiti po širini i debljini te će se tako pripremiti za slijedeću operaciju. Drugim blanjanjem se skida 3 mm u debljini, sa svake strane u debljini skida se po 1.5 mm. U širini se skida 2 mm, po 1 mm sa svake strane lajsne. Nakon operacije blanjanja, sve lajsne će imati širinu od 50 mm i debljinu od 31 mm.

Lajsne se blanjaju isto kao elementi iz tačke 5.4.3. Lajsne se u blanjalicu ubacuju jedna po jedna. Ne smije biti razmaka između njih ili razmak može postojati ali mora biti mali. Blanjalicu na slici 34. karakterizira brz i pouzdan rad. Nakon blanjanja lajsne se slažu na hrpu, odnosno paletu kako je prikazano na slici 36.

Uvećani dio slike 37. prikazan je na slici 38.

Na slici 38. se vidi da su lajsne potpuno ujednačene po debljini i širini. Na lajsnama više nema grešaka i nedostataka koji postoje na slici 37. Nema tragova ljepila na spojevima, a spojevi su takođe glatki i ravni. Blanjanjem, odnosno ujednačavanjem lajsni po širini i debljini završava se sekundarna obrada drveta, te se prelazi na slijedeće operacije, a to je finalizacija proizvoda.

Spajanje lajsni po širini

Nakon nanošenja ljepila lajsne se spajaju kako bi se dobila masivna ploča. Sve ploče firme SANI GLOBAL su dužinsko – širinski spojene ploče. Kako je već poznato, lajsna se dobiva tako što se drveni elementi spoje po dužini. Lajsne se zatim spajaju po širini kako bi se dobila ploča. Zbog toga se tako spojene masivne ploče zovu dužinsko – širinski spojene ploče. Kada bi lajsne bile napravljene iz jednog komada drveta (piljenice) bez ljepljenja elemenata po dužini, a zatim spojene (zaljepljene) po širini u cilju dobivanja masivne ploče, takva bi ploča bila širinski spojena ploča. Već je rečeno da se drugim blanjanjem lajsne svode na širinu od 50 mm. Sve vrste masivnih ploča u pogonu SANI GLOBAL se rade u širini od 600 mm. Da bi se dobila ova širina potrebno je 12 lajsni. Pošto je

debljina sloja ljepljiva između lajsni zanemarljiva, spajanjem 12 lajsni dobit će se konačna širina ploča od 600 mm. Presa za spajanje lajsni po širini je prikazana na slici 40.

Presa radi slično kao presa za spajanje elemenata. Lajsne se ručno poredaju kako je prikazano na slici 38. Na slici se vidi da je poredano 12 lajsni kako bi ploča imala širinu od 600 mm kada se lajsne spoje. Kada se lajsne poredaju gornji mehanizam koji se vidi na slici 5.40. se spusti na poredane lajsne. Nakon toga lajsne se izlože pritisku koji djeluje po širini ploče. Lajsne se ne mogu prevrnuti (zaokrenuti) uslijed djelovanja pritiska jer to sprječava mehanizam koji će se spustiti na lajsne prije izlaganja lajsni pritisku. Na slici 5.40. je ploča kategorije 1 (2400×600 mm) koja je duža za 30 mm, odnosno lajsne koje se vide na slici su dužine 2430 mm. Kako je već poznato, za ploče kategorije 2 (1700×600 mm) lajsne su dužine 1725 mm, za ploče kategorije 3 (1200×600 mm) 1225 mm, a za ploče kategorije 4 (600×600 mm) 2430 mm. Sve kategorije ploča se sastoje od 12 komada lajsni.

Rezanje ploča na konačnu dužinu

Nakon što se ljepilo osuši dobija se dužinsko – širinski spojena masivna ploča. Poprečne strane ploča se moraju poravnati jer tačno poprečno poravnanje se ne može postići tokom presanja lajsni. Podužne strane se ne poravnavaju. Podužne strane su već glatke i ravne što je postignuto drugim blanjanjem lajsni.

Lajsne se proizvode u većoj dužini od konačne dimenzije ploča upravo zbog toga da se ploče mogu poravnati. Poravnanje se radi sa obe strane ploče. Mašina za poravnanje, odnosno rezanje ploča na konačne dimenzije zove se formatni štuc, a prikazan je na slici 39.

Prije rezanja ploča se postavi na radni stol kao na slici 40. ploča se postavi tako da lijeva podužna strana ploče cijelom dužinom dodiruje ravnalo koja se nalazi na lijevoj strani stola kako se vidi na slici 39. Tako će se osigurati da podužne strane ploče budu po uglom od 90 stepeni u odnosu na oštricu, odnosno podužne i poprečne strane ploče će nakon rezanja biti pod uglom od 90 stepeni. Detaljniji opis rezanja ploča svih kategorija je dat u sljedećem tekstu.

Ploča kategorije 1 (2400×600 mm) se sastoji od lajsni dužine 2430 mm što znači da ploča prije rezanja ima dužinu od 2430 mm. Ova se ploča, na primjer, može sa jedne strane skratiti za 15 mm i sa druge strane takođe za 15 mm. Može se sa jedne strane skratiti za 20 mm, a sa druge 10 mm. Sve zavisi od radnika koji radi na ovoj operaciji. Radnik će ploču prerezati onako kako on to želi i kako misli da je najbolje. Kada se ploča prereže drugi radnik iza maštine preuzima prerezanu ploču. Na isti se način pilaju ploče kategorije 2 i 3. Ploče kategorije 4 (600×600 mm) se proizvode od lajsni dužine 2430 mm što znači da će same ploče imati dužinu od 2430 mm. Ova se ploča poravna štucerom sa jedne poprečne strane. Zatim se takođe formatnim štucerom reže na svakih 600 mm. Tako se od jedne ploče dužine 2430 mm dobiju 4 komada ploče od 600 mm. Znači, kod ploča kategorije 1, 2 i 3 štucerom se samo poravnavaju poprečne strane da se dobiju konačne dimenzije, a ploča kategorije 4 se siječe na svakih 600 mm i tako se od jednog komada ploče dobiju ploče dimenzija 600×600 mm.

Brušenje ploča

Već je rečeno da lajsne drugim blanjanjem dobijaju debljinu od 31 mm. To znači da će ploče nakon presanja i rezanja imati debljinu od 31 mm. Ova debljina nije konačna. Konačna debljina ploča svih kategorija je 30 mm. Nakon poprečnog prerezivanja i rezanja ploča slijedi brušenje. Brušenje ima više funkcija, a to su dobijanje glatke površine ploča i uklanjanje grešaka koje su nastale presanjem lajsni u ploču.

Brušenje ploča se obavlja pomoću protočne brusilice koja je prikazana na slici 5.42.

Brusilica, kao i svaka mašina u pogonu, ima ulaz i izlaz. Ploča se stavi na valjke koji se vide na slici 5.42., a zatim se ručno usmjeri u brusilicu. Brusilica ima gusjenicu koja vodi ploču na obradu.

Na jednoj strani brusilice (na mjestu gdje ploča ulazi) ima jedan radnik, a na drugoj strani brusilice (gdje ploča izlazi) drugi radnik. U jednom prolazu brusi se samo jedna strana ploče, tj. gornja strana. Na izlazu iz brusilice oboj radnika preuzimaju ploču, okrenu je na drugu stranu i vrati na ulaz u brusilicu kako bi se izbrusila i druga strana ploče. Kada se izbrusi druga strana ploče radnici slažu ploče jednu na drugu, odnosno u paletu kako bi što brže moglići na slijedeću operaciju, a to je nauljavljivanje ploča. Izbrušene ploče, složene u paletu i spremne za nauljavljivanje prikazane su na slici 40.

Brušenjem se skida ukupno 1 mm debljine ploče.

U prvom prolazu skida se 0.5 mm, a u drugom prolazu takođe 0.5 mm ploče. Alati za brušenje su unutar brusilice postavljeni iznad gusjenice tako da se brusi samo strana ploče koja je okrenuta prema brusnim alatima. Druga strana, odnosno strana koja leži na gusjenici se ne brusi. Žbog toga se ploča na izlazu okrene naopako (tako da ona strana koja se nije izbrusila bude okrenuta prema brusnim alatima), a zatim ponovo brusi. Nakon ponovnog brušenja ploča će imati ujednačenu debljinu od 30 mm po cijeloj površini. Brušenjem se takođe otklanjaju nedostaci na ploči nastali tokom presanja. Presanjem lajsni višak ljepila izade na ploču. Skidanjem 0.5 mm sa svake strane ploče otklonit će se svaki nedostatak na ploči, ploča će biti glatka, ujednačena i spremna za nauljavljivanje.

Nakon brušenja ploča slijedi završna faza brušenja koja se obavlja ručno. Sve ivice na ploči se naprave ručnom glodalicom. Ivice su 3 mm pod uglom od 45 stepeni kako je prikazano na slici 44. Ova faza brušenja se obavlja dosta brzo pošto brušena površina nije velika. Na slici 42. prikazana je ploča kategorije 1 ali na isti način se prave ivice na pločama svih kategorija. Slika 41. nije u mjerilu. Zbog toga brušene ivice izgledaju veliko. Slika samo pokazuje dimenzije i oblik brušenih ivica. Brušene ivice služe da masivna ploča ima dobar završni izgled koji je prikladan za oko.

Nanošenje zaštitnih prevlaka na ploče

Nakon brušenja ploče su spremne za zadnju fazu finalizacije, a to je nauljavljivanje ili lakiranje. Zavisno od potražnje kupca, masivne ploče firme SANI GLOBAL se prodaju kao nauljene i lakirane ploče. Ploče prije nauljavljivanja i lakiranja moraju biti suhe, čiste i glatke što je postignuto brušenjem ploča. Omjer proizvedenih nauljenih i lakiranih ploča u pogonu je skoro isti.

Nauljavljivanje ploča

Za nauljavljivanje ploča koristi se ulje na biljnoj bazi sa dodanim voskom. Ulje služi za završetak obrade površina i održavanje drvenih elemenata. Ulje za nauljavljivanje ploča ima slijedeće funkcije:

1. bezbojna impregnacija,
2. zaštita i održavanje drvenih površina,
3. trajnost drvenih površina,
4. stvaranje tankog sloja na površini koji joj daje kvalitetnu zaštitu i ugodnu glatkost,
5. vodootpornost,
6. brzo sušenje nauljene površine,
7. ugodna boja nauljene površine i
8. prikladan izgled masivne ploče.

Mašina za nauljavljivanje ploča prikazana je na slici 45. Kao što se vidi na slici, mašina je

na elektromotorni pogon i ima alate za nanošenje ulja na ploču.

Kao i većina mašina u pogonu, ova mašina ima gusjenicu koja ploču vodi preko alata za nauljavanje. Kao i kod brusilice, ploča kroz mašinu za nauljavanje mora proći dva puta. U prvom prolazu nauljava se samo jedna strana ploče, a to je strana koja je okrenuta prema gore, odnosno prema alatima za nauljavanje. Strana koja leži na gusjenici se ne nauljava. Kada ploča jednom prođe kroz mašinu za nauljavanje ostavlja se da se malo osuši, a onda se nauljava druga strana ploče.

Međutim, mašina za nauljavanje na slici 5.45. se rijetko koristi. U zadnje vrijeme se čak ne koristi nikako. Umjesto mašinskim putem ploče se nauljavaju ručno što je voma brže nego mašinskim putem. Ulje se naspe u kantu, te se krpa umoči u kantu sa uljem. Krpom se zatim trlja po površini ploče. Ulje se krpom toliko utrlja u ploču da drvo prestane upijati ulje. Drvo brzo upija ulje i ulje se brzo suši tako da sam postupak nauljavanja ide brzo. Nakon nauljavanja ploče se odmah slažu u paletu.

Lakiranje ploča

Druga vrsta ploča u zavisnosti od završne prevlake su lakirane ploče. Lakiranje se obavlja u komori za lakiranje pomoću prskalice boje. Prskalica ima mlaznicu od nehrđajućeg čelika. Lakiranje se obavlja veoma brzo. Prskalica ima spremnik koji sprječava curenje boje dok se radi pod oštrim uglom. Boja se u spremnik ulije brzo tako da nema gubljenja vremena prilikom lakiranja. Lak ima slijedeće karakteristike koje su potrebne za zaštitu drveta:

visoka mehanička otpornost,
otpornost na sredstva za čišćenje i
sjajan izgled površine,
nema neugodan miris,
štiti i oplemenjuje drvo,
naglašava strukturu drveta.

Lakirane ploče se suše duže vremena nego nauljene ploče.

Nakon što se ploče lakiraju stavljuju se na stalažu da se suše kako je prikazano na slici 46., a nakon sušenja se pakuju u paletu.

Lak se prije upotrebe dobro promiješa. Ako se nanosi više premaza prvo se sačeka da se osuši prethodni premaz. Bolji izgled površine se postiže ako se nakon nanošenja prvog sloja površina malo izbrusi brusnim papirom i očisti od prašine. Lakirati se ne smije ako je temperatura niža od 10 °C. Postupak lakiranja teče dosta brzo jer se pritisak prskalice može podešavati.

Pakiranje i skladištenje gotovog proizvoda

Nakon nauljavanja i lakiranja ploče se slažu u paletu, a paleta sa pločama se umotava najlonom. Ploče se u paletu slažu ravno kako ne bi došlo do rušenja ploča. Pod gdje se palete skladište treba biti ravan. Ako pod ima nagib on ne smije prelaziti 2°. Najbolje je da pod skladišta, na kojem stoje palete, bude od betona ili asfalta. Pod se može napraviti i op neke druge tvrde podloge. Pod mora biti dovoljno čvrst kako bi mogao podnijeti teret paleta. Ploče se u paletu mogu slagati na jednom mjestu unutar pogona, a onda se viljuškarom premjestiti na drugo mjesto odakle će palete ići na prodaju. Skladište gotovih proizvoda u pogonu SANI GLOBAL je zatvorenog tipa ali postoje i skladišta otvorenog tipa. Kod skladišta otvorenog tipa površina na kojoj proizvodi stoje treba biti dobro i propisno drenirana.

Ploče složene u paletu, zapakovane i spremne za isporuku kupcu prikazane su na slici 47.

Iskorištavanje nusproizvoda

Preradom drveta nastaje nusproizvod ili sporedni proizvod. Piljenjem drveta stvara se velika količina piljevine i prašine. Mašine koje stvaraju nusproizvod su mašine kojima se obrađuje drvo, a to su tračna pila, cikulari, blanjalice i brusilice. Sve ove mašine u pogonu SANI GLOBAL imaju crijevo za usisavanje piljevine koje transportuje piljevinu na dalje korištenje. Pilanski otpad iz pogona se koristi za proizvodnju peleta koji služi za grijanje. Proizvedeni pelet se prodaje kao i masivne ploče od drveta. Pilanski ostatak može biti:

1. Krupni (kora, okorci, okrajci i porubci) i
2. Sitni (piljevina, iverje, blanjevina i drvna prašina).

Pilanski ostatak se naziva biomasa. Biomasa može biti biljnog i životinjskog porijekla. Glavni element u biomasi je ugljik. Biomasa je obnovljivi izvor energije i zbog toga igra važnu ulogu u pilanama. Drvna biomasa je u upotrebi još od doba pračovjeka. U BiH se drvna biomasa najviše upotrebljava za grijanje u kućama, a u nekim razvijenim zemljama drvna biomasa pokriva 90 % potrošnje energije.

Nakon analize postojećeg stanja procesa proizvodnje pristupa se optimizaciji tehnološkog procesa proizvodnje zašto je potrebno dobro poznavati tehnologiju proizvodnje, tehnološke parametre, mašine i njihov način rada, sposobnost radnika, tehničku dokumentaciju i druge potrebne karakteristike pogona. Zbog toga je prije optimizacije izvršena detaljna analiza postojećeg procesa u firmi. Kao što je u uvodu objašnjeno optimizacija se radi u cilju konstantnog poboljšanja tehnološkog procesa u smislu smanjenja troškova proizvodnje, povećanja kvaliteta proizvoda, smanjenja varijacije procesa i zadovoljenja zahtjeva kupaca. U cilju optimizacije procesa potrebno je odabrati odgovarajuću startegiju ili metodu za optimizaciju. U ovom radu će se za optimizaciju procesa primijeniti SWOT analiza koja omogućava sagledavanje ključnih konkurenckih prednosti firme u odnosu na druge firme. Teoretske postavke o ovoj metodi dane su u poglavlju br. 2 u tački 2.1.

SWOT analiza firme SANI GLOBAL Bihać prikazana je u tabeli 1.

Tabela 1. SWOT analiza pogona SANI GLOBAL Bihać

SNAGE (STRENGTHS)	SLABOSTI (WEAKNESSES)
<ul style="list-style-type: none"> - Fleksibilna adaptacija zahtjevima kupaca - Fleksibilna, laka i brza isporuka robe kupcima zbog posjedovanja vlastitih transportnih sredstava za tu svrhu - Višegodišnje iskustvo u proizvodnji i primjeni tehnologija - Osoblje firme posjeduje znanje i iskustvo - Prometna komunikacija od firme do šuma USK je na zadovoljavajućem nivou - Proizvodi imaju visok kvalitet - Kupac dobija tačno onakav proizvod kakav je naručio - Pružanje kvalitetne usluge kupcima - Konkurentne (povoljne) cijene 	<ul style="list-style-type: none"> - Slaba organizacija proizvodnog procesa - Nepostojanje funkcionalnih strategija koje doprinose poslovanju - Nepostojanje strategija za modernizaciju proizvodnog procesa - Nemogućnost brzog prilagođavanja promjenama na tržištu - Visoke cijene materijala - Slaba kontrola kvaliteta lajsni prije njihovog ljepljenja po širini - Narudžba na adresu kupca ponekad dođe kasno - Česti zastoji i kvarovi mašina i opreme - Česta kašnjenja u izvršavanju operacija u proizvodnji, npr. kašnjenje pri prijelazu sa jedne operacije na drugu - Internet stranica firme nije dobro napravljena
PRIlike (OPPORTUNITIES)	PRIJETNJE (THREATS)
<ul style="list-style-type: none"> - Povećanje produktivnosti i konkurentnosti firme - Finansijska stabilnost - Brža isporuka narudžbi - Otklanjanje grešaka i zastoja tokom isporuke narudžbi - Uvođenje novih proizvoda - Povećanje broja kupaca - Otvaranje trgovina u drugim zemljama za prodaju naših proizvoda - Uspostavljanje dobre saradnje sa kompanijama za proizvodnju namještaja i gazišta za stepenice - Primjena novih tehnologija - Proširenje proizvodnih kapaciteta - Jačanje tržišta i bolje reklamiranje (oglašavanje, promocija) firme - Jak brend na tržištu 	<ul style="list-style-type: none"> - Rast cijene energije - Velika konkurenčija - Gubitak kupaca - Konstantna promjena propisa i zakona - Mali broj narudžbi - Odlazak osoposobljenih radnika - Bankrot ili stečaj firme - Smanjenje dostupnih količina sirovine na tržištu - Korištenje samo vlastitih izvora financiranja za financiranje poslovnih aktivnosti firme - Pojava novih zahtjeva kupaca

Kao što se vidi iz tabele 1. firma SANI GLOBAL posjeduje mnoge snage i prilike ali isto tako ima mnoge slabosti i prijetnje.

REZULTATI

Iz analize stanja proizvodnje tehnološkog procesa vidljivo je šta je potrebno uraditi da bi se tehnološki proces poboljšao. Mjere koje se predlažu u cilju optimizacije procesa proizvodnje se svode na slijedeće:

Optimalno iskorištenje sirovine i smanjenje količine krupnog pilanskog otpada;
Praćenje stanja na tržištu;

Smanjenje jedinične potrošnje električne energije;

Smanjenje zastoja i kvarova mašina;

Proizvodnja masivnih ploča u još većoj količini;

Uvođenje timskog rada i povećanje radne i tehnološke discipline;

Ugradnja znanja u proizvodni proces u cilju povećanja konkurentnosti;

Instaliranje u proces proizvodnje fleksibilnih obradnih sistema sa CNC upravljanjem umjesto klasičnih mašina;

Pridržavanje strogih tehnoloških zahtjeva posebno u primarnoj obradi drveta.

Nakon citiranja mjera za unaprijeđenje procesa proizvodnje definiraju se tehničko – tehnološka rješenja koja direktno vode do boljeg stanja, odnosno unaprijeđenja u poduzeću. Ova rješenja su slijedeća:

Pilanjem drveta nastaje pilanski otpad. Najveća količina pilanskog otpada nastaje za vrijeme pilanja trupaca u piljenice, odnosno pri pilanju tračnom pilom. Ovdje se ne misli na piljevinu kao pilanski ostatak već na okrajke trupca. Ispilani okrajci su debeli i masivni što nije dobro. Čak su i radnici preduzeća, direktoru preduzeća ukazali na ovoj problem. Ovakvim pristupom se ne iskoristiava cijeli trupac i bespotrebno se zanemaruje dio trupca koji postaje pilanski otpad. Ispilani okrajci su dovoljno debeli da se mogu iskoristiti za izradu uskih piljenica, a samim tim i elemenata od kojih se izrađuju masivne ploče. Iskoristiavanjem okrajaka koliko je to moguće povećava se količina sirovine za proizvodnju, odnosno trupac se maksimalno iskoristiava;

Brzo prilagođavanje stanju na tržištu je od izuzetne važnosti za preduzeće. Firma SANI GLOBAL nije jedina firma u BiH koja se bavi proizvodnjom masivnih ploča. Firma se prilagođava stanju na tržištu ali nedovoljno brzo. U cilju pozitivnog poslovanja firme potrebno je da menadžeri prate stanje na tržištu i o tome obavještavaju radnike. Menadžeri moraju pratiti druge firme kako bi otkrili šta nude u pogledu: proizvoda, cijene, kvaliteta, količine i drugo. Ovakvo praćenje stanja na tržištu treba sprovoditi kontinuirano i ne u velikim vremenskim razmacima. Ovakav pristup neće dovesti do gubitka kupaca zbog drugih firmi.

Za rad pogona troši se velik dio električne energije. Sve mašine za obradu drveta u pogonu rade na električni pogon. Zbog velike potrošnje električne energije proizvodni i ukupni troškovi poduzeća su veliki i potrebno ih je optimizirati. Troškovi električne energije spadaju u varijabilne troškove ali imaju i manji fiksni dio. Smanjenje potrošnje električne energije se može postići na četiri načina: 1) maksimiziranje primarne prerade drveta u vrijeme niže tarife električne energije, 2) ugradnja frekventnih pretvarača na većim elektromotorima, 3) održavanje jalove energije u određenoj mjeri i 4) određivanje vremenskog rasporeda uključivanja većih elektromotora u cilju smanjenja vršnog opterećenja potrošnje električne energije u višoj tarifi;

Za smanjenje zastoja i kvarova mašina primjenjuje se strategija koja se zove održavanje po stanju. Održavanje po stanju se izvodi kada postoji naznaka da će doći do kvara uređaja, stroja, sistema ili smanjenja performansi mašina. Ovo je veoma zanimljiv pristup jer dovodi do smanjenja troškova energije i održavanja, povećava pogonsku sigurnost i raspoloživost mašina, povećava kvalitet proizvoda i ubrzava proizvodnju. Zbog visoke abrazivnosti sirovine, kod mašina za vrijeme njihovog rada dolazi do trošenja obradnih alata. Primjenom koncepcije održavanja po stanju nisu potrebni skupi dijagnostički uređaji za otkrivanje kvarova i zastoja mašina. Dotrajalost obradnih alata mašina može se jednostavno utvrditi očitavanjem amper metra pojedinog elektromotora, mjerenjem pomičnim mjerilom, te redovnim pregledima mašina, uređaja i obradnih alata. Prolaskom obradnog alata kroz sirovinu dolazi do trošenja alata. Zbog trošenja alata dolazi do povećanja potrošnje električne energije i povećanog trošenja samih mašina kojima se obrađuje drvo. Sve nabrojano dovodi do povećanja troškova proizvodnje. Praćenjem sile ili napora prolaska alata kroz sirovinu može se utvrditi da li obradni alat treba promijeniti ili ne. Troškovi nabave dotrajalog obradnog alata mašine manji su od troškova električne

energije i samih mašina;

Da li proizvoditi proizvode u velikim količinama zavisi od stanja na tržištu. Ako je tržište zasićeno proizvodom proizvodnja u velikim količinama se ne preporučuje.

Ako tržište nije zasićeno proizvodom, onda se proizvodi mogu proizvoditi u velikim količinama. U ovom slučaju tržište nije zasićeno masivnim pločama. Sami radnici su priznali da gotovi proizvodi brzo nestanu iz skladišta. To je veoma dobro za poduzeće. U poduzeću nije samo cilj povećanje količine proizvoda nego i smanjenje proizvodnog i ukupnog troška po jedinici proizvoda. Ekonomika poslovanja većine poduzeća je pokazala da povećanjem količine proizvoda (proizvodnjom proizvoda u velikim količinama) dolazi do smanjenja jediničnih troškova proizvodnje zbog smanjenja fiksнog dijela troška u jediničnoj cijeni. Pored toga, ekonomska praksa pokazuje i da povećanjem količine proizvoda dolazi do smanjenja varijabilnih troškova po jedinici proizvoda;

Timski rad uz povećanje tehnološke discipline je veoma važan u poduzeću. Dovodi do brže proizvodnje i smanjenja troškova. Svi zaposlenici trebaju imati jasna očekivanja i zajednički cilj. Komunikacija među zaposlenicima treba da je na vrhunskom nivou. Treba se stvoriti formalna organizacija zajedničkog rada, postaviti zadaci i ciljevi, isplanirati poslove i tok proizvodnje, te imati iste motive i interes;

Ugradnja znanja u proizvodni proces može značiti primjnu bilo čega što će dovesti do poboljšanja procesa proizvodnje. To znači da se sve mora raditi sa jasnim ciljem. Operacije se moraju obavljati precizno i kontinuirano. Radnici preduzeća moraju znati raditi na mašinama i ako je moguće poznavati njihov princip rada. Svi zaposlenici moraju posjeđovati znanje o proizvodnom procesu kako bi bili vezani jedan za drugog. Svi zaposlenici se moraju međusobno podržavati i saradivati, t razmjenjivati znanja;

Fleksibilne mašine sa CNC upravljanjem omogućavaju dosta bržu proizvodnju. Međutim, ove mašine su veoma skupe. Zbog toga, u pogonu SANI GLOBAL ih je potrebno instalirati samo na mjestima gdje je to neophodno. Npr., operacija nauljavanje ploča se obavlja ručno jer mašina nema mogućnost da istovremeno naulji obe strane ploče. Pored toga, kada se naulji jedna strana, ploča se mora osušiti, a onda slijedi nauljavanje druge strane. Mašina za nauljavaju na slici 5.45. je starije proizvodnje. Danas postoje dosta bolje i usavršenije mašine za nauljavaju ploča tako da već postojeću mašinu za ovu svrhu treba zamijeniti. Ova mašina nije toliko skupa kao npr. CNC tračna pila ili CNC glodalica. Na osnovu toga, mašinu za nauljavaju treba zamijeniti novom fleksibilnjom mašinom kako bi se izbjeglo ručno nauljavaju ploče. Ostale mašine u pogonu za sada nije potrebno mijenjati;

Primarna obrada drveta je prva operacija u preradi od koje zavise ostale operacije. Od ključnog je značaja pridržavati se tehnoloških zahtjeva u procesu primarne prerade drveta. Ukoliko se primarna obrada ne izvrši kako treba to će odraziti i na slijedeće operacije u sekundarnoj preradi. Tok sirovine, materijala i gotovog proizvoda treba uvijek biti slobodan i otvoren sa što manje zastoja. Koliko god je to moguće, potrebno je osigurati bolju preglednost toka proizvodnje kako bi se pojednostavila i ubrzala kontrola i rukovođenje proizvodnjom.

DISKUSIJA

U radu su prikazane mjere koje se u poduzeću SANI GLOBAL Bihać moraju sprovesti kako bi optimizacijom proizvodnog procesa došlo do povećanja produktivnosti preduzeća. Pored prijedloga mjera za poboljšanje procesa, u radu je izvršena analiza postojećeg procesa kako bi bili upoznati sa mašinama i operacijama u tehnološkom procesu. Nakon analize upoznati smo sa tehnologijom proizvodnje masivnih ploča, a uz malo prakse bili bi u stanju i raditi u proizvodnji istih. U radu je u obzir uzeta sva problematika koja je utvr-

đena u preduzeću. Analizom je utvrđeno da postoje određeni nedostaci u proizvodnji, a kako bi se ti nedostaci eliminisali i povećala produktivnost, prikazana su tehničko – tehnološka rješenja za unaprijeđenje procesa. I pored mjera za poboljšanje tehnološkog procesa, smatra se da tehnološki proces nije u potpunosti optimiziran. Ne postoji čarobni štapić niti magična formula za potpunu optimizaciju procesa. Optimizacija bilo kojeg procesa se vrši stalno i trajno. Nema sumnje da je proces u velikoj mjeri poboljšan, povećana mu je razina učinkovitosti, smanjeni su troškovi proizvodnje i otklonjeni su nedostaci koji su bili prisutni u proizvodnji. Nakon razgovora sa radnicima i direktorom, utvrdilo se da je sirovina najvažniji parametar za povećanje produktivnosti. Ukoliko se sirovina nabavlja redovno i u dovoljnoj količini, doći će do povećanja produktivnosti i novih zaposlenja. Proizvedene masivne ploče nije problem prodati. Prema izjavama radnika i direktora, skladište gotovih proizvoda se isprazni ubrzo nakon što se napuni što znači da tržište nije zasićeno proizvodom i to je dobro za poslovanje preduzeća. Nakon sirovine, najvažniji parametar za optimizaciju je smanjenje troškova proizvodnje. Pod smanjenjem troškova proizvodnje, podrazumijeva se prije svega smanjenje troškova električne energije. Rad pogona se gotovo u potpunosti zasniva na električnom pogonu. Mašine pokreću elektromotori koji su veliki potrošači struje. Da bi se troškovi struje smanjili, potrebno u vrijeme niže tarife električne energije maksimizirati rad na operacijama koje zahtijevaju najviše električne energije. Najviše struje se troši na primarnoj obradi drveta. Takođe se preporučuje ugradnja frekventnih potrošača na mašinama koje troše mnogo električne energije. Treći parametar za poboljšanje proizvodnje je implementacija novih mašina. U razgovoru sa radnicima i direktorom utvrdilo se daje najbolje da se mašina za nauljavanje ploča zamijeni novom i boljom, koja će imati veće mogućnosti kao što su nauljavanje obe strane ploče istovremeno i automatsko odvođenje ploča na stalažu za sušenje. Četvrti parametar za optimizaciju je primjena svih aktivnosti koje su navedene u mjerama za poboljšanje proizvodnje.

ZAKLJUČCI

U uvodnom dijelu rada pokazano je da bi drvoradnicački proizvodni sistem bio konkurentan i da bi opstao na tržištu mora jačati svoju konkurenntnost, predlagati i realizirati inovativna rješenja te optimalno koristiti svoje kapacitete (proizvodne i ljudske resurse znanja). Tako da se već iz uvida rada pokazuje što će biti cilj i svrha rada.

Prikazano je opće stanje proizvodnje u drvnoj industriji Bosne i Hercegovine, te je analizirao je stanje po sektorima.

Izvedena je analizu postojećeg stanja procesa proizvodnje u Pogonu SANI GLOBAL-Bihać, gdje su opisane sve faze procesa proizvodnje, uz blok shemu tehnološkog procesa. Tako su stvoreni temelji za izvedbu optimizacije i poboljšanje postojećeg procesa proizvodnje.

Optimizacija tehnološkog procesa proizvodnje se temelji na snimanju postojećeg stanja iz čega slijede mjere za povećanje sveukupne produktivnosti i kvalitete finalnih proizvoda.

Analizom faza tehnološkog procesa je utvrđeno nekoliko funkcionalnih problema i nepravilnosti zbog slabe organizacije proizvodnog procesa, a u dijelu primarna obrade drveta.

Trakođer, predlaže se uvođenje kontrole kvalitete materijala-sirovine od kojih se prave masivne ploče, kako bi se poboljšao kvalitet finalnog proizvoda i smanjili troškovi koji se utvrđuju u ranoj fazi tehnološkog procesa a ne na kraju kad je finalni proizvod dobiven ali nekvalitetan-zbog grešaka u materijalu.

Nadalje, ulazi se i u problematiku održavanja obradnih sistema predlažući preventivne mјere održavanja obradnih sistema i opreme, a sve u cilju smanjenja zastoja i što boljeg iskorištenja proizvodne opreme i skraćivanja vremenskog ciklusa procesa proizvodnje.

Primjenom SWOT analize u SANI GLOBAL, vidljive su mnoge prednosti firme ali isto tako i mnoge slabosti i prijetnje. Svakako, zbog konkurentnosti i uspješnoeti firme treba prednosti i prilike maksimalno iskoristiti i pretočiti u dobit-profit, a slabosti i prijetnje eliminirati.

Nakon SWOT analize izvršena je analiza potreba i potencijala preduzeća i prezentirani su izazovi i mogućnosti za preduzeće, te analiza tržišnog potencijala kojom su utvrđene tržišne mogućnosti na osnovu analize strukture tržišta, potreba i zahtjeva kupaca, snaga i slabosti SANI GLOBAL.

Također, za poboljšanje ovog proizvodnog procesa preporučuje se izrada strategije razvoja proizvodno poslovnog sistema "Sani Global" d.o.o. Bihać u narednih 10 godina s ciljem uvođenja suvremenih tehnologija i sistema obrade te postizanja više tehnološke razine, kvalitete i količine proizvoda koji će imati veću konkurentnost na tržištu.

Također, izgradnjom nove proizvodne hale stvaraju se proizvodni uvjeti za poznate inozemne kupce koji su zadovoljni kvalitetom proizvoda, no to nije konstanta pa kvalitetu treba stalno poboljšavati.

Potrebno je osigurati da privredna društva orijentirana izvozu finalnih proizvoda iz oblasti drvne industrije mogu lakše doći kreditnih sredstava, a isto bi se moglo ostvariti kroz Razvojnu banku Federacije BiH i određene investicijske fondove.

LITERATURA

- [1] Grladinović T. *Upravljanje proizvodnim sustavima u preradi drva i proizvodnji namještaja*. Zagreb: Šumarski fakultet; 1999.
- [2] Jurković M. *Matematičko modeliranje inženjerskih procesa i sistema*. Bihać: Mašinski fakultet; 1999.
- [3] Jurković M. *Reinženjerинг proizvodnje: Razvoj i modernizacija proizvodnje*. Bihać: Tehnički fakultet; 2007.
- [4] Jurković M. *Reinženjerинг proizvodnih poduzeća: Razvoj i modernizacija proizvodnje*. Bihać: Univerzitet u Bihaću; 2011.
- [5] Jurković M, Tufekić Dž. *Tehnološki procesi: projektiranje i modeliranje*. Tuzla: JU Univerzitet u Tuzli; 2000.
- [6] Klarić S. *Upravljanje kvalitetom*. Mostar: Univerzitet "Džemal Bijedić"; 2005.
- [7] Mikac T, Blažević D. *Planiranje i upravljanje proizvodnjom*. Rijeka: Tehnički fakultet; 2007.
- [8] Omer SE. *Tehnologija proizvodnje namještaja*. Bihać: Tehnički fakultet; 2004.
- [9] Omer SE, Čehić M. *Primjena drveta u građevinarstvu*. Bihać: Tehnički fakultet; 2004.
- [10] Zelenika, R. *Metodologija i tehnologija izrade znanstvenog i stručnog djela*. 4. izd. Rijeka: Ekonomski fakultet; 2000.

Završni radovi:

- [11] Bahunek Z. *Usporedba metoda unapređenja proizvodnog procesa*. Završni rad. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje. 2013.
- [12] Kaniški I. *Reinženjerинг poslovnih procesa na primjeru tvrtke ARIS d.o.o.* Diplomski rad. Varaždin: Sveučilišni centar Varaždin, Studij Poslovna ekonomija. 2017.

Izvještaji i dokumenti:

- [13] Federalno ministarstvo poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva. *INFORMACIJA o gospodarenju šumama u Federaciji BiH u 2016. godini i planovima gospodarenja šumama za 2017. godinu*. 2017.
- [14] Organizacija ujedinjenih nacija za hranu i poljoprivredu (FAO) – Regionalna kancelarija za Evropu i centralnu Aziju. *Analiza sektora šumarstva u Bosni i Hercegovini*. 2015.
- [15] Privredna / Gospodarska komora Federacije BiH. Strategija razvoja drvne industrije Federacije Bosne i Hercegovine za period 2016.-2025.
- [16] Vanjskotrgovinska / Spoljnotrgovinska komora Bosne i Hercegovine. Infokom: Vanjskotrgovinska razmjena BiH za period 2016./2017. Broj izvještaja: 71, 2018.

Internet stranice:

- [17] ACADEMIA. Cilj i zadaci analize poslovanja. Dostupno na: <http://www.academia.edu/8638696/CIL-JI-ZADACI-ANALIZE-POSLOVANJA> [Pristupljeno 13. novembar 2018]
- [18] Akta.ba. Šume RS: Ostvaren prihod u iznosu od 194.249.749 KM. Dostupno na: <https://www.akta.ba/kapital/sume-rs-ostvaren-prihod-u-iznosu-od-194249749-km/87747> [Pristupljeno 06. decembar 2018]
- [19] Božić M. SWOT analiza. Dostupno na: <http://hcpm.agr.hr/docs/mplan-swot.pdf> [Pristupljeno 13 novembar 2018]
- [20] Furniturewood.ba. SANI GLOBAL – Proizvodnja bukovih i specijalnih šperploča, bukovih masivnih ploča i namještaja od masivnog drveta. Dostupno na: http://furniturewood.ba/kli_det.php?kli=539 [Pristupljeno 08. novembar 2018].
- [21] Kuzman S. Analiza poslovanja. Dostupno na: http://fmpe.edu.ba/images/nastava/971/Finansijska_ana-iza/ANALIZA_POSLOVANJA.pdf [Pristupljeno 13. novembar 2018]
- [22] Mala i srednja preduzeća.Sani Global d.o.o. Bihać. Dostupno na: <http://www.msp.ba/bs/msp/preduzece/4263231690005> [Pristupljeno 08. novembar 2018].
- [23] saniglobal. Proizvodi – naša ponuda. Dostupno na: <http://saniglobal.ba/bss/> [Pristupljeno 08. novembar 2018].
- [24] Sveučilište u Zagrebu – Šumarski fakultet. Osnove CNC tehnike u proizvodnom procesu obrade drva. Dostupno na: http://www.sumfak.unizg.hr/download.aspx?file=/Upload/sec_002/ins_012/Kolegiji/CNC%20tehnika%20u%20FOD/OSNOVE%20CNC%20TEHNIKE%20U%20PROIZVODNOM%20PROCESU%20OBRADE%20DRVA.pdf [Pristupljeno 11. decembar 2018]
- [25] Trbović I. SWOT analiza u nekoliko reči. Dostupno na: <https://ilijatrbovic.wordpress.com/2011/02/08/swot-analiza-u-nekoliko-reci/> [Pristupljeno 13. novembar 2018]
- [26] WIKIPEDIA – Slobodna enciklopedija. CNC mašina. Dostupno na: https://bs.wikipedia.org/wiki/CNC_ma%C5%A1ina [Pristupljeno 12. decembar 2018]
- [27] Hrvatski zavod za zaštitu zdравila i sigurnost na radu. Smjernice dobre prakse – Siguran rad u pilani. Dostupno na: http://hzzsr.hr/wp-content/uploads/2016/11/Smjernica_za_siguran_rad_u_pilani.pdf [Pristupljeno 19. mart 2018]



Slika 1: Sjećenje sirovih trupaca na lokalitetu Unsko sanskih šuma



Slika 2: Neutovaren i utovaren kamion za prijevoz trupaca



Slika 3. Stovarište trupaca



Slika 4. Mini bager JCB 926 za prevoz trupaca od stovarišta u pogon



Slika 5. Lančani transporter za prijenos trupaca do tračne pile



Slika 6. Horizontalna tračna pila MEBOR HTZ 1200 SPP



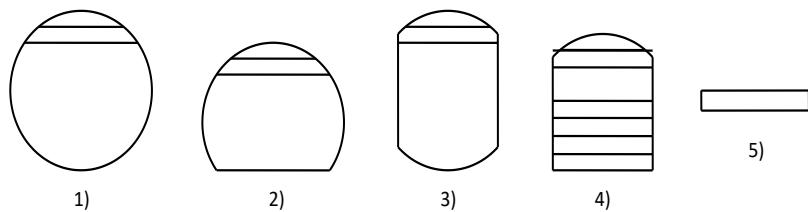
Slika 7. Mehanizam na transporteru za prijenos trupca na tračnu pilu



Slika 8. Metalni nosači sa glavom za prijenos trupca sa lančanog transporterja na tračnu pilu i dio tračne pile za prihvatanje trupca



Slika 9. Piljenice



Slika 10. Piljenice i modeli prizmiranja



Slika 11. Transportna traka za prihvati piljenica sa tračne pile, valjkasti transporter bez pogona za prihvati piljenica sa tračne pile, cikular za poprečno rezanje piljenica, te valjkasti transporter bez pogona za prihvati piljenica sa cikulara



Slika 12. Palete piljene drvene građe



Slika 13. Palete piljene građe unutar parionice



Slika 14. Palete složene piljene građe unutar sušare



Slika 15. Kotlovnica za proizvodnju vodene pare za parionicu



Slika 16. Cikular za poprečno raspiljivanje piljenica



Slika 17. Višelisni cikular



Slika 18. Elementi, odnosno drveni profili dobiveni raspiljivanjem piljenica višelisnim cikularom



Slika 19. Četverostrana blanjalica Weinig U 17 N



Slika 20. Transportni mehanizam za prijenos elemenata do poprečnih cikulara



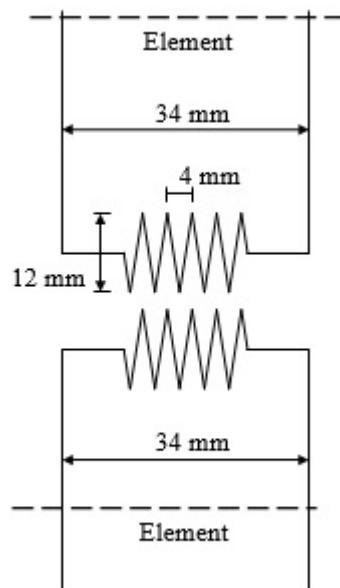
Slika 21. Cikulari za poprečno raspiljivanje elemenata



Slika 22. Element koji ima koru na svojoj površini, a koji je potrebno obraditi cikularom



Slika 23. Elementi razvrstani po boji i spremni za cinkovanje



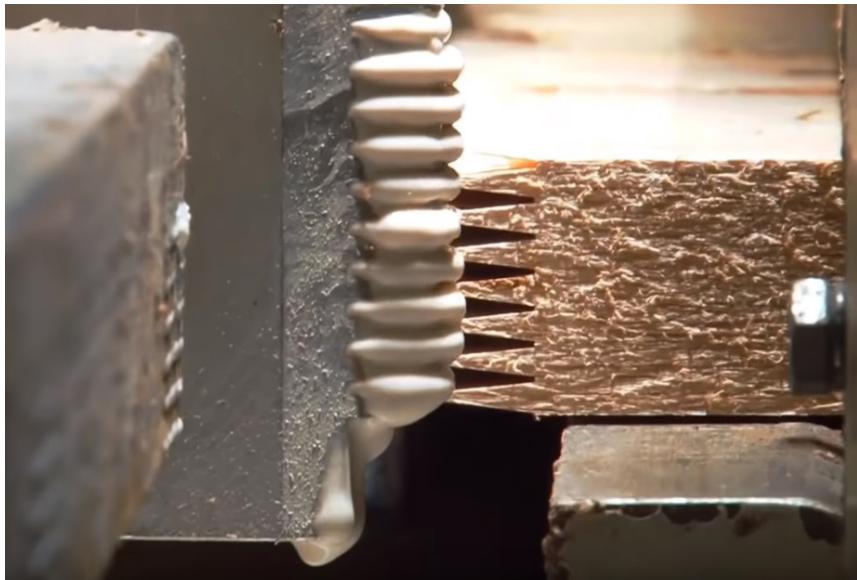
Slika 24. Detalji spoja elementa



Slika 25. Cink mašina za izradu spojeva



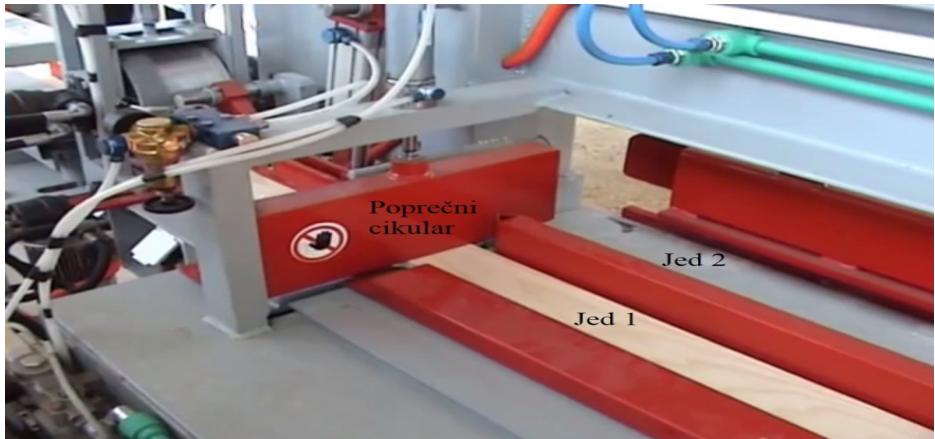
Slika 26. Jedinica 3 cink mašine



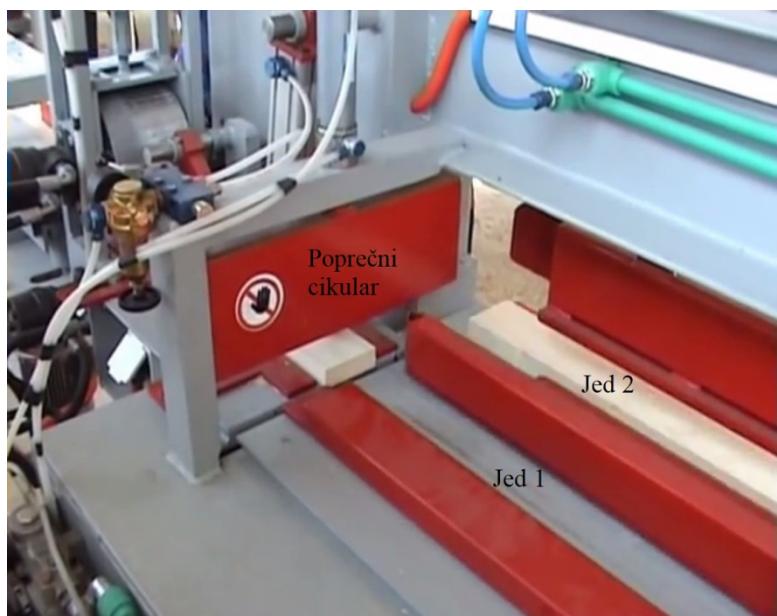
Slika 27. Nanošenje ljepila na zupce elementa



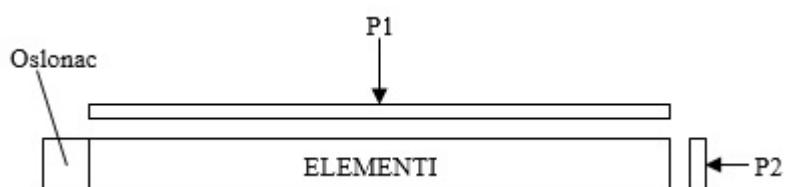
Slika 28. Ubacivanje elemenata u vodilicu



Slika 29. Elementi u jedinici 1, jedinica 2 prazna



Slika 30. Elementi u jedinici 2, jedinica 1 je prazna



Slika 31. Djelovanje pritiska P1 i P2 u jedinici 2 prese



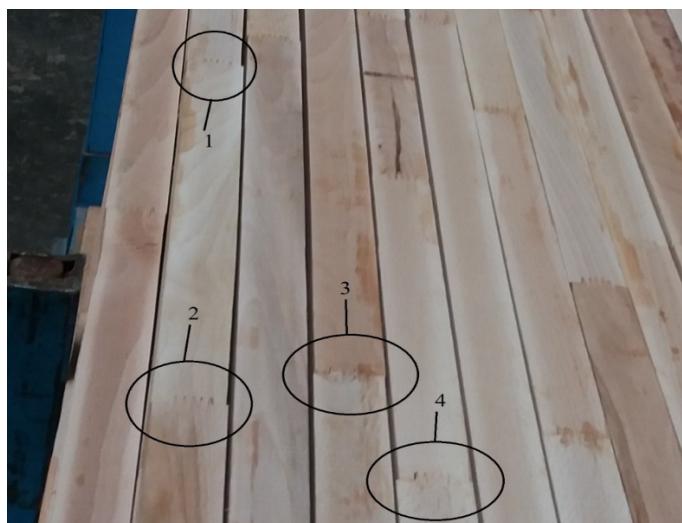
Slika 32. Lajsne na izlazu iz prese



Slika 33. Izgled spoja dva elementa na lajsni



Slika 34. Četverostrana blanjalica Profimat 22 N



Slika 35. Greške na spojevima elemenata nastale tijekom presanja



Slika 36. Slaganje lajsni nakon obrade na četverostranoj blanjalici



Slika 37. Detalji spojeva i izgled lajsni nakon operacije blanjanja



Slika 38. Presa za spajanje ili ljepljenje lajsni po širini



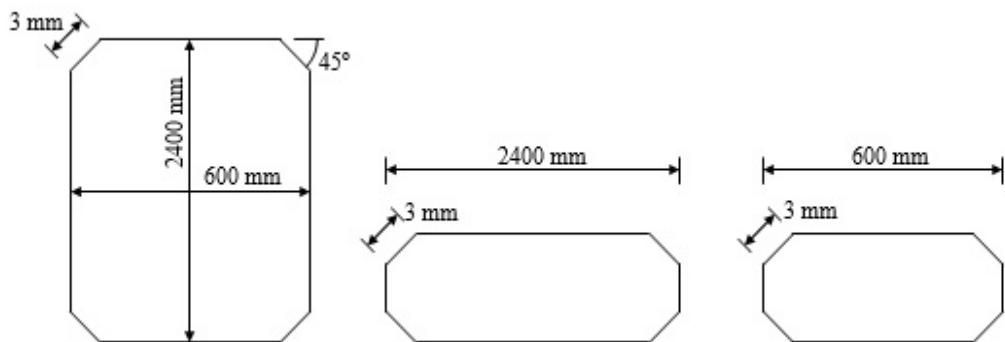
Slika 39. Formatni štuc za poravnjanje i rezanje ploča



Slika 40. Protočna brusilica



Slika 41. Ploče nakon brušenja spremne za nauljavanje



Slika 42. Ručno brušenje ivica na ploči



Slika 43. Mašina za nauljavanje ploče



Slika 44. Sušenje lakiranih ploča na stalaži



Slika 45. Ploče u paletama spremne za prodaju

OPTIMIZATION OF TECHNOLOGICAL PROCESS BY ANALYSIS OF EXISTING SITUATION OF PRODUCTION PROCESS

Authors: ELVIN OKUGIĆ, Husein Okugić

Email: elvin.okugic@gmail.com

Mentor: Prof. Milan Jurković

Department of Wood Processing

Technical Faculty of Bihać, University of Bihać

Sani Global d.o.o Bihać

Introduction: Optimizing the technological process affects the company's work and contributes to the company in a way that the company has numerous benefits from optimization. Process optimization increases business productivity, which is very important because of competition.

Aim: The main goal of the research in this paper is the analysis and optimization of the technological process of production in the Sani Global Company, with the aim of finding measures for improving and enhancing the process.

Material and Methods: Massive wood panels, methods of optimization, methods of analysis of the existing situation

Results: Achieving the desired quality, reducing the variability of the technological process, meeting the demands and wishes of customers, improving the technological process, and reducing energy losses

Conclusion: The objective was to prepare a development strategy for Sani Global Company, Bihać, for the next 10 years with the aim of introducing modern technologies and processing systems and achieving a higher technological level, as well as quality and quantity of products that will have greater competitiveness in the market.

Keywords: optimization, analysis, quality, process

MJERENJE NIVOA BUKE U BANJSKOM KOMPLEKSU TERME OZREN

Autor: MIHAILO MAKSIMOVIĆ

e-mail: mihailo.maksimovic@student.aggf.unibl.org

Mentor: Prof. Biljana Antunović, asis. Jelena Rašović

Arhitektonske tehnologije

Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet Univerziteta u Banjoj Luci

Uvod: Opažanje zvuka je zasnovano na opažanju zvučnog, odnosno promjeni vazdušnog pritiska uslijed prostiranja zvuka kroz vazduh. Veličina na osnovu koje se prikazuje uticaj buke u nekoj sredini naziva se ekvivalentni nivo buke. Ovaj rad se temelji na mjerenu stvarnih nivoa buke u banjskom kompleksu Terme Ozren u opštini Petrovo, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina. U radu se mjeri uticaj iz unutrašnjosti objekta na akustički komfor u objektu. Mjerenja su izvršena u određenim dijelovima dana i to u petnaestominutnim intervalima. Kroz rad su prikazani ekvivalentni, maksimalni i minimalni nivo buke na svim mjestima gdje su mjerenja vršena, te je prikazana razlika ljudske aktivnosti u zavisnosti od doba dana.

Cilj: Mjerjenje nivoa buke u životnoj sredini.

Materijal i metode: Mjerjenje osobina zvuka prenosim analizatorom za građevinsku akustiku Brüel & Kjær, tip 4231, u boravišnim prostorijama, odnosno hotelskim sobama.

Rezultati: Rezultati mjerjenja, provedenog na banjskom kompleksu Terme Ozren su povoljni, te zadovoljavaju propise. S obzirom na to da Republika Srpska nema svoje propise po ovom pitanju, rezultati su poređeni sa propisima okolnih zemalja. U nekim slučajevima je došlo do prekoračenja dozvoljenog ekvivalentnog nivoa buke, ali ništa što bi izazvalo potrebu za dubljom analizom.

Zaključak: Dozvoljeni nivo buke je premašen u dvije prostorije, u jednoj (soba 217) je razlog mini frižider koji se nalazi u njoj, dok je u drugoj (soba za masažu) ljudski faktor. Objekat hotela Terme Ozren je napravljen po svim važećim propisima, te pravilna upotreba savremenih materijala obezbjeđuje zahtijevani akustički komfor unutar soba.

Ključne riječi: buka; promjena vazdušnog pritiska; ekvivalentni nivo buke; ljudska aktivnost

Uvod

Zvuk nastaje periodičnim prenošenjem oscilacija neke sredine kroz prostor, mijenjaći pritisak sredine, koji ljudsko uho registruje. Ljudsko uho je sposobno da registruje zvučne talase frekvencije od 20 Hz do 20 kHz. Talas manje frekvencije od 20 Hz naziva se infravuk, dok se talas frekvencije veće od 20 kHz naziva ultrazvuk. Uz pomoć zvuka se stvara svijest o okolini, uz pomoć zvuka, odnosno govora, komuniciramo, slušamo muziku itd. Zvuk se koristi kod raznih uređaja kao što su: telefon, radio, televizija i dr. (slika 1 Frekvenčni opseg zvuka [1]).

Korisnicima nekog prostora, bilo da je u pitanju životna ili radna sredina, važan je akustički kvalitet koji je jedan od najbitnijih kriterijuma ukupnog kvaliteta zgrade. U prostoriji koja je izolovana od spoljašnje buke, te posjeduje povoljan odnos direktnog i reflektovanog zvuka na svim mjestima slušanja, kao i pogodno vrijeme reverberacije, obezbijeden je akustički komfor. Zadatak akustičke izolacije jeste da u prostorijama za

boravak ljudi smanji nivo buke na prihvatljive vrijednosti koje nisu štetne, te da obezbijedi povoljno vrijeme reverberacije zvuka. Pravilne mjere zaštite se sprovode uz poznavanje akustičkih osobina materijala koji se ugrađuju, veličina kojima se opisuje zvuk i osnovnih zakona akustike [2].

Zvuk veoma često može svojim dejstvom da uznemirava i ugrožava čovjeka i njegovo zdravlje. U takvim slučajevima se zvuk tretira kao buka. Koliki će uticaj buka imati na čovjeka, između ostalog, zavisi od stava primaoca. Tako glasna muzika ili glasan razgovor nekom odgovaraju, dok je drugi tretiraju kao buku. Ovime se daje subjektivna dimenzija buke, pa tako postoje subjektivne i objektivne karakteristike buke. Osim toga, u svakoj državi postoje propisi i pravilnici kojima je definisan maksimalni nivo buke u zavisnosti od mjesta mjerjenja. Tako nećemo imati iste dopuštene maksimalne nivoe buke u hotelskim sobama i na prometnoj ulici [1].

Buka, kao pojava, ima svoje karakteristike o kojima treba voditi računa u nastojanju da se zaštiti od nje. Kao što je prethodno navedeno, postoje objektivne i subjektivne karakteristike buke. Jedna od objektivnih karakteristika jeste intenzitet buke. Intenzitetu buke odgovara jačina, kao subjektivna karakteristika zvuka. Izražava se preko nivoa buke u određenom prostoru. Pored intenziteta, važnu ulogu ima i frekventni opseg buke. Od frekventnog opsega, odnosno spektra buke, zavisi kakav će uticaj buka imati na čovjeka. S obzirom na to da je ljudsko uho osjetljivije na visoke frekvencije nego na niske, doživljaj buke u kojem dominiraju visoke frekvencije je znatno neprijatniji od doživljaja u kojem dominira buka niže frekvencije. Osim ovih karakteristika za analizu uticaja buke na korisnike prostora, bitno je i trajanje buke. Sa gledišta zdravlja, kratkotrajna jaka buka nije štetna, dok se u slučaju dugotrajne buke javljaju trajna oštećenja organa sluha. Čak i ako oštećenje organa sluha nije trajno, izlaganje glasnim zvucima može izazvati ozbiljne probleme kao što su uznemirenost, depresija, povećan krvni pritisak, povećan broj otkucaja srca i anksioznost [2] [3].

Kako buka može biti veoma promjenljivog intenziteta, odnosno nivoa zvuka, da bi se uzeo u obzir prosječan intenzitet buke tokom nekog perioda, u praksi se razmatra veličina koja se naziva ekvivalentni nivo buke, a predstavlja buku prosječnog intenziteta u toku određenog vremenskog intervala:

$$L_{eq} = 10 \log \frac{I_{sr}}{I_0}, \quad (1)$$

gdje je prosječan intenzitet zvuka u toku vremenskog intervala (t_1, t_2) :

$$I_{sr} = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} I(t) dt. \quad (2)$$

Osobina ljudskog uha da ne registruje dva zvuka istog intenziteta kao jednaka zbog razlike u frekvencijama dovodi do potrebe da se ovi zvukovi uopšte. Na primjer, zvuk niže frekvencije okarakterisan je kao slabiji, iako je istog intenziteta kao i zvuk na višoj frekvenciji. Kako bi se prevazišle razlike između izmijerenih nivoa zvuka i onih koje ljudsko uho opaža, u uređajima za mjerjenje koriguje se nivo zvuka korištenjem ponderizacione krive. Pod frekvencijskom ponderizacijom podrazumijeva se postupak kojim se zavisno od frekvencije smanjuje amplituda signala, tako da on bude isto ocijenjen kao i signal

frekvencije 1000 Hz. Uz njenu pomoć se predstavljaju frekvencione karakteristike ljudskog uha pri različitim intenzitetima zvuka i tako koriguje izmjereni nivo zvuka u zavisnosti od frekvencije. U zavisnosti od nivoa zvuka, koriste se različite krive. Tako da za nivo zvuka od 20 do 30 dB se koristi A-ponderizaciona kriva, B kriva predstavlja približnu frekvencijsku zavisnost uha za zvukove koji odgovaraju nivou zvuka u intervalu od 60 do 70 dB, kriva C pokazuje frekvencijsku zavisnost uha za nivoe od 90 do 100 dB. Ponderizaciona kriva D uključuje korekcije pri većim frekvencijama zvuka od 2 kHz (slika 2 Ponderacione krive [1]).

Akustički komfor je jedna od najvažnijih stvari koje hotel treba da obezbijedi svojim gostima. Najčešće žalbe su žalbe na zaposleno osoblje, a odmah iza toga dolazi buka koja može dolaziti od klima uređaja, saobraćajne buke, buka iz susjednih ugostiteljskih objekata, ranih radova u samom hotelu itd. [4]

Cilj rada jeste mjerjenje buke u banjskom kompleksu Terme Ozren i prikazivanje stvarnog nivoa buke, te uticaja na akustički komfor unutar hotelskih soba.

Materijali i metode

Mjerjenje ekvivalentnih vrijednosti nivoa buke je vršeno na lokaciji banjskog kompleksa Terme Ozren, opština Petrovo, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina 24. 08. 2022. godine, u tri etape. S obzirom na činjenicu da je kompleks dovoljno udaljen od saobraćajnice Petrovo–Doboj, razmatran je samo uticaj buke koju stvaraju gosti i radnici hotela smještenog u kompleksu (slika 3 Banjski kompleks Terme Ozren [5]). Ispitivanje buke je provedeno u pet prostorija banjskog kompleksa, odnosno u četiri sobe i prostoriji za masažu (tabela 1. Odabrane prostorije, datum i vrijeme mjerena nivoa buke).

Mjerena su vršena prenosnim analizatorom – fonometrom sa oktavnim filterima za analizu, proizvođača Brüel & Kjær, tip 2270 (slika 4 Prenosni analizator Brüel & Kjær, tip 2270) [6]. Kalibracija je vršena kalibratorom Brüel & Kjær, tip 4231. Izmjerene su vrijednosti nivoa buke na visini 1,2 – 1,5 m od podloge, kao i na udaljenosti 1 m od zidova i 1,5 m od prozora, čime su zadovoljeni uslovi mjerena koji su propisani Pravilnikom o dozvoljenom nivou buke u životnoj sredini [7].

S ciljem korekcije izmjerenih vrijednosti nivoa buke, uzimajući u obzir osjetljivost ljudskog uha, korištena je A-ponderizaciona kriva. Ona se primjenjuje na nivoe zvuka mjerene instrumentima u nastojanju da se uzme u obzir relativna glasnoća koju percipira ljudsko uho, pošto je uho manje osjetljivo na niske frekvencije. Za ocenjivanje svih izvora zvuka, izuzev visokoenergetskih impulsnih zvukova ili zvukova sa jako izraženim niskofrekvenčijskim sadržajem, koristi se A-frekvenčijsko ponderisanje.

S obzirom na to da u Republici Srpskoj ne postoji zakon koji reguliše mјere sprečavanja uticaja buke na životnu sredinu, normiranje izmjerenoj intenzitetu buke, mjerenoj u petnaestominutnim intervalima ekvivalentnih nivoa LAeq, izvršeno je prema [7]. Pravilnik o dozvoljenom nivou buke, koji vrijedi u Republici Srbiji, nalaže da unutrašnja buka u hotelskim sobama ne treba da premaši 35 dB danju, odnosno 30 dB noću. U Federaciji Bosne i Hercegovine vrijedi Zakon o zaštiti od buke [8] koji razlikuje dopuštene nivoe buke u hotelima u zavisnosti od kvaliteta samog hotela. Tako je za hotele sa pet zvjezdica propisano da ekvivalentni nivo buke tokom dana ne treba da premaši 35 dB, a noću 30 dB, dok za hotele sa četiri zvjezdice, u koje spada i hotel Terme Ozren, važi da ekvivalentni nivo buke buke tokom dana ne treba da premaši 40 dB, a noću 30 dB. U Republici Hrvatskoj vrijedi Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave [9], koji je rigorozniji od navedenih pravilnika, jer nalaže da ekvivalentni nivo buke tokom dana ne prelazi 30 dB, a tokom noći 25 dB.

Rezultati

Rezultati mjerjenja ekvivalentnog nivoa buke na frekvenciji od 1000 Hz prikazani su u tabeli 2 (Rezultati mjerjenja nivoa buke), a minimalni, ekvivalentni i maksimalni nivoi zvuka grafički predstavljeni na graficima: grafik 1 (Minimalni nivoi zvuka prema dobu dana), grafik 2 (Ekvivalentni nivoi zvuka prema dobu dana), grafik 3 (Maksimalni nivoi zvuka prema dobu dana), redom.

Prostorije u kojima je vršeno mjerjenje nivoa buke su odabrane na način da su zastupljeni svi spratovi, dok je izbor samih prostorija bio uslovjen okupiranošću hotelskih prostorija tokom mjerjenja. Osnove spratova na kojima se vidi pozicija odabralih prostorija su prikazane na slikama: slika 5 (Osnova prvog sprata), slika 6 (Osnova drugog sprata) i slika 7 (Osnova trećeg sprata), redom.

Prostorije 111 i soba za masažu se nalaze na prvom spratu, sobe 209 i 217 na drugom, a soba 314 se nalazi na trećem spratu hotela.

Iz dobijenih rezultata mjerjenja ekvivalentnih nivoa buke sa grafika 2 može se zaključiti sljedeće:

- Sobe 314, 209 i soba za masažu u jutarnjem mjerenu ne prekoračuju dopušteni ekvivalentni nivo buke, dok sobe 111 i 217 prekoračuju za ne više od 5 dB;
- Sobe 111, 314 i 209 u podnevnom mjerenu ne prekoračuju dopušteni ekvivalentni nivo buke, dok soba 217 i soba za masažu prekoračuju dopušteni nivo buke za ne više od 8 dB;
- Sobe 111, 314, 209 i soba za masažu u večernjem mjerenu zadovoljavaju propisane nivoe buke, dok soba 217 prekoračuje dozvoljeni nivo za 8,1 dB.

Diskusija

Analizom razmatranih prostorija u kojima je nivo buke povećan u odnosu na propisane vrijednosti (35 dB danju i 30 dB noću), dolazi se do zaključka da je tokom jutarnjeg mjerena povećana aktivnost u sobama 111 i 217. Aktivnost u sobi 111 se može djelimično pripisati blizini prizemlju, koje bilježi povećanu aktivnost uslijed ulazaka i izlazaka radnog osoblja i gostiju hotela. U sobi 217 se buka pripisuje relativno maloj zapremini i buci koja nastaje od prenosnog frižidera koji se u sobi nalazi, što se opaža pri samom ulasku u prostoriju. Takođe, buka u sobi za masažu je povećana uslijed aktivnosti koje se obavljaju u njoj. Primjetna je podnevna aktivnost koja znatno povećava nivo buke u prostoriji, za 7,6 dB iznad dozvoljene granice. Ponovo, soba 217 bilježi prekoračenje dozvoljenog nivoa i u podnevnom i večernjem mjerenu. Ovo je posljedica rada gorepomenutog frižidera, jer pozicija prostorije ni na koji način nije ugrožena bukom od nekog drugog izvora.

Po pitanju maksimalnog nivoa, vidimo skok u jutarnjem mjerenu u sobi 111, u podnevnom mjerenu u sobi za masažu i sobi 314 i ponovo u sobi za masažu u večernjem mjerenu. Prateći povećanu aktivnost u sobi 111 u jutarnjem mjerenu, i očekivan je povećan maksimalni nivo, dok je razlog povećanja maksimalnog nivoa buke u sobi sa masažu u podnevnom i večernjem terminu pripisana većem broju ljudi koji posjećuju ovaj prostor u atraktivnim terminima, te samim tim dolazi do stvaranja udarne buke, ali i buke koja potiče od govora korisnika prostora.

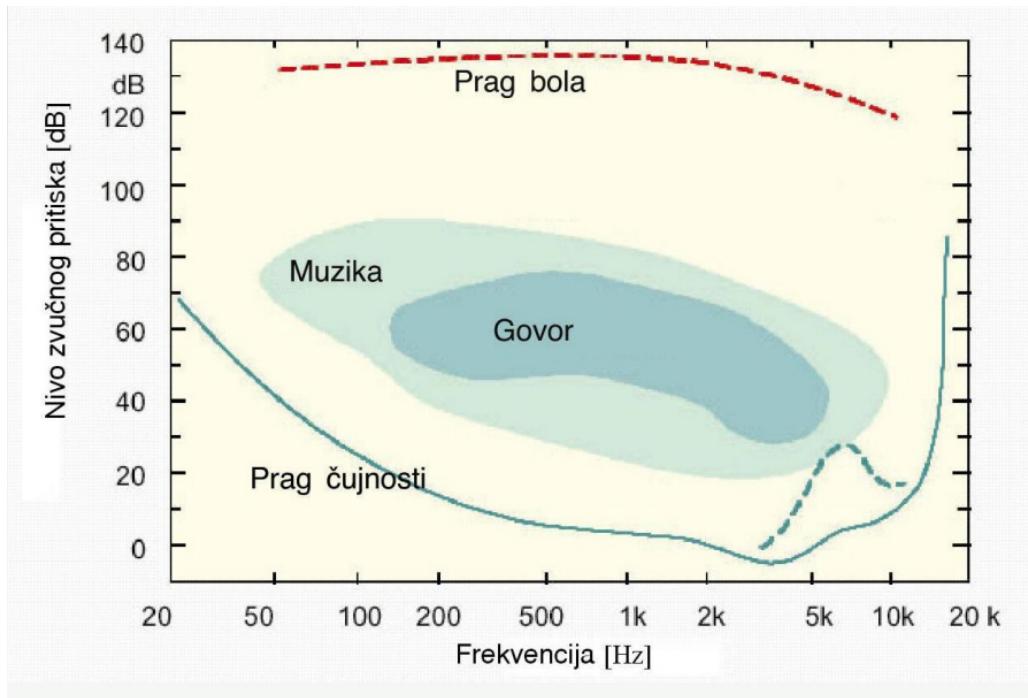
Što se tiče minimalnog nivoa buke, sa grafika 3 vidimo da je konstantno najviša buka u sobi 217, za više od 5 dB. Ponovo, ovo se pripisuje pozadinskoj buci koju izaziva frižider. Zbog udaljenosti, odnosno dimenzija sobe koje su relativno male, do fonometra je stizala buka koja je izazvala konstantno povišen nivo.

Zaključak

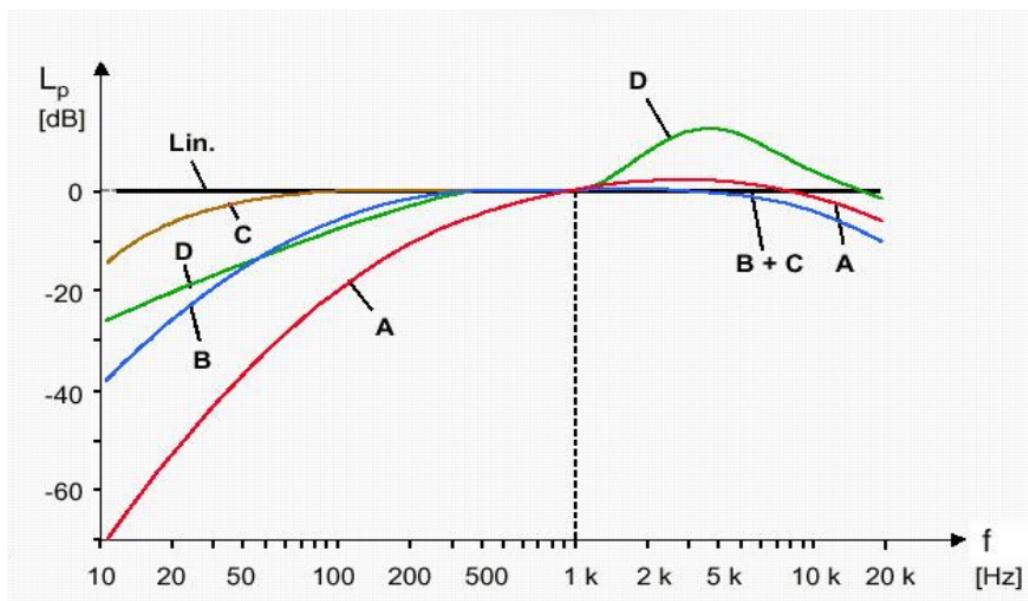
U ovom radu prikazano je mjerenje nivoa buke u banjskom kompleksu Termi Ozren u reprezentativnim prostorijama (hotelskim sobama i prostoriji za masažu). Rezultati mjerenja su pokazali da je ekvivalentni nivo buke premašen samo u slučaju dvije prostorije u toku dana. Zaključeno je da su izvori unutar samih prostorija, u jednoj (sobi 217) je frižider koji stvara buku, a u drugoj (sobi za masažu) su sami korisnici. Provedeno istraživanje pokazuje da je kvalitet akustičkog komfora u prostorijama hotela Terme Ozren adekvatan pa se može pretpostaviti da je zvučna zaštita objekta adekvatno izvedena. Uzimajući u obzir da je gradnja hotela završena 2020. godine, zaključujemo da je korištenjem savremenih materijala obezbijeden propisani akustički komfor u prostorijama za boravak i relaksaciju gostiju.

Literatura

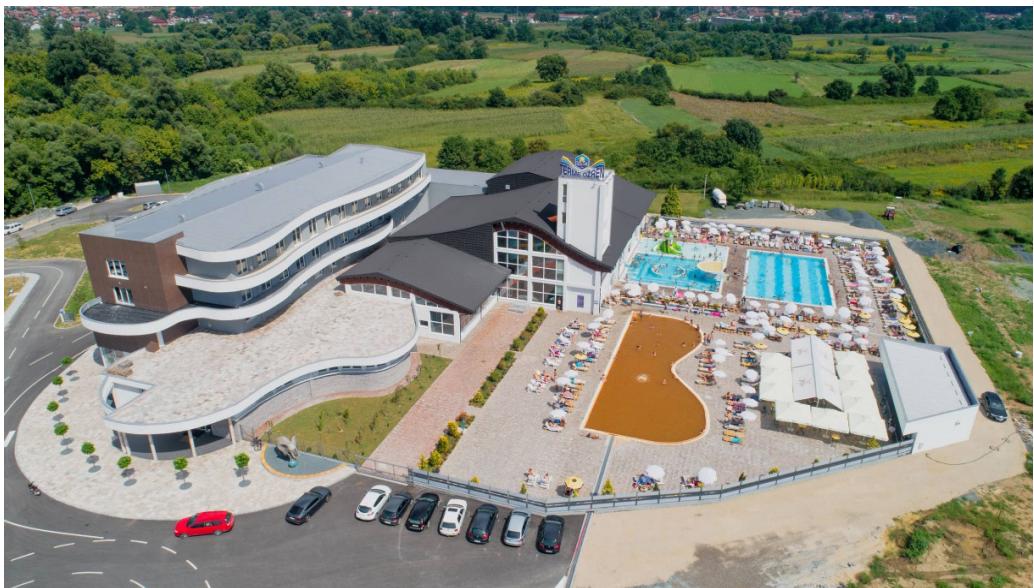
- [1] M. Praščević, D. Cvetković i D. Mihajlov, Buka u životnoj sredini, Niš: Fakultet zaštite na radu u Nišu, 2018.
- [2] B. Antunović, Odabrana poglavља fizike sa fizikom zgrade, Banja Luka: Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet Univerziteta u Banjoj Luci, 2021.
- [3] A. A. Lauer, A.-M. M. El-Sharkawy, D. L. Kraitchman i W. A. Edelstein, „MRI Acoustic Noise Can Harm Experimental and Companion Animals“, *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, t. 1, p. 5, 2012.
- [4] V. Galičić, „Upravljanje zadovoljstvom gostiju u ugostiteljstvu“, *Upravljanje zadovoljstvom gostiju u hotelijerstvu*, 2002.
- [5] „Terme Ozren,“ Terme Ozren, [Na mreži]. Available: <https://termeozren.com/o-nama/galerija/>. [Poslednji pristup 5. 9. 2022].
- [6] „B&K TYPE 2270 SOUND LEVEL METER / ANALYZER,“ Brüel & Kjaer, [Na mreži]. Available: <https://www.bksv.com/en/instruments/handheld/sound-level-meters/2270-series>. [Poslednji pristup 5. 9. 2022].
- [7] „Pravilnik o dozvoljenom nivou buke u životnoj sredini,“ u *Službeni glasnik RS*, br. 54/92.
- [8] „Zakon o zaštiti od buke,“ u *Službene novine Federacije BiH*, 2012.
- [9] M. z. i. s. skrbi, „Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave,“ u *Narodne novine službeni glasnik Republike Hrvatske*, 2004.
- [10] Y. A. Balila i A. A. Siddiqi, „Critical Evaluation of the Noise Environment with Respect,“ *Journal of King Abdulaziz University-Engineering Sciences*, t. 11, p. 18, 1999.



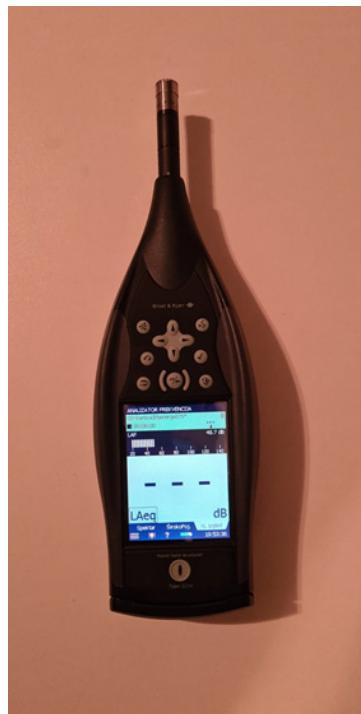
Slika 1. Frekvencijski opseg zvuka [1]



Slika 2. Ponderizacione krive [1]

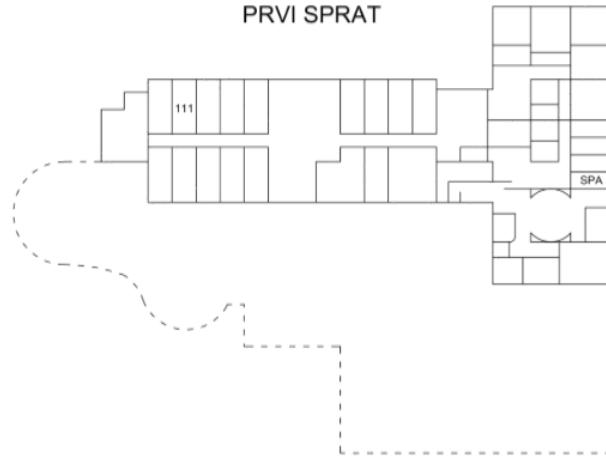


Slika 3. Banjski kompleks Terme Ozren [5]



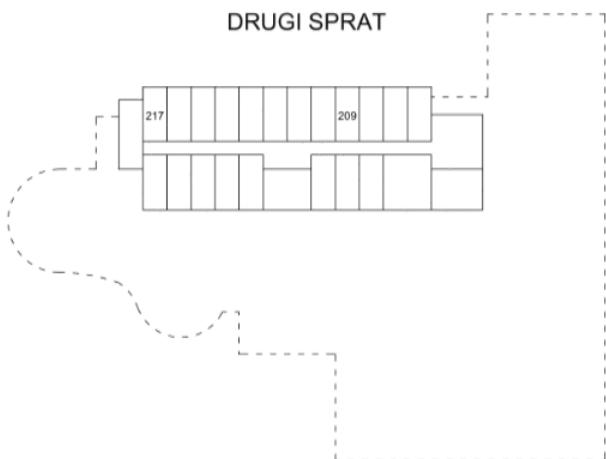
Slika 4. Prenosni analizator Brüel & Kjær, tip 2270 [6]

PRVI SPRAT

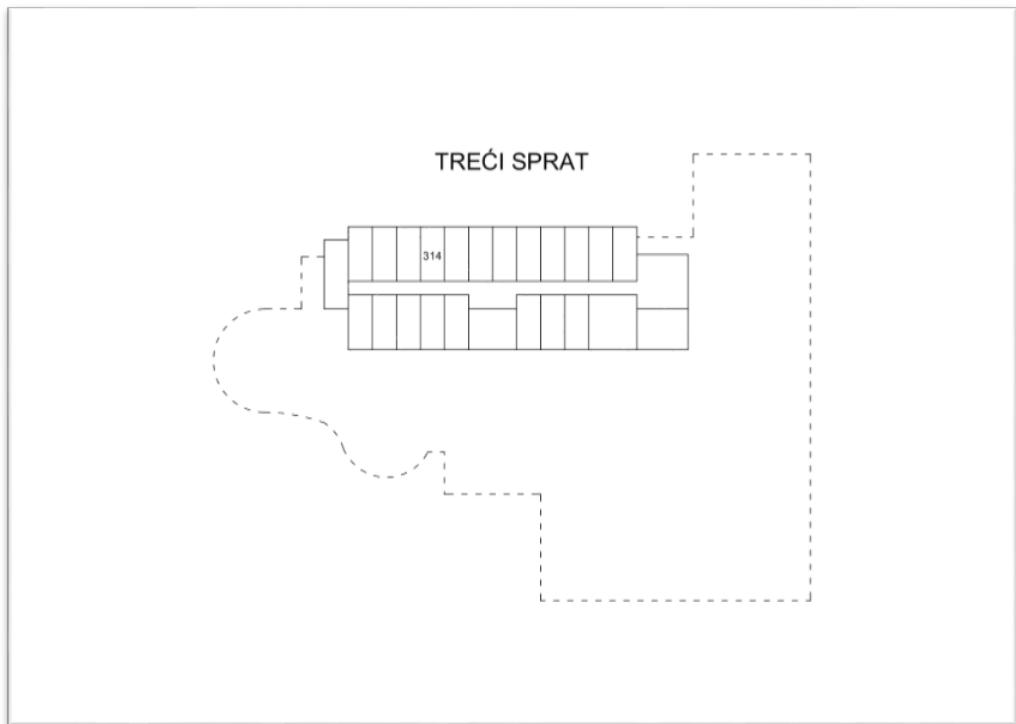


Slika 5. Osnova prvog sprata

DRUGI SPRAT



Slika 6. Osnova drugog sprata



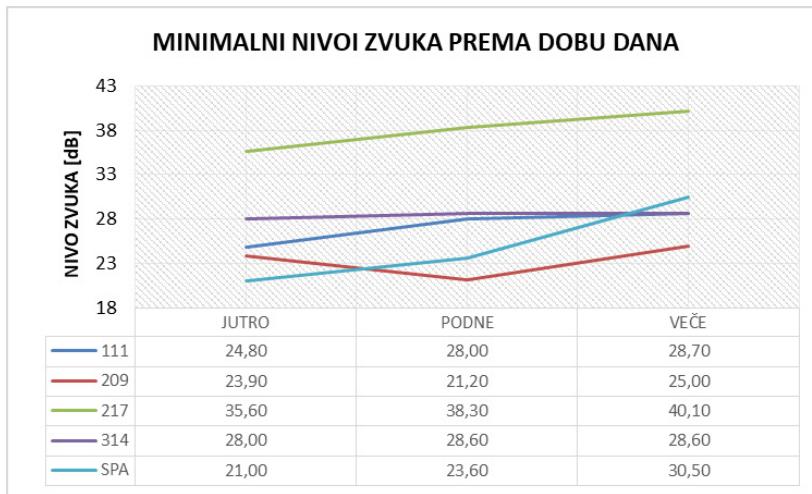
Slika 7. Osnova trećeg sprata

PROSTORIJA	DATUM MJERENJA	VRIJEME MJERENJA		
		JUTRO	PODNE	VEČE
Soba 111	24. 08. 2022.	07.08 – 07.23	13.33 – 13.48	21.29 – 21.44
Soba 209	24. 08. 2022.	08.45 – 09.00	15.08 – 15.23	21.07 – 21.22
Soba 217	24. 08. 2022.	07.29 – 07.44	13.56 – 14.11	19.37 – 19.52
Soba 314	24. 08. 2022.	07.50 – 08.05	14.26 – 14.41	19.58 – 20.13
Soba za masažu 1	24. 08. 2022.	08.15 – 08.30	14.46 – 15.01	20.22 – 20.37

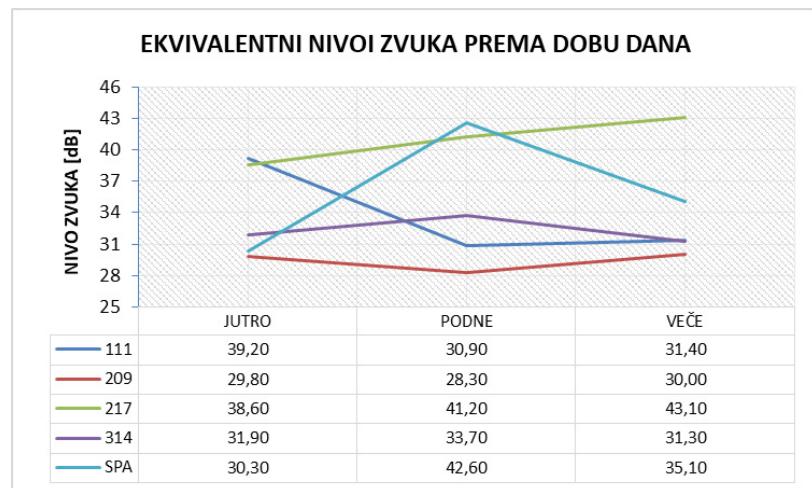
Tabela 1. Odabrane prostorije, datum i vrijeme mjerenja nivoa buke

PROSTORIJA	MINIMALNI NIVO [dB]			EKVIVALENTNI NIVO [dB]			MAKSIMALNI NIVO [dB]		
	JUTRO	PODNE	VEČE	JUTRO	PODNE	VEČE	JUTRO	PODNE	VEČE
111	24,80	28,00	28,70	39,20	30,90	31,40	72,90	50,00	52,20
209	23,90	21,20	25,00	29,80	28,30	30,00	52,30	50,10	50,00
217	35,60	38,30	40,10	38,60	41,20	43,10	55,80	51,00	51,60
314	28,00	28,60	28,60	31,90	33,70	31,30	58,90	66,00	49,50
SPA	21,00	23,60	30,50	30,30	42,60	35,10	57,30	73,20	63,90

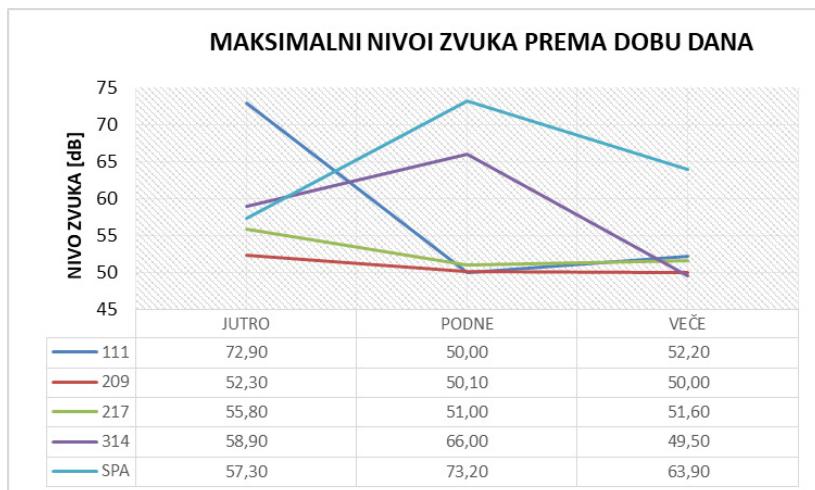
Tabela 2. Rezultati mjerenja nivoa buke



Grafik 1. Minimalni nivoi zvuka prema dobu dana



Grafik 2. Ekvivalentni nivoi zvuka prema dobu dana



Grafik 3. Maksimalni nivoi zvuka prema dobu dana

NOISE LEVEL MEASUREMENT IN TERME OZREN SPA RESORT

Author: MIHAILO MAKSIMOVIĆ

Email: mihailo.maksimovic@student.aggf.unibl.org

Mentors: Full Prof. Biljana Antunović, TA Jelena Rašović

Architectural Technologies

Faculty of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, University of Banja Luka

Introduction: Sound perception is based on detecting sound pressure or change in air pressure, which is caused by sound propagation through the air. The quantity that describes the influence that noise has on its environment is called equivalent noise level. This study is based on the measurement of the actual noise levels at Terme Ozren Spa Resort, located in Petrovo, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina. In this paper, the effects of the environment, as well as the effects of the interior itself on the quality of sound in the building, are presented. The measurements are performed during fifteen-minute intervals in different parts of the day. The equivalent noise levels, the minimum and the maximum in every place where the measurements were taken, as well as the dependence of human activity on the time of day, have been presented in this paper.

Aim: The measurement of the environmental noise inside rooms

Material and Methods: Measurement of sound characteristics by portable analyzer for building acoustics Brüel & Kjær, type 4231, in hotel rooms

Results: The results of the measurement conducted at Terme Ozren Spa Resort are favorable and meet regulations. Bearing in mind that the Republic of Srpska does not have its own regulations, the results are compared with the regulations of the neighboring countries. Allowed noise levels were crossed in some cases, but they did not cause the need for deeper analysis.

Conclusion: The allowed noise level was crossed in two rooms. A mini fridge was the main cause in one of them (room 217), while the human factor was the main cause in the other one (massage room). Terme Ozren Hotel met all regulations, and the use of modern materials provides the requested acoustic comfort.

Keywords: noise, change of the sound pressure, equivalent noise level, human activity

APSTRAKTI

KOMPOZITNE PREVLAKE NA BAZI Zn-Co LEGURE I ITRIJUMA/ SAMARIJUMA SA EFEKTOM SAMOZALEČENJA SUPSTRATA

Autor: ALEKSANDRA MIJATOVIĆ

e-mail: aleksandra.mijatovic@gmail.com

Mentor: Prof. dr Jelena Bajat

Katedra za fizičku hemiju i elektrohemiju

Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu

Uvod: Prevlake sa efektom samozalečenja (eng. *self-healing coatings*) predstavljaju vrstu takozvanih pametnih prevlaka čija je glavna odlika sposobnost detekcije i popravljanja oštećenja nastalih usled prodora korozionih agenasa do metalnog supstrata. Poznato je da elementi retkih zemalja imaju inhibitorска svojstva, kao i da su elektrohemski taložene kompozitne prevlake na bazi cerijuma pokazale odličnu aktivnost samozalečenja.

Cilj: Cilj ovog rada je ispitivanje kompozitnih prevlaka na bazi Zn-Co legure i različitih elemenata retkih zemalja kao izvora sekundarne faze: samarijuma i itrijuma, koncentracija 2 i 5 g dm⁻³, radi utvrđivanja da li poseduju efekat samozalečenja.

Materijal i metode: Taloženje prevlaka vršeno je iz hloridnih rastvora, galvanostatski, u opsegu gustina struja 1–8 A dm⁻², uz mešanje magnetnom mešalicom, brzinom 300 o•min⁻¹, na katodi od čelika (AISI-1010) i korišćenjem anode od cinka viskoke čistoće. Otpornost ka koroziji dobijenih prevlaka ispitivana je metodom spektroskopije elektrohemskijske impedansije (SEI) u 3% rastvoru NaCl. Morfologija površina uzoraka je analizirana skenirajućom elektronskom mikroskopijom (SEM), a hemijski sastav energetskom disperzionom atomskom analizom (EDS), koja je ukazala da se legure dobijaju anomalnim tipom taloženja.

Rezultati: Pokazano je da se manjom gustinom struje taloženja ugrađuje veća količina čestica (samarijuma ili itrijuma) u prevlake, a kod prevlaka na bazi samarijuma primećen je i veći sadržaj kalijuma. Sve ispitivane kompozitne prevlake su imale veću korozionu stabilnost od binarne Zn-Co legure, a stepen zaštite je zavisio od vrste i količine ugrađenih čestica, kao i morfologije dobijenih prevlaka.

Zaključak: Zaštitni sistemi na bazi itrijuma, taloženi malim gustinama struje, pokazali su izuzetnu otpornost ka koroziji, bolju čak i od prevlaka na bazi cerijuma, kao i efekat samozalečenja. Ove prevlake bi mogle biti adekvatna zamena konvencionalnih prevlaka cinka i legura cinka.

Ključne riječi: efekat samozalečenja; itrijum; samarijum; inhibitori korozije

COMPOSITE COATINGS BASED ON Zn-Co ALLOY AND YTTRIUM/SAMARIUM WITH SELF-HEALING EFFECT OF SUBSTRATE

Author: ALEKSANDRA MIJATOVIĆ

Email: aleksandra.mijatovic@gmail.com

Mentor: Full Prof. Jelena Bajat

Department of Physical Chemistry and Electrochemistry

Faculty of Technology and Metallurgy, University of Belgrade

Introduction: Self-healing coatings are the type of so-called smart coatings whose main feature is the ability to detect and repair damage caused by penetration of corrosion agents into the metal substrate. It is well-known that rare-earth metals have inhibition properties and that cerium-based composite coatings obtained by the electrodeposition method have shown excellent self-healing activity.

Aim: The aim of this paper is the examination of composite coatings based on Zn-Co alloy and various rare-earth metals as the source of the secondary phase: samarium and yttrium, with the concentration of 2 and 5 g dm⁻³, in order to determine whether they contain a self-healing effect.

Material and Methods: The electrodeposition of coatings is done from chloride solutions, galvanostatic, in the range of current densities 1–8 A dm⁻², using the magnetic stirrer, at the speed of 300 rpm, on the steel cathode (AISI-1010) and using a high purity zinc anode. The corrosion resistance of deposited coatings is examined by the method of electrochemical impedance spectroscopy (EIS) in a 3% NaCl solution. The morphology of the sample surfaces was analyzed by scanning electron microscopy (SEM), and chemical composition by energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDS), which indicates that the alloys are obtained by an anomalous type of deposition.

Results: It was shown that with the lower density of the deposition current, a larger amount of particles (samarium or yttrium) is embedded in the coatings, and a higher potassium content was observed in the case of samarium-based coatings. All of the examined composite coatings had higher corrosion resistance than the binary Zn-Co alloy, and the level of protection depended on the type and quantity of incorporated particles, as well as the morphology of the obtained coatings.

Conclusion: The yttrium-based protection systems, deposited on lower current densities, have shown exceptional corrosion resistance, better even than cerium-based coatings, as well as a self-healing effect. These coatings could be an adequate replacement for the conventional Zn and Zn-alloys coatings.

Keywords: self-healing effect, yttrium, samarium, corrosion inhibitors

NANOSTRUKTURNI $\text{TiO}_2@\text{Fe}_{2,45}\text{Si}_{0,55}\text{O}_4@\text{Fe}_3\text{O}_4$: PRIMENA U FOTOKATALIZI

Autor: FILIP KOLDŽIĆ

e-mail: koldzic.filip@gmail.com

Mentor: Prof. dr Aleksandra Dapčević

Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu

Uvod: Organska obojena jedinjenja, koja se mogu naći u otpadnim vodama, predstavljaju opasnost po živi svet, zbog čega ih je potrebno na efikasan način uklanjati. Jedna od efikasnih i često korišćenih metoda za degradaciju organskih boja jeste fotokataliza. Kao ekonomičan, ekološki prihvatljiv i fotokatalitički aktivan materijal, titan(IV)-oksid se koristi kao efikasan fotokatalizator. Međutim, poteškoću pri upotrebi ovog materijala predstavlja uklanjanje praškastog titan(IV)-oksid-a nakon završenog procesa fotokatalize. Do sada su za to korišćeni centrifugiranje i filtriranje, ali ove metode su se pokazale komplikovanim i neisplativim.

Cilj: Kako bi se proces uklanjanja katalizatora pojednostavio, sintetisan je fotokatalizator sa magnetnim svojstvima, čije je jezgro od magnetita obloženo slojevima $\text{Fe}_{2,45}\text{Si}_{0,55}\text{O}_4$ i TiO_2 , i ispitana je njegova fotokatalitička aktivnost.

Materijal i metode: Magnetitno jezgro sintetisano je precipitacionom metodom, a potom oblagano redom slojevima $\text{Fe}_{2,45}\text{Si}_{0,55}\text{O}_4$ i TiO_2 solgel metodom. Nakon sinteze svakog sloja, materijal je sušen na 80°C, a na kraju kalcinisan na 500°C. Sintetisani katalizator okarakterisan je pomoću rendgenske difrakcije praha i skenirajuće elektronske mikroskopije. Fotokatalitička aktivnost sintetisanog katalizatora ispitana je na vodenom rastvoru boje *Reactive Orange 16* pod simuliranim sunčevom svetlošću.

Rezultati: Rendgenskom difrakcijom utvrđeno je da se sintetisani katalizator sastoji od 19,8 mas.% TiO_2 u vidu anatasa veličine kristalita 21 nm, 14,6 mas.% $\text{Fe}_{2,45}\text{Si}_{0,55}\text{O}_4$ veličine kristalita 75 nm i 65,6 mas.% Fe_3O_4 veličine kristalita 12 nm. Na skenirajućim elektronskim mikrografijama se uočava da su čestice katalizatora uniformne veličine i oblika i da se sastoje od magnetitnog jezgra elipsoidnog oblika, dimenzija 350×450 nm, obloženog uniformnim slojem $\text{Fe}_{2,45}\text{Si}_{0,55}\text{O}_4$ i TiO_2 debljine 50 nm. Sintetisani kompozit pokazao je fotokatalitičku aktivnost razgradivši 66,1% boje tokom 90 minuta.

Zaključak: Iako $\text{TiO}_2@\text{Fe}_{2,45}\text{Si}_{0,55}\text{O}_4@\text{Fe}_3\text{O}_4$ pokazuje nešto manju efikasnost u poređenju sa čistim titan(IV)-oksidom, on ima značajnu prednost jer se iz reakcione smeše lako uklanja pomoću magneta.

Ključne reči: fotokataliza; titan(IV)-oksid; magnetit; otpadne vode

NANOSTRUCTURED $\text{TiO}_2@\text{Fe}_{2.45}\text{Si}_{0.55}\text{O}_4@\text{Fe}_3\text{O}_4$: APPLICATION IN PHOTOCATALYSIS

Author: FILIP KOLDŽIĆ

Email: koldzic.filip@gmail.com

Mentor: Prof. Aleksandra Dapčević

Faculty of Technology and Metallurgy, University of Belgrade

Introduction: Organic colored compounds, which can be found in wastewater, represent a serious threat to living organisms, which is why it is necessary to remove them efficiently. One of the effective and frequently used methods for the degradation of organic dyes is photocatalysis. As an economical, environmentally friendly, and photocatalytically active material, titanium(IV) oxide is used as an efficient photocatalyst. However, its removal after finished photocatalysis often causes difficulties. Although used so far, centrifugation and filtration are proven to be complicated and expensive.

Aim: In order to simplify the catalyst removal process, a magnetic photocatalyst with a magnetite core coated with layers of $\text{Fe}_{2.45}\text{Si}_{0.55}\text{O}_4$ and TiO_2 was synthesized, and its photocatalytic activity was investigated.

Material and Methods: The magnetite was synthesized by the precipitation method and then coated with successive layers of $\text{Fe}_{2.45}\text{Si}_{0.55}\text{O}_4$ and TiO_2 by the sol-gel method. After the synthesis of each layer, the material was dried at 80 °C and, in the end, calcined at 500 °C. The synthesized catalyst was characterized by XRPD and SEM. The photocatalytic activity was tested on an aqueous solution of Reactive Orange 16 under simulated sunlight.

Results: XRPD showed that the synthesized catalyst consists of 19.8 wt.% TiO_2 in the anatase form with a crystallite size of 21 nm, 14.6 wt.% $\text{Fe}_{2.45}\text{Si}_{0.55}\text{O}_4$ with a crystallite size of 75 nm, and 65.6 wt.% Fe_3O_4 with a crystallite size of 12 nm. Based on SEM, the catalyst particles are uniform in size and shape and consist of a 350×450 nm ellipsoidal magnetite core coated with a 50 nm thick uniform layer of $\text{Fe}_{2.45}\text{Si}_{0.55}\text{O}_4/\text{TiO}_2$. The synthesized composite showed photocatalytic activity by degrading 66.1% of the dye during 90 minutes.

Conclusion: Although $\text{TiO}_2@\text{Fe}_{2.45}\text{Si}_{0.55}\text{O}_4@\text{Fe}_3\text{O}_4$ shows a slightly lower efficiency compared to pure TiO_2 , this photocatalyst can be easily removed from the reaction mixture using a magnet, which represents a significant advantage.

Keywords: photocatalysis, titanium(IV)-oxide, magnetite, wastewater

MOLEKULSKA DINAMIČKA SIMULACIJA ODABRANIH JONSKIH TEČNOSTI NA BAZI IMIDAZOLA

Autor: IVONA ĐORĐEVIĆ

e-mail: djordjevicivo3@gmail.com

Mentor: Red. prof. dr Ivona Radović, naučni saradnik dr Milana Zarić

Katedra za hemijsko inženjerstvo

Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu

Uvod: Molekulska dinamika (MD) je jedan od alata računarske hemije, pomoću kojeg se opisuju složeni hemijski sistemi. Ovakav tip molekulskog modelovanja omogućava razumevanje pojedinih makroskopskih pojava kroz praćenje mikroskopskog ponašanja posmatrane supstance. Velika prednost MD jeste mogućnost sagledavanja nemerljivih veličina ili sistema pri ekstremnim uslovima.

Cilj: Cilj samog rada bilo je dostizanje adekvatnih simulacija tri jonske tečnosti (JT) na bazi imidazola: [EMIM][NTf₂], [BMIM][BF₄] i [BMIM][PF₆], kako bi se dalje analizirala mogućnost vezivanja ugljen (IV) – oksida i sumpor (IV) – oksida od strane pomenutih JT.

Materijal i metode: U ovom radu korišćeni softverski paketi su *GROMACS* za izradu samih simulacija, kao i *Visual molecular dynamics* (VMD) za njihovu analizu i vizuelizaciju. Simulirana temperatura (298,15 K), pritisak (1 bar) i gustina sistema dostignuti su korišćenjem i izoterm-sko-izohorskog (NVT) i izoternsko-izobarskog (NPT) ansambla Berendsenovom metodom. Po-red navedenih uslova, optimizovano je i vreme trajanja simulacija.

Rezultati: Tačnost simulacija potvrđena je poređenjem simulacijski dobijenih gustina, svake od ispitivanih JT, sa njihovim eksperimentalno određenim gustinama, pri čemu su dobijena vrlo dobra slaganja između pomenutih gustina, sa procentualnim greškama u rasponu 0,46 – 7,3%.

Zaključak: Dobijene simulacije predstavljaju čvrstu osnovu za dalja istraživanja u smeru upotrebe odabranih JT u rastvaranju ugljen (IV) – oksida i sumpor (IV) – oksida. Korišćenjem simulacija se pomenuti fenomen može posmatrati na detaljnem molekulskom nivou. Na taj način je ovim radom dokazan veliki potencijal sve modernijih tehnika.

Ključne reči: jonske tečnosti; imidazol; molekulska dinamika; gromacs; gustina

MOLECULAR DYNAMICS SIMULATION OF CHOSEN IMIDAZOLE-BASED IONIC LIQUIDS

Author: IVONA ĐORĐEVIĆ

Email: djordjevicivo3@gmail.com

Mentors: Full Prof. Ivona Radović, TA Milana Zarić

Department of Chemical Engineering

Faculty of Technology and Metallurgy, University of Belgrade

Introduction: Molecular dynamics (MD) is one of the tools within computational chemistry used to describe complex chemical systems. This type of molecular modeling enables the understanding of certain macroscopic phenomena by monitoring the microscopic behavior of the observed substance. A great advantage is an ability to observe immeasurable properties or systems under extreme conditions.

Aim: The aim of the work was to achieve adequate simulations of three imidazole-based ionic liquids (ILs): [EMIM][NTf₂], [BMIM][BF₄], and [BMIM][PF₆] for further analysis of the possibility of dissolving carbon dioxide and sulfur dioxide by the mentioned ILs.

Material and Methods: The software packages used in this work are GROMACS for creating the simulations, as well as Visual molecular dynamics (VMD) for their analysis and visualization. The simulated temperature (298.15 K), pressure (1 bar), and density of the system were achieved with both the isothermal-isochoric (NVT) and isothermal-isobaric (NPT) ensembles using the Berendsen method. In addition to the above conditions, the duration of the simulations was also optimized.

Results: The simulations were verified by comparing the densities of each of the examined ILs obtained by the simulation with their experimentally determined densities, whereby very good agreements were obtained between the mentioned densities, with percentage deviations in the range of 0.46–7.3%.

Conclusion: The obtained simulations represent a solid basis for further research in the direction of the use of selected ILs in dissolving carbon dioxide and sulfur dioxide. By using simulations, the mentioned phenomenon can be observed at a detailed molecular level. In this way, this work proved the great potential of modern techniques.

Keywords: ionic liquids, imidazole, molecular dynamics, GROMACS, density

RAZVOJ KONTROLISANO-POROZNIH BIOKERAMIČKIH MATERIJALA NA BAZI KALCIJUM-FOSFATA DOPIRANOG JONIMA MAGNEZIJUMA, STRONCIJUMA I FLUORA

Autor: JELENA STANISAVLJEVIĆ, Teodora Jakovljević

e-mail: j.stanisavljevic2000@gmail.com; teodorajakovljevic2000@gmail.com

Mentor: Prof. dr Đorđe Veljović

Katedra za neorgansku hemijsku tehnologiju

Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu

Uvod: Dentalni materijali su nakon ugradnje podvrgnuti agresivnom dejstvu sredine i protoku pljuvačke. Zbog toga je neophodno sintetisati biokompatibilne materijale koji bi našli primenu u stomatologiji kao zamena za dentin. Sa druge strane, prilikom reparacije koštanog tkiva, potrebno je dobiti makroporozne nosače za primenu u tkivnom inženjerstvu, koji imaju bioaktivnu keramičku osnovu i koji su prevučeni slojem biodegradabilnih polimera tako da mogu da posluže i kao nosač lekova [1].

Cilj: Procesiranje, karakterizacija i ispitivanje mehaničkih svojstava dentalnih inserata i bioaktivnih skafolda na bazi hidroksiapatita dopiranog jonima stroncijuma, magnezijuma i fluora, i uticaj formirane prevlake hitozana na svojstva makroporoznih nosača.

Materijal i metode: Prah hidroksiapatita (HAp) sintetisan je i dopiran hidrotermalnim postupkom. Sadržaj dopiranih jona Mg i Sr bio je konstantan i iznosio je po 3 mol. %, dok je sadržaj jona F bio 0,5, 1 i 2 mol. %. Inserti su presovani uniaksijalnom presom i sinterovani. Za dobijanje skafolda primenjena je metoda replike polimernog sundera. Skafoldi su prevučeni slojem hitozana. Skenirajućom elektronskom mikroskopijom ispitana je morfologija nanostruktturnih prahova, mikrostruktura kontrolisano poroznih inserata i skafolda i bioaktivnost skafolda držanih u simulirajućoj telesnoj tečnosti.

Rezultati: Energetskom disperzionom spektroskopijom potvrđen je ideo dopiranih jona F redom 0, 0,24 i 1,34 at. %. Rendgenskom difrakcionom analizom pokazano je prisustvo HA_p i β-trikalcijum-fosfata. Pri ispitivanju mehaničkih svojstava inserata i prevučenih skafolda hitozanom dobijeni su rezultati koji ukazuju na potencijalnu primenu u stomatologiji i inženjerstvu tkiva.

Zaključak: Pokazano je da joni fluora imaju značajan uticaj na svojstva dobijenih makroporoznih biomaterijala, koja ukazuju na njihov potencijal za primenu u tkivnom inženjerstvu i stomatologiji.

Ključne reči: hidroksiapatit (HAp); fluor; biomedicinska primena; dentalni inserti; skafoldi; hitozan

[1]. Đ. Veljović, Biokeramički materijali na bazi kalcijum-fosfata: procesiranje, svojstva i primena, Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu (2020).

DEVELOPMENT OF CONTROLLED-POROUS BIOCERAMIC MATERIALS BASED ON CALCIUM-PHOSPHATE DOPED WITH MAGNESIUM, STRONTIUM, AND FLUORINE IONS

Authors: JELENA STANISAVLJEVIĆ, Teodora Jakovljević

Email: j.stanisavljevic2000@gmail.com

Mentor: Assoc. Prof. Đorđe Veljović

Department of Inorganic Chemical Technology

Faculty of Technology and Metallurgy, University of Belgrade

Introduction: After installation, dental materials are subjected to the aggressive effect of the environment and the flow of saliva. So, it is necessary to synthesize biocompatible materials that would find application in dentistry as a substitute for dentin. On the other hand, during the repair of bone tissue, it is necessary to obtain macroporous carriers for tissue engineering, which have a bioactive ceramic base and are coated with a layer of biodegradable polymers so that they can serve as a drug carrier [1].

Aim: Processing, characterization, and examination of mechanical properties of dental inserts and bioactive scaffolds based on hydroxyapatite doped with strontium, magnesium, and fluorine ions and the influence of the chitosan coating on the properties of macroporous carriers.

Material and Methods: Hydroxyapatite powder (HAp) was synthesized and doped by a hydrothermal process. The content of Mg and Sr-doped ions was constant and amounted to 3 mol. %, while the content of F ions was 0.5, 1, and 2 mol. %. The inserts were pressed with a uniaxial press and sintered. The polymer sponge replica method was used to obtain scaffolds. The scaffolds were coated with a layer of chitosan. Scanning electron microscopy was used to examine the morphology of nanostructured powders, microstructures of controlled porous inserts and scaffolds, and the bioactivity of the scaffolds.

Results: Energy dispersive spectroscopy confirmed that the share of F-doped ions was 0, 0.24, and 1.34 at. %, respectively. X-ray diffraction analysis showed the presence of HAp and β -tricalcium phosphate. While examining the mechanical properties of inserts and scaffolds coated with chitosan, results that indicate a potential application in dentistry and tissue engineering were obtained.

Conclusion: It was shown that fluoride ions have a significant influence on the properties of macroporous biomaterials. Those properties indicate the potential for application of biomaterials in tissue engineering and dentistry.

Keywords: hydroxyapatite (HAp), fluorine, biomedical application, dental inserts, scaffolds, chitosan

GAJENJE ĆELIJA OSTEOSARKOMA MIŠA U PROTOČNOM BIOREAKTORU

Autor: NEVENA JAĆIMOVIĆ

e-mail: nevena.jacimovic.99@gmail.com

Mentor: Red. prof. Bojana Obradović

Katedra za hemijsko inženjerstvo

Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu

Uvod: Osteosarkom predstavlja jednu od primarnih vrsta tumora koštanog tkiva, sa velikom mogućnošću razvijanja plućnog maligniteta i visokom smrtnošću. Iako se standardno lečenje antitumorskim lekovima značajno usavršava, prognoze izlečenja pacijenata ostaju vrlo male, što zahteva pronalazak unapređenih terapija. Jedan od novih pristupa je razvoj personalizovanih terapija prilagođenih pacijentu, što omogućava najveći učinak uz najmanja neželjena dejstva.

Cilj: Ideja ovog rada je razvoj biomimičnog *in vitro* sistema za gajenje ćelija osteosarkoma u trodimenzionalnom (3D) okruženju zasnovanom na primeni nosača ćelija koji imitira ekstracellularni matriks kosti i protočnog bioreaktora koji omogućava efikasan prenos mase i adekvatne hidrodinamičke tangencijalne napone. Krajnji cilj je optimizacija i primena ovog sistema u personalizovanoj medicini i razvoju antitumorskih lekova.

Materijal i metode: U ovom radu primjenjeni su biomimični, makroporozni kompozitni nosači u obliku diska na bazi Ca-alginatnog hidrogela koji simulira organsku fazu i čestica hidroksiapatita koji predstavlja mineralnu fazu koštanog tkiva. Ispitivana je efikasnost sejanja ćelija osteosarkoma miša K7M2-wt, a zatim su zasejani nosači gajeni u protočnim bioreaktorima za jednokratnu upotrebu („3D Perfuse”, Inovacioni centar TMF, Beograd) pri kontinualnom protoku medijuma od $0,27 \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1}$ u toku 7 dana, dok su statičke kulture služile kao kontrola.

Rezultati: Efikasnost zasejavanja biokompozitnih nosača pri optimizovanoj proceduri iznosi je oko 78%. Posle 7 dana gajenja u svim kulturama je očuvana vijabilnost i metaboločka aktivnost ćelija. Ipak, MTT test je pokazao i da su ćelije osteosarkoma bile metabolički aktivnije u bioreaktorskim uslovima pri površinskoj brzini medijuma od $40 \mu\text{m s}^{-1}$ u odnosu na kontrolu.

Zaključak: Razvijeni 3D sistem na bazi kompozitnih, makroporoznih alginatnih hidrogelova i protočnog bioreaktora je podržao kulturu ćelija osteosarkoma u toku 7 dana, što ukazuje na značajan potencijal ovog sistema za dalju primenu u inženjerstvu ovog tumora i dalja ispitivanja antitumorskih lekova.

Ključne reči: biomimični nosači ćelija; alginat; 3D kultura; inženjerstvo tumora

CULTIVATION OF MURINE OSTEOSARCOMA CELLS IN A PERfusion BIoreactor

Author: NEVENA JAĆIMOVIĆ

Email: nevena.jacimovic.99@gmail.com

Mentor: Full Prof. Bojana Obradović

Department of Chemical Engineering

Faculty of Technology and Metallurgy, University of Belgrade

Introduction: Osteosarcoma is one of the primary bone tumors, with a high mortality rate and a high tendency to induce lung malignancy. Although the treatment with standard anti-tumor drugs is improving significantly, the prognosis for recovery remains low, which requires the creation of improved therapies. One of the new approaches in this direction is the development of personalized therapies, providing the best outcomes with the fewest side effects.

Aim: The idea of this work is the development of a biomimetic in vitro system for the cultivation of osteosarcoma cells in a three-dimensional (3D) environment based on the use of scaffolds that imitate the extracellular bone matrix and perfusion bioreactor that provides efficient mass transport and adequate hydrodynamic shear stresses. The ultimate goal is system optimization and application in the development of personalized medical therapies and anti-tumor drug screening.

Material and Methods: Biomimetic, macroporous composite scaffold discs were used based on Ca-alginate hydrogel simulating the organic phase and hydroxyapatite particles representing the mineral phase of bone tissue. Seeding efficiency of K7M2-wt murine osteosarcoma cells was investigated first, followed by seeded scaffold cultivation in single-use perfusion bioreactors ("3D Perfuse", Innovation Center of FTM, Belgrade) under a continuous medium flow of $0.27 \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1}$ for seven days. Static cultures served as a control.

Results: Seeding efficiency at the optimized seeding procedure was ~78 %. After seven days, cell viability and metabolic activity were preserved in all cultures. Furthermore, the MTT test indicated that the cells in the bioreactor culture under a medium superficial velocity of $40 \mu\text{m s}^{-1}$ were more metabolically active than those in the control group.

Conclusion: The developed 3D system based on the use of composite, macroporous alginate hydrogel and perfusion bioreactor supported osteosarcoma cell culture for seven days, which indicated a significant potential of this system for the further use in osteosarcoma engineering and anti-tumor drug screening.

Keywords: biomimetic scaffolds, alginate, 3D culture, tumor engineering

IDENTIFIKACIJA FENOLNIH JEDINJENJA U EKSTRAKTU ČAGE IZ JUGOISTOČNE SRBIJE

Autor: SINIŠA MLADENOVIĆ, Ivana Savić Gajić, Ivan Savić

e-mail: sinisamladenovic95@gmail.com

Mentor: Doc. dr Ivan Savić

Katedra za organsko-tehnološke nauke

Tehnološki fakultet u Leskovcu Univerziteta u Nišu

Uvod: Čaga (*Inonotus obliquus*) je lekovita gljiva koja pripada porodici Hymenochaetaceae. Iz čage je ekstrahovano oko 200 jedinjenja, uključujući mnoge fenole, koji poseduju različite farmakološke aktivnosti. Fenolna jedinjenja čage mogu da aktiviraju antioksidativne enzime, uklanjuju slobodne lipidne i neorganske slobodne radikale, stvaraju relativno stabilne fenolne kiseonične slobodne radikale i smanjuju sadržaj malondialdehida. Za dalju primenu ekstrakta čage važno je da se identifikuju fenolna jedinjenja sa izraženom antioksidativnom aktivnošću.

Cilj: Cilj ovog rada bio je identifikacija fenolnih jedinjenja u cilju procene mogućnosti dalje primene ekstrakta čage.

Materijal i metode: Čaga je sakupljena na Vlasinskom jezeru ($42^{\circ}42'N$ $22^{\circ}20'E$) i osušena pre procesa ekstrakcije do sadržaja vlage od 10,5% (m/m). Fenolna jedinjenja su razdvojena i identifikovana korišćenjem prethodno opisane UHPLC-MS metode uz malu modifikaciju. Mobilna faza se sastojala od faze A (voda koja sadrži 1% mravlju kiselinu) i faze B (acetonitril koji sadrži 1% mravlju kiselinu). Hipersil gold C18 kolona ($50 \times 2,1$ mm, veličina čestica $1,9 \mu\text{m}$) kompanije ThermoFisher Scientific iskorišćena je za razdvajanje analiziranih jedinjenja. Eluiranje se obavlja po sledećem gradijentnom programu: 0,0–10,0 min, 5–95% B; 10,0–12,0 min, 95% B; 12,0–12,2 min, 95–5% B; 12,2–15,0 min, 5% B. Protok mobilne faze bio je $0,3 \text{ mL/min}$. Skeniranje je obavljeno u negativnom ionizacionom modu.

Rezultati: Primjenjom metodom identifikovana su fenolna jedinjenja u aglikonskom i glikonskom obliku, koja mogu biti korisna za zdravlje ljudi nakon konzumiranja ekstrakta čage.

Zaključak: Pripremljen ekstrakt čage predstavlja dobar izvor fenolnih jedinjenja, tako da će dalja istraživanja biti usmerena na kvantifikaciju identifikovanih fenolnih jedinjenja i analizu njegove farmakološke aktivnosti.

Ključne reči: *Inonotus obliquus*; čaga; ekstrakcija; identifikacija; fenoli; UHPLC-MS/MS analiza

Zahvalnica: Siniša Mladenović je doktorand-stipendista Republike Srbije – Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja. Ova istraživanja su finansirana od strane Republike Srbije – Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja, Program za finansiranje naučno-istraživačkog rada, broj 451-03-68/2022-14/200133.

IDENTIFICATION OF PHENOLIC COMPOUNDS IN EXTRACT OF CHAGA FROM SOUTHEASTERN SERBIA

Authors: SINIŠA MLADENOVIĆ, Ivana Savić Gajić, Ivan Savić

Email: sinisamladenovic95@gmail.com

Mentor: Assist. Prof. Ivan Savić

Department of Organic and Technological Sciences

Faculty of Technology in Leskovac, University of Niš

Introduction: Chaga (*Inonotus obliquus*) is a medicinal mushroom that belongs to the family *Hymenochaetaceae*. About 200 compounds have been extracted from chaga, including many phenols, which possess different pharmacological activities. Phenols of chaga can activate antioxidant enzymes, scavenge free lipid and inorganic radicals, generate relatively stable phenolic oxygen free radicals, and reduce the content of malondialdehyde. For the further application of chaga extract, it is very important to identify phenolic compounds with an expressed antioxidant activity.

Aim: The aim of this study was to identify phenolic compounds to estimate the possibility of further application of chaga extract.

Material and Methods: The chaga was collected on Vlasina Lake (42°42'N 22°20'E) and dried before the extraction process up to the moisture content of 10.5% (w/w). The phenolic compounds were separated and identified using the previously described UHPLC-MS method with a slight modification. The mobile phase consisted of phase A (water containing 1% formic acid) and phase B (acetonitrile containing 1% formic acid). A Hypersil gold C18 column (50 × 2.1 mm, 1.9 µm particle size) from Thermo Fisher Scientific was used to carry out the separation of analyzed compounds. The elution was performed according to the following gradient program: 0.0–10.0 min, 5–95% B; 10.0–12.0 min, 95% B; 12.0–12.2 min, 95–5% B; 12.2–15.0 min, 5% B. The flow of the mobile phase was 0.3 mL/min. The scanning was performed in a negative ionization mode.

Results: The phenolic compounds in aglycone and glycone forms were identified that can be useful for human health after consuming chaga extract.

Conclusion: The prepared chaga extract represents a good source of phenolic compounds, so further studies will be focused on the quantification of the identified phenolic compounds and analysis of the extract's pharmacological activity.

Keywords: *Inonotus obliquus*, chaga, extraction, identification, phenolics, UHPLC-MS/MS analysis

СИР - Каталогизација у публикацији
Народна и универзитетска библиотека
Републике Српске, Бања Лука

6(082)

НАУЧНО-стручни скуп Студенти у сусрет науци - StES (15 ; Бања
Лука ; 2022)

Inženjerstvo i tehnologija : zbornik radova / 15. Naučno-stručni
skup Studenti u susret nauci - StES 2022, Banja Luka = Engeneering
and Technology : proceedings / 15th scientific conference Students
encountering science - StES 2022, Banja Luka ; [urednik Nikola Šobot].
- [Banja Luka] : Univerzitet : Studentski parlament Univerziteta, 2022
(Banja Luka : Mikro print). - 89 str. : илустр. ; 25 cm. - (Inženjerstvo i
tehnologija, ISSN 2637-2266, ISSN 2637-2274)

Тираж 25. - Библиографија уз сваки рад. - Abstracts.

ISBN 978-99976-49-28-7

COBISS.RS-ID 137124097