

Tehnički Glasnik

Časopis Veleučilišta u Varaždinu

2/2011



ISSN 1846-6168
Godina 5, Broj 2, Str. 1-146
Varaždin, prosinac 2011.



Tehnički Glasnik

Časopis Veleučilišta u Varaždinu

2/2011

Godište (Volume) 5.
Broj (Number) 2
Varaždin, prosinac 2011.
ISSN 1846-6168

Osnivač i izdavač (Founder and Publisher):

Veleučilište u Varaždinu

Uredništvo (Editorial Office):

J. Križanića 33, HR-42000 Varaždin, Hrvatska;
Tel. ++385/ 42/ 493 328, Fax. ++385/ 42/ 493 333
e-mail: casopis@velv.hr ; URL <http://www.velv.hr>

Glavni urednik (Editor-in-Chief):

Živko Kondić

Tajništvo (Secretary Office)

Marijana Kolednjak

Urednici rubrika (Contributing Editors):

Elektrotehnika – Ivan Šumiga
Strojarstvo - Živko Kondić
Multimedija - Damir Vusić
Logistika – Marko Stoić
Građevina- Božo Soldo

Urednički odbor (Editorial Board):

Veleučilište u Varaždinu:

Ivan Šumiga, Živko Kondić, Damir Vusić, Marko Stoić, Božo Soldo

VERN Zagreb: Mijo Vrhovski

Sveučilište u Zadru: Stipe Belak

Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb:

Vedran Mudronja, Janez Indof, Mirko Husnjak, Biserka Runje

Fakultet elektrotehnike i računarstva: Stjepan Bogdan, Zdenko Kovačić

UM FERI Maribor: Boris Tovornik, Nenad Muškinja

Grafički fakultet Zagreb: Nikola Mrvac, Igor Zjakić

Fakultet strojarstva u Slavonskom Brodu:

Milan Kljajin, Franjo Mateiček, Ivan Samardžić, Leon Maglić

Geotehnički fakultet u Varaždinu: Mladen Božičević, Božo Soldo

Institut Ruđer Bošković: Tihomir Car

Visoka tehnička škola Novi Sad: Zoran Lovreković, Borislav Abramović

Mašinski fakultet Sarajevo: Marin Petrović

JP Elektroprivreda HZHB d.d. Mostar: Slobodan Bakula

Grafički zavod Hrvatske: Marin Milković

Visoka tehnička škola u Bjelovaru: Ante Čikić

Lektori: (Linguistic Advisers):

Ivana Grabar (za engleski jezik)

Ljiljana Šarac (za hrvatski jezik)

Tehnički urednik (Technical Editor):

Dean Valdec

Tisak (Print):

Web 2 tisak d.o.o. Zagreb

Časopis je besplatan i izlazi u dva broja godišnje * Naklada: 150 primjeraka
Časopis „Tehnički glasnik“ Veleučilišta u Varaždinu upisan je u Upisnik HGK o izdavanju i
distribuciji tiska 18. listopada 2007. godine pod rednim brojem 825.
Rukopise, narudžbe oglasa, objave i drugo slati na adresu uredništva. Rukopisi se ne vraćaju.
Upute autorima nalaze se na internetu.

Uređenje zaključeno (Preparation ended):

prosinac 2011.

SADRŽAJ

1. Vrhovski Z., Herčeki R. LOKALIZACIJA RAVNE LINIJE U SLIKOVNOJ SEKVENCI	5
2. Šumiga I., Vrhovski Z., Miletić M. UPRAVLJANJE POKRETNOM PLATFORMOM POMOĆU MIKROKONTROLERA	11
3. Šumiga I., Boj B., Horvatić M. DETEKTOR PLINA SA SMS UPRAVLJANJEM	17
4. Mikac M., Mikac V. IZVEDBA PROGRAMSKOG RJEŠENJA ZA OČITAVANJE RADNIH AKTIVNOSTI VOZAČA S DIGITALNIH TAHOGRAFSKIH KARTICA	21
5. Srpak D., Keglević K., Huđek J. ZAŠTITA ELEKTROMOTORA U ELEKTROMOTORNIM POGONIMA	29
6. Hižak J., Logožar R. PLOHA DISKONTINUITETA UDARNOG VALA	33
7. Vrhovski Z., Šumiga I., Purković D. GENERIRANJE SINUSNOG VALNOG OBLIKA FILTRIRANJEM PRAVOKUTNOG VALNOG OBLIKA PRIMJENOM RC FILTRA I ANALIZE FOURIEROVIH REDOVA	38
8. Havaš, L., Lacko P. IMPLEMENTACIJA SUSTAVA ZABBIX U TELEKOMUNIKACIJSKOJ MREŽI	43
9. Petrović M., Pasanec Preprotić S., Babić D. SINTETIČKI PAPIR I NJEGOVE MOGUĆNOSTI UVEZIVANJA	52
10. Mikac M., Novak Z. RAZVOJ ALATA ZA OBRADU I PRILAGODBU PODATAKA PRI IZRADI PRECIZNOG FORENZIČNOG 3D MODELA	57
11. Čihal I., Milković M., Kosić T. KOMPARATIVNA ANALIZA DIREKTNOG I INDIREKTNOG DIGITALNOG TISKA NA TEKSTIL..	63
12. Milec Z., Tomiša M., Vusić D. ANALIZA OSNOVNIH ELEMENATA VIZUALNOG IDENTITETA SUPERJUNAKA	72
13. Janković M., Tomiša M., Valdec D. IZRADA PREDLOŽAKA POMOĆU WORDPRESSA, SUSTAVA ZA UREĐIVANJE WEB SADRŽAJA..	76
14. Kolarek I., Milković M., Kosić T. DIZAJN I VIZUALNI EFEKTI KOJI INDUCIRAJU ILUZIJU KRETANJA	80
15. Bujanić B., Magdalenić Bujanić J. MEHANIZMI STVARANJA LIJEPLJENOG SPOJA	89
16. Radmanić B., Mađerić D., Piškor M. PRIMJER PROJEKTIRANJA HLADNJAČE MANJEG KAPACITETA ZA ČUVANJE JABUKA	94
17. Horvat M., Samardžić I., Kondić V. NAPETOSNA KOROZIJA	103
18. Kondić V., Horvat M. LOGISTIČKI SUSTAV UPRAVLJANJA ALATIMA, MJERNIM UREĐAJIMA I OPREMOM ZA ISPITIVANJE	110
19. Gotal M., Mađerić D., Horvat N. PRORAČUN RASHLADNOG UREĐAJA	117
20. Bogadi A. MODELI ZA URBANU OBNOVU NAPUŠTENOG VOJNOG KOMPLEKSA „IVAN V. DRAŠKOVIĆ“ U VARAŽDINU KAO PRIMJENA CRADLE TO CRADLE STRATEGIJE	126
21. Hrnčić N., Hrnčić M. PRILOG IZGRADNJI BRTVENIH SUSTAVA NA ODLAGALIŠTU OTPADA	135
22. Jurković I. ELEMENTI EMOCIONALNE INTELIGENCIJE KAO SASTAVNICA NASTAVE ENGLSKOGA JEZIKA NA STRUČNIM TEHNIČKIM STUDIJIMA	141

LOKALIZACIJA RAVNE LINIJE U SLIKOVNOJ SEKVENCI

Vrhovski Z.¹, Herčeki R.²

¹Visoka tehnička škola u Bjelovaru, Bjelovar, Hrvatska

²Tehnička škola Bjelovar, Bjelovar, Hrvatska

Sažetak: U ovom radu opisana je lokalizacija ravne linije u slikovnoj sekvenci. Za dohvata slike korištena je USB kamera. Dohvaćena slika predstavljena je u obliku matrice RGB boja. Nakon dohvata slike slijedi obrada slike: dohvaćena slika prebacuje se u sivo područje i filtrira usrednjavanjem. Nakon usrednjavanja slike, detektiraju se rubovi Sobelovim gradijentnim postupkom, čime je slika spremna za lokalizaciju objekata. Za lokalizaciju ravne linije koristi se linijska Houghova transformacija.

Ključne riječi: vizualna povratna veza, detekcija rubova, Sobelov algoritam, Houghova transformacija

Abstract: This paper describes straight line localization from an image sequence. The images are captured using a USB camera. The captured images are represented by an RGB matrix. After the image acquisition, the images are processed using various algorithms. The captured image is first transformed into grayscale and filtered out using a median filter. After the filtering, the edge detection procedure is done using the Sobel gradient method, making the images ready for object localization. For straight line localization, a Hough transformation is applied.

Key words: visual feedback, Edge Detection, Sobel algorithm, Hough transform

1. UVOD

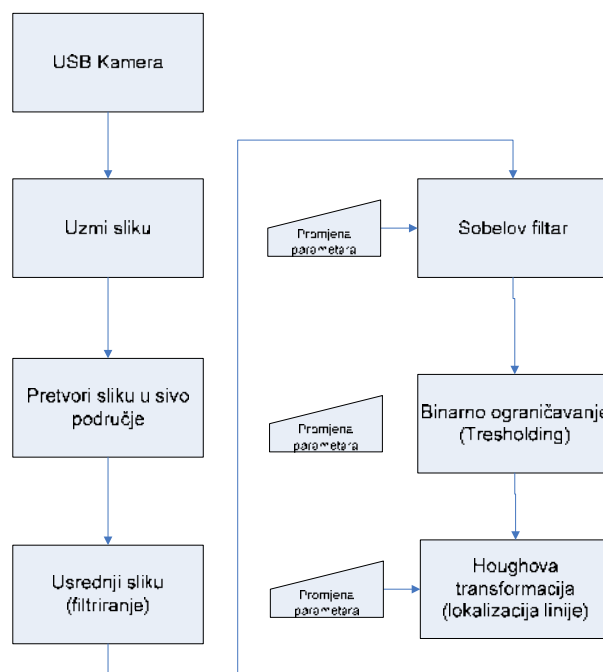
Jedan od zahtjeva koji se nameće mobilnim robotima je autonomnost njihova gibanja u nepoznatom prostoru. Mogućnost autonomije gibanja u nepoznatom prostoru omogućuje lokalizaciju ravne linije u slikovnoj sekvenci. Mobilni roboti kod kojih se može koristiti ovaj vid autonomije su uslužni roboti usisavači, baloni tipa Zeppelin [1], roboti za pranje podova, autonomni viljuškari i drugi. Ravna linija u nepoznatom prostoru gibanja mobilnog robota je marker (nije nužno korištenje markera tipa ravne linije) koji se može nalaziti ili na podu ili na stropu nepoznatog prostora. Ako se pod ili strop snima kamerom tada se može napraviti algoritam koji će slijediti ravnu liniju na podu ili stropu. Mobilni robot potrebno je opremiti USB kamerom (ETHERNET kamerom ili kamerom nekog drugo tipa sučelja) koja je priključena na mikroracunalni sustav na kojem se izvršava algoritam lokalizacije ravne linije. Nakon

lokalizacije ravne linije treba napraviti algoritam kojim će se mobilni robot kretati duž ravne linije, što je tema sljedećeg rada koji će se nadovezati na ovaj rad.

U prvom dijelu rada opisan je način dohvaćanja slike s kamere. Iz dohvaćene slike izdvajaju se zanimljivi objekti. Drugi dio rada bavi se eksperimentima i testiranjima algoritma za lokalizaciju ravne linije iz slikovne sekvence. Za izradu algoritma lokalizacije ravne linije na slici korišten je programski paket *Visual Studio 2010* i sintaksa programskog jezika C++. Za dohvaćanje slike s kamere korištene su biblioteke *OpenCV* [3] koje se koriste u računalnom vidu.

2. OBRADA SLIKE U SLIKOVNOJ SEKVENCI

Dijagram toka algoritma za lokalizaciju ravne linije prikazan je na slici 1.



Slika 1. Dijagram toka algoritma za lokalizaciju ravne linije

Nakon što se dohvati slika s kamere potrebno je sliku pretvoriti u sivo područje. Siva slika prolazi kroz filter za usrednjavanje koji smanjuje utjecaj šumova na slici. Na

filtriranu sliku primjeni se Sobelov gradijentni filter koji služi za detekciju rubova na slici. Nakon gradijentne metode slijedi binarno ograničavanje slike, čime su istaknuti svi rubovi na slici te se na rubove može primijeniti Houghova transformacija za lokalizaciju ravne linije.

2.1. Dohvaćanje slike USB kamerom

Sekvenca slika dohvaća se USB kamerom *Logitech QuickCam* [2] (slika 2.). USB kamera čini samostalni sustav s ugrađenom centralnom procesnom jedinicom.



Slika 2. USB kamera Logitech

Slika se dohvaća kamerom preko USB porta koji je smješten na mikrorračunalnom sustavu kojim je opremljen autonomni mobilni robot (robot usisavač, čistač, autonomni viljuškar i dr.). Dohvaćena slika je u format RGB matrice intenziteta crvene, zelene i plave boje s vrijednostima od 0 do 255. Slika se dohvaća pomoću funkcija *OpenCV* (*Open Source Computer Vision Library*) [3]. *OpenCV* biblioteka sadrži velik broj funkcija (algoritama), od onih u čestoj upotrebi (crtanje geometrijskih likova i pisanje po slici, pretvorba između više formata slike i raznih filtera – računanje gradijenta, rubova, usrednjavanje slike medijan filtrom...) do specifičnih algoritama (proračun optičkog toka slike, računanje histograma, momenata, Houghove transformacije, Kalmanovih filtera...). Osim brojnih funkcija za obradu slika, *OpenCV* sadrži funkcije za dohvaćanje slike s kamere. Ova biblioteka funkcija za obradu slika dostupna je na internetu i uključena je u rad.

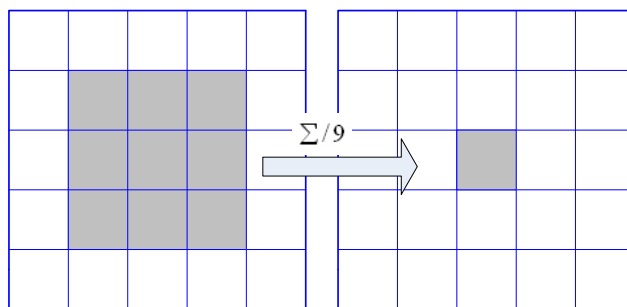
2.2. Pretvaranje slike u sivo područje

Pretvaranjem slike u sivo [4] područje smanjen je utjecaj sjene na liniju (ne javljaju se poteškoće pri prepoznavanju linije). Uz to, jednostavnije je i brže koristiti jednu matricu intenziteta boja nego tri matrice intenziteta boja (crvena, zelena i plava). Od tri matrice intenziteta pojedinih boja dobivena je jedna matrica intenziteta sive boje prema relaciji (1):

$$E[x][y] = 0.299 \cdot R + 0.587 \cdot G + 0.114 \cdot B \quad (1)$$

2.3. Usrednjavanje slike

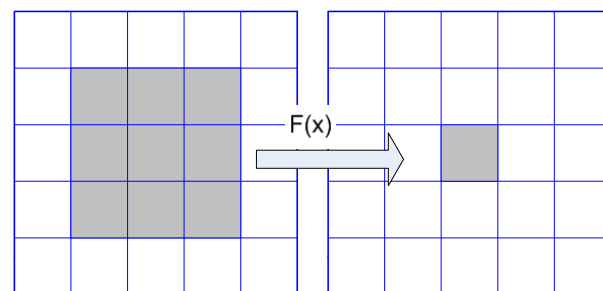
Pojava šuma na slici (piksli slike koji predstavljaju poremećaj) nastoji se smanjiti korištenjem prostornog usrednjavanja slike. Najbolje filtriranje slike [4] dobiveno je primjenom medijan filtra (korišten je algoritam medijan filtra iz *OpenCV* biblioteke), ali kako dolazi do značajnog usporenja algoritma lokalizacije linije, primijenjen je jednostavniji filter usrednjavanja. On se temelji na postupku koji u središnji piksel matrice 3*3 stavlja srednju vrijednost intenziteta sive boje svih piksela u matrici (slika 3.).



Slika 3. Filter usrednjavanja

2.4. Sobelov filter

Pri analizi objekata na slici neophodno je razlučiti "objekte od interesa" od ostatka slike. Za pronalaženje linije na slici prvi korak je detekcija rubova ([1],[5],[6]). Da bi se dobili rubovi objekata na slici, treba primijeniti jedan od algoritama za detekciju rubova. Zbog jednostavnosti i brzine izvođenja odabran je Sobelov gradijentni filter za detekciju rubova koji se temelji na postupku kojim se u središnji piksel matrice 3*3 stavlja gradijent drugog stupnja promjene intenziteta na slici (slika 4.).



Slika 4. Djelovanje Sobelovog filtra rubova na matricu slike

Gradijent se računa u oba smjera prema relaciji (2):

$$\begin{aligned} G_x &= E[y-1][x-1] + 2E[y-1][x] + E[y-1][x+1] + \dots \\ &\quad - (E[y+1][x-1] + 2E[y+1][x] + E[y+1][x+1]) \\ G_y &= E[y-1][x+1] + 2E[y][x+1] + E[y+1][x+1] + \dots \\ &\quad - (E[y-1][x-1] + 2E[y][x-1] + E[y+1][x-1]) \end{aligned} \quad (2)$$

Ukupni gradijent se određuje prema izrazu:

$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \quad (3)$$

Ovaj način usporava izvođenje algoritma (korjenovanje i kvadriranje decimalnih brojeva uzima više procesorskog vremena, što je posebno vidljivo kod slabijih mikrorachunala). Da bi se povećala brzina proračuna, koristi se aproksimacija gradijenta zbrajanjem:

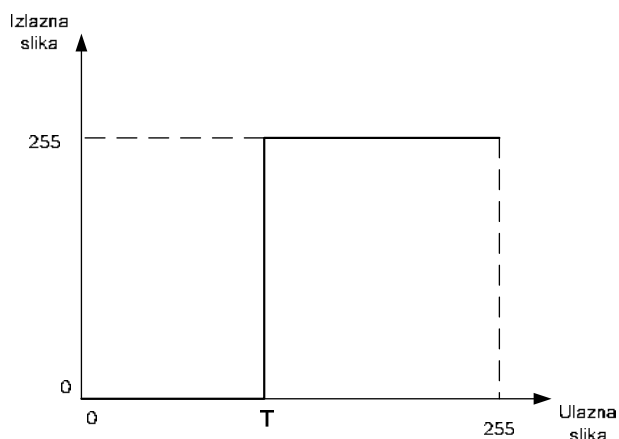
$$G = G_x + G_y \quad (4)$$

Kada se odredi matrica gradijenata, potrebno je odvojiti zanimljive objekte od podloge. Najjednostavnije je koristiti binarno ograničenje (engl. *thresholding*). Binarnim ograničenjem dobiva se binarna slika na kojoj su željeni objekti prikazani jedinicom (u ovom slučaju bijelom bojom, 255), a ostali nulom (u ovom slučaju crnom bojom, 0). Ovaj postupak može se opisati relacijom (5) i slikom 5.

$$v(x, y) = \begin{cases} 0 & , \text{ za } u(x, y) \leq T \\ 255 & , \text{ za } u(x, y) > T \end{cases} \quad (5)$$

Pri tome su:

1. T – prag odluke
2. $u(x, y)$ – ulazna slika
3. $v(x, y)$ – izlazna slika



Slika 5. Graf binarnog ograničenja (thresholding)

Relacija (5) se može opisati riječima: u matrici gradijenata svi pikseli, čija je vrijednost manja i jednaka od praga odluke (T), proglašavaju se crnim pikselima (intenziteta 0), a svi ostali pikseli čija je vrijednost veća od praga odluke (T) proglašavaju se bijelim pikselima (intenziteta 255). Na taj način je dobiven rub objekata. Što je prag odluke veći, intenzitet rubova na slici će biti manji.

2.5. Houghova transformacija

U automatiziranoj obradi slike česti problem na koji se nailazi je lokalizacija objekata kao što su linije, elipse, kružnice i slično. Često korištena Houghova transformacija [8] omogućuje lokalizaciju rubova objekata koji se nalaze na slici. Pretpostavka je da su prije transformacije detektirani rubovi. Kombiniranjem

rubnih piksela detektiraju se linije, a njihovim kombiniranjem i složenije konture. Za potrebe daljnje analize koristit će se osnovna linijska Houghova transformacija. Nakon detekcije rubova Sobelovim gradijentnim filtrom dobiva se slika rubova koja predstavlja ulazni podatak za Houghovu transformaciju. Radni prostor transformacije je ravnina s dvije vrste piksela:

- pikselima koji predstavljaju rub
- pikselima koji predstavljaju pozadinu

Zato se obično koriste monokromatske slike, iako to nije uvjet (u ovom slučaju koristi se slika u sivom području). Općenito se kroz svaki piksel ruba može provući beskonačno mnogo pravaca koje možemo prikazati kao:

$$y = ax + b \quad (6)$$

Sljedeći zadatak je odrediti koeficijente a i b tako da na tom pravcu leži što više rubnih piksela (ili dovoljan broj što može biti i je jedan od parametara transformacije). Zbog vrijednosti parametara a i b koji mogu poprimiti sve vrijednosti iz $\mathbf{R}$, češće korištena transformacija je transformacija pomoću polarnih koordinata. Ako se varijable x i y zamijene sljedećim relacijama:

$$\begin{aligned} x &= r \cos \theta \\ y &= r \sin \theta \end{aligned} \quad (7)$$

slijedi relacija za Houghovu transformaciju u parametarskom prostoru (θ, r):

$$r = x \cos \theta + y \sin \theta \quad (8)$$

Ako se kut θ mijenja diskretno ($1^\circ, 2^\circ, \dots, 360^\circ$) tada se dobiju različite vrijednosti r . Točke (x, y) koje leže na istom pravcu u parametarskom prostoru (θ, r) predstavljaju jednu točku. Cilj ovog algoritma je pronaći najdužu liniju na slici, odnosno liniju koju predstavlja najveći broj piksela. Prije samog algoritma pronalaska linije stvoreno je tzv. akumulatorsko polje Houghove transformacije koje se na početku inicijalizira na nulu ($\text{Hough}[\theta][r]=0$). Za svaki rubni piksel (x, y) računaju se vrijednosti za r , pri čemu se θ kreće u granicama od $(1, 360^\circ)$. Pri tome se r kreće u granicama od $(0, 400)$, što je posljedica rezolucije slike od 320×240 . Za svaki rubni piksel (x, y) i za svaki θ u granicama od $(0, 360^\circ)$ računa se r iz relacije (8) te se vrijednosti svaki put u akumulatorskom polju (za trenutni r i θ) uvećaju za 1 ($\text{Hough}[\theta][r]++$). Lokalni maksimum unutar akumulatorskog polja (r_m, θ_m) određuje zapis pravca:

$$y = -\frac{\cos \theta_m}{\sin \theta_m} x + \frac{r_m}{\sin \theta_m} \quad (9)$$

To je ujedno najduža i najizraženija linija na slici, odnosno linija predstavljena najvećim brojem rubnih (bijelih) piksela. Da bi eliminirali linije koje su manje u odnosu na liniju koju očekujemo, koristimo uvjet za postojanje linije, a to je broj glasova za pojedinu liniju.

Uvjet se svodi na definiranje donje vrijednosti lokalnog maksimuma koji prihvaća liniju kao traženi objekt.

U (θ, r) prostoru uvijek će postojati barem jedan maksimum (θ_m, r_m) . On će definirati najveći pravac unutar slike, ako je njegov broj glasova veći od donje granice lokalnog maksimuma. Sljedeći (lokalni) maksimumi definirat će pravce koji su uži i kraći (za njih je glasovalo manje točaka).

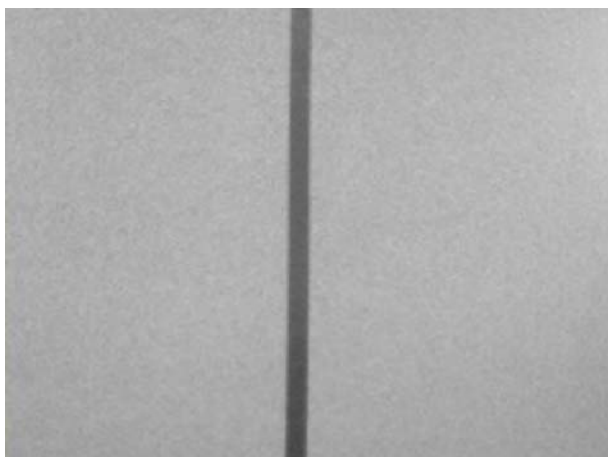
3. PROVOĐENJE ALGORITMA ZA LOKALIZACIJU RAVNE LINIJE

Slika dohvaćena s kamere (slika 6.) pretvara se najprije u sivo područje (slika 7.). Siva slika ulazni je podatak za detekciju rubova Sobelovim filtrom.



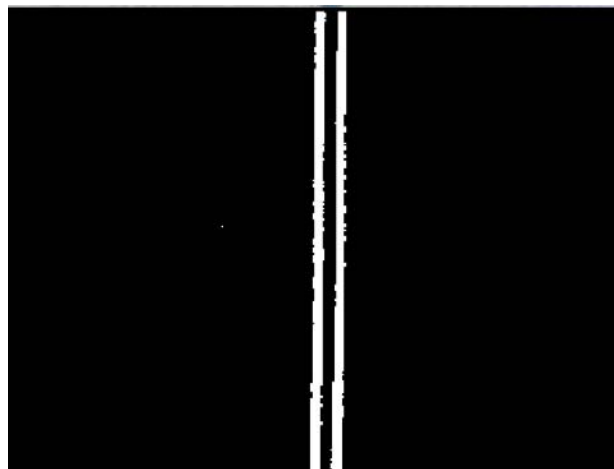
Slika 6. Slika dohvaćena s kamere

Problemi koji se javljaju pri korištenju Sobelovog gradijentnog filtra je osvijetljenje. Zbog jako osvijetljene podloge (ako podloga blješti) vrijednosti izračunatog gradijenta prema relaciji (2) će biti malog iznosa. Zato će zbog karakteristike binarnog ograničenja (slika 5.) za relativno velik prag odluke T slika biti bez rubova ili će oni biti jako slabo izraženi. Jedino rješenje koje se tada nalaže je smanjenje praga odluke T . S druge strane, ako je podloga dobro osvijetljena uz mali iznos praga odluke T i lažni rubovi će biti prikazani kao rubovi objekata na slici. Sobelov gradijentni filtar daje jako dobre rezultate uz dobru osvijetljenost i optimalni je praga odluke T .

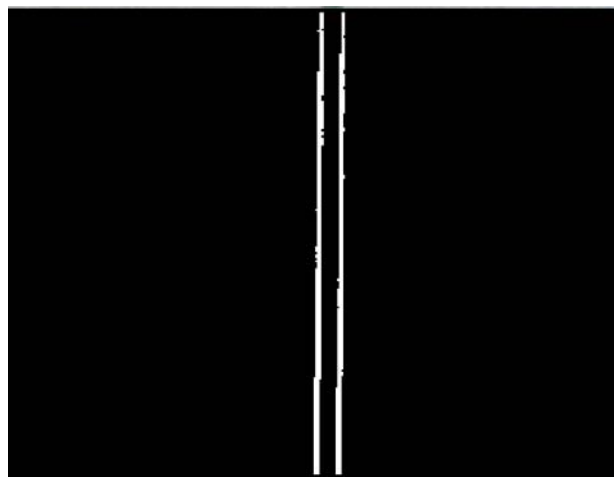


Slika 7. Slika dohvaćena s kamere u sivom području

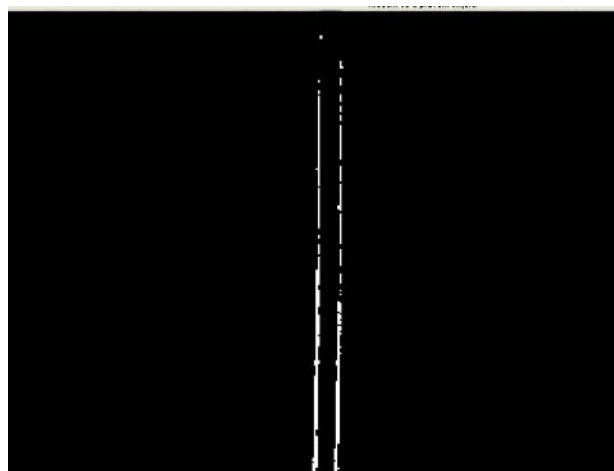
Optimalni prag odluke može se odrediti eksperimentalno. Primjeri na kojima se mogu vidjeti utjecaj različitih pragova odluke T kod algoritma binarnog ograničenja prikazani su na slikama 8., 9. i 10.



Slika 8. Sobelov filtar rubova (binarno ograničenje 70)



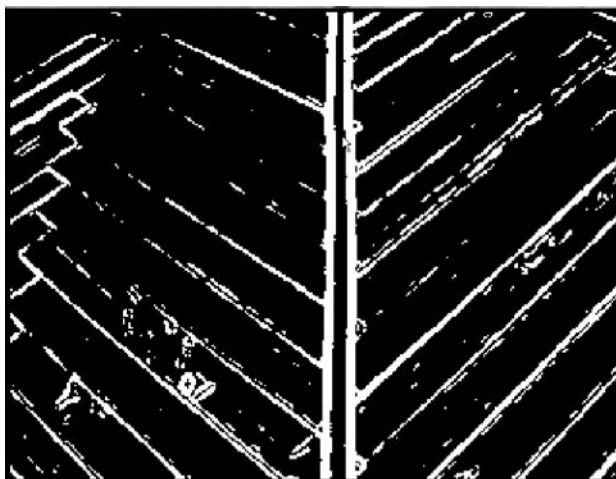
Slika 9. Sobelov filtar rubova (binarno ograničenje 150)



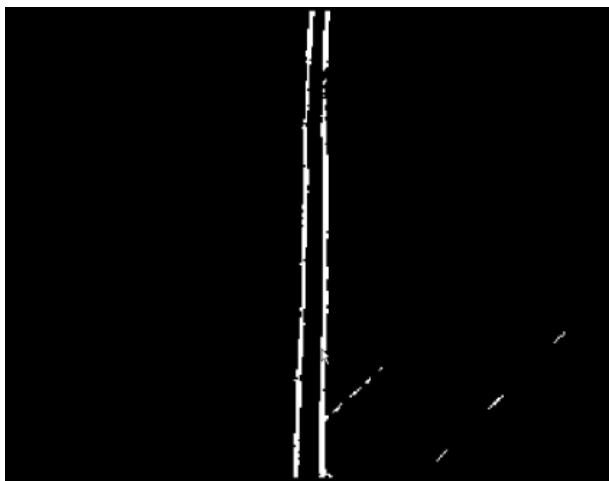
Slika 10. Sobelov filtar rubova (binarno ograničenje 190)

Na slici 8. prikazan je rad Sobelovog gradijentnog filtra uz prag osjetljivosti 70. Budući da je podloga uniformna, rezultat algoritma je prihvatljiv. Na slikama 9. i 10. prikazan je rad algoritma za još dvije vrijednosti praga

odluke (150, 190). Najbolji rezultati ostvareni su s pragom odluke 150. Kada se uniformna podloga zamijeni s podlogom parketa, tada dolazi do problema detekcije mnoštva linija koje predstavljaju rubove elemenata parketa. Na slici 11. prikazana je detekcija rubova uz mali prag odluke (70). Da bi se postigli prihvatljivi rezultati treba povećati prag osjetljivosti. Na slici 12. prikazan je rad Sobelovog gradijentnog filtra uz prag odluke 150. Na ovaj način riješen je problem višeznačnosti linije.



Slika 11. Sobelov filter rubova (binarno ograničenje 70, podloga parket)

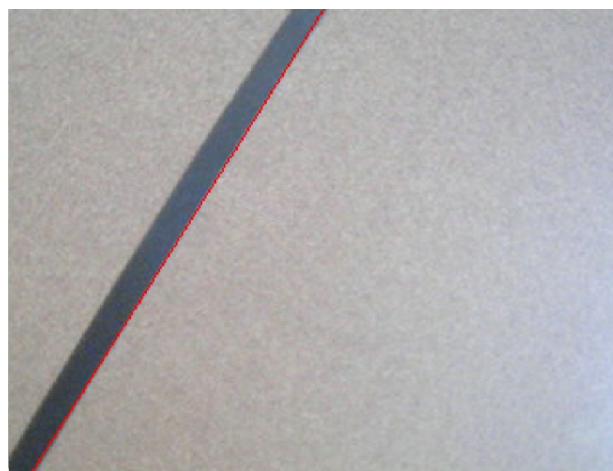


Slika 12. Sobelov filter rubova (binarno ograničenje 150, podloga parket)

Lokalizacija ravne linije na temelju detekcije rubova prikazana je na tri primjera. Slika 13. prikazuje lokalizaciju linije paralelne s kamerom, a slike 14. i 15. prikazuju lokalizaciju linija koje nisu paralelne s kamerom.



Slika 13. Lokalizacija ravne linije (1)



Slika 14. Lokalizacija ravne linije (2)



Slika 15. Lokalizacija ravne linije (3)

4. ZAKLJUČAK

U današnje vrijeme upravljanje vizualnom povratnom vezom nalazi veliku primjenu u području praćenja objekata i navođenja mobilnih robota prema nekom cilju. Razlog tomu je velika računalna moć koja omogućuje procesiranje složenih algoritama za obradu slike. Prvi korak izrade algoritma za lokalizaciju ravne linije je razlučivanje unaprijed zadanog objekta (u ovom slučaju

radi se o ravnoj liniji) od ostalih objekata na slici. Korištenjem Sobelovog gradijentnog postupka detektiraju se rubovi objekata na slici. Rubovi na slici u tom slučaju mogu biti kontinuirani ili isprekidani. Širina rubova direktno ovisi o parametru binarnog ograničenja. Nakon detekcije rubova slijedi lokalizacija ravne linije na slici. Pri tome je korištena linijska Houghova transformacija. Cilj Houghovog algoritma je pronaći pravac koji je predstavljen najvećim brojem piksela koji leže na tom pravcu. Donju granicu broja piksela koji predstavljaju pravac moguće je mijenjati s obzirom na praćeni prostor. Prednost Houghove transformacije je u tome što ona može lokalizirati pravac, iako se on sastoji od više segmenata (razlomljeni pravac). Lokalizirani pravac ulazni je podatak za algoritam navođenja mobilnog robota u smjeru ravne linije.

5. LITERATURA

- [1]Vrhovski, Z. ; Jakus, I. ; Kovjanović, N. :*UPRAVLJENJE BALONOM TIPRA ZEPPELIN POMOĆU VIZUALNE POVRATNE VEZE*, REKTOROVA NAGRADA 2008., Zagreb, 2008.
- [2]http://www.nzoczone.com/product_info.php?cPath=70&products_id=4503&osCsid=0c2f92e8ef3892c54c0486d0c52902e5, USB kamera, Logitech QuickCam Chat
- [3]<http://opencvlibrary.sourceforge.net/>, SourceForge.net: Open Computer Vision Library

[4]Medenjak, M.: *VIZUALNA POVRATNA VEZA U SUSTAVIMA UPRAVLJANJA FORMACIJOM POKRETNIH OBJEKATA*, diplomski rad, Zagreb, 2007.

[5]<http://www.pages.drexel.edu/%7Eweg22/edge.html>, Green, B.: Edge Detection Tutorial, 2002.

[6]Arbenz, P.: *Edge detection with MMX technology*, Swiss Federal Institute of Tehnology Zuruch, 2007.

[7]Rahim, et al.:*The Use of Hybrid Tehnique: Tresholding and Edge Detection for Indentifying River from Aeral Photo*, Jurnal Teknologi, Universiti Teknologi of Malasya, <http://eprints.utm.my/1939/1/JURNALDIS%5BB1%5D41.pdf2004>.

[8]<http://www.cee.hw.ac.uk/hipr/html/hough.html>, Hough Transform

Kontakt:

Zoran Vrhovski, mag. ing. eit.
Visoka tehnička škola u Bjelovaru
Trg Eugena Kvaternika 4
43000 Bjelovar
mob: 0917842199
tel: 043/241-185

mail:
zvrhovski@vtsbj.hr
robert.herceki@skole.hr

UPRAVLJANJE POKRETNOM PLATFORMOM POMOĆU MIKROKONTROLERA

Šumiga I.¹, Vrhovski Z.², Miletić M.²

¹Veleučilište u Varaždinu, Varaždin, Hrvatska

²Visoka tehnička škola u Bjelovaru, Bjelovar, Hrvatska

Sažetak: U ovom radu opisan je projekt pokretne platforme s radnim mehanizmom za košnju trave (kosilica). Iznesena je osnovna ideja za izradu pokretne platforme na temelju koje je razrađen prototipni model mehaničkih dijelova i definiran je skup početnih zahtjeva koje bi platforma trebala zadovoljavati ili koji čine rad s platformom s radnim mehanizmom za košnju (kosilicom) jednostavnijim. Upravljački modul prima podatke od drugih modula RS232 komunikacijskim protokolom. Na temelju primljenih podataka, izmjerenog napona akumulatora, izmjerenih veličina struja i brzine okretanja pogonskih i radnog motora, upravlja i nadzire rad tih motora i u slučaju greške ili otkaza sustava alarmira druge module. Mjerenje brzine okretanja pogonskih motora izvedeno je uz pomoć optičkih enkodera. Integrirani H-most služi za upravljanje pogonskim motorima pulsno širinskom modulacijom i za mjerenje struje pogonskih motora. Opisano je upravljanje radnim motorom te je izmjerena njegova struja uz pomoć sklopa s relejom. Poseban modul služi za upravljanje radom platforme uz pomoć joysticka. Programiranje mikrokontrolera izvodi se programatorom bez da se izvadi iz sustava. Da se izbjegnu sudari pokretne platforme s objektima u okolini dodan je modul za mjerenje udaljenosti uz pomoć ultrazvuka. Za napajanje cijele elektronike na platformi služi prekidački izvor napajanja.

Ključne riječi: pokretna platforma, upravljanje, mikrokontroler, istosmjerni motor, enkoder, pulsno širinska modulacija, H-most, analogno-digitalna pretvorba, RS232 komunikacija, prekidačko napajanje, ultrazvučni daljinomjer, programator za programiranje u sustavu

Abstract: This paper describes the design of mobile platforms with a working mechanism for mowing grass (lawnmower). Based on the expressed basic idea for making the mobile platform, a prototypical model of mechanical parts was developed and the set of initial requirements that should be fulfilled or that make operating the platform with a working mechanism for mowing (mowers) easier were defined. The control module receives data from other modules by RS232 communication protocol. Based on information received, measured battery voltage, measured current values and the rotation speed of the drive and work motor, it

controls and supervises the operation of the motors, while in case of errors or system cancellation, it alarms other modules. Measuring the rotation speed of the drive motor is achieved by using optical encoders. Integrated H-bridge is used to control the drive motor pulse width modulation and to measure the current powertrains. The working motor management is described and its electricity with the relay circuit is measured. A special module is used to operate the platform with a joystick. The programming of microcontroller is performed without removing the microcontroller from the system. To avoid collisions of mobile platforms with objects in the region, a module was added for measuring the distance using ultrasound. Switching power supply is used to supply the entire electronics platform.

Key words: mobile platform, control, microcontroller, direct current motor, encoder, puls width modulation, H-bridge, analog-digital conversion, RS232 communication, switching supply, ultrasonic ranger, in-system programmer

1. UVOD

Pokretna platforma s radnim mehanizmom za košnju trave je stroj namijenjen da olakša košnju trave. S vrlo malim preinakama, može poslužiti i u druge svrhe. Naredbe prihvaća iz raznih izvora, npr. iz upravljačke palice. Ona obavlja zahtijevane operacije, a u slučaju pogreške ili otkaza sustava aktivira alarm. Cijelo vrijeme rada prati i zapisuje putanju na prijenosnu memorijsku karticu radi što lakše daljnje reprodukcije. Sustav je zamišljen kao otvoren, tako da se i novi moduli mogu postepeno prema mogućnostima implementirati u sustav pokretne platforme podižući njenu kvalitetu.

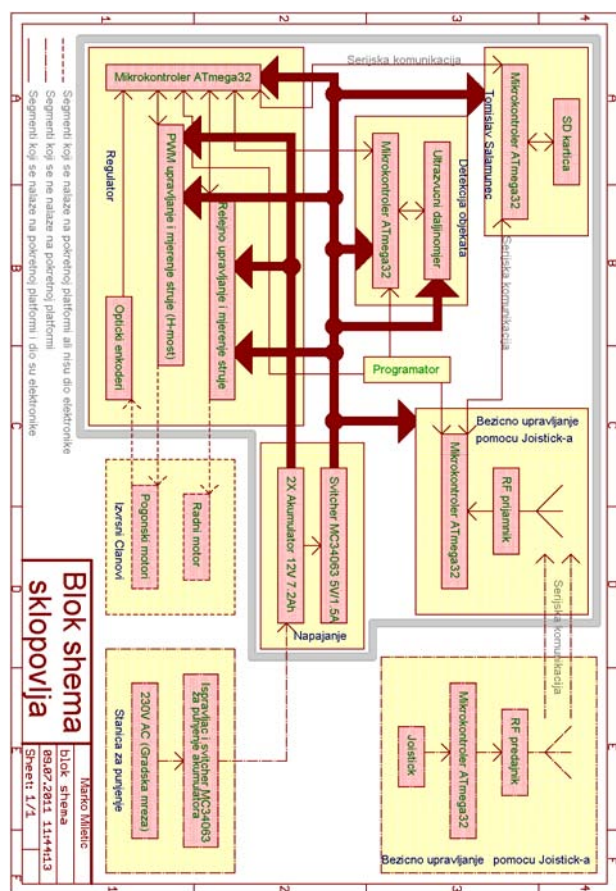
Specifikacijske karakteristike:

- maksimalna brzina kretanja: 4km/h
- maksimalna struja radnog motora: 5A
- maksimalna struja H-mosta (pogonski motori): 4A
- maksimalni broj okretaja u minuti pogonskih motora: 54 okr/min
- širina kosišta: 30cm
- radni napon (napon akumulatora): 12V-15V
- kapaciteti akumulatora: 2x7.2Ah

2. OPIS SKLOPOVLJA

2.1. Funkcionalni opis uređaja

Blok shema sklopovlja realizirane pokretne platforme prikazana je na slici 1. Ona sadrži segmente za napajanje električnom energijom, upravljanje platformom, kontrolu izvršnih članova platforme i komunikaciju između pojedinih segmenata sustava. Platforma se napaja iz dva akumulatora (12V) s kojima platforma može raditi nekoliko sati. Većina segmenata sustava pokretne platforme za rad koriste mikrokontrolere Atmelove AVR porodice.



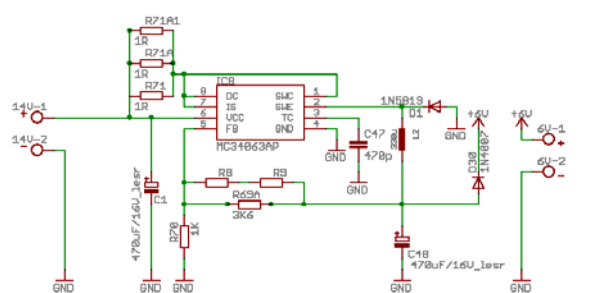
Slika 1. Blok shema sklopovlja

2.2. Napajanje

Akumulatori osiguravaju izvor energije za sve module sustava. Kapacitet akumulatora je 7.2Ah. Na platformi se koristi napon za napajanje motora 12V (direktno s akumulatora) i napon za napajanje upravljačke elektronike 5V (prekidački izvor napajanja koji neovisno o ulaznom naponu na svom izlazu drži 5V maksimalne struje 1.5A).

Prekidački izvor napajanja je odabran zato što se ne može strujno preopteretiti jer ima svoju zaštitu i nema disipacije energije kao na klasičnim stabilizatorima napona ili čener diodama. Električna shema napajanja prikazana je na slici 2. Maksimalni napon koji se smije dovesti na ulaz prekidačkog izvora je 40 V. Glavni dio

ovog sklopa je IC8 MC34063 koji regulira napon i struju u prekidačkom načinu rada. Elektrolitski kondenzatori na slici 2. C1 i C48 na ulazu i izlazu obavezno moraju biti s malim unutrašnjim otporom zbog relativno velikih struja i visokih frekvencija. Svitak L2 mora biti projektiran tako da može izdržati struje do 1.5A jer sva struja teče kroz njega. O kondenzatoru C47 ovisi na kojoj frekvenciji će raditi integrirani prekidački sklop. Dioda D30 čuva sklop od eventualnih grešaka koje bi se mogle dogoditi na ostalim sklopovima koji koriste ovo napajanje. Otpornici R71, R71A i R71A1 služe za limitiranje struje. U ovom slučaju, kada je njihov ukupni otpor jednak 0.33 Ω , struja koja se može dobiti je 1.5A. Preostala četiri otpornika služe kao povratna veza na temelju koje IC8 na svom izlazu drži konstantnu vrijednost napona. Promjenom vrijednosti ovih otpornika mijenja se i izlazna vrijednost napona. Ovaj sklop može služiti i kao punjač akumulatora, ako se najveća struja namjesti na najveću struju kojom se može puniti akumulator (1/10 ukupnog kapaciteta akumulatora) i ako se namjesti maksimalni napon punjenja akumulatora (15V). Akumulator se u početku puni maksimalnom strujom, a do kraja se puni i održava napon od 15V. Ako se mjeri struju punjenja akumulatora, može se znati na koliko posto od ukupne vrijednosti kapaciteta je napunjen akumulator.



Slika 2. Električna shema napajanja

2.3. Programator

Programator je namijenjen za AVR porodicu Atmelovih mikrokontrolera. On omogućava programiranje mikrokontrolera bez vađenja iz sklopa. Na ovaj način se znatno ubrzava razvoj uređaja jer se na gotovom sklopovskom okruženju razvija samo program. Programator se sastoji od ATmega8 mikrokontrolera i nekoliko pasivnih komponenti. Za rad koristi program ugrađen u sklop i ne treba posebne kontrolere.

Osnovne karakteristike programatora:

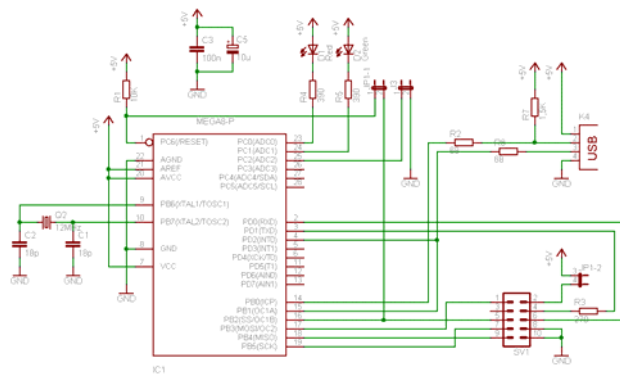
- radi u nekoliko okruženja: Linux, Mac OS X i Windows
- ne treba posebne kontrolere ili komponente za površinsku montažu
- brzina programiranja je 5kBytes/sec
- podržava mikrokontrolere s malom frekvencijom oscilatora (< 1,5MHz)

2.4. H-most

Ovaj modul sadrži sklopovlje za upravljanje pogonskim motorima i mjerenje struje pogonskih motora. Električna shema sklopa dana je na slici 4. Osnovni element je IC1 L298.

Osnovni priključci integriranog kruga L298:

- OUT 1, 2, 3, 4 - priključci motora
- SEN A,B - priključci senzorskog otpornika na kojem se mjeri struja

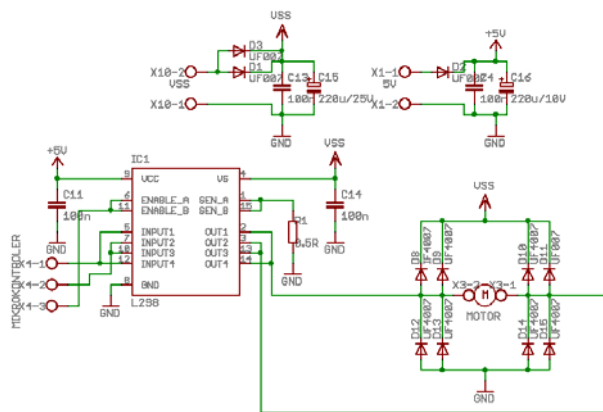


Slika 3. Električna shema programatora

- GND - negativna stezaljka
- +5V- logičko napajanje
- Vcc - napon napajanja motora (preporučuje se maksimalno 36V)
- ENABLE - pin za pulsno širinsku modulaciju
- IN 1,2,3,4 - određivanje smjera okretanja motora

Treba paziti da se ne prekorači struja koju može izdržati IC1, a to je 2A. Zbog induktivne prirode trošila, za zaštitu izlaznog stupnja se koriste antiparalelne diode. Preporuča se upotreba brzih dioda 2 do 4A (UF4007). Integrirani krug IC1 obavezno mora biti pričvršćen na hladnjak jer će u slučaju termičkog preopterećenja samo tako pravodobno reagirati termička zaštita ugrađena u čip. Prije učvršćivanja na hladnjak treba namazati površine prijanjanja termo pastom radi što boljeg provođenja topline. Za priključak napajanja i motora upotrijebljene su priključne stezaljke. Spajanje motora se mora pažljivo izvesti jer bi svaki eventualni kratki spoj mogao uništiti integrirani krug IC1.

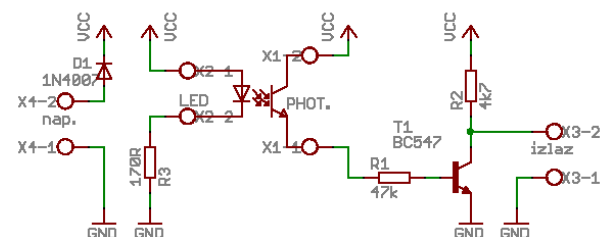
Napajanje ima predviđeno mjesto za diode radi zaštite od slučajnog okretanja polariteta napona. Na napajanje su stavljeni kondenzatori C4, C11, C13, C14 od 100nF za filtriranje smetnji i kondenzatori C15 i C6 za izravnavanje eventualnih propada napona. Prilikom prvog puštanja u pogon, ako se motor vrti u krivom smjeru, problem će se riješiti tako da se zamjene priključci namota.



Slika 4. Električna shema H-mosta

2.5. Optički enkoder

Na vratilu elektromotora pričvršćena je okrugla pločica sa 36 jednoliko raspoređenih proreza po obodu. Na nosaču je montirana komponenta u kojoj se nalaze fototranzistor i LED dioda koja emitira svjetlost u infracrvenom valnom području. Rotacijom pločice svjetlost emitirana iz LED diode kroz proreze pobuđuje fototranzistor koji naizmjenično dovodi struju na bazu tranzistora T1 (slika 5.). Tako se na izlazu dobiva niz pravokutnih impulsa. Taj niz pravokutnih impulsa dovodi se na prekidne pinove mikrokontrolera i mjeri vrijeme između 2 impulsa. Na taj način može se znati brzina vrtnje kotača, a to je ujedno povratna veza o brzini kretanja platforme. Na napajanju ovog sklopa je predviđena dioda D1 koja čuva sklop od obrnutog spajanja napajanja. Ona se ne lemi na pločicu jer zahtijeva izvor napajanja s nešto višim naponom od 5V zbog pada napona na diodi. Otpornik R3 ograničava struju kroz infracrvenu diodu.



Slika 5. Električna shema optičkog enkodera

2.6. Ultrazvučni daljinomjer

Ultrazvučni mjerac udaljenosti do nekih objekata radi tako da pošalje signal i čeka da mu se vrati reflektirani signal, a za to vrijeme mjeri vrijeme. Znači da je udaljenost do nekog objekta razmjerna sa izmjerenim vremenom. Ovaj sklop (slika 6.) služi da se platforma ne bi sudarala s drugim objektima.

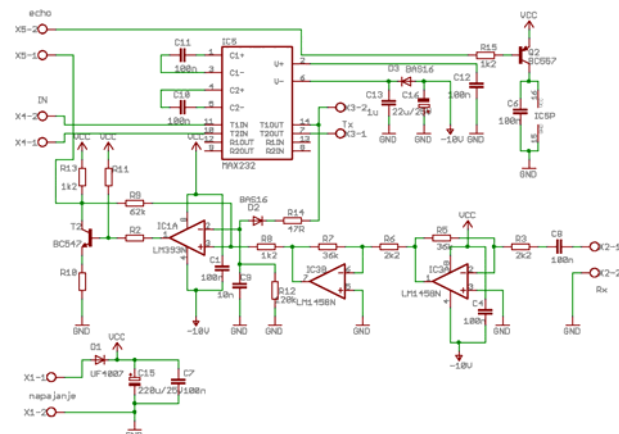
Predajna strana može biti jednostavno upravljana direktno s mikrokontrolera. Napajanje od 5V može detektirati samo velike objekte i može biti problem za detekciju malih objekata. Budući da predajnik može podnijeti 20V, napajanje treba podići što bliže tom iznosu. Integrirani krug IC5 MAX232 koji se koristi za

RS232 komunikaciju, može poslužiti za podizanje napona na oko 16V.

Prijamnik je klasičan krug sa dvostupanjskim operacijskim pojačalom. Ulazni kondenzator blokira istosmjerni signal koji se uvijek može pojaviti. Svaki stupanj ima pojačanje postavljeno na 24, tako da je ukupno pojačanje 576 puta. To je gotovo jednako maksimalnom pojačanju IC3 LM1458 koje pri 40kHz iznosi 25. Izlaz pojačala je spojen na IC1 LM393 komparator. Povratna veza osigurava histerezu koja daje stabilne vrijednosti signala na izlazu.

Kod ovog sklopa postoji problem mjerenja malih udaljenosti (1-2cm) jer bi prijamnik direktno pokupio signal s predajnika koji je odmah pokraj njega. Piezzo predajnik je mehanička komponenta koja nastavlja rezonirati još neko vrijeme nakon što mu se prestane slati signal. Zato je teško razlikovati direktno dobiveni signal od signala odjeka. Da bi se registrirao samo reflektirani signal potrebno je ostvariti kašnjenje prijema signala. Vremensku konstantu na shemi (slika 6.) definiraju R12 i C9. Negativni napon za napajanje operacijskog pojačala i komparatora je generiran s IC5 MAX232. On generira visokofrekventni šum i zbog toga ga treba gasiti kada se čeka reflektirani signal. Punjenje C16 (22uF) drži isključeno napajanje IC5 MAX232 tako dugo dok ne dođe do prijema odjeka.

Mikrokontroler generira 8 impulsa frekvencije 40kHz. Kada je odjek vod u jedinici, IC5 MAX232 je također isključen. Zbog gašenja MAX232 treba pričekati 10ms između mjerenja da se napon +/-10V stigne generirati. Maksimalni domet ovog ultrazvučnog daljinomjera je malo iznad 3m, a maksimalna potrošnja struje je manja od 50mA.

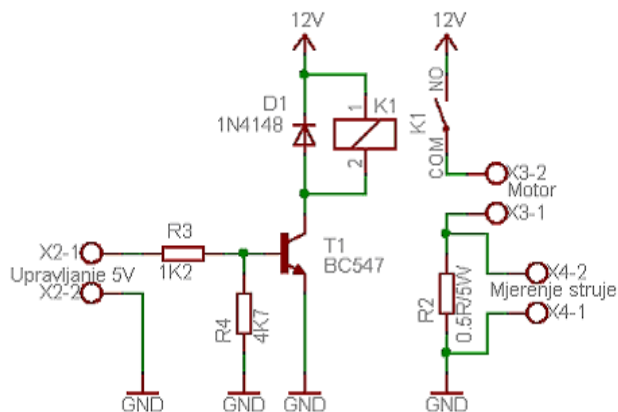


Slika 6. Električna shema ultrazvučnog daljinomjera

2.7. Relejno upravljanje

Ovaj sklop prikazan na električnoj shemi (slika 7.) služi za upravljanje radnim motorom i mjerenje njegove struje. Otpornik R4 služi za pritezanje baze tranzistora T1 u logičku „0“ sve dok se ne dovede na ulaz „upravljanje“ logička „1“. Tada provede tranzistor i poteče struja kroz zavojnicu releja K1 koji uključuje elektromotor. Zbog zaštite tranzistora, paralelno zavojnici releja treba spojiti diodu zato jer je zavojnica induktivno trošilo. Na otporniku snage R2 mjeri se pad napona koji uzrokuje struja koja teče kroz motor kada je relej u stanju vođenja

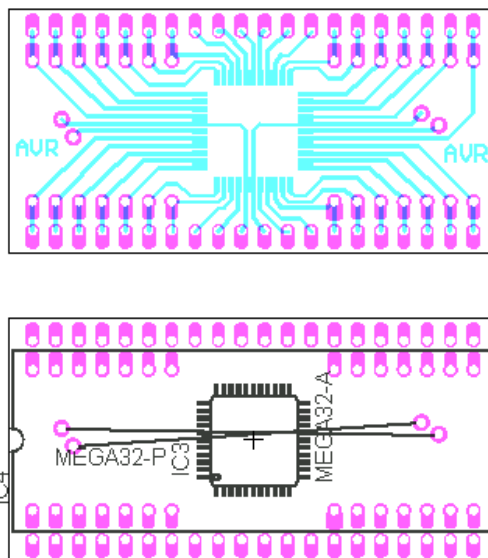
(kontakti zatvoreni). Otpornik snage mora biti minimalne snage 5W zbog velike struje i disipacije snage na njemu.



Slika 7. Električna shema relejnog upravljanja

2.8. Adapter za mikrokontroler

Ovaj adapter (slika 8.) služi tome da se u podnožje od mikrokontrolera koji ima standardne nožice može staviti mikrokontroler koji je namijenjen za površinsku montažu. Ovo je napravljeno zato jer je mikrokontroler u kućištu za površinsku montažu dosta jeftiniji od mikrokontrolera sa standardnim nožicama. Ovaj adapter služi samo za mikrokontrolere ATmega16 i ATmega32.

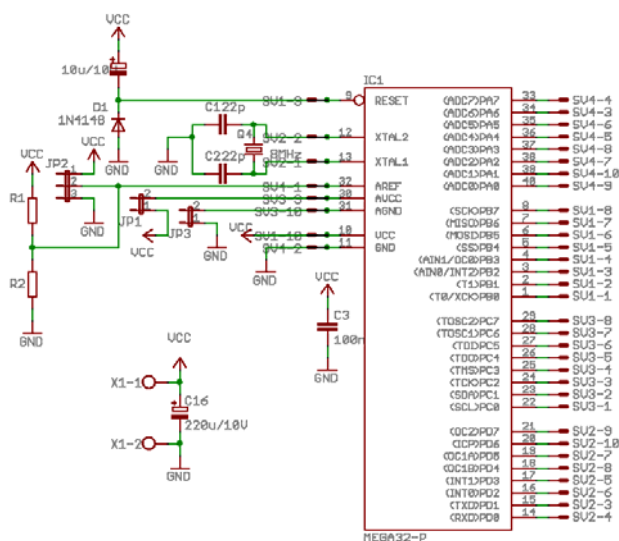


Slika 8. a) Raspored vodova
b) Montažna shema adaptera

2.9. Modul za upravljanje motorima

Modul za upravljanje motorima sadrži sklopovlje za upravljanje pogonskih motora i radnog mehanizma. Spojen je na komunikacijsku sabirnicu preko koje mu ostali moduli šalju podatke za upravljanje motora. Na tu sabirnicu se spajaju svi mikrokontrolerski moduli i komuniciraju serijski po RS232 protokolu. Komunikacija ima i semafor liniju koja služi za detekciju zauzetosti

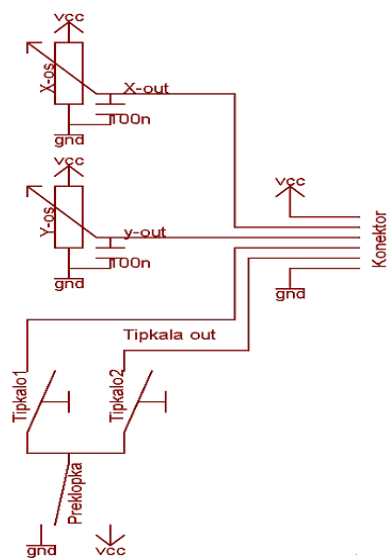
komunikacijskih linija. Modul za upravljanje motorima prima samo upravljačke podatke s modula prijenosne kartice. Podatak koji je namijenjen upravljanju pogonskih motora preračunava se u smjer i u pulsno širinsku modulaciju pomoću koje se kontrolira snaga pogonskih motora. Kao povratna informacija o stvarnom broju okretaja pogonskih motora se koriste optički enkoderi koji su učvršćeni na kotače. Za pogon se koriste stražnji kotači. Sklopovlje za upravljanje radnim motorom je jednostavnije jer obavlja samo uključanja i isključenja. U slučaju zaglavljenja bilo kojeg motora, mikrokontroler šalje alarm da je struja dotičnog motora prevelika. Mjerenje struje se koristi da bi se zaštitila kompletna elektronika, akumulator i motor. Upravljački modul mjeri i napunjenost akumulatora ili mjeri pad napona na otporniku snage. Napunjenost akumulatora upravljački modul šalje samo na zahtjev drugih modula. Kada napon padne ispod dopuštenog, mikrokontroler će poslati alarm modulu prijenosne memorijske kartice. Jezgra uređaja je ATmega32 koji ima 32kb flash memorije. Ovaj mikrokontroler se može zamijeniti i s ATmega16 mikrokontrolerom čiji je pin kompatibilan s korištenim mikrokontrolerom, ali ima upola manje flash memorije. U ovoj aplikaciji mikrokontroleri rade s taktom 1MHz. Za resetiranje sklopa kod uključanja upotrijebljen je kondenzator 10 μ F. Mikrokontroler treba biti u podnožju jer će se možda jednom mijenjati novijom verzijom. Na priključnicu X1 dovodi se napajanje 5V. Na napajanje je stavljen blok kondenzator C3 100nF za filtriranje smetnji i elektrolitski kondenzator koji služi kao spremnik energije da izravna eventualne propade napona. Svi pinovi mikrokontrolera su izvedeni na 10-pinske konektore u koje se utiču konektori sa savitljivim kablovima radi što lakšeg povezivanja ostalih modula i periferijalnih pločica. Na pločici je ostavljena i mogućnost spajanja eksternog oscilatora od kvarcnog kristala X4 frekvencije 8Mhz. Ova mogućnost je ostavljena zbog toga jer je maksimalna radna frekvencija mikrokontrolera 8 MHz, a eksterni oscilatori su puno točniji od internih. Mogu se dovesti i razni kombinacije napona za naponske reference za analogno-digitalni pretvarač.



Slika 9. Električna shema glavne pločice

2.10. Upravljanje uz pomoć upravljačke palice

Analogna upravljačka palica šalje naredbe za upravljanje platforme putem radiopredajnika koji radi na 433MHz. Poslani podatak predajnik amplitudnom modulacijom modulira na val nosilac čija je frekvencija 433Mhz. Prijamnik prima taj podatak, filtrira ga, odstranjuje taj val nosilac i na kraju ostaje samo čisti signal. Domet radio modula je do 50m. Pomoću upravljačke palice se može uključivati i isključivati platformu, uključivati i isključivati radni motor i upravljati brzinom i smjerom kretanja platforme. Platforma radi sve dok je pritisnuta tipka za uključenost na upravljačkoj palici. Kada se otpusti ta tipka, kosilica prestaje raditi. Ako se platforma počne nekontrolirano ponašati ili ako radni mehanizam zahvati nešto što ne bi smio, čovjek koji upravlja upravljačkom palicom automatski pušta upravljačku palicu i automatski se isključuje cijela platforma. Druga tipka služi za uključanje i isključenje radnog mehanizma, dok se pomicanjem palice zadaje smjer kretanja platforme. Upravljačka palica se sastoji od dva potencijometra koji se pomiču kako se pomiče palica. Na krajnje pinove je spojeno napajanje, tako da srednji pin klizi od minimalnog (0V) do maksimalnog potencijala (5V). Znači da je dovoljno samo dovesti signal s tih potencijometara na analogne ulaze mikrokontrolera i mjeriti njihov napon i odmah će se znati točan položaj palice. I na te vodove treba spojiti blok kondenzatore od 100nF prema masi da filtriraju smetnje inducirane u vodovima budući da su motori jak izvor elektromagnetskih smetnji.



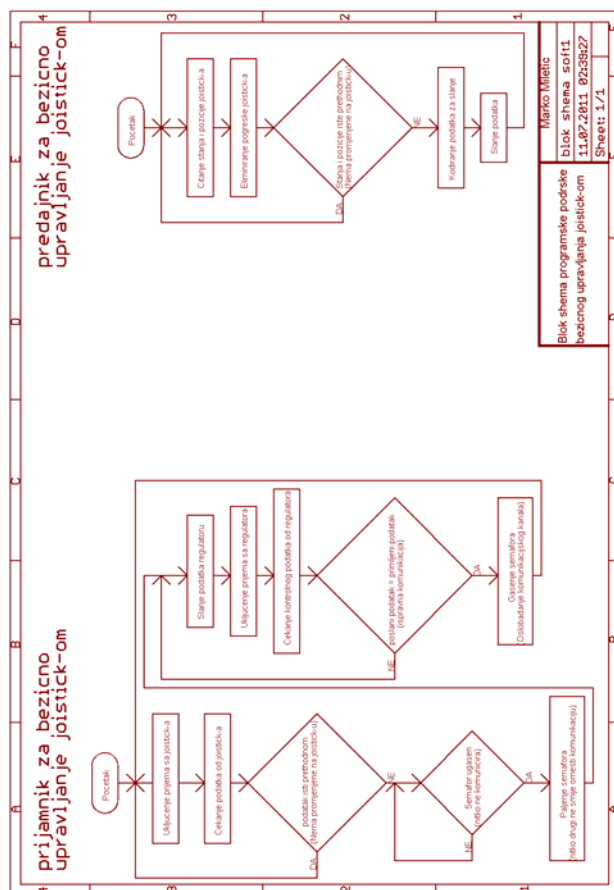
Slika 10. Unutarnja električna shema upravljačke palice

3. PROGRAMSKA PODRŠKA

Dijagram toka programa predajnika za bežično upravljanje upravljačkom palicom vidi se na slici 11. Prvo se čitaju stanja tipkala na upravljačkoj palici i pozicija u kojoj se ona nalazi. Zatim se eliminira greška osciliranja pročitane analogne vrijednosti. Ako su stanja tipkala na upravljačkoj palici i njena pozicija ostali

nepromijenjeni, onda se ponovno čitaju stanja tipkala i pozicije upravljačke palice sve dok se stanja ili pozicija ne promijene. Kada se dogodi neka promjena na upravljačkoj palici, onda se očitani podaci s upravljačke palice kodiraju i šalju prijammiku.

Dijagram toka programa prijammika za bežično upravljanje upravljačkom palicom vidi se na slici 11. Najprije se uključi prijem s predajnika i čeka se podatak. Kada on stigne, povjerava se je li podatak isti kao prethodno primljen. Ako je podatak isti, opet se čeka novi podatak, a ako nije isti, onda se čeka isključenje semafora, tj. da se oslobode komunikacijske linije. Kada se komunikacijske linije oslobode, uključuje se semafor i šalju se podaci regulatoru. Nakon toga se uključuje prijem s regulatora i čeka se da regulator pošalje nazad primljeni podatak. Ako je primljeni podatak identičan poslanom, gasi se semafor, tj. oslobađaju se komunikacijske linije, a ako primljeni podatak nije identičan poslanom, onda se ponovno šalje podatak sve dok se od regulatora ne dobije identičan podatak onome koji mu je poslan.



Slika 11. Dijagram toka programa bežičnog upravljanja upravljačkom palicom

4. ZAKLJUČAK

Primjena ostvarene pokretne platforme može biti raznovrsna. Umjesto radnog mehanizma za košnju trave može se montirati neki drugi radni mehanizam. Uz promjenu programa ovaj upravljački uređaj može obavljati različite poslove: usisavanje, razminiranje, gašenje opasnih požara i dr. Iako je realizirana pokretna platforma u praksi pokazala da može ispuniti definirane zahtjeve, ostaje otvorena za daljnja poboljšanja, naročito u konstrukcijskom i programskom dijelu. U sljedećoj verziji bi trebalo staviti preciznije enkodere s većim brojem zazora i motore s manjim prijenosnim omjerom. Tako bi se osjetilo kada se kosilica počne vrtjeti u prazno (kotač ubrzano vrti) ili kada kosilica negdje zapne (kotač uspori vrtnju). Na prednje kotače također se mogu postaviti enkodери da bi informacije o kretanju bile točnije. Trebalo bi napraviti i baznu stanicu za punjenje na koju bi se platforma sama došla napuniti kada je akumulator prazan.

5. LITERATURA

- [1] Biljanović P.: Elektronički sklopovi, Školska knjiga, Zagreb, 1989.
- [2] Paunović S.: Elektronički sklopovi, Element, Zagreb, 2006.
- [3] http://en.wikipedia.org/wiki/Lawn_mower, lipanj 2011.

Kontakt:

mr.sc. Ivan Šumiga, dipl.ing.
Veleučilište Varaždin
J.Križanića bb
42000 Varaždin

mail:

ivan.sumiga@velv.hr

DETEKTOR PLINA SA SMS UPRAVLJANJEM

Šumiga I.¹, Boj B.¹, Horvatić M.¹

¹Veleučilište u Varaždinu, Varaždin, Hrvatska

Sažetak: U radu je opisan detektor za otkrivanje različitih vrsta plinova upravljan pomoću SMS poruka. Zvučna i svjetlosna signalizacija alarma je ostvarena preko piezo zujalice i treperenja crvene LED diode. Dojava alarma izvedena je pozivom i SMS porukom. Implementirane su i zaštitne mjere da se spriječi izlazak plina u prostoriju.

Ključne riječi: detektor plina, plin, SMS upravljanje, dojava alarma, ugljični monoksid

Abstract: This paper describes the detector for the detection of different types of gases controlled via SMS. Sound and light alarm signals are realized through the piezo buzzer and flashing the red LED. Alarm annunciation is realized with the alarm calls and text messages. Safeguards are implemented to prevent the release of the gas in the room.

Key words: gas detector, gas, SMS control, alarm annunciation, carbon monoxide

1. UVOD

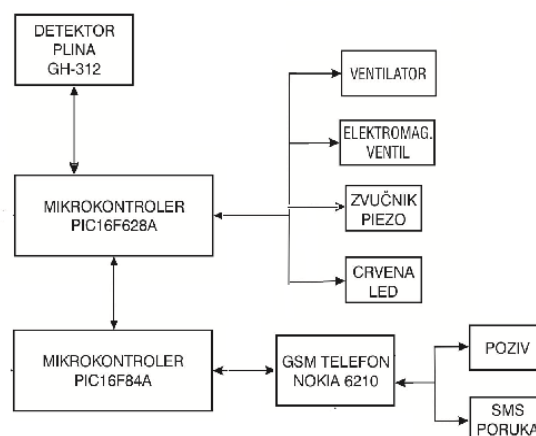
Detektor plina sa SMS upravljanjem namijenjen je za nadzor nad objektima gdje postoji mogućnost stvaranja eksplozivnih i otrovnih koncentracija plinova i para. Poluvodičkog je tipa i može reagirati na široki spektar raznih plinova: butan, propan, zemni plin, metan, alkohol, vodik, ugljični monoksid i dim. Najvažnija svrha takvog uređaja je zaštititi ljudske živote i objekte od nesreća koje se mogu dogoditi kod istjecanja plina. Detektor plina sa SMS upravljanjem obavještava osobe u neposrednoj blizini zvučnom i svjetlosnom signalizacijom, a za potrebe daljinskog upravljanja i nadzora koriste se SMS poruke s mogućnošću uključenja i isključenja detektora plina. Da se spriječi izlazak zemnog plina u prostoriju iz nekog plinskog trošila predviđeno je zatvaranje dovoda plina preko releja, dok se u isto vrijeme ventilatorom prozračuje prostor. Detektor plina je praktičan za ugradnju u bilo koji zatvoreni prostor u kojem borave ljudi ili životinje, a postoji mogućnost pojave nekog od plinova na koje ugrađeni senzor reagira.

2. SKLOPOVI UREĐAJA

2.1. Opis sustava za detekciju plina

Kod izbora senzora cilj je bio pronaći onaj koji ima mogućnost detekcije što više različitih vrsta plinova. Senzori su najčešće orijentirani na otkrivanje samo jedne vrste plina. Najviše ih je za otkrivanje ugljičnog monoksida i zemnog plina. Takvi senzori mogu uz tvorničku kalibraciju postići najbolju osjetljivost u otkrivanju plina. Senzori za detekciju šireg spektra plinova nemaju tako dobro podešenu osjetljivost za sve plinove jer je potrebno izvesti najbolju moguću kalibraciju za detekciju šireg spektra plinova. Budući da je na tržištu mnogo različitih senzora plinova, trebalo je odabrati senzor koji zadovoljava kućnu i industrijsku upotrebu. Odabran je modul senzora plina GH-312 prikazan na slici 4.

Napajanje modula GH-312 je od 9 do 20V istosmjernim naponom. Stalno napajanje cijelog uređaja je ostvareno preko transformatora Torytrans 230V/12V, 33VA. Za stabilan rad sklopova korišten je stabilizator napona MC7812.

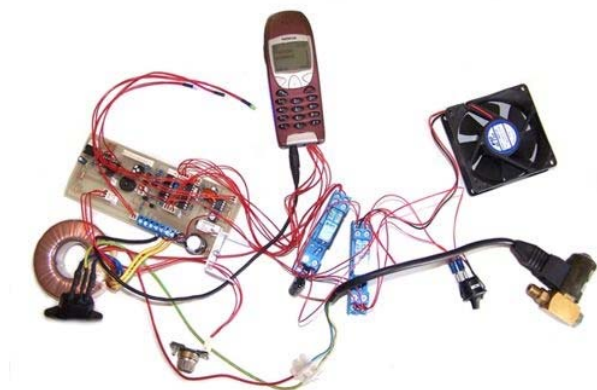


Slika 1. Blokovski prikaz detektora plina sa SMS upravljanjem

Kad senzor detektira plin, na izlazu daje napon od 5V. Taj signal se dovodi na digitalni ulaz mikrokontrolera PIC16F628A, koji po detekciji plina aktivira alarm i šalje podatak drugom mikrokontroleru, PIC16F84A. On

prosljeđuje podatak mobitelu Nokia, model 6210, koji ima interni modem (slika 1.). Uređaj za detekciju plina se napaja preko baterije mobitela. Kontinuirano punjenje baterije realizirano je preko DC/DC pretvarača MC34063.

Slanjem naredbi u SMS poruci može se uključiti i isključiti detektora plina. Aktiviranje alarma može inicirati slanje poruke i/ili poziva mobitelom. Zvučna i svjetlosna signalizacija alarma je ostvarena preko piezo zujalice i treperenja crvene LED diode. Da se spriječi istjecanje zemnog plina iz nekog trošila u prostoriju, dovod plina zatvara se preko releja s elektromagnetskim ventilom. U isto vrijeme preko drugog releja ventilira se prostor uključivanjem ventilatora FU DC FAN 12V.



Slika 2. Detektor plina sa SMS upravljanjem izvan kutije



Slika 3. Konačni izgled detektora plina sa SMS upravljanjem

2.2. Opis modula senzora plina GH-312

Glavni dio modula GH-312 je senzor plina MQ-2 koji otkriva širok spektar plinova: zemni plin, plinove butan, metan, propan, pare alkohola, vodika, ugljični monoksid i dim.

Modul senzora plina GH-312 napajan je naponom 12V. Projektiran je tako da na izlazu daje dvije vrijednosti napona. Kada se na izlazu pojavi napon od 5V tada je detektirano prisustvo plina, a kada je na izlazu 0V tada nema detektiranog plina. Izlaz je spojen na tranzistor snage koji uključuje relej i daje signal za uključivanje dojave mikrokontroleru. U modul je integrirana crvena LED dioda koja svijetli kada je detektiran plin. Potrošnja

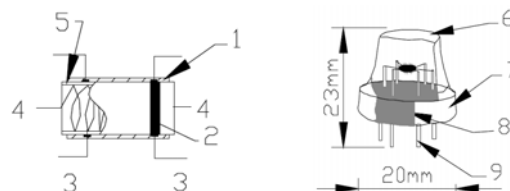
senzora u stanju kada nije detektiran plin manja je od 800 mW. Modul senzora plina GH-312 je malih dimenzija, 33,5 mm x 21,5 mm, i lako se može ugraditi na predviđeno mjesto za najbolju detekciju plinova.



Slika 4. Modul GH-312

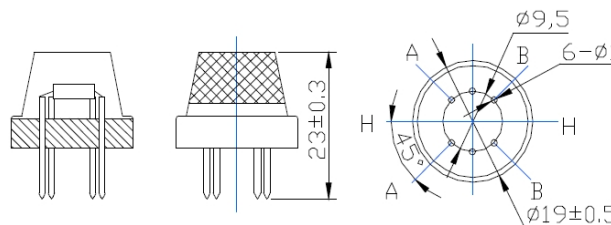
Jedan senzor pokriva prostor od 10 m³, dok je za veće prostore potrebno koristiti više modula.

Senzor plina MQ-2 ima širok spektar otkrivanja plinova. Njegove glavne karakteristike su brz odziv, visoka osjetljivost, stabilnost karakteristika i dugi vijek trajanja. Primijenjuje se za otkrivanje istjecanja plinova u obiteljskim kućama kao i industrijskim pogonima. Slika 5. prikazuje senzor MQ-2 s numeriranim dijelovima koji su opisani u nastavku.



Slika 5. Senzor plina MQ-2 [4]

1. Sloj za očitavanje plina (SnO_2 – kositreni oksid)
2. Elektroda (Au – zlato)
3. Elektroдна linija (Pt -Platina)
4. Zavojnica grijača (Ni Cr slitina – nikal-krom slitina)
5. Cijev od keramike (Al_2O_3 – aluminijski oksid)
6. Antieksplzijska mrežica (nehrđajući čelik)
7. Obujmica (bakren – oplata od nikla)
8. Baza od smole (bakelit)
9. Pin (bakren – oplata od nikla)

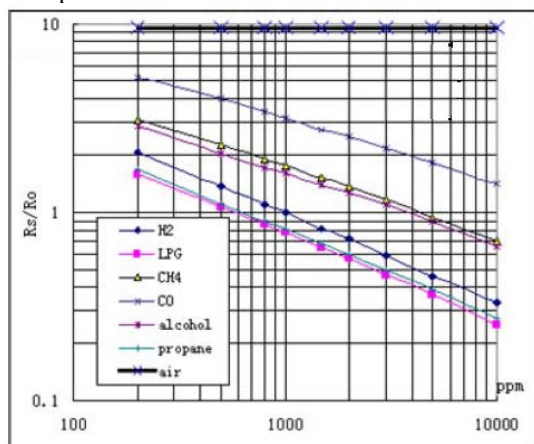


Slika 6. Struktura i konfiguracija MQ-2 senzora plina [4]

Na slici 6. prikazana je struktura i konfiguracija MQ-2 senzora plina. Senzor se sastoji od jako male keramičke (Al_2O_3) cijevi i osjetljivog sloja kositrenog oksida (SnO_2) za očitavanje plina. Mjerne elektrode i grijač su fiksno ugrađeni u sloj od plastike i nehrđajućeg čelika. Grijanje

pruža potrebne radne uvjete osjetljivih dijelova senzora. Senzor ima 6 pinova, 4 od njih se koriste za dohvrat signala, a druga dva se koriste za potrebe grijača.

Slika 7. prikazuje karakteristike osjetljivosti senzora za različite plinove.



Slika 7. Karakteristike osjetljivosti MQ-2 senzora [4]

Da bi osjetljivost senzora ostala na visokoj razini, on ne smije biti izložen organskim silicijskim parama jer pri njihovom prisustvu senzor više ne radi. U prisustvu lužina, soli alkalijskih metala, halogenih zagađenja dolazi do smanjenja osjetljivosti senzora. Kod prisustva korozivnih plinova također dolazi do korozije i prigušenja osjetljivosti. Senzor ne smije biti navlažen jer se tada smanjuje osjetljivost, a ne smije biti izložen i zamrzavanju. U slučaju priključenja napona većeg od 20V dolazi do oštećenja grijača senzora i smanjenja osjetljivosti.

Potrebno je izbjegavati prostor u kojem se kondenzira vodena para, treba izbjegavati visoke koncentracije plina, kontinuirane vibracije, visoke temperature, visoke vlažnosti i zagađenja.

2.3. Namjena mikrokontrolera u sklopu

Mikrokontroler PIC 16F84A omogućuje razmjenu podataka između sklopa za detekciju plina baziranog na mikrokontroleru PIC16F628A i mobilnog uređaja Nokia 6210.

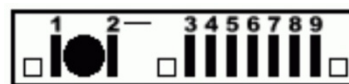
Drugi mikrokontroler, PIC16F628A, namijenjen je za kontrolu detektora plina, aktiviranje alarma i slanje poruke mikrokontroleru PIC16F84 koji je proslijeđuje Nokiji 6210. Mikrokontroler kontrolira relej na izlazu i senzor na ulazu.

2.4. Mobilni telefon NOKIA 6210

U detektoru plina sa SMS upravljanjem korišten je mobilni telefon proizvođača Nokia prikazan na slikama 8 i 9, tip NPE-3NX, model 6210. GSM ima interni modem čija je brzina prijenosa podataka 9600 bit/s. Baterija je nadopunjiva Li-ionskom, tip baterije je BLS-2N, maksimalni napon koji baterija daje na izlazu je 3.6V istosmjerno. Za punjenje baterije potrebno je istosmjerno napajanje od 5.5V. Punjač se sastoji od DC/DC pretvarača MC34063.



Slika 8. Mobilni telefon Nokia 6210



Slika 9. Nokia 6210 konektor

Opis izlaznih signala konektora sa slike 9.:

- 1 - V In
- 2 - Chrg Control
- 3 - XMic / Device Selektor
- 4 - SGnd / DLR-3 VCC
- 5 - XEar / DLR-3 RTS
- 6 - MBus
- 7 - FBus Rx / Modem
- 8 - FBus Tx / Modem
- 9 - LGnd F

2.5. Programi mikrokontrolera

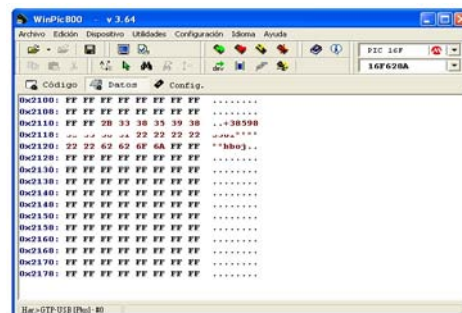
Mikrokontroler PIC 16F84A se koristi za postavljanje mobilnog telefona Nokia 6210 koji ima interni AT modem u podatkovni režim rada i aktiviranje FBUS-a (Fast Bus). Program za ovaj mikrokontroler treba preko podatkovnog kabela DLR-3P omogućiti dvosmjernu serijsku komunikaciju mikrokontrolera Nokia 6210 i preuzet je s adrese:

www.atrox.at/datacable/dlr3/index.html.

Program za SMS upravljanje se upisuje u programsku memoriju mikrokontrolera PIC 16F628A. U EEPROM (Electric Erasable Programmable Read Only Memory) prostor potrebno je upisati broj SMSC (Short Message Service Center) i korisnikovu početnu šifru. Broj SMSC je potreban da bi GSM kontroler mogao poslati SMS poruku i zvati korisnika na njegov broj telefona.

Općenito, kada jedan korisnik šalje SMS poruku drugom, poruka se prvo pohranjuje u SMSC koji dostavlja SMS krajnjem korisniku kada je dostupan.

Na slici 10. prikazan je uneseni broj SMSC i šifra.



Slika 10. Unos broja SMSC i šifre

Prvi dio memorije, 18 bajta je predviđeno za pohranjivanje broja s kojim će se komunicirati, a nakon toga dolazi broj SMSC koji može zauzeti 16 memorijskih lokacija (bajta). Dalje slijedi upisivanje šifre korisnika koja zauzima 4 memorijske lokacije. Šifra može sadržavati kombinaciju malih i velikih slova, karaktera, brojeva ili znakova.

Na slici 10. se vidi da je broj SMSC +38598xxx, a šifra je 'bboj'.

Slanjem naredbi u SMS poruci može se uključiti i isključiti detektor plina. Isto tako se naredbama provjerava stanje senzora. Definira se i to hoće li se u slučaju detekcije plina aktivirati poziv i poslati SMS poruka ili samo poslati SMS poruka.

Naredbe u SMS porukama su formata (bez navodnika) «naredba.parametar».

Uređaj svoje poruke šalje korisniku na zadani broj, a korisnik kod slanja SMS poruke mora poslati i svoju šifru da bi poruka bila prihvaćena. SMS kontroler periodički provjerava status SMS poruka. Kako nailaze nove poruke, tako se redom obrađuju i brišu.

3. TESTIRANJE DETEKTORA PLINA

Na slici 11. prikazana je dojava alarma uspostavom poziva.

Testirana je zvučna i svjetlosna signalizacija alarma realizirana preko piezo zujalice i treperenja crvene LED diode. Testiranje je provedeno ispuštanjem zemnog plina u blizini senzora detektora plina. Da spriječi istjecanje zemnog plina u prostoriju, uređaj je zatvorio dovod plina preko releja s elektromagnetskim ventilom. U isto vrijeme preko drugog releja prozračen prostor uključivanjem ventilatora. U nadziranoj prostoriji taj ventilator bi trebao biti smješten na otvoru na vanjskom zidu objekta. Kada koncentracija plina u zraku padne ispod razine koju senzor plina još može detektirati, isključuje se zvučna i svjetlosna signalizacija uređaja. Ventilator prestaje provjetravati, a elektromagnetski ventil ne otvara dotok plina tako dugo dok se ne ukloni kvar, tj. istjecanje plina u prostor. Kad se kvar ukloni, preko releja se ponovo otvori dotok plina pomoću elektromagnetskog ventila. Time je uspješno provedeno testiranje uređaja.



Slika 11. Dojava alarma SMS porukom

4. ZAKLJUČAK

Svrha izrade detektora plina sa SMS upravljanjem je zaštita ljudskih života u zatvorenom prostoru i zaštita objekata od šteta koje se mogu dogoditi zbog istjecanja plina. Uređaj može detektirati plin ugljični monoksid koji nastaje zbog nepotpunog izgaranja goriva, a opasan je za ljude i u manjim koncentracijama. Kako bi se obuhvatilo što više opasnih plinova, odabran je senzor plina koji ima širok spektar detekcije plinova. Projektirani uređaj na bazi PIC mikrokontrolera ima mogućnost dojava detekcije plina pozivom, slanja SMS poruke i signalizacije prisustva plina. Uređaj može automatski prekinuti dovod plina u prostoriju i pokrenuti ventilaciju. Radom uređaja može se upravljati preko mobilnog telefona.

5. LITERATURA

- [1.] <http://www.emartee.com/product/41794/Smoke-Sensor-Module-GH-312>, veljača 2011.
- [2.] <http://hwsensor.com/products.shtml>, veljača 2011.
- [3.] http://www.merkantile.hr/Product_Details.aspx?id=684, ožujak 2011.
- [4.] <http://www.parallax.com/Portals/0/Downloads/docs/prod/sens/MQ-2Datasheet.pdf>, ožujak 2011.
- [5.] <http://www.elektronika.ba/tiny-gsm-alarm-system> svibanj, 2011.
- [6.] <http://www.microchip.com/>, svibanj 2011.
- [7.] <http://www.findernet.com/comuni/pdf/S40FR.pdf> lipanj 2011.
- [8.] <http://www.valmatic.com/brochures/GeneralProduct.pdf>, lipanj 2011.
- [9.] <http://www.torytrans.com/fileadmin/Fichasarticulos/CatalogoProductos.pdf> lipanj 2011.
- [10.] <http://www.datasheetcatalog.com/datasheets/pdf/MC7812.shtml>, lipanj 2011.
- [11.] <http://www.atrox.at/datacable/dlr3/index.html> lipanj 2011.
- [12.] <http://www.circuit-lab.com/2010/06/cheap-switch-mode-dc-dc-converter.html> lipanj 2011.

Kontakt:

mr.sc. Ivan Šumiga, dipl.ing
Veleučilište u Varaždinu
Križanićeva 33, 42000 Varaždin
ivan.sumiga@velv.hr

IZVEDBA PROGRAMSKOG RJEŠENJA ZA OČITAVANJE RADNIH AKTIVNOSTI VOZAČA S DIGITALNIH TAHOGRAFSKIH KARTICA

Matija Mikac¹, Vladimir Mikac²

¹Veleučilište u Varaždinu, Varaždin, Hrvatska

²Inter-biz, Informatičke usluge, Varaždin, Hrvatska

Sažetak: Pitanje sigurnosti u javnom prijevozu i prometu roba i putnika oduvijek je bilo od iznimne važnosti. Direktna veza sigurnosti i sposobnosti vozača da efikasno i sigurno obave određene aktivnosti (vožnja) potaknula je razvoj uređaja koji bilježe radne aktivnosti mobilnih radnika, tzv. tahografe. U sva nova vozila za prijevoz roba i putnika tvornički se ugrađuju digitalni uređaji za spremanje informacija o radnim aktivnostima – digitalni tahografi. Način pohrane i dohвата podataka je standardiziran. Svakom vozaču se u ovlaštenoj agenciji izdaje digitalna kartica koju mora koristiti u vrijeme vožnje. Na nju se pohranjuju sve informacije i ona je ključan element kontrolnog sustava. Ovaj članak daje pregled dijela standarda za pohranu informacija na kartice vozača, a opisuju se i razvijena programska rješenja za očitavanje i interpretaciju podataka s kartica korištenjem standardnih čitača pametnih kartica.

Ključne riječi: digitalni tahograf, radne aktivnosti vozača, čitanje kartica vozača, čitač pametnih kartica

Abstract: Safety in public and cargo transportation has always been of utmost importance. Public transport safety regulations are directly related to driver capabilities that enable efficient and safe accomplishment of certain work activities (driving) and have prompted the development of devices that record work activities of mobile workers – tachographs. Digital devices that record information about work activities – digital tachographs – are being installed in all new cargo and passenger transport vehicles. Data storage and retrieval are standardized – a digital card which must be used during driving is given to each driver by an authorized agency – all the information is stored on that card and the card is an essential part of the control system. This article provides an overview of part of the standard for data storage on the digital driver card and a description of the program solution which has been developed for downloading and interpreting data from the cards by using standard smart card readers.

Key words: digital tachograph, driver activities, driver card data fetching, smartcard reader

Profesionalni vozači i mobilni radnici (kako se zakonom i pravilnicima kategoriziraju) obavljaju određene aktivnosti za vrijeme svog radnog vremena. Definirane su četiri vrste radnih aktivnosti: vožnja, spremnost za rad, ostali rad i odmor. Zbog specifičnosti obavljanih djelatnosti, iznimna važnost se pridaje pitanju sigurnosti u javnom prijevozu i prometu robe i putnika. Zbog toga su zakonski definirana pravila kojih se mobilni radnici moraju pridržavati u obavljanju svog posla. Sama pravila su više-manje standardizirana i u Republici Hrvatskoj preuzeta iz zakonske regulative Europske unije i pravila koje definira sporazum o radu posade na vozilima koji obavljaju međunarodni cestovni prijevoz (AETR). Ideja propisivanja pravila svodi se na ograničavanje maksimalne dopuštene duljine vožnje bez zaustavljanja i odmora, maksimalne do duljine vožnje dnevno ili tjedno i sl. Posebna pozornost stavlja se na obavezne odmore i samo trajanje odmora vozača. Kako bi se propisani uvjeti mogli kontrolirati, obaveza je svih prijevoznčkih tvrtki voditi propisane evidencije za radnike koji ugovorno ili kao stalni zaposlenici ulaze u kategoriju mobilnih radnika. Jasno je da bez dobrih informacija o obavljenim aktivnostima takvu evidenciju nije moguće precizno voditi, a uređaji koji se koriste za bilježenje evidencije nazivaju se tahografi. Stara generacija uređaja, tzv. analogni tahografi, za pohranu informacije o vožnji i drugim aktivnostima koristili su analogni zapis, pri čemu je na kružni tahografski listić iscrtaivan status vozača. Nova generacija uređaja koja je obavezna u svim novim vozilima za prijevoz roba i putnika u potpunosti je digitalna, što olakšava i ubrzava obradu potrebnih informacija. Digitalni tahografi snimaju podatke o aktivnostima vozača na kartice vozača – svakom vozaču ovlaštena državna agencija izdaje jedinstvenu digitalnu karticu. Vozač je istu dužan umetnuti u tahograf uvijek kad obavlja neku od radnih aktivnosti vezanih uz konkretno vozilo. Istodobno digitalni tahograf, osim osnovnih informacija identičnih podacima na karticama vozača, u vlastitu memoriju pohranjuje podatke o kretanju vozila, o manipulacijama i korištenju samog uređaja itd.

Ovaj članak govori o razvoju programskog rješenja za očitavanje zapisa o radnim aktivnostima s digitalnih kartica vozača. Prvo poglavlje opisuje važeću zakonsku regulativu i referencira se na specifikacije vezane uz same digitalne tahografe. Drugo poglavlje daje pregled specifikacije digitalnih kartica u sustavu digitalnih tahografa, te razrađuje strukturu zapisa na digitalnim

1. UVOD

karticama vozača, kao i protokol za dohvat podataka pohranjenih na kartici. U trećem poglavlju izneseni su detalji vezani uz implementaciju programskog rješenja kojim je omogućen prijenos podataka s kartice vozača na računalo, uz korištenje standardnih čitača pametnih kartica (*smartcard* čitača). Četvrto poglavlje opisuje programsko rješenje za pregled i interpretaciju snimljenih podataka. Peto poglavlje opisuje mogućnost korištenja dobivenih informacija u drugim programskim rješenjima specijaliziranim za samu evidenciju, obradu i analizu podataka o radnim aktivnostima mobilnih radnika.

Izvedena programska rješenja su nužni temelj za vođenje evidencije radnih aktivnosti vozača. Nakon što se podaci očitaju i pohrane u obliku standardom propisanih datoteka, moguće je učitavanje u druge programe koji osim evidencije omogućuju napredniju obradu i analizu podataka o aktivnostima.

2. ZAKONSKA REGULATIVA

Važeća zakonska regulativa u RH se uglavnom oslanja na pravila definirana u EU i državama potpisnicama AETR sporazuma. Glavni propis koji prijevoznike obavezuje na vođenje evidencije o radnim aktivnostima je Zakon o radnom vremenu, obveznim odmorima mobilnih radnika i uređajima za bilježenje u cestovnom prometu [1], te definirani Pravilnik o prijenosu podataka o radnom vremenu mobilnih radnika i o vođenju evidencije [2]. U Zakonu su detaljno definirana ograničenja i obaveze vozača što se tiče radnog vremena i odmora, kao i mnogo drugih stavki vezanih uz same uređaje za bilježenje radnih aktivnosti, uz tzv. tahografe. Posebno se razrađuje sustav korištenja digitalnih tahografa, nadgledanje i izdavanje kartica vozačima i poslodavcima. S druge strane, Pravilnik propisuje minimalne uvjete koje poslodavci moraju zadovoljiti vezano uz vođenje evidencije radnih aktivnosti i praćenje rada mobilnih radnika – definira se zahtijevani oblik izvještaja o radnim aktivnostima, propisuje izrada posebnih AETR potvrda za dane kad vozači ne obavljaju djelatnost itd.

Zakon se primjenjuje na:

- vozila čija je najveća dopuštena masa veća od 3.5 t
- vozila čija je dopuštena masa s priključnim vozilom veća od 3.5 t
- autobuse konstruirane ili trajno prilagođene za prijevoz više od devet putnika, uključujući i vozača

Od primjene Zakona izuzet je cestovni promet za:

- vozila kojima se obavlja javni prijevoz putnika na linijama ukupne udaljenosti do 50 km
- vozila koja ne mogu razviti brzinu veću od 40 km/h
- vozila u vlasništvu ili najmu oružanih snaga, policije, civilne zaštite i vatrogasaca, ako je prijevoz vezan uz poslove tih službi i obavljaju se pod njihovom kontrolom
- vozila kojima se obavlja nekomercijalni prijevoz humanitarne pomoći u izvanrednim okolnostima ili akcijama spašavanja

- specijalizirana vozila koja se koriste u medicinske svrhe
- specijalizirana vozila za popravak kvarova koja se kreću u krugu od 100 km od sjedišta tvrtke
- vozila koja se testiraju na cesti radi tehničkog razvoja, popravka ili održavanja, te novim ili prerađenim vozilima koja još nisu registrirana
- vozila ili kombinacije vozila čija najveća dopuštena masa nije veća od 7.5 t, a koja se koriste za nekomercijalni prijevoz tereta
- komercijalna vozila koja imaju povijesni status, a koja se koriste za nekomercijalni prijevoz putnika i tereta
- specijalna vozila za prijevoz pčela

Zakon se primjenjuje neovisno o državi registracije vozila na cestovni prijevoz na teritoriju RH i cestovni prijevoz između RH i država članica EU.

Za drugi međunarodni cestovni prijevoz izvan tih područja Zakon propisuje uvjete i primjenu AETR sporazuma.

Ukratko, Pravilnik propisuje nužne uvjete za vođenje evidencije radnih aktivnosti vozača od strane autoprijevoznika, dok Zakon detaljno razrađuje kompletni sustav za praćenje radnih aktivnosti, uz posebni naglasak na ograničenja i obaveze vozača. Nužan preduvjet za ispunjenje propisanih normi je mogućnost dohвата i elektroničke obrade i analize podataka o aktivnostima vozača. Da bi se to postiglo, treba osigurati prijenos i osnovnu obradu podataka s uređaja za bilježenje aktivnosti – tahografa.

2.1. Tahografi

Vozila na koja se Zakon primjenjuje moraju imati ugrađen tahograf kojeg vozači koriste na točno propisani način. Nova vozila koja se prvi put registriraju u RH nakon 1.1.2009. moraju imati ugrađeni **digitalni tahograf**. Aktualno stanje u RH je takvo da se u starijim vozilima koriste **analogni tahografi** koji zapise o aktivnostima bilježe na tahografske (papirne) listiće, dok su u novija vozila ugrađeni digitalni tahografi. Postoji i mogućnost naknadne ugradnje digitalnih tahografa u stara vozila, no to nije ničim uvjetovano ili zahtijevano. Ovim radom obrađuje se isključivo korištenje digitalnih tahografa. Slika 1. prikazuje jedan model digitalnog tahografa (proizvođač VDO, preuzeto s [3]).



Slika 1. Digitalni tahograf

Za korištenje digitalnih tahografa svakom se vozaču izdaje jedinstvena identifikacijska kartica koja ima vlastitu memoriju za pohranu informacija o radnim aktivnostima. Kartice se vozačima izdaju na pet godina, a

izdaje ih ovlašteno tijelo na razini ministarstva. U RH je to trenutačno Agencija za komercijalnu djelatnost d.o.o. (AKD). Primjer kartice vozača kakva se izdaje u RH prikazana je na slici 2. (nedostaje fotografija – generički izgled, preuzeto s [4]).



Slika 2. Primjer kartice vozača u RH

Osim kartica vozača, u sustavu nadzora i rada s digitalnim tahografima koriste se još tri tipa kartica: kartice prijevoznika (za tvrtku/vlasnika vozila), kartice radionice (za ovlaštene radionice koje servisiraju tahografe) i nadzorne kartice (nadzorna tijela – policija i sl.). Za razliku od kartica koje se koriste isključivo za pohranu podataka o radnim aktivnostima dotičnog vozača, korištenjem ostalih kartica omogućen je dohvat dodatnih informacija sa samog uređaja (podaci o svim vozačima, lokacije i brzine vožnje, detalji o korištenju uređaja itd.). Te kartice zapravo osiguravaju sigurnosne uvjete za pristup informacijama pohranjenim na uređaju. Osnovne specifikacije i zahtjevi za kartice koje se koriste u sustavu dane su u Pravilniku [5]. Detaljna tehnička i funkcionalna specifikacija koju moraju zadovoljiti svi uređaji i oprema korištena u sustavu digitalnih tahografa iznesena je u dokumentu koji je izdala Europska komisija [6]. Ključna informacija vezana uz ovaj rad je specifikacija strukture digitalnog zapisa na kartici vozača.

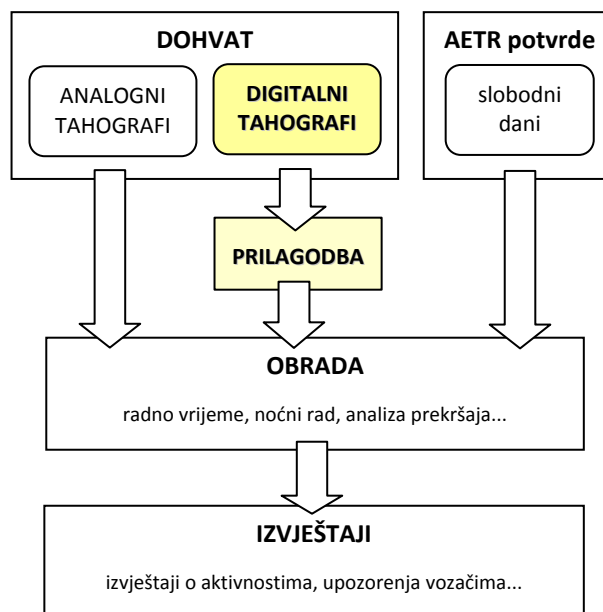
2.2. Podaci o radnim aktivnostima vozača

Kako bi zadovoljili propisane zakonske norme, autoprijevoznici su dužni evidentirati radne aktivnosti vozača. Prvi korak u tom postupku je dohvat podataka o radnim aktivnostima s uređaja ili medija za bilježenje aktivnosti – analognih ili digitalnih tahografa.

Pri korištenju analognih tahografa podaci se bilježe na papirnate tahografske listiće, pa je te podatke prije bilo kakve obrade i pohrane na računalu nužno digitalizirati – očitati osnovne informacije snimljene na listićima. To je postupak koji se može izvesti na više načina – najčešće skeniranjem i obradom grafičkog zapisa.

Pri korištenju digitalnih tahografa postupak dohvata podataka je znatno olakšan, između ostalog i zbog korištenja standardnih tehnologija, tzv. pametnih kartica (*smartcards*) – identifikacijskih memorijskih kartica na koje se pohranjuju bitni podaci.

Nakon što se podaci prenesu na računalo slijedi obrada istih, generiranje različitih propisanih izvješća, analiza prekršaja i izrada upozorenja za vozače itd. Ovim radom obrađuje se isključivo dio postupka vezan uz dohvat i prilagodbu podataka o aktivnostima vozača s digitalnih kartica, kako je naznačeno na slici 3.



Slika 3. Postupak evidencije radnih aktivnosti

Prilagodba podataka očitanih s digitalnih kartica je nužna jer podaci nisu direktno čitljivi, već treba napraviti konverziju prije pohrane u sustav za daljnju obradu.

3. DIGITALNE KARTICE I STRUKTURA ZAPISA

Kao što je spomenuto u prethodnom poglavlju, sustav pohrane podataka o radnim aktivnostima vozača uključuje nekoliko vrsta digitalnih memorijskih kartica:

- kartice vozača
- kartice prijevoznika
- kartice radionice
- nadzorne kartice

Sadržaj i struktura podataka vezana uz pojedini tip kartice i ovlasti koje vlasnik kartice posjeduje u sklopu cjelokupnog sustava detaljno su specificirane u [6].

Uređaj podatke bilježi u svoju internu memoriju, ali i na karticu vozača. Ostale kartice služe za preuzimanje podataka iz interne memorije uređaja i koriste se u specijalnim slučajevima, prema potrebi ili na zahtjev nadzornih tijela.

Kartica vozača mora obavezno sadržavati:

- identifikaciju kartice (broj kartice, podaci o izdavaču i izdavanju, datum isteka)
- podatke o vlasniku kartice (ime, prezime, datum rođenja, jezik) i vozačkoj dozvoli vlasnika
- podatke o korištenim vozilima (identifikacija vozila, vrijeme umetanja kartice i stanje kilometara vozila, vrijeme vađenja kartice i stanje kilometara)
- podatke o aktivnosti vozača (datum, aktivnost, vrijeme promjene i status kartice - vozač, suvozač, posada)
- podatke o mjestima kojima se vozilo kretalo
- podatke o događajima i kvarovima, kontrolama uređaja itd.

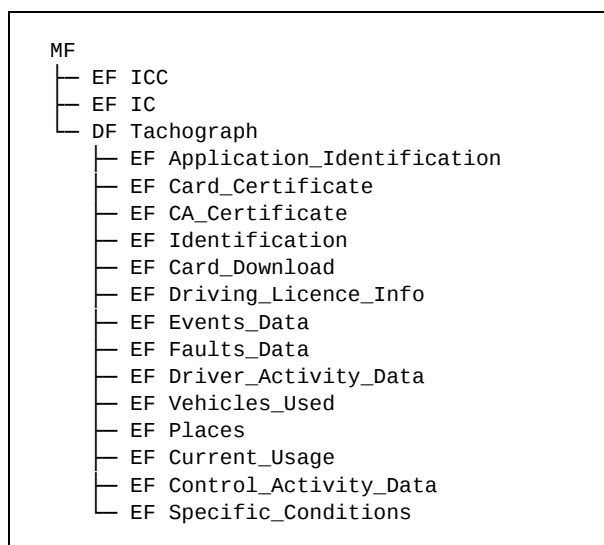
Kartica mora omogućiti snimanje aktivnosti vozača minimalno 28 dana (u praksi kartice najčešće imaju veću memoriju). Za ostale podatke su također propisani

minimumi – npr. minimalno 84 zapisa o korištenim vozilima ili mjestima kretanja.

Kartice svojim elektroničkim i ostalim karakteristikama moraju zadovoljavati ISO/IEC 7816 standard, čime sustav dobiva na otvorenosti – omogućena je komunikacija i dohvat podataka korištenjem standardnih čitača pametnih kartica, uz primjenu standardnih komunikacijskih i prijenosnih protokola.

3.1. Struktura zapisa

Zapisi na karticama organizirani su u datotekama ili spisima. Standard propisuje da na svakoj kartici mora postojati glavna korijenska datoteka (MF – *master file*, *root dedicated file*) koja sadrži određeni broj namjenskih (DF – *dedicated file*) i elementarnih datoteka (EF – *elementary file*). Namjenske datoteke mogu sadržavati veći broj elementarnih datoteka. Shematski prikaz strukture zapisa na kartici vozača, uz naznačene konkretne datoteke, je na slici 4. Detaljni pregled dan je u [6], str. 119-121. Dobro je primijetiti da datoteke u kontekstu pohrane informacija na samoj kartici nisu potpuni ekvivalent datotekama u standardnim računalnim sustavima, već je zapravo riječ o strukturama i grupama podataka u sklopu kompletnog memorijskog zapisa kartice. Tipovi podataka, nazivlje i definicija struktura podataka izvedena je prema ISO/IEC 8824 standardu i primjenom ANS.1 (*Abstract Syntax Notation*).



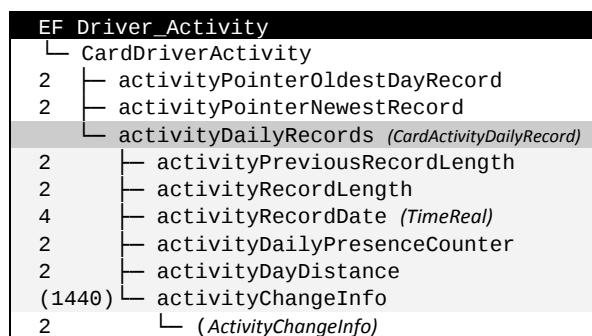
Slika 4. Struktura zapisa na kartici vozača

Za svaku elementarnu datoteku precizno je definirana struktura i tip podataka: EF Identification sadrži podatke o samoj kartici (broj kartice, podatak o izdavaču kartice, vrijeme i mjesto izdavanja, datum isteka) i korisniku kartice (ime i prezime, datum rođenja i preferirani jezik). U informacijskom sustavu koji automatski vodi evidenciju o vozačima, spomenuti EF moguće je kombinirati s EF Driving_Licence_Info koji sadrži podatke o vozačkoj dozvoli vozača (broj dozvole, država izdavanja i izdavač).

Detalji strukture svih elementarnih datoteka mogu se pronaći u [6]. Primjer je EF Driver_Activity (slika

5.), koja sadrži informacije o radnim aktivnostima vozača i EF Vehicles_Used (slika 6.), koja sadrži podatke o korištenim vozilima. To su najvažnije informacije vezane uz temu ovog rada, a osiguravaju mogućnost rekonstrukcije aktivnosti vozača u određenom vremenskom razdoblju, kao i povezivanje s korištenjem konkretnih vozila.

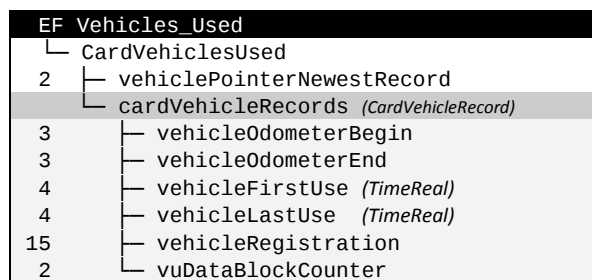
Uz svaki element strukture navodi se duljina u broju okteta (*byte*), što je neophodan podatak za ispravno očitavanje zapisa. Neki od elemenata se ponavljaju: activityDailyRecords sadrži slijed dnevnih zapisa, pri čemu svaki od tih zapisa može biti različite duljine – uz skaliranje vremena u minutama svaki dnevni zapis sadrži do 1440 informacija o promjeni aktivnosti.



Slika 5. Struktura EF Driver_Activity

Tip podataka u koji se pohranjuje zapis o promjeni aktivnosti je *ActivityChangeInfo*. Radi se o 16 bitnoj strukturi – sadrži tri statusna bita (utor u koji je umetnuta kartica, samo vozač ili posada, kartica umetnuta), dva bita za definiranje radne aktivnosti (odmor, spremnost, rad ili vožnja) i 11 bitova za definiranje vremena unutar dana (datum je poznat, u polju activityRecordDate) u kojem je došlo do promjene aktivnosti. Vrijeme se definira kao broj minuta koje su prošle od početka dana. Dakle, sustav digitalnih tahografa koristi minutnu preciznost kod evidencije promjene aktivnosti. Prema tome, u danu je moguće evidentirati maksimalno 1440 promjena, pa je i maksimalni broj ponavljanja zapisa tog tipa unutar strukture jednak 1440 (moguća pohrana u 11 dostupnih bitova).

Struktura prikazana na slici 6. koristi se za pohranu informacija o korištenim vozilima, a zapis se bilježi pri umetanju ili vadenju kartice. Osim identifikacije vozila (registarska oznaka) bilježi se i stanje kilometar sata vozila i točno vrijeme.



Slika 6. Struktura EF Vehicles_Used

Tip podataka *TimeReal* je 32 bitni tip koji u sustavu prikazuje datum i vrijeme. Prema specifikaciji riječ je o broju sekundi koje su prošle od početka 1.1.1970., a datum do kojega taj tip može spremati podatke je 2106. godina. Iz definicije tipa slijedi da se podaci o korištenju vozila pohranjuju u višoj preciznosti od podataka o promjeni radnih aktivnosti.

S obzirom na to da je riječ o strukturama koje mogu sadržavati veću količinu informacija, a koje se slijedno snimaju, važno je reći da obje strukture sadrže pokazivače na najnovije zapise. Uvijek postoji mogućnost da nakon tog zapisa zbog slijednog zapisivanja postoje stariji zapisi, pa je prilikom čitanja potrebno proanalizirati i rekonstruirati kompletnu strukturu.

3.2. Protokol za dohvat podataka

Budući da su kartice vozača izvedene u skladu s ISO/IEC 7816 standardom, pohranjeni podaci mogu se pročitati korištenjem čitača pametnih kartica te ih se, sukladno pravilima propisanim u [6], može prenijeti i pohraniti na računalu u obliku .ddd datoteka (*Download Digital Data*). Riječ je o datoteci koja sadrži memorijski zapis s kartice i samim time nije direktno čitljiva, već se za čitanje takve datoteke podaci moraju analizirati sukladno strukturnim specifikacijama. Definiranje naziva datoteke koja se pohranjuje na računalu nije propisano standardom, ali se u praksi primjenjuje nazivlje oblika:

C_20100420_1740_M_Mikac_HR01000212046000.ddd

Prefiks C naznačuje da se radi o zapisu s kartice vozača, potom slijedi datum i vrijeme čitanja podataka, početno slovo imena vozača, prezime vozača i na kraju oznaka kartice vozača.

Korištenje čitača pametnih kartica na računalima (Windows operacijskim sustavima) podržano je implementacijom PC/SC (*Personal Computer/Smart Card*) specifikacije. Dosta uređaja na tržištu podržava tu specifikaciju, pa se korištenjem dostupnih biblioteka lako ostvaruje komunikacija sa samim uređajem.

Dohvat podataka s kartice obavlja se sukladno protokolu opisanom u [6], str. 99-125. Sama inicijalizacija komunikacije i uspostava veze obavlja se na razini pogonskih programa (*driver*), pa se ovdje ne razmatra. Komunikacija se nakon uspostave veze odvija korištenjem podatkovnih paketa, APDU-a (*Application Protocol Data Unit*), koji se razmjenjuju između računala i čitača. Tim paketima šalju se naredbe čitaču i dohvaćaju podaci kojima uređaj odgovara na naredbe. APDU sadrži predefinirane oktete: *CLA* opisuje razred naredbe, *INS* identifikaciju naredbe, dva parametarska okteta *P1* i *P2*, te parametre *Lc* i *Le* kojima se definira duljina ulaznih, odnosno očekivanih (povratnih) informacija.

Ključne naredbe koje se koriste za prijenos podataka na računalu su *select file* za pozicioniranje na određenu datoteku u strukturi zapisa na kartici vozača i *read binary* za čitanje podataka pohranjenih u aktualnoj datoteci.

Na primjeru naredbe *select file*, sadržaj APDU koji se šalje na čitač hexadecimalno se prikazuje:

CLA	INS	P1	P2	Lc	Le	Data
'00'	'A4'	'04'	'0C'	'02'		'0504'

Datoteke se dohvaćaju korištenjem identifikatora. Standard propisuje identifikatore zapisa (*File ID*) za svaki od prije popisanih EF-ova. Identifikatori su 32 bitni. Tako je u gornjem primjeru identifikator '0504' (hex) korišten za izbor EF-a EF *Driver_Activity_Data*. Identifikator se dodaje kao ulazna informacija, a podatak o duljini (u broju okteta) se postavlja u *Lc*. S obzirom na to da naredba ne uključuje zahtjev za bilo kakvim podacima s čitača (samo pozicioniranje u strukturi zapisa), *Le* je nedefiniran, tj. naredba tog tipa ga ne koristi. Povratna informacija se svodi na čitanje dva kontrolna okteta, SW1 i SW2 koji opisuju status naredbe. Iz statusa se može očitati je li naredba uspješno izvršena ili je došlo do nekakve greške. Status '9000' označava uspješno izvedenu naredbu.

Naredba *read binary* služi za dohvat podataka iz aktualnog zapisa u strukturi na kartici (aktualni zapis se postavlja sa *select file*). Poslani APDU je:

CLA	INS	P1	P2	Lc	Le	Data
'00'	'B0'	offset			?	

Kod jednostavnih i kraćih EF-ova (standardom je propisana fiksna duljina manja od 256 okteta) čitanje je jednostavno – *offset*, tj. pomak od početka zapisa je jednak 0 (*P1*='00', *P2*='00'), a *Le* je poznato iz samog standarda, odnosno specifikacije strukture zapisa.

Kod složenijih EF-ova postupak čitanja nije toliko trivijalan. Potrebno je na temelju informacija dostupnih iz jednostavnih EF-ova, prije svega iz strukture EF *Application_Identification* koji sadrži podatke o broju i duljini zapisa u složenijim EF-ovima, ponavljati očitavanje naredbom *read binary* i to uz adekvatne pomake, sve dok se ne pročitaju svi zapisi.

Povratne informacije sa čitača, osim statusnih okteta koji su uvijek prisutni, u ovom slučaju uključuju i *Le* pročitanih okteta – sadržaj ili dio sadržaja aktualnog zapisa (EF-a) na kartici.

Pristup podacima na kartici se obavlja u sesijama. Za čitanje kompletnog zapisa s kartice potrebna je jedna sesija. Protokolom za prijenos je propisano da se prije očitavanja ostalih zapisa unutar namjenske datoteke DF *Tachograph* obavezno pročitaju zapisi s podacima o certifikatima (EF *Card_Certificate* i EF *CA_Certificate*).

Za pravilno očitavanje složenih EF-ova, neophodno je očitati EF *Application_Identification* i prema tim podacima prilagoditi postupak daljnjeg očitavanja!

Neki od EF-ova se ne čitaju jer nisu nužni za vođenje evidencije radnih aktivnosti. Naravno, iste je moguće očitati i pohraniti ako je to potrebno. Početna očitavanja vezana su uz dohvat podataka o kartici i vozaču – u sklopu evidencijskog sustava to su bitne informacije koje se koriste za automatsko razvrstavanje podataka. Za

pojedinačno korištenje i pregled samih radnih aktivnosti važnost tog očitavanja nije velika.

3.3. Spremanje podataka u datoteku

Standard propisuje transparentnost pohrane, što znači da se podaci očitani s kartice zapisuju u datoteku u obliku u kakvom su i pročitani. Pred svaki dio zapisa dodaje se zaglavlje koje sadrži identifikator konkretnog zapisa i sufiks '00', te dva okteta koji definiraju duljinu samih podataka. Nakon podataka kod određenih EF-ova dodaje se i kontrolni blok, tj. digitalnih potpis i sažetak podatkovnog dijela – zaglavlje tog bloka počinje istim identifikatorom konkretnog zapisa uz sufiks '01' i duljinu kontrolnog zapisa (u svim slučajevima, 128 okteta, tj. '00 80' heksadecimalno).

Npr., prilikom snimanja očitanih podataka o radnim aktivnostima (identifikator '05 04') dio datoteke s podacima formira se kao:

ID	Sufiks	Duljina	Podaci
05 04	00	xx xx	- preslika s kartice -
05 04	01	00 80	digitalni potpis

Tako formiranu datoteku moguće je obraditi u različitim dostupnim programskim rješenjima. Prije interpretacije snimljenih podataka obavlja se analiza i prilagodba po potrebi (npr. povezivanje radnih aktivnosti i korištenih vozila kao što je opisano u 3.1.).

3.4. Sigurnost

Sustav za korištenje digitalnih tahografa uključuje i sigurnosni podsustav koji sprečava neovlaštenu manipulaciju i pristup podacima. Također osigurava detekciju naknadne promjene podataka o aktivnostima. Konceptom digitalnog potpisa osigurava se kontrola nepromjenjivosti preuzetih informacija.

Međutim, pri izvedbi opisanog programskog rješenja taj se aspekt ignorira, odnosno digitalni potpisi nisu generirani, no cilj je postignut - uspješni prijenos podataka o aktivnostima vozača na računalo i daljnja interpretacija podataka.

Implementacija određivanja digitalnog potpisa i pohrana istog u rezultatne datoteke je nešto na čemu je još potrebno raditi. Određeni proizvodi za obradu podataka o aktivnostima dodatno provjeravaju i signaliziraju potencijalne sigurnosne propuste pri korištenju rezultatnih datoteka jer ne mogu utvrditi jesu li podaci nepromijenjeni u samom postupku.

Specifikacije protokola za dohvat podataka opisanog u 3.2. uključuje i naredbe za određivanje sažetaka (*hash*), kao i naredbu za izračunavanje i provjeru digitalnih potpisa (koristi se privatni ključ izdavača kartice). Naredbe su većim dijelom usklađene s ISO/IEC 7186-8 standardom.

Rezultat je digitalni potpis od 128 okteta koji se formira za većinu elementarnih datoteka koje sadrže podatke vezane uz aktivnost vozača (neki EF-ovi prema standardu ne zahtijevaju digitalni potpis!). Prilikom prijenosa i pohrane u računalnu datoteku, digitalni

potpisi se dodaju iza svake vezane elementarne datoteke prema prije opisanom pravilu.

4. PROGRAM ZA DOHVAT PODATAKA S KARTICE VOZAČA

Programsko rješenje za dohvat podataka s kartice vozača i snimanje informacija u standardne .ddd datoteke izvedeno je za operacijski sustav *Microsoft Windows*, korištenjem razvojnog okruženja *Delphi*.

Za rad s čitačima pametnih kartica korištena je prilagođena PC/SC biblioteka za *Delphi* koja se oslanja na sistemska rješenja implementirana u operacijskom sustavu. Rezultat je dvojezična aplikacija s jednostavnim korisničkim sučeljem koje svodi interakciju s korisnikom na izbor čitača i početak obrade jednim pritiskom miša.



Slika 7. Korisničko sučelje programa za dohvat podataka s kartice vozača

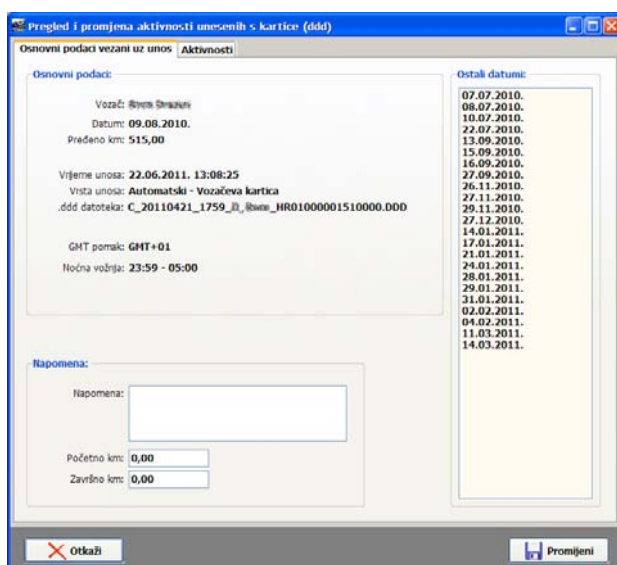
Za čitanje standardnih, u RH korištenih, kartica vozača, program treba nekih 20-ak sekundi. Većina vremena odnosi se na sistemska komunikaciju (PC/SC) sa čitačem kartica – formiranje izlazne datoteke provodi se po dohvat pojedinke grupe podataka. Stoga se može pretpostaviti da će uvođenje dodatne komunikacije, vezano uz sigurnosne aspekte iz 3.4., usporiti sam postupak. S obzirom na to da je vrijeme obrade vozačke kartice korištenjem izvedenog rješenja kraće od vremena obrade pojedinačnog tahografskog listića (zapis analognog tahografa), a sadrži podatke o 20 ili više radnih dana, sasvim su jasne prednosti i ušteda vremena koju digitalni tahografi nude po pitanju arhiviranja i obrade podataka.

Rezultatna datoteka snima se u propisanom formatu i dodjeljuje joj se preporučeni naziv, kao što je opisano u 3.2. Za potrebe analize i usporedbe s datotekama dohvaćenim komercijalnim programima, kroz postavke aplikacije je moguće dodati prefiks ili sufiks generiranoj datoteci.

5. PROGRAM ZA OČITANJE I INTERPRETACIJU ZAPISA

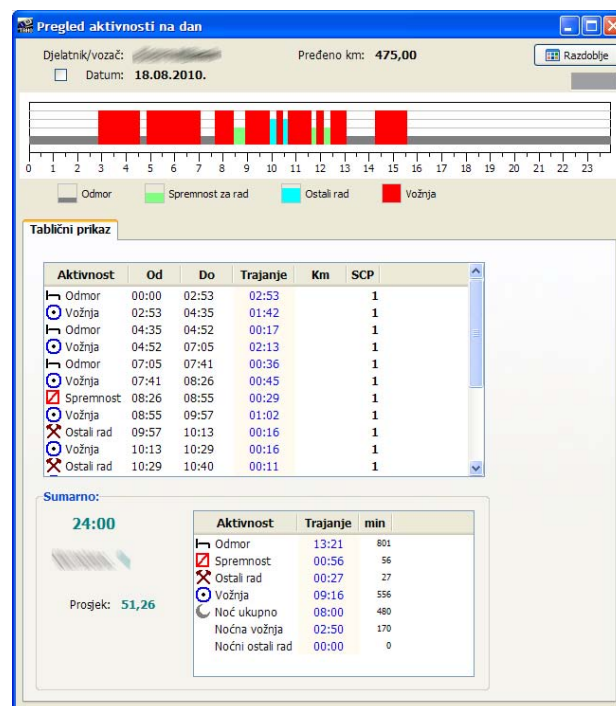
Standardne .ddd datoteke su zapravo preslika memorijskog sadržaja digitalne kartice vozača i samim time su nečitke. Budući da su podaci strukturirani i binarno kodirani prema točno definiranim pravilima, teško je zamisliti direktno očitavanje bez pomoći interpretacijskog programa. U poglavlju vezanom uz strukturu zapisa na kartici dani su primjeri koji prikazuju kako izgledaju pojedini dijelovi te datoteke, uz naznaku značenja pojedinih dijelova strukture.

I uz poznata pravila, teško je u nekom razumnom vremenu ručno očitati tako formirane podatke i prezentirati ih u prihvatljivom obliku. Stoga je bilo nužno razviti programsko rješenje koje će te "sirove" podatke zapisane prema standardu prilagoditi i prikazati u obliku koji će zadovoljiti sve korisnike. Osim tabličnog prikaza ostvaren je i grafički prikaz radnih aktivnosti po danima, što je posebno korisno iskusnim korisnicima pri obavljanju brzog pregleda duljih vremenskih razdoblja. Takvo, svim korisnicima prihvatljivo, korisničko sučelje prikazuju slike 8 i 9. Na slici 8. vide se očitane aktivnosti - datoteka generirana prema podacima na kartici u pravilu sadrži podatke o aktivnostima za dulje razdoblje, pa je korisniku nužno ponuditi i izbor datuma za koji želi obaviti pregled.



Slika 8. Osnovni prikaz očitanih aktivnosti

Aktivnosti je moguće prikazati i grafički. U tom obliku lakše je sagledati rad vozača u duljem vremenskom razdoblju, te iskusnim korisnicima u takvom pregledu teško promaknu očita kršenja određenih pravila. Slika 9. prikazuje alternativnu varijantu pregleda dnevnih aktivnosti. Osim pomoću tablice, podaci su prikazani i grafički, a radi se o pregledavanju aktivnosti na određeni datum. Kombiniranjem podataka pregledavanje se može ostvariti i za dulje vremensko razdoblje.



Slika 9. Grafički i tablični prikaz dnevnih aktivnosti

S obzirom na to da svaki digitalnih tahograf omogućava ubacivanje dvije kartice (vozač i suvozač), pri duljim putovanjima vozač i suvozač mijenjaju svoja mjesta. To je dodatna informacija koju tahograf pohranjuje, koja se može prikazati i o kojoj se treba pobrinuti kod daljnje analize aktivnosti.

Program za očitavanje i interpretaciju .ddd zapisa je također razvijen korištenjem razvojnog okruženja *Delphi* za *Windows* operacijski sustav. Radi se o modulu integriranom u složeni evidencijski sustav nazvan *IB.Taho*.

5.1. Vremenske zone – pohrana i obrada

Jedan od problema koji se neočekivano pojavio pri izradi programa za prikaz i interpretaciju podataka o radnim aktivnostima je problem vremenskih zona. Naime, digitalni tahografi zapisuju podatke prema GMT0 (*Greenwich Mean Time*) vremenskoj zoni. Zato je očitavanja u našoj vremenskoj zoni potrebno pomicati prije prikaza korisniku (korisnik mora vidjeti "stvarno" vrijeme, tj. vrijeme u svojoj vremenskoj zoni). Dodatni problem predstavlja računanje vremena. Ovisno o tome je li riječ o ljetnom ili zimskom računanju vremena, potrebno je obaviti dodatne korekcije prije prikaza i eventualne pohrane u neki napredniji sustav za obradu.

Ovaj problem ima naizgled jednostavno rješenje, no za sistematsko rješavanje problema treba integrirati inteligentni model koji će odrediti promjene računanja vremena tijekom godine. Kad se i to odradi, ostaje upitno što učiniti sa satom viška ili manjka na dan promjene računanja vremena, da li ga "sakriti" kao što se npr. radi na željeznici kad u taj "nepostojeći" sat vlakovi ne voze, ili nešto drugo?! Budući da se ipak radi o jednom

jedinom satu unutar cijele godine, odlučeno je da se ostavi u obračunu.

6. NAPREDNIJA OBRADA PODATAKA

Postupci opisani u ovom radu vezani su uz korištenje digitalnih tahografa i uz dohvat podataka o radnim aktivnostima vozača s njihovih digitalnih kartica. Osim programskog rješenja za dohvat podataka, razvijeno je i programsko rješenje za prikaz i interpretaciju tih podataka s ciljem da ih se prezentira korisniku u nekom jednostavnijem i čitljivijem obliku.

Međutim, zakon je takav da samo preuzimanje i/ili prikaz podataka snimljenih na kartice vozača nije dovoljno da bi se ispunila obaveza autoprijevoznika. Podatke je potrebno pohraniti i dodatno obraditi, generirati propisane izvještaje za obračunska razdoblja, obračunati dnevni i noćni rad itd. Za slobodne dane i dane kad vozači ne voze, treba izdati tzv. AETR potvrde, podatke o početku i završetku neobavljanja djelatnosti također evidentirati i nekako integrirati s evidencijom radnih aktivnosti. Nije na odmet i detaljnije analizirati radne aktivnosti i na vrijeme (prije upozorenja ili onda kada stignu kazne propisane zakonom) uočiti nepravilnosti u radu vozača, obavijestiti vozače o tome i prema potrebi izdati interna upozorenja.

Takvo vođenje evidencije o aktivnostima mobilnih radnika zahtijeva korištenje složenijeg programskog sustava. Na tržištu postoji više specijaliziranih sustava stranih proizvođača koji su lokalizirani za domaće tržište, a i naše autorsko rješenje prošlo je testiranja kod nekoliko zahtjevnih korisnika te je ušlo u produkcijsku fazu primjene. S obzirom na velik broj autoprijevoznika, tržište je zanimljivo i za tvrtke koje nude uslužne djelatnosti vođenja evidencije radnih aktivnosti. Iako zakonska obaveza vođenja evidencije postoji od početka 2010. godine, zasad vrlo malo autoprijevoznika vodi tražene evidencije.

7. ZAKLJUČAK

U svim državama EU i u državama potpisnicama AETR sporazuma o cestovnom prijevozu robe i putnika autoprijevoznici moraju brinuti o sigurnosti prometa, pa je s tim u vezi propisano i vođenje evidencije o radnim aktivnostima vozača. Kroz praćenje aktivnosti vozača lako se uočavaju prekršaji i propusti koji se nastoje spriječiti. Obaveznom ugradnjom digitalnih tahografa u novoregistrirana vozila na području RH, nastala je potreba za preuzimanjem podataka o aktivnostima s digitalnih kartica vozača, kao i obavezna obrada tih podataka. Ovim člankom opisan je dio specifikacija sustava za korištenje digitalnih tahografa vezan uz praćenje aktivnosti vozača, te su prezentirani rezultati razvoja programskog rješenja za preuzimanje podataka s kartica vozača i razvoja programskog rješenja za pregled i interpretaciju tih podataka. Izneseni su i složeniji evidencijski sustavi koji osim pregleda podataka o aktivnostima uključuju mnogo drugih funkcionalnosti

neophodnih za vođenje svih Zakonom i Pravilnikom propisanih evidencija.

Razvoj programskih rješenja rezultat je zahtjeva tržišta i istraživanja specifikacija sustava digitalnih tahografa koje je izdala EU. Na prvi pogled jednostavan i krajnjem korisniku orijentiran sustav digitalnih tahografa u pozadini skriva niz specifičnosti koje su važne za implementaciju vezanih programskih sustava. Programska rješenja dominantna na tržištu izdaju velike međunarodne tvrtke koje se između ostalog bave i proizvodnjom samih tahografa. Njihova rješenja na neki način ograničavaju vlasnike uređaja na korištenje uz dodatnu naknadu, što je mnogima, posebice manjim autoprijevoznicima, neprihvatljivo. Početak razvoja vlastitih programskih rješenja djelovao je poput borbe s vjetrenjačama. S obzirom na malu ili nikakvu komercijalnu isplativost, razvoj je isključivo povukla doza entuzijazma i "poluistraživački" duh koji je potaknuo proučavanje cjelokupne tematike. Nakon što su, osim opisanih, razvijeni i drugi moduli, domaće tržište je neočekivano prihvatilo ponuđena rješenja te se ista kontinuirano razvijaju prema sugestijama korisnika.

8. LITERATURA

- [1] Zakon o radnom vremenu, obveznim odmorima mobilnih radnika i uređajima za bilježenje u cestovnom prometu, *Narodne novine* 60/08, 124/10
- [2] Pravilnik o prijenosu podataka o radnom vremenu mobilnih radnika i o vođenju evidencije, *Narodne novine* 43/09
- [3] VDO - proizvođač tahografa <http://www.dtco.vdo.com>
- [4] Agencija za komercijalnu djelatnost d.o.o. <http://www.akd.hr>
- [5] Pravilnik o tahografima i ograničavaču brzine, *Narodne novine* 88/08, 48/09
- [6] COMMISSION REGULATION (EC) No 1360/2002 of 13 June 2002 adapting for the seventh time to technical progress Council Regulation (EEC) No 3821/85 on recording equipment in road transport, *Official Journal of European Communities*, pp. 207/1-207/247

Kontakti:

mr.sc. Matija Mikac, dipl.ing. elektrotehnike
Veleučilište u Varaždinu
e-mail: matija.mikac@velv.hr

Vladimir Mikac, dipl. inf.
Inter-biz, Varaždin
e-mail: vmikac@inter-biz.hr

ZAŠTITA ELEKTROMOTORA U ELEKTROMOTORNIM POGONIMA

Srpak D.¹, Keglević K.¹, Huđek J.¹

¹Veleučilište u Varaždinu, Varaždin, Hrvatska

Sažetak: U radu su opisane smetnje koje mogu djelovati na elektromotor tijekom rada elektromotornog pogona, te elementi koji služe za zaštitu elektromotora od različitih nepovoljnih stanja. Na primjeru promatranog pogona opisana su dva problema koja su se pojavila u elektromotornom pogonu pilane i njegovo adekvatno rješenje.

Ključne riječi: elektromotor, pogon, zaštita, smetnje, opterećenje

Abstract: This paper describes disorders that can affect the electric motor during the operation, and protective elements that are used for the protection of the electric motor from unfavourable conditions. Based on the example of observed plant, two problems that appeared in electric drive on saw mill and their adequate solution were described.

Key words: Electric motor, drive, protection, disorders, load

1. UVOD

Zaštitu motora ostvaruju elementi kojima je zadaća sačuvati motor od nedopuštenog zagrijavanja, od trajnih oštećenja i ograničiti na najmanju mjeru vrijeme isključenosti pogona. Prema potrebama, zaštita se može sastojati od najjednostavnijih uređaja koji djeluju samo kod velikih preopterećenja, do složenih i skupih uređaja s inteligentnim djelovanjem i kod malih preopterećenja. Cijena i složenost zaštitnih uređaja obično je razmjerna cijeni i važnosti elektromotornog pogona. Tako se razlikuju jednostavna zaštita za motore malih snaga, poboljšana zaštita za niskonaponske motore većih snaga i složena zaštita za visokonaponske motore i motore najvećih snaga.

Motori u pogonu trebaju prije svega biti zaštićeni od kratkog spoja, preopterećenja i pregrijavanja.

Kao sredstva zaštite najčešće se koriste osigurači, sklopnici s bimetalnim okidačima i motorne zaštitne sklopke.

2. SMETNJE KOJE MOGU UTJECATI NA ISPRAVAN RAD ELEKTROMOTORA

Zaštita elektromotora sprečava teže posljedice smetnji koje mogu dolaziti:

- od radnog mehanizma,
- od izvora napajanja,
- od utjecaja okoliša.

2.1. Smetnje izazvane radnim mehanizmom

Radni mehanizam može preopteretiti motor momentom tereta većim od nazivnog. To je najčešće slučaj u pogonim s promjenljivim opterećenjem ako snaga motora nije odabrana prema najvećem mogućem opterećenju, kao i onda ako dođe do neočekivanih promjena na radnom mehanizmu (mehaničko oštećenje pokretnih dijelova ili slično).

Kod preopterećenja koja dovode do prisilnog zaustavljanja elektromotor dolazi u stanje kratkog spoja. Elektromotor se u tom slučaju štiti kratkospojnom i termičkom (toplinskom) zaštitom. Elementi za kratkospojnu zaštitu brzo prekidaju strujni krug kod struje kratkog spoja i koja je puno veća od nazivne struje. Za tu svrhu koriste se rastalni osigurači i različite izvedbe elektromagnetskih okidača. Vrijeme prekidanja strujnog kruga s rastalnim osiguračima je kraće što je struja veća. Rastalni osigurači ne jamče istodobno prekidanje sve tri faze, što je ozbiljan nedostatak kod trofaznih motora, jer motor može nastaviti rad na dvije faze, što također stvara naprezanja u motoru. Izrađuju se u dvije inačice: brzi i spori. Odabrana nazivna vrijednost struje osigurača treba biti veća od nazivne struje motora da osigurači ne bi reagirali tijekom normalnog pogona. Kod iste nadstruje brzi osigurači prekidaju znatno ranije od sporih, stoga treba obratiti pozornost na brzinu reakcije u odnosu na povećanje struje kod zaleta.

S obzirom na to da osigurači ne štite motor od toplinskih preopterećenja nastalih pri trajnim strujama motora neznatno većim od nazivnih (kod manjih preopterećenja), u tu svrhu se ugrađuju bimetalni zaštitni releji.

2.2. Smetnje povezane s izvorom napajanja

Zaštita od mrežnih smetnji odnosi se prije svega na trofaznu mrežu i izmjenične motore. Česta je **smetnja prekomjerno odstupanje naponskog oblika od sinusnog**, a nastaje zbog utjecaja viših harmonika struje. Glavni su uzročnici trošila koja napajana preko elektroničkih energetskih pretvarača opterećuju mrežu višim harmonicima. Propisima se dopuštaju odstupanja od sinusnog oblika napona do 5%. Pri većem odstupanju oblika od sinusoidnog, amplitude harmonika su veće i stvaraju parazitske momente. Izmjenični motori priključeni na nesinusni napon rade neekonomično jer

parazitski momenti smanjuju ukupni moment, a povećani gubici uvjetuju veće zagrijavanje. Uobičajeni prekostrujni ili bimetalni releji ostaju nedjelotvorni jer se efektivna vrijednost struje neznatno mijenja, pa jedino direktna temperaturna zaštita može uspješno zaštititi motor od pregrijavanja.

Smetnje promjenljivog iznosa napona imaju različite rezultate pri povećanju i smanjenju napona. Izmjenične mreže imaju propisane vrijednosti iznosa napona i frekvencije, ali se dopuštaju manja odstupanja. Motori su obično građeni tako da trajno izdrže odstupanje napona za $\pm 5\%$ i odstupanje frekvencije za 1% . Asinkroni motor opterećen konstantnim momentom tereta, pri sniženom naponu uzima veću struju te je strujno preopterećen. Prekostrujna zaštita štiti motor i kod pogona sa sniženim naponom. Ponekad se primjenjuje i podnaponska zaštita koja isključuje motor kad je priključni napon dulje vrijeme prenizak. Ako je napon povećan, uz djelomično zasićen motor poveća se magnetski tok, uz isti moment struja opterećenja je manja, a povećaju se gubici u željezu. Zaštita ne bi trebala djelovati. Ipak, ako je motor već duboko u zasićenju, struja magnetiziranja jako poraste, pa tako i ukupna struja u statoru, te proradi zaštita od strujnog ili termičkog preopterećenja.

Nesimetrija trofazne mreže uzrok je povećanim gubicima i eventualno pregrijavanju trofaznog motora. Nepovoljno djeluje inverzna komponenta okretnog momenta, osobito velika pri ispadu jedne faze, pa motor radi na dvije faze. Ovu pojavu uspješno štiti temperaturna i prekostrujna zaštita.

Prenaponi nastali u mreži mogli bi na motorima (osobito visokonaponskim) dovesti do proboga izolacije i prouzročiti zemni ili kratki spoj koji onesposobljava motor za daljnji rad. Ta se opasnost sprečava zaštitom od prenapona pomoću katodnih odvodnika ili sličnih elemenata.

2.3. Smetnje uzrokovane djelovanjem okoliša i na okoliš

Smetnje uzrokovane djelovanjem okoliša u većini se slučajeva svode na pogoršane uvjete hlađenja ili na opasnu atmosferu s eksplozivnim smjesama. Dok su prostori s mogućnošću stvaranja eksplozivnih smjesa plinova i para rijetki i zahtijevaju ugradnju posebno namijenjene opreme, otežano hlađenje događa se vrlo lako i često. Npr., motori hlađeni preko površine kućišta mogu se u pogonu prekriti ili djelomično zatrpati prašinom, zbog čega se više zagrijavaju pri nazivnom, a čak i pri opterećenju manjem od nazivnog. Jedina učinkovita zaštita je temperaturna jer ostale jednostavne zaštite ne djeluju. Posljedica smještaja u premalenu i nedovoljno ventiliranu prostoriju je pregrijavanje motora, pa je djelotvorna samo temperaturna zaštita.

Posebne mjere zaštite zahtijeva (često zanemaren) utjecaj elektromotora na okolinu. Mnogi električni uređaji onečišćuju okoliš elektromagnetskim zračenjem. Elektromotorni pogoni sadrže elektroničke sklopove koji uklapanjem i isklapanjem elektromotora generiraju elektromagnetske smetnje koje se šire u okoliš zračenjem i po električnoj mreži.

Takve uređaje treba oklapanjem i filtriranjem spriječiti u emitiranju visokofrekvencijskih smetnji u mrežu i okolni prostor. Štetna zračenja moraju ostati unutar granica dopuštenih propisima.

Nedovoljno uravnotežene mase i druge dinamičke pojave mogu u elektromotornim pogonima prouzročiti vibracije. Nastajanje i širenje vibracija treba spriječiti ili ublažiti, a njihov štetni utjecaj smanjiti na dopuštenu mjeru.

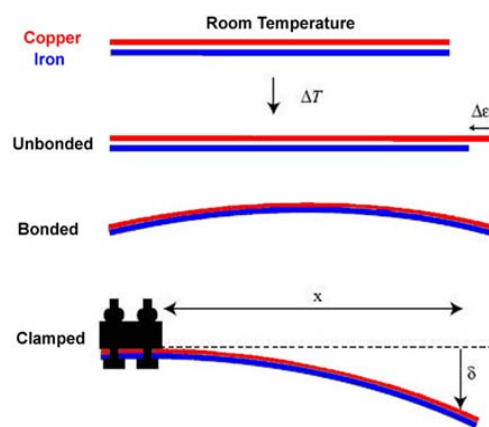
3. KARAKTERISTIKE ZAŠTITNIH ELEMENATA

3.1. Zaštita osiguračima

Svrha osigurača (simbol je prikazan na slici 4. oznakom F2) je da u slučaju kratkog spoja što prije prekine napajanje elektromotora električnom energijom. Osigurači mogu biti rastalni ili automatski, a biraju se tako da izdrže struju zaleta motora (tromi – da ne isklope / ne pregore), a da štite od kratkog spoja.

3.2. Zaštita bimetalnim i prekostrujnim relejima

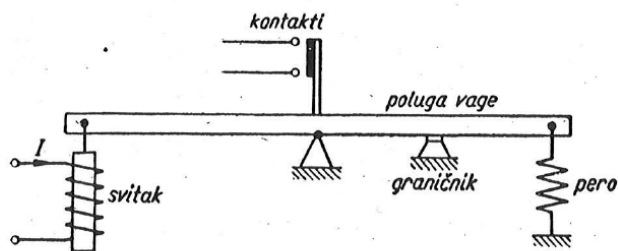
Za zaštitu od opterećenja većih od nazivnih koristi se **bimetalni relej**, odnosno relej s ugrađenim aktivnim elementom zvanim BIMETAL. On se sastoji od dvije duguljaste pločice od različitog materijala, slijepljene jedna na drugu kojima teče struja u uzdužnom smjeru kako je prikazano na slici 2.



Slika 1. Bimetal

Zbog razvijene topline bimetal se savija jer mu elementi (pločice) imaju različite koeficijente rastezanja. U trajnom radu (režim S1) se zaštita podešava na nazivnu struju elektromotora. Bimetalni releji su također osjetljivi na nesimetriju struja, te tako mogu spriječiti jednofazni i dvofazni rad (isklopit će kod nestanka jedne ili dvije faze).

Prekostrujni relej radi na principu elektromagnetske indukcije. Strujom motora (direktno ili preko strujnog transformatora) protječan je svitak koji uvlači željeznu jezgru, a ona mehanički zatvara komandne kontakte. Položaj jezgre i njena brzina kretanja ovise o veličini struje, pa i prekostrujni relej radi na »strujnom« principu.

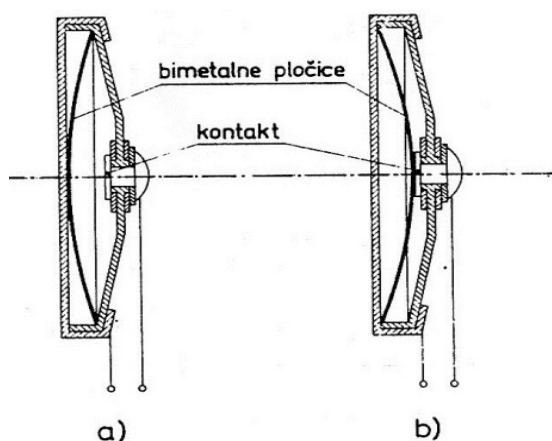


Slika 2. Shema prekostrujnog releja

3.3. Termička ili temperaturna zaštita

Termička ili temperaturna zaštita zasniva se na stvarnoj temperaturi štice objekta i u tome je razlika u odnosu na bimetale. Za niskonaponske motore su najvažniji mjerači temperatura ugrađeni direktno u namot motora, a najčešće su:

a) Bimetalne sonde



Slika 3. Bimetalna sonda

Bimetalna pločica (oko 1 cm promjera) napravljena je tako da je savijena na jednu stranu u hladnom stanju (sl. 4.a), tj. ako je hladnija od neke kritične vrijednosti temperature, a na drugu stranu (sl. 4.b) ako je toplija od te vrijednosti, tj. kod te kritične vrijednosti. Tada pločica »preskoči« iz jednog položaja u drugi i zatvori kontakt, odnosno daje nalog za isključenje motora.

b) Poluvodički otpornici s pozitivnim temperaturnim koeficijentom

Njih još često nazivaju termistorima. To su vrlo mali elementi obično najveće dimenzije 3-7 mm, a često su veliki kao glavica šibice. Ugrađuju se izravno u namot i napajaju naponom iz pomoćnog izvora.

Djelovanje je slično kao kod termo sonde (bimetalne sonde), samo se pomoćni krug galvanski ne prekida. Otpornik mijenja iznos otpora s temperaturom, a budući da je spojen na fiksni iznos napona, mijenja se i struja koja protječe kroz pomoćni strujni krug. Zaštitno

djelovanje (isključenje) može se dakle podesiti prema iznosu struje u pomoćnom krugu.

3.4. Motorna zaštitna sklopka

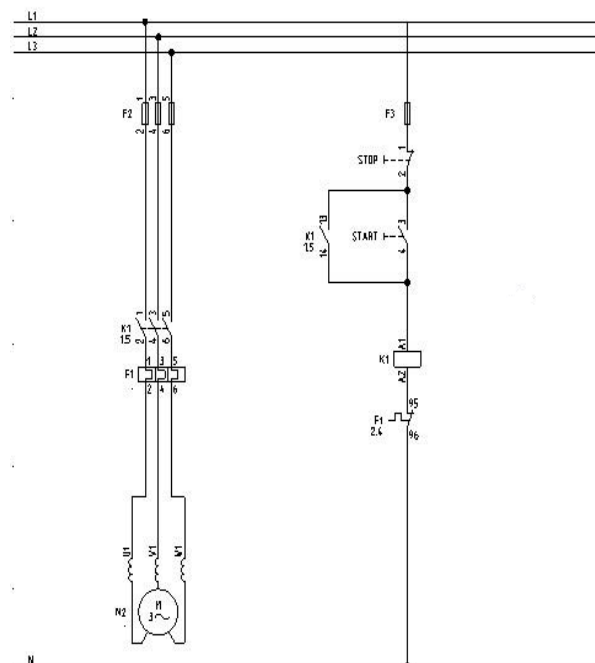
Motorna zaštitna sklopka je uređaj koji služi za uključivanje i isključenje motora, a istodobno zaštićuje motor.

U sklopku su ugrađeni bimetalni okidači za zaštitu od preopterećenja i brzi elektromagnetski okidači za zaštitu od kratkog spoja.

Termički element se nalazi u glavnom krugu i struja motora prolazi kroz njega. Kada dođe do preopterećenja, bimetal se zagrije i prekine rad sklopke (isključi napon na izlazu). Kod višestruko veće struje (struje kratkog spoja), elektromagnetski okidač djeluje preko poluge na mehanizam koji isklopi pomične kontakte i prekine strujni krug.

4. OPIS PROMATRANOG POSTROJENJA I PROBLEMATIKA

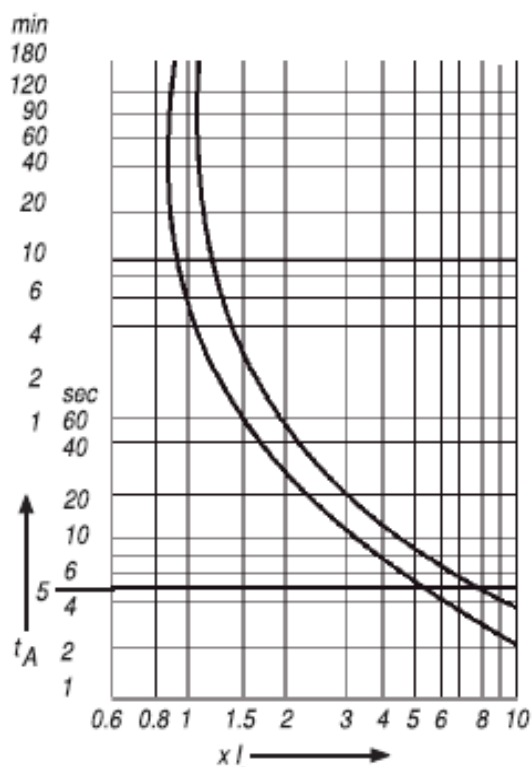
Koja zaštita je u određenom slučaju potrebna i koje zaštitne mjere će biti primijenjene ovisi o složenosti, važnosti postrojenja i uvjetima u kojima motor radi. Postrojenje za obradu drveta, čija je električna shema prikazana na slici 1., sastoji se od jednog trofaznog asinkronog motora od 1,1 kW koji je zaštićen osiguračima i bimetalnim zaštitnim relejom, te se pokreće preko sklopnika. Postrojenje je staro 10 godina i nikada nije popravljano.



Slika 4. Shema spoja motora i zaštite pogona u pilani

Motor se štiti bimetalnom zaštitom: model BBC M625, raspon podešavanja struje prorade 5-8A. Bimetalni relej je podešen na nazivnu struju motora koja iznosi 5A. Različito opterećenje motora postignuto je tako da se kružnoj pili dodaju drva različite debljine i težine. Struja faze mjerena je digitalnim strujnim kliještima tipa DT-

3341. Nakon što je opterećenje bilo takvo da je struja po fazi bila 10A , bimetalni relej je proradio za 60 sec.



Slika 5. Isklopna karakteristika bimetalnog zaštitnog releja

Prvi problem: Prilikom piljenja drva nakon određenog vremena dolazi do pregaranja motora.

Drugi problem: Uključenjem postrojenja za obradu drva, bez obzira na to što elektromotor nije opterećen, dolazi do iskapčanja bimetalne sklopke svakih 15-20 min.

4.1. Rješenje problema

Prvi problem: Promatranjem rada pogona pri punom opterećenju uočeno je da dolazi do prekomjernog zagrijavanja motora. Strujnim kliještima je izmjerena struja jedne faze motora i ustanovljeno je da je strujno opterećenje iznad dopuštenih granica. Zbog opterećenja većeg nego što motor može podnijeti, struja kroz motor je veća od nazivne pa dolazi do prekomjernog zagrijavanja, što destruktivno utječe na izolaciju bakrenih žica u namotu. Nakon nekog vremena dolazi do proboja izolacije i do pregaranja motora.

Potrebna je ugradnja elektromotora veće nazivne snage, a prijedlog je zamjena elektromotora snage 1.1kW elektromotorom snage 2.2kW, kako bi postrojenje moglo raditi pod punim opterećenjem.

Drugi problem: Prilikom rada postrojenja strujnim kliještima mjerena je struja kroz motor pri različitim opterećenjima. Nakon nekoliko minuta mjerenja ustanovljeno je da je strujno opterećenje na motor u granicama nazivnih vrijednosti struje motora i struje bimetala, te da nakon nekog vremena bimetalna zaštita isključuje motor iako su opterećenja unutar granica mogućnosti motora. Razlog je starenje bimetalne sklopke koja tijekom vremena izgubi tvorničke karakteristike. Privremeno rješenje je da se bimetalna zaštita podesi na veću struju te da se što prije zamijeni novom koja odgovara karakteristikama motora.

5. ZAKLJUČAK

Elektromotorni je pogon izložen poremećajima u kojima može doći do opasnost za osobe, do oštećenja dijelova pogona ili se električna mreža kao izvor energije izlaže povećanim opterećenjima.

Treba staviti na raspolaganje potrebnu količinu mehaničke energije, ovisno o tehničkim zahtjevima pogona, a pri tome pružiti maksimalnu sigurnost pogona i osoba koje njime rukuju.

Pored ispravnog izbora elektromotora za konkretne potrebe pogona, mora postojati i odgovarajuća izvedba njegove zaštite, te se mora provoditi redovita kontrola i održavanje pogona.

6. LITERATURA

- [1] JURKOVIĆ B.: Elektromotorni pogoni, Školska knjiga, Zagreb, 1990.
- [2] MAČIĆ Š.: Električni strojevi, Sarajevo, 2005.
- [3] <http://mk.traconelectric.com/>, srpanj 2010.
- [4] <http://www.fer.hr/download/repository/p8.pdf>, srpanj 2010.
- [5] http://www.koncarnes.hr/admin/pdf_e/KATALOG_ELEKTROMOTORI.pdf, kolovoz 2010.

Kontakt:

Dunja Srpak, dipl. ing.

Veleučilište u Varaždinu

Križanićeva 33, 42000 Varaždin

Tel: 098/821 891

e-mail: dunja.srpak@velv.hr,

krkeglevic@velv.hr,

josip.hudjek@velv.hr

PLOHA DISKONTINUITETA UDARNOG VALA

Hižak J.¹, Logožar R.¹

¹Veleučilište u Varaždinu, Varaždin, Hrvatska

Sažetak: Članak opisuje nastanak udarnih valova, daje izvod Hugoniot-Rankinove formule i pokazuje da se ploha diskontinuiteta giba nadzvučnom brzinom.

Ključne riječi: udarni val, ploha diskontinuiteta, Hugoniot-Rankinova jednadžba, nadzvučno gibanje

Abstract. This paper describes the formation of shock waves, presents a derivation of Hugoniot-Rankine equation, and shows that surface of discontinuity moves with supersonic speed.

Key words: shock wave, surface of discontinuity, Hugoniot-Rankine equation, supersonic speed

1. UVOD

Udarni val je mehanički poremećaj koji se kroz medij širi nadzvučnom brzinom, odnosno brzinom većom od brzine propagacije običnih valova. Za razliku od akustičkih valova koje uobičajeno smatramo slabim valovima u izentropnom režimu, kod udarnog se vala javlja niz specifičnih pojava, kao što su diskontinuitet u tlaku, ireverzibilnost i promjena entropije. Učinci udarnog vala su akustičke i mehaničke naravi (prasak, uleknuća), ali efekti se mogu pojaviti i na atomskoj skali (pomak spektralnih linija kod molekulskih tekućina)[5].

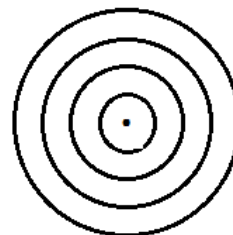
Udarni val može nastati probijanjem zvučnog zida, pri čemu nastaje valna fronta stožastog oblika, ili eksplozijom, prilikom koje nastaje fronta sferoidnog oblika. Valnu frontu karakterizira nagli porast tlaka odnosno velika razlika tlaka ispred i iza valne fronte. Skokovita promjena tlaka i gustoće razlog je zašto govorimo o *plohi diskontinuiteta*. U nekim udžbenicima pojam *ploha diskontinuiteta* označava valnu frontu udarnog vala, a kod nekih autora rabi se kao sinonim za sâm udarni val. U ovom članku opisat ćemo, ukratko, nastanak udarnih valova, a potom ćemo se posvetiti ideji plohe diskontinuiteta. Pomoću osnovnih zakona očuvanja, izvest ćemo čuvenu Hugoniot -Rankinovu relaciju, a zatim ćemo ispitati da li takva *ad hoc* ideja kao što je ploha diskontinuiteta ispunjava osnovni preduvjet-gibanje nadzvučnom brzinom.

2. NASTANAK UDARNIH VALOVA

Budući da je nemoguće postići nadzvučnu brzinu, a da se ne inducira udarni val, teorija udarnih valova obično polazi od razmatranja projektila koji je giba nadzvučnom brzinom. Kad kažemo '*nadzvučna brzina*' mislimo, u stvari, na brzinu koja je veća od brzine širenja elastičnih deformacija u zadanom sredstvu. Ako na primjer brod ide brzinom koja je veća od brzine širenja valova po

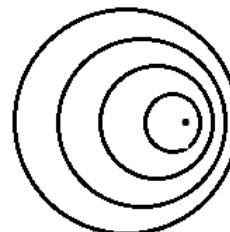
površini mora, tada će se, također, stvoriti udarni val - karakteristično slovo V koje putuje sa svakim brodom.

Ilustracije radi, razmotrimo nekoliko mogućih slučajeva kad imamo izvor zvuka u nekom fluidu. Ako izvor zvuka miruje u odnosu na sredstvo, valne fronte oblikuju koncentrične sfere, i frekvencija kojom valovi stižu u bilo koju točku prostora je jednaka originalnoj frekvenciji odašiljača.



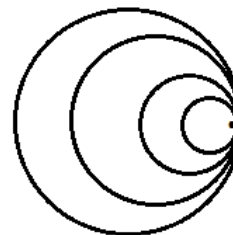
Slika 1. Valne fronte mirujućeg izvora zvuka

Kad se izvor zvuka giba u donosu na sredstvo, brzinom manjom od brzine zvuka dolazi do promjene frekvencije odnosno do Dopplerovog efekta. Dopplerov efekt se primjećuje uvijek kada je brzina gibanja izvora manja od brzine širenja zvuka. Frekvencija primljenih valova ovisi o položaju prijemnika.



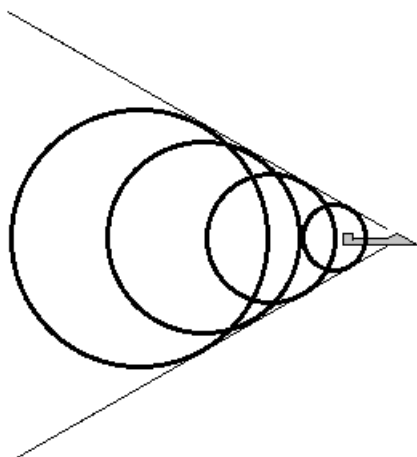
Slika 2. Valne fronte izvora zvuka koji se giba u odnosu na sredstvo

Ako se izvor giba brzinom koja je točno jednaka brzini širenja valova tada se događa sasvim novi efekt; valne se fronte gomilaju ispred projektila, stvarajući regiju komprimiranog fluida velike gustoće.



Slika 3. Valne fronte kad je brzina izvora jednaka brzini zvuka

Prelazak iz podzvučne u nadzvučnu brzinu biva popraćen stvaranjem stožastog udarnog vala koji se može shvatiti kao superpozicija svih valnih fronti.

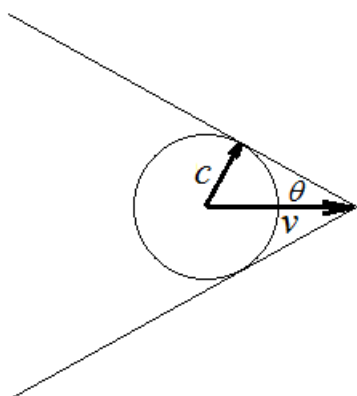


Slika 4. Izvor zvuka giba se nadzvučnom brzinom

Smjer valnog vektora koji bi određivao signal upućen iz tako brzog projektila bio bi ograničen unutar stošca čiji je kut određen relacijom

$$\sin \vartheta = \frac{c}{v} = M \quad (2.1)$$

gdje je c brzina zvuka, v brzina projektila, M je tzv. *Machov broj*.



Slika 5. Stožasta valna fronta. Vektor brzine zvuka okomit je na valnu frontu, stoga zajedno s brzinom projektila $\vec{v}$ formira pravokutni trokut. Omjer tih brzina definiramo kao Machov broj.

Udarni val također nastaje kod eksplozija. Pod eksplozijom smatramo naglo oslobađanje energije uslijed ekspanzije plinova ili para, bez obzira da li su plinovi ili pare bili prisutni već prije eksplozije (eksplozija parnog kotla) ili su nastali tek prilikom eksplozije (izgaranje eksploziva). U slučaju detonacije eksploziva, plinovi su nusprodukt određenih kemijskih reakcija. Zahvaljujući velikoj količini topline koja se razvija prilikom takvih reakcija, dolazi do jakog zagrijavanja i gotovo trenutačne ekspanzije plinova. Kompresijom susjednog medija generira se udarni val [3].

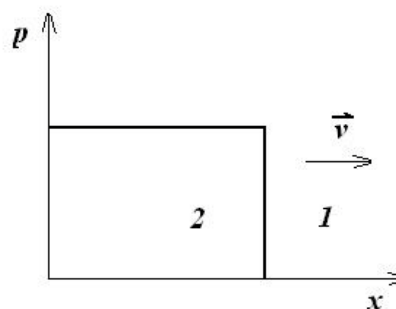
3. PLOHA DISKONTINUITETA

Već spomenuta valna fronta odlikuje se naglim porastom tlaka i gustoće, stoga se u teoriju uvodi *ploha diskontinuiteta*[1]. Opravdanost takvog naziva možda se najzornije pokazuje na slici 5; zahvaljujući razlici u gustoći, kod transparentnih fluida postoji znatna razlika u indeksu loma svjetlosti, pa se udarni val može snimiti optičkom kamerom.



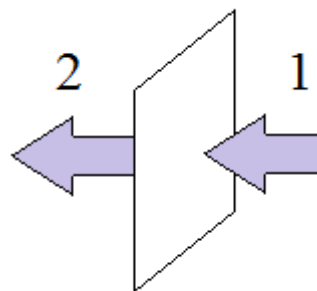
Slika 6. Udarni val oko trupa mlaznog aviona

Plohu diskontinuiteta možemo prikazati kao step-funkciju tlaka koja se giba slijeva na desno jasno dijeleći prostor na dvije regije: onu ispred i onu iza valne fronte. Oznake '1' i '2' koristit će nam kod labeliranja fizikalnih veličina tih dviju regija.



Slika 7. Diskontinuirani porast tlaka. Ploha diskontinuiteta može se prikazati i pomoću step-funkcije tlaka.

Radi jednostavnijeg računa, razmatrat ćemo samo mali dio plohe diskontinuiteta tako da valna fronta približno odgovara ravnini, pa ćemo širenje vala tretirati kao gibanje u jednoj dimenziji okomitoj na tu ravninu. Koordinatni sustav fiksirat ćemo za element plohe tako da iz tog sustava izgleda kao da fluid teče kroz plohu diskontinuiteta.



Slika 8. Element plohe diskontinuiteta. Ako ploha ide slijeva na desno, tada fluid teče zdesna na lijevo gledano iz sustava plohe

3.1 Očuvanje mase, energije i impulsa kroz plohu diskontinuiteta

Masa fluida koja izlazi iz plohe mora biti jednaka masi fluida koja ulazi u plohu. Dakle, naš prvi zahtjev tiče se očuvanja gustoće struje i pišemo ga u obliku:

$$\rho_1 v_1 = \rho_2 v_2 = j \quad (2.2)$$

Protok energije kroz zadanu plohu određuje vektor gustoće energetskog toka:

$$\rho \vec{v} \left(\frac{1}{2} v^2 + \frac{p}{\rho} + \varepsilon \right) \quad (2.3)$$

S obzirom da je smjer brzine fluida paralelan s jediničnim vektorom površine, zahtjev za očuvanjem energetskog toka kroz plohu diskontinuiteta glasi:

$$\rho_1 v_1 \left(\frac{1}{2} v_1^2 + \frac{p_1}{\rho_1} + \varepsilon_1 \right) = \rho_2 v_2 \left(\frac{1}{2} v_2^2 + \frac{p_2}{\rho_2} + \varepsilon_2 \right) \quad (2.4)$$

što u kombinaciji sa zahtjevom (2.2) daje:

$$\frac{1}{2} v_1^2 + \frac{p_1}{\rho_1} + \varepsilon_1 = \frac{1}{2} v_2^2 + \frac{p_2}{\rho_2} + \varepsilon_2 \quad (2.5)$$

Analogno masi i energiji, zahtijevamo da bude očuvan tok impulsa, odnosno da impuls djelića fluida koji u jedinici vremena upada na jediničnu površinu naše zamišljene plohe bude jednak impulsu izlaznog fluida. Transport impulsa određuje vektor gustoće toka impulsa:

$$p \vec{n} + \rho \vec{v} (\vec{v} \cdot \vec{n}) \quad (2.6)$$

gdje je $\vec{n}$ jedinični vektor okomit na element plohe. Prema tome uvjet očuvanja toka impulsa glasi:

$$p_1 + \rho_1 v_1^2 = p_2 + \rho_2 v_2^2 \quad (2.7)$$

3.2 Hugoniot-Rankinova relacija

Relacija (2.7) u kombinaciji sa relacijom (2.2) daje:

$$p_1 + \frac{j^2}{\rho_1} = p_2 + \frac{j^2}{\rho_2} \quad (2.8)$$

Iz tog identiteta dobivamo važnu jednadžbu koja određuje gustoću struje fluida kroz plohu diskontinuiteta:

$$j^2 = \frac{p_2 - p_1}{\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{\rho_2}} = \frac{p_2 - p_1}{V_1 - V_2} \quad (2.9)$$

gdje smo uveli tzv. *specifični volumen* $V \equiv 1/\rho$. Oduzimanjem brzina, prema (2.2) dobivamo:

$$v_1 - v_2 = j \left(\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{\rho_2} \right) \quad (2.10)$$

Eliminacijom gustoće struje pomoću (2.9) dobivamo korisnu relaciju za određivanje razlike brzine fluida ispred i iza plohe diskontinuiteta:

$$v_1 - v_2 = \sqrt{(p_2 - p_1)(V_1 - V_2)} \quad (2.11)$$

Ukoliko nas zanima kako se mijenja unutarnja energija, možemo iskoristiti relaciju (2.5) i eliminirati brzine pomoću gustoće struje iz (2.2):

$$\frac{p_1}{\rho_1} + \varepsilon_1 - \frac{p_2}{\rho_2} - \varepsilon_2 = \frac{1}{2} j^2 \left(\frac{1}{\rho_2^2} - \frac{1}{\rho_1^2} \right) \quad (2.12)$$

Kvadrat gustoće struje supstituiramo izrazom (2.9) i nakon kraćeg algebarskog računa dobivamo čuvenu Hugoniot-Rankinovu relaciju koja povezuje termodinamičke veličine ispred i iza valne fronte udarnog vala:

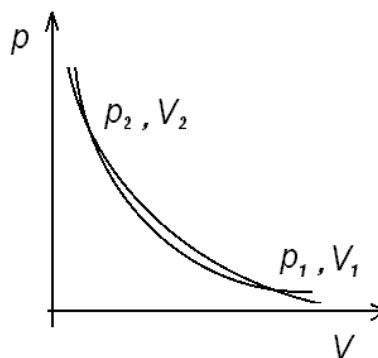
$$\varepsilon_1 - \varepsilon_2 + \frac{1}{2} (V_1 - V_2)(p_1 - p_2) = 0 \quad (2.13)$$

Što se tiče temperature, ona se može uvesti preko specifičnog toplinskog kapaciteta. U slučaju idealnog plina, pretpostavljamo da je specifičan toplinski kapacitet neovisan o temperaturi, stoga vrijedi:

$$\varepsilon_1 - \varepsilon_2 = C_V (T_1 - T_2) \quad (2.14)$$

U tom slučaju Hugoniot-Rankinova relacija prelazi u oblik:

$$C_V (T_1 - T_2) + \frac{1}{2} (V_1 - V_2)(p_1 - p_2) = 0 \quad (2.15)$$

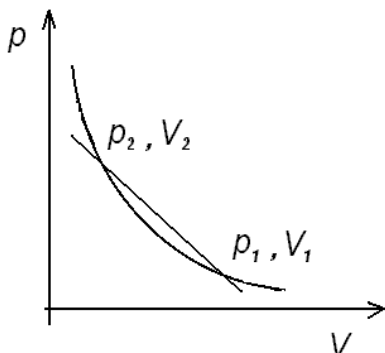


Slika 9. Tlak u ovisnosti o gustoći. Kroz zadani par točaka može prolaziti više različitih udarnih adijabata

Ako je zadano početno stanje fluida tada možemo odrediti kakva je veza između tlaka i gustoće fluida iza valne fronte. Veza između tlaka i gustoće se naziva *udarna adijabata*, a Hugoniot-Rankinova relacija (2.15) nam otkriva da ta veza nije jedinstvena jer se ne može napisati u obliku $f(p, V) = \text{const}$. Kroz početno stanje p_1, V_1 i završno stanje p_2, V_2 može prolaziti više različitih udarnih adijabata [1].

4. BRZINA PLOHE DISKONTINUITETA

Najvažnija stvar kod grafičke interpretacije udarnog vala je nagib sekante koja prolazi kroz početno i završno stanje fluida.



Slika 10. Sekanta kroz početno i završno stanje

Kao što se vidi iz relacije (2.9) upravo taj nagib $\Delta p / \Delta V$ određivat će gustoću struje, a time i razliku između brzina fluida ispred i iza plohe diskontinuiteta. Ako je razlika između početnog i završnog stanja mala tada govorimo o *slabim udarnim valovima* i nagib sekante približno je jednak nagibu tangente tj. vrijedi aproksimacija:

$$j^2 = \frac{p_2 - p_1}{V_1 - V_2} = -\frac{\Delta p}{\Delta V} \approx -\left(\frac{\partial p}{\partial V}\right)_1 \quad (2.16)$$

Ako uzmemo da je gustoća fluida približno jednaka s obje strane promatrane plohe tada je i brzina fluida gotovo neizmjenjena, odnosno:

$$v_1 = v_2 \equiv v = jV = \sqrt{-\left(\frac{\partial p}{\partial V}\right) V^2} \quad (2.17)$$

Kad se to napiše preko gustoće dolazimo da vrlo zanimljivog rezultata:

$$v = \sqrt{-\left(\frac{\partial p}{\partial V}\right) V^2} = \sqrt{\left(\frac{\partial p}{\partial \rho}\right)} = c \quad (2.18)$$

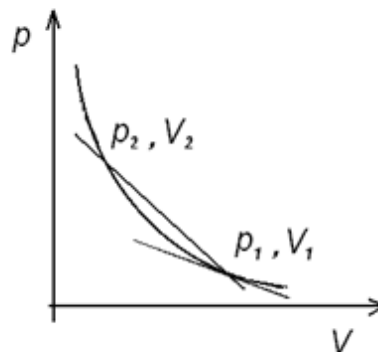
Brzina fluida jednaka je brzini zvuka, odnosno promatrano iz sustava fluida, ploha diskontinuiteta se giba brzinom zvuka!

Razmotrimo sada slučaj kad imamo veliki skok u gustoći i tlaku. Brzina fluida ispred plohe diskontinuiteta je:

$$v_1 = jV_1 \quad (2.19)$$

Nagib sekante je veći od nagiba tangente u točki (p_1, V_1) . Odatle nejednakost:

$$j^2 = \frac{p_2 - p_1}{V_1 - V_2} = -\frac{\Delta p}{\Delta V} > -\left(\frac{\partial p}{\partial V}\right)_1 \quad (2.20)$$



Slika 11. Sekanta u odnosu na tangentu.

Nagib tangente određuje brzinu zvuka u fluidu, dok nagib sekante određuje brzinu gibanja fluida kroz plohu, odnosno brzinu plohe u odnosu na sredstvo.

Pomnožimo li tu nejednakost s kvadratom specifičnog volumena fluida prednje regije, slijedi:

$$j^2 V_1^2 > -\left(\frac{\partial p}{\partial V}\right)_1 V_1^2 \quad (2.21)$$

$$v_1^2 > -\left(\frac{\partial p}{\partial V}\right)_1 V_1^2 = \left(\frac{\partial p}{\partial \rho}\right)_1^2 = c_1^2 \quad (2.22)$$

Što nam, u konačnici, daje odnos između brzine fluida kroz plohu i brzine zvuka ispred plohe.

$$v_1 > c_1 \quad (2.23)$$

Brzina ulaznog fluida je, dakle, veća od brzine zvuka u netaknutom mediju ispred valne fronte.

S obzirom da iza fronte naglo raste strmina udarne adijabate, povećava se i nagib tangente, pa prema tome i brzina zvuka. Analogno prijašnjem razmatranju, usporedbom tangente i sekante u točki (p_2, V_2) dobivamo:

$$v_2 < c_2 \quad (2.24)$$

5. ZAKLJUČAK

Naše razmatranje udarnih valova počelo je definicijom prema kojoj se udarni valovi, od običnih valova, razlikuju upravo nadzvučnom brzinom. Stoga je za svaki model udarnih valova ključno upravo pitanje brzine.

Pomoću zakona očuvanja mase, energije i impulsa, izveli smo jednadžbu za gustoću struje fluida

$$j^2 = \frac{p_2 - p_1}{V_1 - V_2}$$

te smo pokazali da je brzina fluida kroz plohu diskontinuiteta veća od prvobitne brzine zvuka (ispred plohe diskontinuiteta vladaju prvobitni uvjeti).

$$v_1 > c_1$$

Odnosno, ako gledamo iz sustava fluida prednje regije - ploha diskontinuiteta se giba nadzvučnom brzinom. Time smo zapravo pokazali da ploha diskontinuiteta zaista opisuje nadzvučno gibanje.

6. REFERENCES

1. L.D.Landau and E.M.Lifshitz (1987), *Course on Theoretical Physics, Volume 6, Fluid Mechanics*,
2. Feynman R. (1964) , *Lectures on Physics*
3. V.Eržen, P.Sabioncello (1969), *Eksplzivni, Tehnička enciklopedija, treći svezak*
4. Šips V. (1990.), *Uvod u statističku fiziku*
5. Schmidt C., Moore D.S.(1992), *Vibrational spectroscopy of high-temperature, dense molecular fluids by coherent anti-stokes raman scattering*, *Acc.Chem.Res.*,25, 427-432

Kontakt:

jurica.hizak@velv.hr

robert.logozar@velv.hr

GENERIRANJE SINUSNOG VALNOG OBLIKA FILTRIRANJEM PRAVOKUTNOG VALNOG OBLIKA PRIMJENOM RC FILTRA I ANALIZE FOURIEROVIH REDOVA

Vrhovski Z.¹, Šumiga I.², Purković D.¹

¹Visoka tehnička škola u Bjelovaru, Bjelovar, Hrvatska

²Veleučilište u Varaždinu, Varaždin, Hrvatska

Sažetak: U radu opisano je generiranje sinusnog valnog oblika filtriranjem pravokutnog valnog oblika primjenom RC filtra. Korišten je razvoj pravokutnog valnog oblika u Fourierov red te filtriranje viših harmonika kako bi se zadržao samo osnovni harmonik. Filtriranje je provedeno simulacijski i eksperimentalno. Prikazana su odstupanja realnog RC filtra od simuliranog RC filtra u Matlab SIMULINK-u.

Ključne riječi: Fourierov red, sinusni valni oblik, pravokutni valni oblik, filter, harmonik,

Abstract: This paper describes how sine wave is generated from square wave signal using RC filter. Square wave signal was expanded into Fourier series, and then higher harmonics was filtered, so that only base harmonic can be kept. Filtering is performed by simulation and by experiment. This paper also shows differences between real and ideal RC filter. Simulation was implemented in Matlab[®] and SIMULINK[®].

Key words: Fourier series, sine wave, square wave, filter, harmonic

1. UVOD

Osnovni zadatak ovog rada je pokazati primjenu matematike u analizi i sintezi sinusnog valnog oblika. Funkciju sinusnog valnog oblika moguće je generirati na mnogo načina. Ako se sinus funkcija generira pomoću mikrokontrolera tada je poželjno osmisliti način na koji će se uštedjeti na memorijskom prostoru i broju utrošenih izlaznih pinova mikrokontrolera. Jedan od mogućih načina generiranja sinusnog valnog oblika je korištenje D/A pretvornika čija rezolucija može biti proizvoljna. Veća rezolucija zahtijeva veći broj utrošenih izlaznih pinova, ali i veći broj memorijskih lokacija u koje će se pohraniti diskretne vrijednosti sinusne funkcije. Ovaj način generiranja sinusnog valnog oblika zahtijeva veliko zauzeće memorije i veliki utrošak izlaznih pinova. Još jedan nedostatak ovog načina je nemogućnost generiranja neprekinutog signala (signal je stepeničast) zbog konačne rezolucije D/A pretvornika. Drugi način na koji se može generirati sinusni valni oblik je korištenje znanja iz Fourierove analize. Ovo traži korištenje samo jednog izlaznog pina mikrokontrolera, a bit će opisan u nastavku.

2. FOURIEROVI REDOVI

Svaka periodična funkcija $f(t)$ koja zadovoljava Dirichletove uvjete na intervalu $[a, b]$ može se razviti u trigonometrijski Fourierov red oblika [1]:

$$f(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \left(a_n \cos \frac{2n\pi t}{T} + b_n \sin \frac{2n\pi t}{T} \right) \quad (1)$$

gdje je $T = b - a$ period funkcije $f(t)$. Koeficijenti Fourierovog reda računaju se prema:

$$\begin{aligned} a_0 &= \frac{2}{T} \int_a^b f(t) dt \\ a_n &= \frac{2}{T} \int_a^b f(t) \cos \frac{2n\pi t}{T} dt, n > 0 \\ b_n &= \frac{2}{T} \int_a^b f(t) \sin \frac{2n\pi t}{T} dt, n > 0 \end{aligned} \quad (2)$$

Ako je periodična funkcija $f(t)$ definirana na simetričnom intervalu $[-L, L]$ parna, tj. ako je $f(-t) = f(t)$ tada njen trigonometrijski Fourierov red sadrži samo kosinus članove i ima oblik: (3)

$$f(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos \frac{n\pi t}{L} \quad (3)$$

Koeficijenti uz kosinus funkcije računaju se prema (4):

$$\begin{aligned} a_0 &= \frac{2}{L} \int_0^L f(t) dt \\ a_n &= \frac{2}{L} \int_0^L f(t) \cos \frac{n\pi t}{L} dt, n > 0 \end{aligned} \quad (4)$$

Ako je periodična funkcija $f(t)$ definirana na simetričnom intervalu $[-L, L]$ neparna, tj. ako je $f(-t) = -f(t)$ tada njen trigonometrijski Fourierov red sadrži samo sinus članove i ima oblik: (5)

$$f(t) = \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin \frac{n\pi t}{L} \quad (5)$$

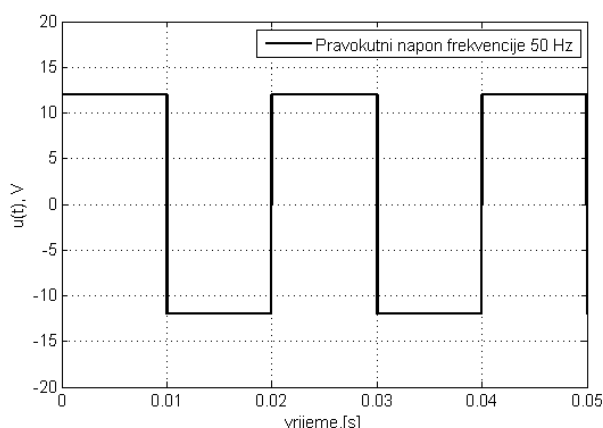
Koeficijenti uz sinus funkcije računaju se prema (6):

$$b_n = \frac{2}{L} \int_0^L f(t) \sin \frac{n\pi t}{L} dt, n > 0 \quad (6)$$

Prema (5) i (6) potrebno je generirati neparnu periodičnu funkciju pravokutnog valnog oblika s jednakim trajanjem pozitivnog i negativnog dijela signala kako bi se filtriranjem tog signala dobio sinusni valni oblik. Na taj način periodična funkcija $f(t)$, razvijena u Fourierov red, sadržavat će samo sinusne komponente.

3. RAZVOJ PERIODIČNE FUNKCIJE PRAVOKUTNOG VALNOG OBLIKA U FOURIEROV RED

Neparnu periodičnu funkciju pravokutnog oblika potrebno je generirati korištenjem mikroračunala i H-mosnog spoja. Nije nužno korištenje mikrokontrolera (može se koristiti vremenski sklop NE555). H-mosni spoj priključen je na istosmjerni izvor napajanja od 12 V (laboratorijski izvor ili akumulatorska baterija). Pravilnim upravljanjem H-mosnog spoja pomoću mikrokontrolera dobiven je naponski signal $u(t)$ prikazan na slici 1.



Slika 1. Pravokutni napon frekvencije 50 Hz

S obzirom na periodičnost i neparnost signala sa slike 1. naponski signal $u(t)$ može se rastaviti u Fourierov red koji sadrži samo sinusne harmonike prema relaciji (6).

$$\begin{aligned} b_n &= \frac{2}{L} \int_0^L u(t) \sin \frac{n\pi t}{L} dt = \frac{2}{L} \int_0^L 12 \sin \frac{n\pi t}{L} dt \\ b_n &= \frac{24}{n\pi} \left((-1)^{n+1} + 1 \right), b_{2n} = 0 \\ b_{2n+1} &= \frac{48}{\pi(2n+1)}, n \geq 0 \end{aligned} \quad (7)$$

Prema relaciji (7) slijedi da su svi parni harmonici jednaki nuli. Ako se koeficijent izračunat u relaciji (7)

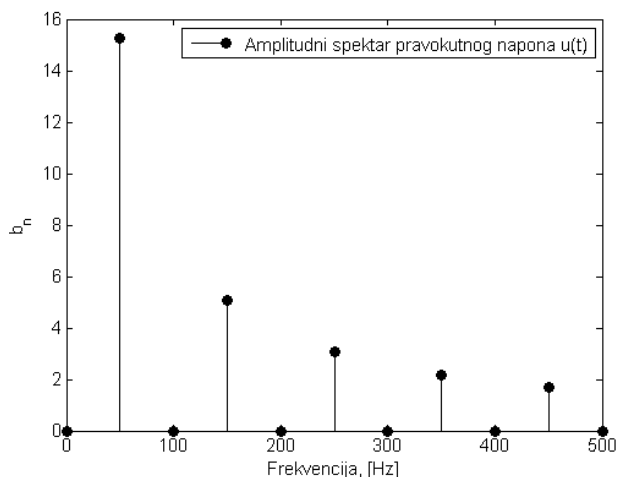
supstituiru u relaciju (6) dobije se razvijeni pravokutni naponski signal sa slike 1. u Fourierov red:

$$u(t) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{48}{\pi(2n+1)} \sin((2n+1)100\pi t) \quad (8)$$

Ako se izraz (8) razvije, tada se dobije:

$$\begin{aligned} u(t) &= \frac{48}{\pi} \sin 100\pi t + \frac{48}{3\pi} \sin 300\pi t + \dots \\ &\dots + \frac{48}{\pi(2n+1)} \sin((2n+1)100\pi t) + \dots \end{aligned} \quad (9)$$

Neka je sinusni valni oblik koji se želi generirati frekvencije 50 Hz. Tada je kružna frekvencija tog signala 100π rad/s. Signal $u(t)$ (9) sadrži beskonačno mnogo harmonika koji su prikazani na slici 2.



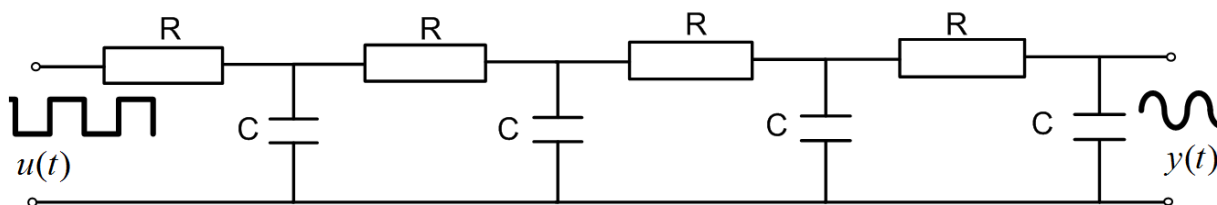
Slika 2. Amplitudni spektar signala $u(t)$

Od svih harmonika potrebno je izdvojiti harmonik frekvencije 50 Hz, a ostale harmonike potrebno je filtrirati (prigušiti). U svrhu prigušenja utjecaja harmonika frekvencija viših od 50 Hz koristit će se RC filtar 4. reda prikazan na slici 3. Red filtra dobiven je eksperimentalno povećavanjem kaskada RC filtra. Prijenosna funkcija RC filtra je:

$$G(s) = \frac{1}{RCs + 1} = \frac{1}{Ts + 1} = \frac{1}{\frac{s}{\omega_L} + 1} \quad (10)$$

Tu je T vremenska konstanta RC filtra, a ω_L lomna frekvencija RC filtra. Filtar 4. reda ima sljedeću prijenosnu funkciju [2], [3]:

$$G_f(s) = \frac{1}{(RCs + 1)^4} \quad (11)$$



Slika 3. RC filtar 4. reda

Frekvencijska karakteristika RC filtra 4. reda dobit će se ako u relaciji (11) kompleksnu varijablu s zamijenimo s $j\omega$:

$$G_f(j\omega) = \frac{1}{(RCj\omega + 1)^4} = |G_f(j\omega)| e^{j\arg(G_f(j\omega))} \quad (12)$$

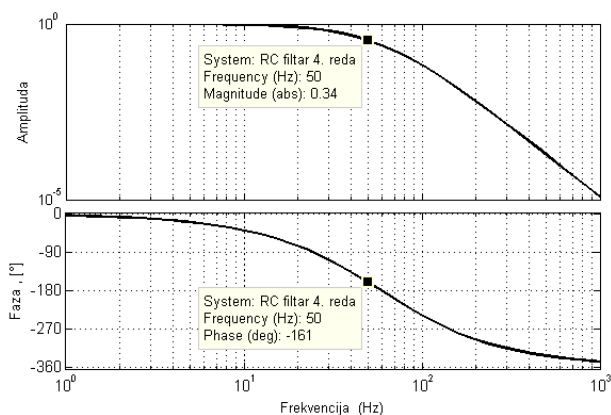
Amplitudno frekvencijska karakteristika RC filtra 4. reda je:

$$|G_f(j\omega)| = \left(\frac{1}{\sqrt{(RC\omega)^2 + 1}} \right)^4 = \frac{1}{((RC\omega)^2 + 1)^2} \quad (13)$$

a fazno frekvencijska karakteristika je:

$$\arg(G_f(j\omega)) = -4 \arctan(RC\omega) \quad (14)$$

Lomnu frekvenciju RC filtra 4. reda potrebno je tako namjestiti da filtar prigušuje sve frekvencije više od 50 Hz (100π rad/s). Zato mora vrijediti $\omega_L > 100 \pi$ rad/s, odnosno $T = R \cdot C < 3.2$ ms. Istodobno lomna frekvencija ω_L mora biti manja od 300π rad/s, odnosno $T = R \cdot C > 1.1$ ms. Na temelju razmatranja umnožak $R \cdot C$ mora biti unutar intervala $[1.1, 3.2]$ ms. U laboratoriju je dostupan otpornik R otpora 2.7 k Ω i kondenzator C kapaciteta 1 μ F. Ova kombinacija otpornika i kondenzatora daje vremensku konstantu $T = 2.7$ ms, što zadovoljava uvjet prigušenja svih harmonika koji su na frekvencijama višim od 50 Hz (100π rad/s). Bodeov dijagram RC filtra 4. reda sa spomenutim parametrima otpora i kapaciteta prikazan je na slici 4.

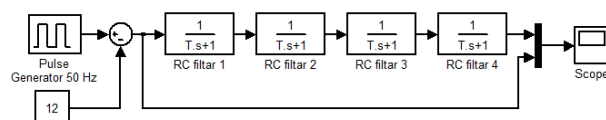


Slika 4. Bodeov dijagram RC filtra 4. reda

Pojačanje RC filtra 4. reda na frekvenciji 50 Hz iznosi 0.34 (slika 4.), što znači da se i osnovni harmonik prigušuje. Isto tako, RC filtar 4. reda unosi i fazno kašnjenje izlaznog signala za 161° (slika 4.). Pojačanje i faza RC filtra 4. reda poprima navedene iznose samo ako je ulazni pravokutni napon frekvencije 50 Hz.

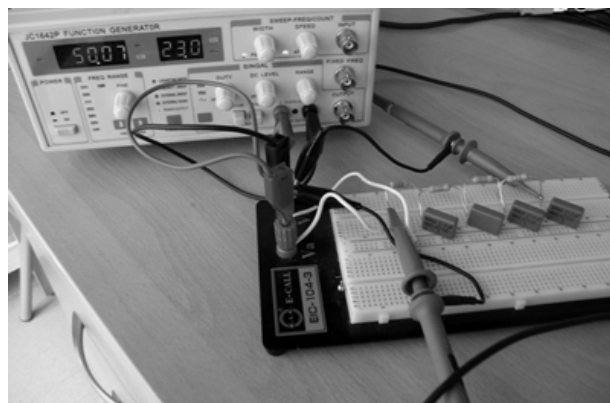
4. SIMULACIJA I EKSPERIMENT

Simulacija generiranja sinusnog valnog oblika iz pravokutnoga valnog oblika izrađena je u *Matlab* SIMULINK-u [4]. Simulacijska shema sklopa za generiranje sinusnog signala prikazana je na slici 5.



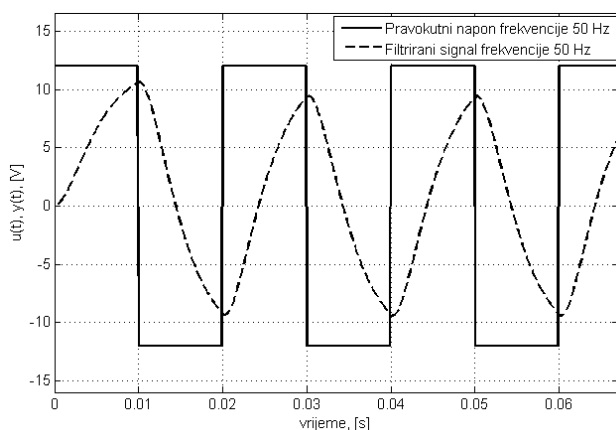
Slika 5. RC filtar 4. reda u Matlab SIMULINK-u

Istovjetna shema realnog sklopa prikazana je na slici 6.

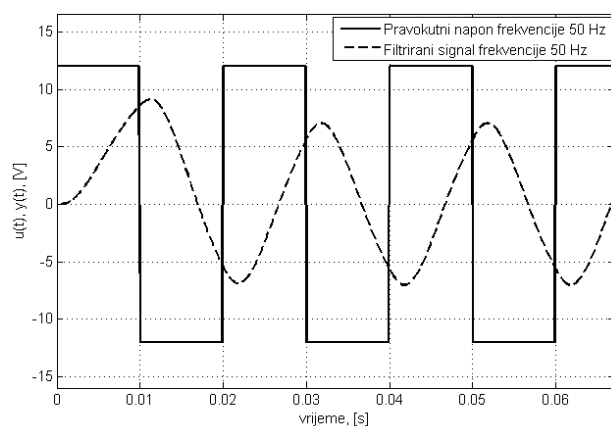


Slika 6. RC filtar 4. reda izveden na testnoj pločici

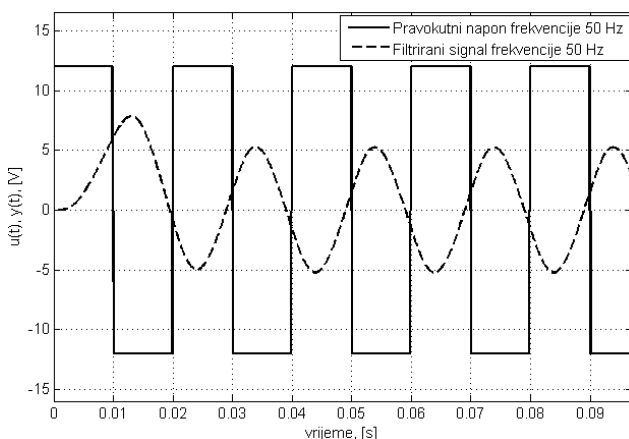
Realni RC filtar 4. reda priključen je na funkcijski generator koji u eksperimentalne svrhe zamjenjuje mikroročunalo i H-mosni spoj.



Slika 7. Odziv RC filtra 2. reda (simulacija)



Slika 8. Odziv RC filtra 3. reda (simulacija)



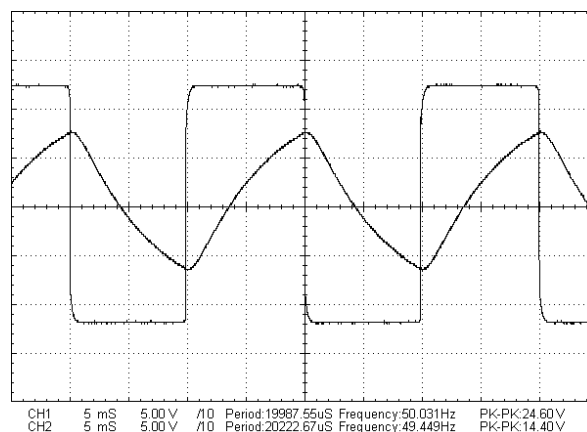
Slika 9. Odziv RC filtra 4. reda (simulacija)

Prigušenje viših harmonika ovisi o redu filtra što se može vidjeti iz izraza (12). Ako se koristi RC filter 2. reda tada izlazni signal iz filtra ima eksponencijalni oblik (slika 7.) Povećanjem reda filtra na 3, povećava se prigušenje signala, ali i izlazni signal ima sve vjerniji oblik sinusoide (slika 8.). Korištenjem RC filtra 4. reda izlazni signal ima zadovoljavajući oblik sinusoide (slika 9.) te nije potrebno povećavati red filtra. Na početku svih simulacija javlja se prijelazna pojava pa nakon druge periode signala sustav ulazi u stacionarno stanje.

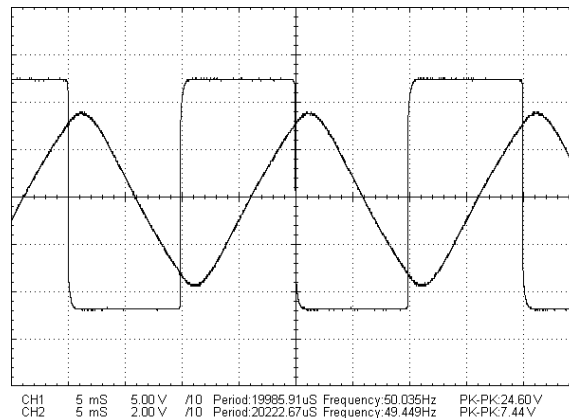
Pojačanje RC filtra na frekvenciji 50 Hz (100π rad/s) može se dobiti prema relaciji (12) i iznosi 0.3382. Fazni pomak signala iznosi -161° . Prvi harmonik ima rezultat $48/\pi$. Uz spomenuta razmatranja izlazni signal ima oblik:

$$y(t) = \frac{48}{\pi} |G_f(j100\pi)| \sin(100\pi t + \arg(G_f(j100\pi))) = 5.1676 \sin(100\pi t - 161^\circ) \quad (14)$$

Relacija (14) predstavlja rezultat dobiven simulacijom u Matlab SIMULINK-u.

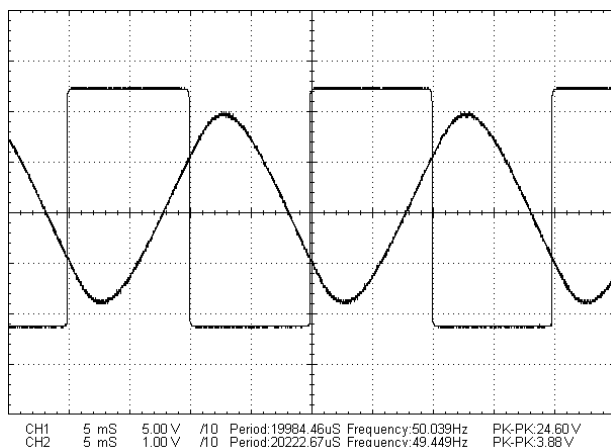


Slika 10. Odziv RC filtra 2. reda (eksperiment)



Slika 11. Odziv RC Filtra 3. reda (eksperiment)

Eksperimentom su dobiveni rezultati koji se ne podudaraju sa simulacijskim rezultatima. Kao i kod simulacije, vrijedi da izlazni signal RC filtra 2. reda ima eksponencijalni oblik (slika 10.) Povećanjem reda filtra na 3, povećava se prigušenje signala, ali i izlazni signal ima sve vjerniji oblik sinusoide (slika 11.). Korištenjem RC filtra 4. reda izlazni signal ima zadovoljavajući oblik sinusoide (slika 12.). Pri usporedbi rezultata simulacije i rezultata eksperimenta potrebno je u obzir uzeti skale pojedinog kanala osciloskopa. Na svim eksperimentalnim slikama prikazana su podešenja pojedinih kanala osciloskopa.



Slika 12. Odziv RC filtra 4. reda (eksperiment)

5. ZAKLJUČAK

Primjenom znanja iz Fourierove analize može se postići izdvajanje osnovnog harmonika pravokutnog signala, a time se dobije i traženi sinusni valni oblik. Generirani sinusni signal ima jednaku frekvenciju kao i pravokutni signal. Filtriranjem pravokutnog signala upotrebom RC filtra 4. reda mogu se prigušiti svi viši harmonici. Eksperimentalni rezultati razlikuju se od simulacijskih zbog odstupanja parametara komponenata od nazivnih vrijednosti te zbog parazitnih veličina koje propagiraju od 1. RC filtra prema posljednjem RC filtru. Na taj način greška se povećava. Točniji rezultati dobili bi se korištenjem aktivnih RC filtra umjesto korištenih

pasivnih RC filtara. Aktivni RC filtri izvode se s operacijskim pojačalima. Oblik izlaznog signala je sinusni, ali manje amplitude nego što je predviđeno simulacijom.

6. LITERATURA

- [1] Elezović, N. MATEMATIKA 3 : Fourierov red i integral, Laplaceova transformacija. Zagreb : ELEMENT, 2006.
- [2] Šurina, T. Automatska regulacija. Zagreb : Školska knjiga, 1991.
- [3] Vukić, Z; Kuljača, L. Automatsko upravljanje – analiza linearnih sustava. Zagreb : KIGEN, 2005.
- [4] <http://www.mathworks.com/help/toolbox/control>, Control System Toolbox

Kontakt:

Zoran Vrhovski, mag. ing. eit.
 Visoka tehnička škola u Bjelovaru
 Trg Eugena Kvaternika 4
 43000 Bjelovar
 mob: 0917842199
 tel: 043/241-185

mail:
 zvrhovski@vtsbj.hr
 ivan.sumiga@velv.hr
 dpurkovic@vtsbj.hr

IMPLEMENTACIJA SUSTAVA ZABBIX U TELEKOMUNIKACIJSKOJ MREŽI

Havaš, L.¹, Lacko P.¹

¹Veleučilište u Varaždinu, Varaždin, Hrvatska

Sažetak: Ovaj je rad podijeljen u dvije cjeline. U prvom dijelu je teorijski dio gdje su samo osnovne informacije važne za shvaćanje rada i načina na koji je napravljen praktični dio. Drugi dio rada je napisan u obliku vodiča, a tu su opisane sve radnje i postupci da bi se napravio praktični dio rada. Opisani su svi koraci, od same instalacije operativnog sustava na Zabbix server, pa do unosa proizvoljnih parametara koji su nam trebali. Uz pojedine opise su i slike koje služe za lakše razumijevanje Zabbix sustava u telekomunikacijskoj mreži.

Cljučne riječi: računalna mreža, protokol, Zabbix, Asterisk, server, parametar, telekomunikacijska mreža

Abstract: This paper is divided into two parts. The first part is the theoretical part, where there is only basic information important for understanding the paper and the way the practical part was made. The second part is written as a guide, where all the steps and procedures are described needed for the completion of the practical part of the work. All the steps are described: from the installation of the operating system on the Zabbix server to the entry of the needed arbitrary parameters. Next to some descriptions, there are pictures used for easier understanding of the Zabbix system in the telecommunications network.

Key words: computer network, protocol, Zabbix, Asterisk, server, parameter, telecommunication network

1. UVOD

Razvojem računala došlo je do potrebe za razmjenom sve veće količine informacija na sve veće udaljenosti. Danas više ne postoji grana industrije koja nije obuhvaćena informatičkom tehnologijom. Budući da računala i računalne mreže imaju sve veću ulogu u industrijskim i poslovnim sustavima, trebalo je pronaći rješenje kako nadzirati sve elemente sustava, pogotovo ako su oni međusobno veoma udaljeni. Zbog toga su se potkraj 20. stoljeća na tržištu počeli pojavljivati prvi specijalizirani programi za nadzor mrežnih komponenti i za nadzor računala na udaljenim lokacijama preko mreže.

U današnje vrijeme ispad pojedinog elementa mreže može dovesti do velikih financijskih gubitaka, pogotovo ako je riječ o kvaru za čiju sanaciju je potrebno više vremena. Zbog toga je najvažnije uočiti kvar u trenutku nastanka ili ga pokušati predvidjeti što prije da se on smanji. Danas već postoje programska rješenja otvorenog koda koja omogućuju kompletan nadzor svih elemenata

nekog sustava koji su nam važni, te mogućnost prikazivanja raznih statističkih podataka koji nas zanimaju. Cilj sustava za nadzor je da se sa što manjim financijskim izdacima i sa što manjim utjecajem na mrežu omogući kompletan nadzor cijelog sustava u realnom vremenu.

Budući da takav sustav prima veliku količinu podataka, pogotovo ako je broj nadziranih elemenata sustava velik, treba sve te informacije pohraniti na jedno mjesto. To se radi uz pomoć baza podataka. U njima nisu samo smještene informacije vezane uz nadzirane elemente, već i informacije ključne za rad našeg sustava za nadzor.

U ovom slučaju koristili smo aplikaciju Zabbix za nadzor telekomunikacijskog sustava koji koristi Asterisk aplikaciju za VOIP (engl. Voice Over Internet Protocol) i SIP (engl. Session Initiation Protocol) telefoniju. Tu se još nalaze i neki drugi serveri u mreži koje je također potrebno nadzirati.

2. RAČUNALNE MREŽE

2.1. Kratka povijest računalnih mreža

Razvojem računala, povećavanjem brzine njihova rada, stvorila se potreba za prijenos i obradu informacija na udaljenim mjestima. To se posebno pokazalo važnim kod znanstvenih i vojnih projekata. Bilo bi preskupo i prezahtjevno kad bi svaki znanstveni institut i svaki vojni centar imao svoje računalo velike snage, koje bi zadovoljavalo njihove potrebe. Tako se pojavila ideja izgradnje „super računala“ na nekoliko mjesta da bi svi instituti mogli slati svoje informacije u te specijalizirane centre na obradu.

S vremenom se sve više računala spajalo na razne mreže koje su se i same počele međusobno povezivati. Tako je u 1980-ima već bilo na tisuće računala spojeno u tu veliku mrežu. Pojam „internet“ pojavljuje se 1982. godine kao pojam kojim se predstavlja „mreža više mreža“. Do naglog porasta mreže došlo je zbog upotrebe elektroničke pošte koja je pokazala sve svoje prednosti nasuprot klasične pošte, prije svega zbog brzine komunikacije. Nakon pojave WWW-a (World Wide Web) 1991. godine velike kompanije diljem cijelog svijeta shvatile su da je zbog velikog porasta korisnika te mreže veliki potencijal oglašavanje na njemu. Naime, WWW je omogućio puno lakše korištenje takvog mrežnog sustava zbog svojeg grafičkog sučelja koje je običnim korisnicima bilo puno jednostavnije za upotrebu. Istodobno su razne zemlje sudjelovale u financiranju razvoja mreža na svojim teritorijima da bi sama usluga

bila pristupačnija ljudima i da se poveća broj korisnika. Došlo je do naglog „procvata“ interneta, financijski izvještaji prikazivali su podatke o bilijunima dolara u trgovini preko interneta, oglašavanju i ostalim sadržajima koje je on već tada nudio. Razvojem tehnologije, tj. mrežne opreme, brzina komunikacije je rasla, a time i mogućnost sadržaja kojima su korisnici mogli pristupiti (TV, glazba, slike...), dok je istodobno sama cijena usluge padala. Zbog toga danas gotovo da nema mjesta na Zemlji s kojeg nije moguće pristupiti internetu.

2.2. OSI REFERENTNI MODEL

Kreiranje mreže je jako zahtjevan zadatak. Postoji mnogo stvari o kojima treba brinuti, a to su:

- kakvu mrežnu opremu (hardver) ćemo koristiti, hoće li to biti optički vodovi ili obični bakreni vodiči ili ćemo pak kao prijenosni medij koristiti zrak (kod bežičnih mreža – wireless), na koji način će fizički biti izvedeni međusobni spojevi i slično,
- na koji način će se kodirati podatak kod prijenosa, pri kojim naponima će se prenositi informacija, kod koje brzine, hoćemo li koristiti binarni kod ili nešto još složenije,
- za koji tip usluge će se mreža koristiti, je li nam uistinu potrebna velika pouzdanost ili nam je važnija sama brzina prijenosa, hoće li biti kontrole toka kako jedno računalo ne bi brže slalo podatke nego što to drugo računalo može primati,
- na koji način je oblikovano korisničko sučelje, na koji način će programeri koristiti mrežu,
- koji protokoli će se koristiti i zbog čega.

Zbog spomenutih problema trebalo je odrediti standarde sve od najnižih slojeva mreže (sama fizička oprema), pa sve do najviših slojeva mreže (programi i aplikacije). Kao najjednostavnije rješenje problema pokazalo se da se sustav mreže rastavi na više slojeva koji se mogu međusobno promatrati kao zasebne cjeline, tj. kao zasebni podsustavi same mreže. Svaki sloj mreže komunicira s onim slojem neposredno ispod sebe i s onim slojem koji je neposredno iznad njega. Tako je bilo puno jednostavnije razviti standarde za određene slojeve mreže nego za mrežni sustav u cjelini.



Slika 1. Sedam slojeva OSI modela

2.3. TCP/IP REFERENTNI MODEL

S vremenom se pokazalo da je OSI model slojeva bio previše složen što je usporavalo implementaciju novih stvari. Zbog toga je već u 1970-ima predstavljen TCP/IP model slojeva koji se češće naziva Internet model slojeva. On se sastoji od četiri sloja. Podatkovni i fizički sloj su objedinjeni u jedan novi sloj. Sloj sesije i prezentacijski sloj objedinjeni su s aplikacijskim slojem u novi aplikacijski sloj šireg značenja. Usporedba OSI i Internet modela slojeva može se vidjeti u tablici 1.

Tablica 1. Usporedba OSI referentnog modela i TCP/IP referentnog modela

OSI MODEL	INTERNET MODEL
APLIKACIJSKI SLOJ	APLIKACIJSKI SLOJ
PREZENTACIJSKI SLOJ	
SLOJ SESIJE	
TRANSPORTNI SLOJ	TRANSPORTNI SLOJ
MREŽNI SLOJ	MREŽNI SLOJ
PODATKOVNI SLOJ	SLOJ VEZE/ DOMAĆIN-PREMA MREŽI
FIZIČKI SLOJ	

2.4. MREŽNA OPREMA

Mrežna oprema su sve fizičke komponente upotunjene određenim aplikacijama, tj. softverom, koje sudjeluju u radu mreže. U to možemo svrstati najobičnije bakrene vodiče po kojima se prenose bitovi, pa sve do veoma složenih usmjerivača i poslužitelja. Za razumijevanje ovog rada treba nabrojiti i objasniti samo pojedine segmente mrežne opreme. Objasniti ćemo samo složenije elemente koji sudjeluju u komunikaciji unutar računalne mreže:

- 1) OBNAVLJAČ (engl. hub)
- 2) PREKLOPNIK (engl. switch)
- 3) USMJERIVAČ (engl. router)

Obnavljač je uređaj koji obnavlja električni signal unutar mreže. On radi na prvom sloju OSI modela, tj. na fizičkom sloju mreže. Na sebi ima više konektora koji služe kao ulazi i izlazi. Kada na obnavljač dođe električni signal (npr. niz bitova koji šaljemo s jednog računala na drugo), on će taj signal pojačati na nekakvu standardnu vrijednost napona i poslati ga na sve izlaze.

Preklopnik je uređaj koji je po svome radu sličan obnavljaču, ali ima jednu važnu prednost u odnosu na njega. Preklopnik radi na drugom sloju OSI modela, na podatkovnom sloju. To znači da može razlikovati adrese, odnosno računala koja su spojena na njega. Zbog toga može sam odrediti kome treba proslijediti određeni podatak, za razliku od obnavljača koji to ne može, pa mora sve slati svima. Kod preklopnika je manje zagušenje mreže i nema toliko kolizije, pa je time i brzina puno veća.

Usmjerivač ima jako važnu ulogu u računalnim mrežama. Bez njega bi internet bio nezamisliv i tehnološki neizvediv. Usmjerivač je uređaj koji prosljeđuje podatke između više mreža, te na taj način povezuje mreže u jednu veliku cjelinu (kao na primjer kod interneta). Po svojoj izvedbi je puno složeniji od

preklopnika, a pogotovo od obnavljača. On mora obavljati malo složenije radnje od navedenog dvojca pa je i opremljen jačim hardverom. Kada paket dođe na ulaz usmjerivača, usmjerivač iz njega čita krajnju adresu na koju ga je potrebno poslati. Zatim, koristeći informacije koje mu se nalazi u rutinske tablici, proslijeđuje paket u sljedeću mrežu gdje će on nastaviti svoj put prema odredištu. Usmjerivač će ponekad obavljati i neke složenije zadatke poput prebacivanja paketa iz jednog protokola u neki drugi, koji se koristi kod druge mreže. Isto tako će spriječiti pokušaj neovlaštenog pristupa na mrežu koristeći vatrozid (engl. *firewall*). Danas gotovo svaki stan ima neki jednostavan usmjerivač preko kojeg se spaja na Internet, tj. imamo svoju privatnu mrežu i preko usmjerivača spajamo se na neku drugu mrežu koja je spojena na internet, odnosno na međunarodnu mrežu.



Slika 2. Preklopnik



Slika 3. Usmjerivač

2.5. MREŽNI PROTOKOLI

Protokol je način, odnosno procedura prema kojoj će se nešto odvijati. Isto tako i kod računalnih mreža imamo protokole koji se koriste u raznim situacijama. Kod računalnih mreža protokoli su način na koji će se neka informacija proslijediti dalje na mrežu s neke aplikacije ili obrnuto. Do danas se pojavilo mnogo protokola koji rade na pojedinim slojevima mrežnog modela. Za bolje razumijevanje rada potrebno je objasniti neke od važnijih protokola koji se danas sreću na svakom koraku i s kojima smo se susreli kod praktičnog dijela ovoga rada.

ETHERNET

Ethernet protokol je zapravo niz standarda koji su razvijeni za fizičku izvedbu lokalnih mreža. Standardiziran je pod nazivom IEEE 802.3, a pojavio se u komercijalnoj upotrebi oko 1980. godine zamijenivši razne standarde koje su do tada imali različiti proizvođači. Na taj način omogućio je brži razvoj i širenje računalnih mreža.

IPv4

IPv4 (engl: Internet Protocol version 4) je četvrto izdanje Internet protokola (IP). Tek se ova verzija IP-a raširila do

te mjere da ju danas koristi cijeli svijet. IPv4 je predstavljen 1981. godine kao nasljednik prethodne verzije IP protokola. Ovaj protokol se ne brine o pouzdanosti, tj. ne provjerava hoće li neki paket stići do svoga odredišta jer su za to zaduženi viši slojevi OSI modela. On je samo osnova komunikacije između uređaja spojenih na mrežu na mrežnom sloju. IPv4 koristi 32-bitno adresiranje.

TCP

TCP je jedan od osnovnih protokola unutar IP grupe protokola. Korištenjem protokola, TCP aplikacija na nekom od domaćina (engl: host) spojenog na računalnu mrežu kreira virtualnu konekciju prema drugom domaćinu, te se putem ostvarene konekcije prenose podaci. Zato ovaj protokol pripada grupi spojnih protokola, za razliku od bespojnih protokola kakav je npr. UDP. TCP garantira pouzdanu isporuku podataka u kontroliranom redoslijedu od pošiljatelja prema primatelju. Osim toga, TCP pruža i mogućnost višestrukih istodobnih konekcija prema jednoj aplikaciji na jednom domaćinu od strane više klijenata. Najčešći primjeri za to su web ili poslužitelji e-pošte.

UDP

UDP (engl: User Datagram Protocol) je protokol koji se nalazi u dijelu transportnog sloja OSI modela, a uz TCP jedan je od temeljnih Internet protokola. UDP omogućuje slanje kratkih poruka između aplikacija na računalima spojenim na mrežu. U odnosu na mrežnu razinu OSI modela, UDP dodaje samo funkcije multipleksiranja i provjeravanja pogreške prilikom prenošenja podataka, a nema mogućnost provjere primitka poruke jer ne čuva informaciju o stanju veze. Nakon slanja neke informacije nema nikakve provjere je li ta informacija stigla do svoga odredišta. Zbog toga se UDP koristi kada nam je puno važnija brzina i efikasnost prijenosa od same pouzdanosti, npr. za prijenos govora u stvarnom vremenu (VoIP telefonija), prijenos televizije, radija u realnom vremenu i kada je potrebno slanje iste poruke istodobno na više odredišta (engl: multicast).

SSH

SSH (engl: Secure Shell) je mrežni protokol za sigurno spajanje na udaljeno računalo preko nesigurnog medija kao što je internet. Bez obzira na njegovo ime, protokol pruža puno veću funkcionalnost nego obični alati za udaljeno spajanje poput telnet ili rlogina. Ova dva prethodna protokola su jako nesigurna jer je sav promet između klijenta i poslužitelja nekriptiran, te su tako osjetljive informacije (korisničke lozinke) čitljive svima koji mogu prisluškivati mrežni promet. SSH je protokol koji pripada aplikacijskom sloju TCP/IP modela, ali može funkcionirati i preko drugih prijenosnih protokola. On osigurava tajnost svih prenesenih podataka tako što kriptira (šifrira) sav promet između klijenta i poslužitelja.

HTTP

HTTP (engl: HyperText Transfer Protocol) je glavna i najčešća metoda prijenosa informacija na webu. Osnovna namjena ovog protokola je objavljivanje HTML dokumenata, tj. web stranica koje gledamo preko našeg

preglednika. HTTP protokol radi na principu upita i odgovora (engl: request/response). Npr., kada preko našeg preglednika želimo pogledati neku web stranicu, naš web preglednik se ponaša kao klijent, dok se aplikacija s druge strane mreže na serveru ponaša kao poslužitelj. Naš preglednik šalje upit za određeni sadržaj web stranice, a zatim mu poslužitelj odgovara na traženi upit i šalje mu traženi sadržaj.

DNS

DNS (engl. *Domain Name System*) je strogo hijerarhijski distribuirani sustav u kojem se mogu nalaziti različite informacije, no prije svega one o IP adresama i slovni nazivima za računala. Slovni naziv računala (engl. *hostname*) je jedinstveno simboličko ime unutar pojedine mreže kojim se koriste neki protokoli (SMTP, NNTP) za elektroničku identifikaciju nekog računala. Takvi slovni nazivi mogu biti samo jedna riječ, ako se recimo radi o lokalnoj mreži, ili nekoliko riječi odvojenih točkama. U potonjem slučaju riječ je o domenskom imenu (engl. *domain name*). Klijentima DNS informacije pružaju DNS poslužitelji koristeći DNS protokol za komunikaciju, kako s klijentima tako i međusobno. Svrha DNS sustava je pojednostavljivanje komunikacije među računalima u smislu olakšanog pamćenja slovni naziva kao i mogućnosti tematskih i drugih grupiranja računala koja nisu nužno fizički blizu (fizički blizu u smislu slijednih IP adresa). Razumljivo je da je u svakodnevnom radu puno lakše koristiti i pamtiiti slovna i smisljena imena nego odgovarajuće IP adrese.

SNMP

SNMP (engl. *Simple Network Management Protocol*) je skup jednostavnih operacija koje mrežnom administratoru omogućuju pregledavanje i mijenjanje stanja SNMP baziranih uređaja. Npr., upravitelj može koristiti SNMP kako bi onemogućio rad određenih sučelja na komutatoru, da bi pogledao trenutnu brzinu na sučeljima usmjerivača, pa čak i pogledao temperaturu procesora mrežnog uređaja. SNMP se može koristiti za upravljanje uređajima kao što su komutatori, usmjerivači, pisači, VoIP telefoni, Unix i Windows sustavi, odnosno svaki uređaj koji podržava prijem i slanje SNMP poruka može biti upravljan. Do sada su se pojavile tri verzije SNMP protokola: SNMPv1, SNMPv2 i SNMPv3. Verzija koja se sada najviše koristi je SNMPv2.

2.6. Klasifikacija mreža

Mreže možemo podijeliti prema raznim kriterijima. Prema veličini, odnosno području na kojem su rasprostranjene, dijelimo ih na:

- 1) PAN (engl: Personal Area Network)
- 2) LAN (engl: Local Area Network)
- 3) MAN (engl: Metropolitan Area Network)
- 4) WAN (engl: Wide Area Network)

3. ZABBIX

Zabbix je besplatno programsko rješenje za nadzor servera unutar mreže. Riječ je o aplikaciji otvorenog koda (engl: open source). Napravio ga je Alexei Vladishev, a cijeli projekt je počeo 1998. godine. Prva alfa verzija (1.0alpha1) izdana je tek 2001. godine pod GPL-om (General Public License). Sadašnja verzija je 1.8 izdana potkraj 2009. godine. Zabbix se trenutačno razvija u neovisnoj kompaniji Zabbix SIA.

Prema programskoj konstrukciji sustav Zabbix može se podijeliti na dvije osnovne komponente:

- Zabbix server
- Zabbix agent

Kod toga se Zabbix server može podijeliti na tri dijela:

- Zabbix server
- Zabbix korisničko sučelje
- Baza podataka

ZABBIX SERVER

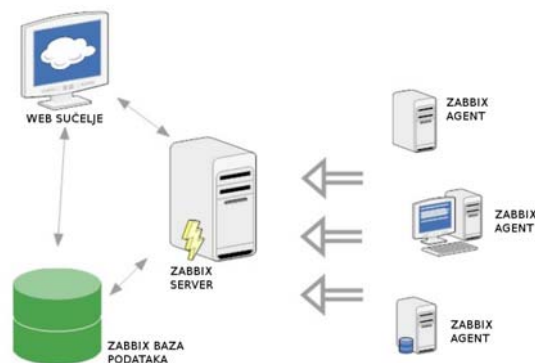
To je jezgra cijelog sustava. On je instaliran na serveru koji je namijenjen baš za tu svrhu. Zabbix server može se instalirati isključivo samo na Linux operativni sustav. Na njega se spajaju ostali serveri ili elementi mreže s kojih se prikupljaju podaci koji se nadziru putem toga sustava. Osnovni dio programa je napisan u C jeziku.

Korisničko sučelje je izvedeno u obliku web sučelja, a to znači da mu se pristupa preko bilo kojeg web preglednika. To je izvedeno zato da se olakša korištenje Zabbix servera, da se korisnici mogu bilo gdje spajati na njega. Web sučelje je napisano u PHP jeziku, ali koristi i neke Java skripte.

Za bazu podataka su ponuđena razna rješenja. Mogu se koristiti MySQL, PostgreSQL, SQLite, Oracle ili IBM DB2 baze podataka. Mi smo u radu koristili MySQL.

ZABBIX AGENT

To je aplikacija instalirana na serveru čije parametre promatramo, odnosno kojeg nadziremo. Ona se može instalirati na Linux, Mac OS, Windows, FreeBSD, AIX, OpenBSD, NetBSD i Solaris operativne sustave. Zabbix agent šalje željene parametre Zabbix serveru gdje se oni spremaju u bazu podataka i moguće ih je gledati preko web sučelja. Za slanje se najčešće koristi TCP protokol, ali to može biti i SNMP, ICMP, SSH, telnet.



Slika 4. Grafički prikaz konstrukcije Zabbix sustava

Preko Zabbixa mogu se pratiti parametri vezani uz sam hardver nekog sustava, ali isto tako i same aplikacije na nekom od servera. Prednost ovakvog sustava je u tome što se sve vrijednosti promatraju u realnom vremenu. To je posebno bitno kod sustava vezanih uz telekomunikaciju ili financije. Ako u takvom sustavu dođe do kvara, u vrlo kratkom vremenu doći će do velikih financijskih gubitaka. Kod ovakvog sustava imamo mogućnost trenutnog dobivanja informacije o kvaru. To nam omogućava sustav alarma i upozorenja koje možemo proizvoljno podešavati i koji će nas o kvaru obavještavati putem elektroničke pošte. Kod alarma se koristi XMPP (engl. Extensible Messaging and Presence Protocol).

Osim pouzdanosti i kvalitete rada sustava, ovakvo rješenje pruža nam mogućnost praćenja raznih korisničkih aktivnosti. Npr., u telefoniji možemo pratiti kako se kreće broj aktivnih VOIP (engl. Voice Over IP) linija u nekom trenutku. Na temelju prikupljenih podataka možemo raditi razne statističke i OLAP analize podataka, analizirati u kojim periodima je sustav najviše opterećen i koliko je to opterećenje. To nam je jako važno da bismo mogli neki sustav što više prilagoditi uvjetima u kojima on mora raditi. U web sučelju možemo lako izraditi grafove vezane uz neke parametre. Oni mogu biti statički ako nas zanima kretanje nekog parametra u nekom vremenskom periodu u prošlosti, a mogu biti i dinamički ako nas zanima stanje zadnjih 24 sata ili zadnjih 7 dana.

Velika prednost Zabbix sustava je u tome što je moguće proizvoljno definirati njegove parametre. On u sebi već sadrži cijeli niz predložaka s gotovim parametrima za razne operativne sustave, ali u praksi ćemo uvijek naići na nešto što nije u standardu podržano i što ćemo morati sami doraditi. Proizvoljne parametre je relativno lako dodati, oni se lako definiraju u konfiguracijskoj datoteci Zabbix agenta na promatranom serveru. Potrebno je samo napisati skriptu u shellu (.sh) koja će vraćati željeni parametar Zabbix agentu kako bi ga on mogao proslijediti Zabbix serveru. Serveri se lako dodaju preko grafičkog sučelja na Zabbix server i moguće ih je složiti po grupama što olakšava pregled i rad sa serverima. Budući da je riječ o aplikaciji otvorenog koda, možemo pristupiti samom izvornom kodu programa. Na taj način možemo mijenjati sve što nam treba i prilagoditi svojim potrebama, bilo da se radi o web sučelju u PHP-u ili čak o samoj jezgri programa u C-u. Kod ovoga rada mogli smo prilagoditi sučelje prema svojim željama, ubaciti logo neke tvrtke, presložiti izbornike i slično.

4. ASTERISK

Prva verzija Asteriska je izašla 1999. godine. Napravio ju je Mark Spencer, zaposlenik Digiuma. Riječ je o aplikaciji otvorenog koda za telefoniju, odnosno za razmjenu glasovnih informacija. Sustav je osmišljen tako da je moguća međusobna komunikacija između samih Asterisk sustava, ali je također omogućeno spajanje na bilo koji telefonski sustav da bi se omogućila komunikacija. Moguće je spajanje i na PSTN (engl. Public Switched Telephone Network) i na VoIP sustave.

Što se tiče naprednijih mogućnosti samog sustava, one su jako brojne. Asterisk korisniku pruža mogućnost glasovne pošte, konferencijskih poziva, interaktivnih glasovnih odgovora i automatsku raspodjelu poziva. Mogu se dodavati i vlastite mogućnosti programirajući ih u nekom od Asteriskovih jezika ili u C-u. To zahtijeva napredno znanje ali korisniku omogućava potpunu prilagodbu sustava njegovim potrebama.

U slučaju prespajanja analognih telefonskih sustava preko Asteriska, server mora imati posebno hardversko rješenje.

Danas Asterisk ima podršku za još neke protokole poput SIP-a, MGCP-a, H.323, ISDN, SS7, te brojne protokole za prijenos glasa preko IP-a i za prijenos video sadržaja. Razvijen je i jedan novi protokol specijaliziran baš za Asterisk sustave, IAX2 (engl. Inter-Asterisk eXchange). Budući da Asterisk pruža podršku za SIP protokol, moguće ga je koristiti u kombinaciji sa SIP telefonima koji su danas postali jako rašireni, pogotovo u poslovnim sustavima.

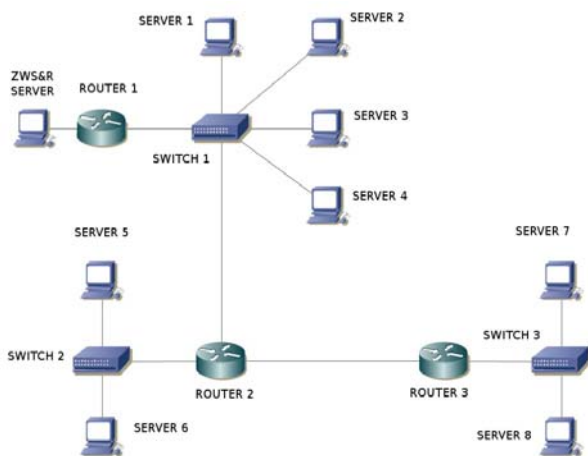
Da bi se administratoru omogućilo što lakše i brže korištenje Asterisk sustava, razvijeno je i nekoliko grafičkih sučelja. Sama instalacija i konfiguracija sustava nije previše komplicirana i sve se da dosta brzo posložiti. Asterisk je namijenjen Linux operativnim sustavima, a budući da je besplatan i pruža mnogo mogućnosti, danas je jako raširen, pogotovo u poslovnim sustavima gdje pruža brz i stabilan rad uz minimalna financijska izdavanja.

5. IZRADA SUSTAVA ZWS&R

Tvrtka unutar koje se ostvaruje implementacija sustava ZWS&R se bavi konfiguriranjem, montažom i održavanjem servera. Ti serveri imaju mnoga obilježja i različite namjene. Distribuirani su i instalirani u mnogim dijelovima zemlje, pa čak i izvan nje. Uglavnom su to Linux serveri koji se koriste kao serveri za elektroničku poštu, razne HTTP aplikacije, za razne televizijske sustave ili kao telefonske centrale za VOIP.

Što se tiče strukture mreže, ona je jako komplicirana, budući da su serveri smješteni u mnogim gradovima i državama. Nije riječ o nekakvoj jednostavnoj LAN mreži, već o jednoj dosta složenoj WAN mreži, tj. internetu. Stoga smo probali topologiju mreže svesti na što jednostavniji oblik da bi se vidjeli samo ključni dijelovi mreže preko kojih se komunicira sa serverima.

Cilj ovoga rada bio je složiti sustav za nadzor servera u stvarnom vremenu. Budući da je riječ o jako skupim serverima koji se koriste u sustavima s velikom financijskom konstantom, svako umanjivanje mogućnosti ispada sustava i smanjivanje vremena trajanja ispada sustava od velike je važnosti. Ovim sustavom smo omogućili veću sigurnost i stabilnost sustava koje nadziremo. Ukratko, naš zadatak je bio složiti i konfigurirati ZWS&R server i ostale servere spojiti na njega, odnosno na sustav za nadzor ZABBIX.



Slika 5. Topologija mreže kod sustava ZWS&R

5.1. Instalacija Zabbix servera

Riječ je o serveru tipa SunFire na koji je trebalo prvo instalirati OS (operativni sustav). Za operativni sustav smo koristili Linux distribuciju zvanu Fedora, verziju 11. Kod gotovo svih servera koristimo Fedoru za OS. Na taj način si pojednostavljujemo održavanje servera, ali i slaganje novih servera. To je puno jednostavnije nego da imamo na svakom serveru drugu inačicu Linuxa.

Unutar računala se nalaze dva diska koji su po svojim karakteristikama identični i kapaciteta od 250Gb. Ovaj server ima fizičku podršku za RAID (engl. Redundant Array of Independent Disks) i to za RAID 0 i za RAID 1. Mi smo ovdje koristili RAID 1 zbog toga jer nam nisu potrebne jako velike brzine čitanja ili pisanja podataka, već nam je na prvom mjestu stabilnost i pouzdanost samog sustava.

Nakon instalacije OS-a treba spojiti naše računalo na mrežu. U ovome slučaju moramo preko konzole ručno podesiti mrežne parametre. Konfiguracijska datoteka naše mrežne kartice nalazi se na „/etc/sysconfig/network-scripts/ifcfg-eth0“.

Ako prilikom ponovnog učitavanja konfiguracijskih datoteka mreže nije bilo nikakvih grešaka, možemo krenuti na konfiguriranje našeg sustava. Nakon što smo se uvjerali da mreža radi, da naše računalo ima pristup internetu, trebalo je instalirati sve najnovije nadopune za naš operativni sustav.

Nakon toga smo instalirali bazu podataka koju ćemo koristiti za spremanje podataka. Mi smo se odlučili za MySQL relacijsku bazu podataka. Trebalo je instalirati i MySQL server.

Nakon konfiguriranja naše MySQL baze, dodali smo korisnika preko kojeg će naš Zabbix server komunicirati s bazom podataka.

Korisnika „zabbix“, kako unutar samog operativnog sustava, tako i unutar MySQL baze podataka, koristimo iz sigurnosnih razloga. Korisnik „zabbix“ ima manja prava od „root“ korisnika. Na taj način smo ograničili moguću štetu unutar sustava uzrokovanu kvarom u sustavu, bilo našom greškom ili zbog pogrešno konfiguriranog sustava. Nakon što smo kreirali sve potrebne tablice unutar naše baze podataka, skinuli smo s interneta .sql datoteke za kreiranje Zabbixove baze

podataka. Pronašli smo instalaciju u arhiviranom formatu i raspakirali je. Unutar instalacije se nalaze .sql datoteke koje je potrebno učitati u našu bazu.

Iako imamo posebni server za spremanje kopija svih podataka (engl. backup) koji smo podesili tako da redovito sprema i našu MySQL bazu, mi smo ipak napravili skriptu u shellu koja će našu zabbix bazu podataka spremiti i na lokalni disk. Zato je trebalo napisati skriptu u shellu i ubaciti ju u alat CRON, koji je nadležan za automatsko izvođenje naredbi ili programa. Naša skripta nazvana mysql-zabbix.sh ubačena je u CRON tablicu koja se nalazi na „etc/crontab“, tako da se provodi npr. svaki dan u 02:00h.

Na taj način smo pripremili bazu podataka i operativni sustav za instalaciju Zabbixa sa svim pripadajućim paketima.

Zabbixove konfiguracijske datoteke su smještene u mapi „/etc/zabbix/“. Tu se nalaze konfiguracijske datoteke Zabbix servera (zabbix_server.conf), Zabbix agenta (zabbix_agentd.conf) te Zabbix proxyja (zabbix_proxy.conf).

Budući da na našem serveru imamo instaliran Zabbix server i Zabbix agent, treba podesiti Zabbix agent tako da šalje podatke našem Zabbix serveru koji je na istom računalu, odnosno da računalo samo sebe nadzire. To ćemo učiniti tako da u konfiguracijskoj datoteci Zabbix agenta (zabbix_agentd.conf) za IP adresu servera kojem treba slati parametre postavimo 127.0.0.1 (localhost). Isto tako je trebalo postaviti odgovarajući TCP port na koji će se slati podaci.

Standardni TCP port preko kojeg Zabbix agent razmjenjuje podatke sa Zabbix serverom je 10051. Mi možemo uzeti proizvoljni port ako nije zauzet nekim drugim procesom. Zbog sigurnosti u praksi se preporuča koristiti svoje tajne portove koji nisu standardni. Bitno je jedino da u konfiguracijskim datotekama Zabbix agenta i Zabbix servera postavimo jednake TCP portove da se omogući komunikacija.

Te portove zatim treba omogućiti na našem firewallu pomoću naredbe iptables. Iptables je firewall na Linux operativnim sustavima. Uvijek je dobro sve onemogućiti, a zatim otvoriti samo one portove koji su nam potrebni za komunikaciju. Npr., u neakvom standardnom slučaju kod nas bi to bili 10051 (Zabbix), 80 (HTTPD – za pristup web sučelju Zabbixa), 22 (SSH – za spajanje preko mreže na naš server). Konfiguracijska datoteka iptablesa je „/etc/sysconfig/iptables/“ i u njoj se pišu nizovi (engl. chain) naredbi za omogućavanje i blokiranje određenih portova.

Budući da nam je server spojen preko usmjerivača na ostatak mreže, trebalo je podesiti i prosljeđivanje portova na usmjerivaču (engl. port forwarding). Kako imamo više računala spojenih u LAN, a sva ona idu preko iste javne IP adrese prema internetu, naš usmjerivač mora znati kada mu dođe paket za Zabbix server, kojem računalu ga prosljediti. Npr., ako je lokalna IP adresa našeg servera 192.168.1.5, a port za Zabbix 10051, potrebno je u tablici prosljeđivanja portova podesiti da sve što dođe na portu 10051 bude automatski usmjereno na IP adresu 192.168.1.5. Isto tako, ako je naš port za web sučelje Zabbixa 80, također je potrebno podesiti da sve što dođe na port 80 usmjerivač prosljedi na IP adresu 192.168.1.5., kako bismo se mogli putem interneta spojiti

na naše web sučelje Zabbixa s bilo kojeg mjesta i pratiti što se zbiva. Na taj način smo omogućili ispravnu komunikaciju s našim serverom za nadzor, iako on nema direktno svoju javnu IP adresu za pristup internetu.

Nakon podešavanja firewalla, podesili smo web sučelje preko kojeg ćemo upravljati s kompletnim sustavom, dodavati nove servere, ubacivati nove parametre, crtati grafove itd. Naše web sučelje će se vrtjeti preko aplikacije Apache za web servere, odnosno preko servisa HTTPD (engl. Hypertext Transfer Protocol Daemon).

Kod prvog spajanja na naše web sučelje trebalo je potvrditi sve parametre koje smo podesili u konfiguracijskim datotekama. Nakon toga se možemo prijaviti kao „Admin“ (administrator sustava) bez lozinke. Tek tada je moguće preko web sučelja dodavati nove korisnike s pripadajućim lozinkama. Nakon što smo kreirali korisnike i dodijelili im lozinke za spajanje na Zabbix server putem web sučelja, sustav je spreman za dodavanje korisničkih servera koje ćemo nadzirati.

5.2. Dodavanje računala na Zabbix server

Kada je naš Zabbix server potpuno spreman, potrebno je spojiti korisničke servere koje namjeravamo nadzirati na naš sustav. Budući da su ti serveri na udaljenim lokacijama, na njih ćemo se spojiti preko SSH protokola. Mi smo za tu upotrebu koristili besplatnu aplikaciju PuttY koja nam omogućuje rad na Linux operativnim sustavima preko konzole putem SSH. Za spajanje moramo znati port na koji ćemo se spojiti na SSH, te ime i lozinku korisnika preko kojeg se spajamo. Iz sigurnosnih razloga to nikada nije "root" korisnik, budući da on ima neograničena prava za rad na računalu. Svi korisnički serveri su podešeni tako da je "root" korisniku onemogućeno spajanje putem SSH protokola. Uvijek se kreira korisnik baš za tu namjenu, a koji ima samo ograničena prava. Nakon što se prijavimo kao dodatni korisnik, možemo se prijaviti kao "root" korisnik.

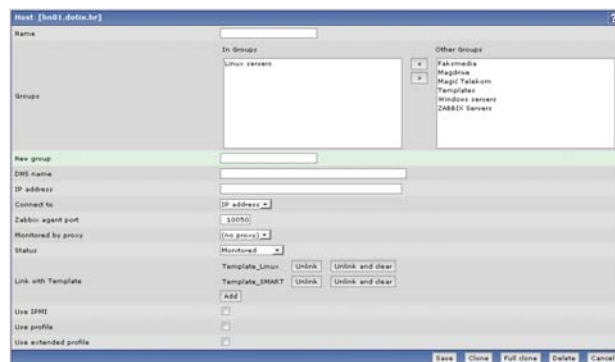
Prvo smo instalirali Zabbix agent na računalo. Nakon toga je trebalo u konfiguracijskoj datoteci Zabbix agenta "/etc/zabbix/zabbix_agentd.conf" podesiti nekoliko parametara: podesiti adresu servera kojem se šalju podaci, port preko kojeg se ostvaruje TCP konekcija, unijeti IP adresu našeg servera, odnosno našu javnu IP adresu usmjerivača preko kojeg server pristupa internetu, te ispravne TCP portove koji smo odredili i na našem serveru za nadzor. Nakon toga je potrebno omogućiti na firewallu naš port.

Sve spomenuto treba izvesti na svim serverima koje želimo nadzirati.

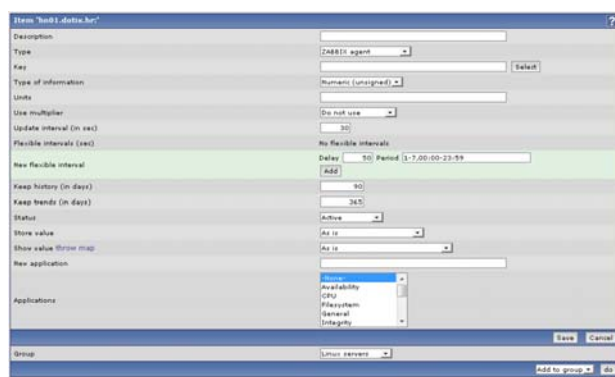
Na kraju za dodavanje naših servera putem web sučelja potrebna nam je samo njihova IP adresa, DNS naziv, te ako želimo sortirati servere u razne grupe. Pod izbornikom Configuration → Hosts možemo u budućnosti dodavati i brisati servere koje nadziremo i mijenjati njihove parametre.

Budući da su svi serveri na Linux operativnim sustavima, jednostavno ćemo odabrati već postojeći predložak Template_Linux pod izbornikom Configuration → Items, pod padajućim izbornikom Templates, i dodijeliti

ga svim serverima. Nakon toga treba odabrati s liste za pojedine servere parametre koje želimo promatrati. Pod izbornikom Configuration → Triggers možemo podešavati sve „okidače“ (engl. triggers) alarma za pojedine slučajeve koje sami odabiremo.



Slika 6. Dodavanje računala na Zabbix server



Slika 7. Dodavanje novog parametra

5.3. Dodavanje proizvoljnih parametara

Za nadzor servera još nam trebaju parametri S.M.A.R.T. sustava za nadzor diskova, nadzor RAID polja (ako ih ima), te za nadzor ASTERISK sustava za telefoniju (ako ga ima). Ti parametri nisu po standardu podržani kod Zabbixa pa ih treba dodati vlastoručno. Zabbix ima mogućnost definiranja proizvoljnih (engl. custom) parametara. Budući da se svi parametri dobivaju kao izlaz na zaslonu naredbe u konzoli (shellu), moguće je definirati svoje naredbe ili čak cijele shell skripte koje će nam na izlazu davati željene vrijednosti, a koje će Zabbix agent proslijediti našem Zabbix serveru gdje će se pohraniti u MySQL bazu podataka kao i svi ostali parametri.

S.M.A.R.T. (engl. Self-Monitoring, Analysis, and Reporting Technology) – sustav koji je ugrađen u disk i omogućuje kompletno praćenje njegovog rada i detekciju kvarova ili pogrešaka koje nastanu tijekom rada. Da bi bilo moguće praćenje tih parametara na serverima, treba instalirati SMARTMONTTOOLS aplikaciju koja omogućuje praćenje S.M.A.R.T. parametara direktno iz konzole.

Trebalo je napisati skriptu koja će nam vraćati S.M.A.R.T. parametre iz konzole i kopirati ju na svaki server koji nadziremo, te upisati naše proizvoljne parametre u konfiguracijsku datoteku Zabbix agenta.

Nakon toga se spajamo na web sučelje Zabbix servera i tamo dodajemo nove parametre pod izbornikom

Configuration → Items → Create Item. Tamo je potrebno dodati za pojedini parametar pripadajuću naredbu koju smo upisali u konfiguracijsku datoteku Zabbix agenta.

Nakon toga smo konfigurirali (podesili) pripadajuće alarme, npr. ako je temperatura diska veća od 50 °C uključiti će se alarm. To smo napravili u izborniku Configuration → Triggers → Create Trigger.

Korisniku je omogućena velika kreativnost u izražavanju uvjeta. Oni mogu biti jako jednostavni (kao u spomenutom primjeru), ali mogu biti i jako složeni (ovis o više varijabli i o više uzetih uzoraka pojedinog parametra).

Taj postupak je potrebno provesti za sve dodatne parametre i to na svim računalima. Na svako se računalo moramo spojiti preko SSH, kreirati skriptu s pripadajućim sadržajem, dodati shell naredbe za vađenje parametara u konfiguracijske datoteke Zabbix agenta, te ih još sve posebno dodati preko web sučelja Zabbix servera.

Drugi dio dodatnih parametara je vezan uz RAID polja. Jako je važno uočiti eventualni kvar na poljima ako dođe do kvara na jednom od diskova ili na samom fizičkom sklopu za RAID.

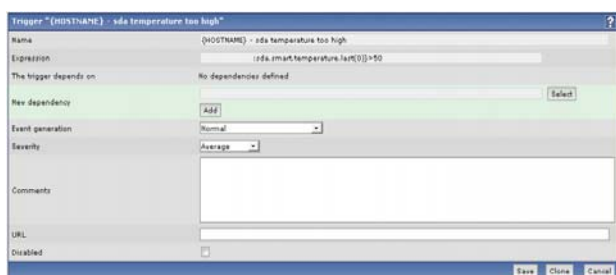
Kao i u prethodnom slučaju kod S.M.A.R.T. parametara, treba napraviti jednostavnu skriptu „`/etc/zabbix/raid.sh`“. Ona na izlaz daje broj aktivnih polja, odnosno koliko „[UU]“ je detektirano na ispisu naredbe „`cat /proc/mdstat`“. Ako dođe do kvara i drugi disk u polju otkáže, na ispisu naredbe imat ćemo „[U_]“, tada skripta vraća vrijednost 0 koju mi vidimo na ZABBIXU i onda znamo da je došlo do kvara na sustavu. Ta skripta se također kopira na promatrani server, te se parametar ubaci u konfiguracijsku datoteku Zabbix agenta.

Nakon toga se i taj parametar jednostavno pridoda na Zabbix server preko web sučelja.

Što se tiče Asteriska, najvažniji su nam parametri: stanje procesa (je li Asterisk uopće upaljen) i broj poziva.

Kao i u prethodnim slučajevima, trebali smo napraviti skriptu za učitavanje parametara u Zabbix. Napravili smo skriptu „`/etc/zabbix/asterisk.sh`“, dodali ju u konfiguracijsku datoteku Zabbix agenta „`/etc/zabbix/zabbix_agentd.conf`“, te na kraju preko Zabbixovog web sučelja dodali parametre i realizirali pripadajuće alarme.

Na temelju toga je vrlo jednostavno nacrtati dijagrame opterećenja sustava iz kojih je vidljivo kada je sustav najviše opterećen, te razni trendovi ponašanja sustava u dužem vremenskom periodu.



Slika 8. Dodavanje novog alarma

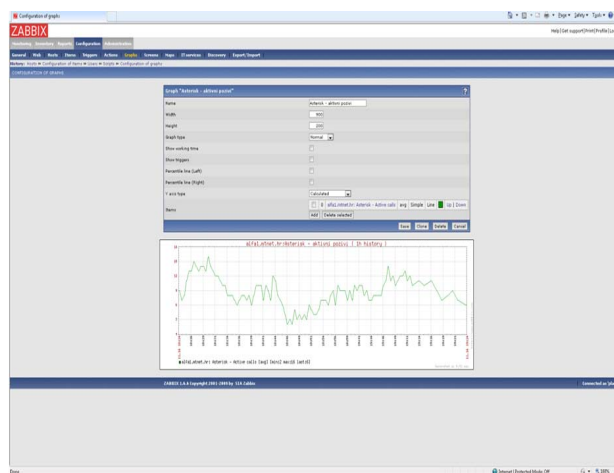
6. ZAKLJUČAK

Kao i svaki sustav, tako i ovaj sustav ima neke svoje prednosti i neke svoje nedostatke. Najveća prednost ovakvog sustava je dobar nadzor. Fizičko računalo koje smo koristili za server je robusno, pouzdano računalo jakih performansi.

Što se tiče Zabbixa, riječ je o veoma fleksibilnoj aplikaciji. Možemo ju proizvoljno nadopunjavati svojim parametrima što je kod ovakvog sustava veoma važno.

Kao što smo ranije spomenuli, vrlo je važno otkriti kvar što ranije, spriječiti da se proširi na ostatak sustava i da tako učini još veću štetu. Ovakav sustav omogućuje nadzor u realnom vremenu i mogućnost dojave e-mailom, jabber-om ili sms-om. U opisanom sustavu koristili smo mogućnost dojave putem elektroničke pošte, pa smo gotovo istodobno mogli saznati o kvaru, vrsti i njegovoj lokaciji. Te informacije omogućuju kvalitetnu i pravodobnu intervenciju osoblja zaduženog za tehničku potporu sustava.

Ovo je realni sustav koji je daleko od „idealnog“, te ima i nekoliko (bitnih) nedostataka. Na prvom mjestu su aplikacije otvorenog koda. One su besplatne, ali kod njih nemamo podršku proizvođača u slučaju problema, bilo kod samog konfiguriranja sustava, bilo kod samog rada sustava. Sve probleme je potrebno samostalno riješiti metodom „pokušaja i pogrešaka“. To može otežati, a ponekad i potpuno onemogućiti implementaciju sustava. Glavni problem ovakvih sustava je u nedostatku redundantnog servera (engl. *hot stand by*). Imamo samo jedan server koji nadzire sve ostale, uključujući i samog sebe?! Ne postoji još jedan server koji bi nadzirao naš Zabbix server jer Zabbix agent može slati podatke samo jednom Zabbix serveru. Zbog toga, ako dođe do kvara na našem Zabbix serveru, mi gubimo kompletni nadzor nad svim ostalim serverima sve dok ne otklonimo kvar, odnosno dok ne postavimo Zabbix server u funkcionalno i operativno stanje.



Slika 9. Prikaz praćenja grafova kod Zabbix servera

7. LITERATURA

- [1] Bako, N.: „Protokoli za udaljeni rad na računalu (SSH, telnet, rlogin)“
- [2] Bradford, Russell: „The Art of Computer Networking“
- [3] ZABBIX Manual v1.6
- [4] <https://wiki.asterisk.org/wiki/display/AST/Home>, travanj 2011.
- [5] <http://en.wikipedia.org/wiki/Hub>, travanj 2011.
- [6] http://en.wikipedia.org/wiki/Network_switch, travanj 2011.
- [7] <http://en.wikipedia.org/wiki/Router>, travanj 2011.
- [8] http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_network_protocols, travanj 2011.
- [9] <http://en.wikipedia.org/wiki/Ethernet>, travanj 2011.
- [10] http://en.wikipedia.org/wiki/Address_Resolution_Protocol, travanj 2011.
- [11] <http://www.just2good.co.uk/images/gif/ARPDatagram.gif>, travanj 2011.
- [12] <http://en.wikipedia.org/wiki/IPv4>, travanj 2011.
- [13] <http://stephen.kingston.name/2006/10/04/network-layer-protocols>, travanj 2011.
- [14] <http://mreze.layer-x.com/s030102-0.html>, travanj 2011.
- [15] <http://en.wikipedia.org/wiki/IPv6>, travanj 2011.
- [16] http://images.bidorbuy.co.za/user_images/021, travanj 2011.

Kontakt:

ladislav.havas@velv.hr

pavle.lacko@velv.hr

SINTETIČKI PAPIR I NJEGOVE MOGUĆNOSTI UVEZIVANJA

Petrović M.¹, Pasanec Preprotić S.¹, Babić D.¹

¹Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska

Sažetak: Knjiga za višekratnu upotrebu (meko uvezana lijepljena knjiga) danas je najčešće zastupljena u knjigoveškoj proizvodnji.

Ovaj rad se temelji na valorizaciji rezultata čvrstoće meko uvezane knjige izrađene od sintetičkog papira. Različite vrste ljepila (hladno, taljivo i poliuretansko) korištene su za lijepljenje knjižnih blokova.

Svrha rada je pokazati koja vrsta ljepila daje najbolju čvrstoću knjižnog bloka. Budući da je ovo jedan od prvih eksperimentalnih ispitivanja sintetičkog papira u području knjigoveštva, cilj je istražiti isplativost takvog pothvata.

Ključne riječi: meko uvezana lijepljena knjiga, knjižni blok, sintetički papir, čvrstoća knjižnog bloka

Abstract: The most used book in bookbinding production today is a reusable soft-bound book.

This work is based upon the valuation of book block adhesive binding strength made of synthetic paper. Different types of adhesives (PVAc, hotmelt and PUR) were used for the bonding of book blocks.

The purpose of this paper is to show which glue gives the best adhesive strength book block. Also, since this is one of the first experimental analyses of synthetic paper in the field of bookbinding, the goal is to explore the cost effectiveness of such a project.

Key words: soft-bound book, book block, synthetic paper, strength of the book block

1. UVOD

Knjigoveštvo je dio završne grafičke proizvodnje koje se bavi doradivanjem i završnim oblikovanjem knjigoveških proizvoda. Najcjelovitiji i ujedno tehnološki najzahtjevniji knjigoveški proizvod je knjiga. Meko uvezana knjiga pripada složenom tipu uveza knjižnih slogova u knjižni blok. Kod mekog uveza knjižni je blok lijepljen i po hrptu ulijepljen u jednodijelne kartonske korice čime je ostvarena direktna, neposredna veza između knjižnog bloka i jednodijelnih kartonskih korica.[1,2,3]

Niska tržišna cijena isključivo je razlog malog broja tehnoloških operacija izrade meko uvezane lijepljene knjige. Beletristička izdanja, školski udžbenici, priručnici, telefonski imenici najčešće se uvezuju ovom metodom uvezivanja.

Svojstva papira i ljepila, te parametri tehnološke obrade hrpta knjižnog bloka imaju izravan utjecaj na kvalitetu uvezivanja knjige.

Za potrebe ovog istraživanja nisu korišteni nepremazani i obostrano premazani (za umjetnički tisak) papiri, za koje u mnogim znanstvenim i stručnim radovima postoje već uvriježeni rezultati.[4,5,6,7,8,9,10,11]

Ispitivanje čvrstoće knjižnog bloka provedeno je za sintetički papir tvrtke YUPO. Ova vrsta sintetičkog papira se uobičajeno koristi za izradu vrećica, plakata i omota za knjige, ali ne kao papir za potrebe izrade knjižnog bloka. Ovo eksperimentalno ispitivanje provedeno je s namjerom da se potvrdi postoji li opravdanost takvoga projekta.

2. KARAKTERISTIKE SINTETIČKOG PAPIRA

Hrapavost površine i debljina papira parametri su koji utječu na mehaničku čvrstoću knjižnog bloka. Struktura standardnog papira je nehomogene građe jer su celulozna vlakna međusobno isprepletena i postoje mnoge pukotine koje nazivamo porama. Intenzitet hrapavosti površine papira određen je brojem pora u papiru i ima neposredan utjecaj na kvalitetu lijepljenja. Mehanička čvrstoća papira ovisi o kemijskoj interakciji, dimenziji, čvrstoći, orijentiranosti i stupnju isprepletenosti celuloznih vlakana u papiru. [12]

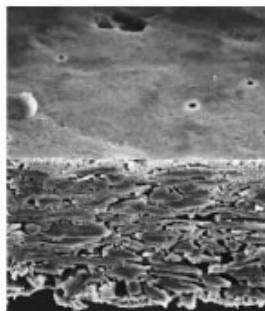
Već kod premazanih papira, zbog penetracije veziva iz premaza u celulozna vlakna i taloženja čestica pigmenta u pore papira, nastaju elementarne promjene u fizikalno-kemijskim karakteristikama papira. Jačina hrapavosti papira se smanjuje porastom udjela čestica pigmenta u vezivu premaza.[13]

Za razliku od standardnih papira, sintetički papiri zbog svojeg sirovinskog sastava nemaju vlaknastu strukturu. Njihov anorganski sastav i glatka površina, kao što ćemo pokazati u rezultatima ispitivanja, stvaraju probleme kod obrade hrpta knjižnoga bloka, ali i kod samog nanosa ljepila.

Yupo papir se sastoji od osnovnog sloja i papiru sličnih slojeva laminiranih na obje strane. Osnovni sloj yupo papira je dvosmjerno rastezljiv, što papiru daje snagu i krutost, dok se površinski slojevi koji čine gornji i donji dio yupo papira rastežu samo horizontalno. Naime, proces istezanja stvara mnogo sitnih praznina koje raspršuju svjetlost, pružajući visoku razinu bjeline i neprozirnost. Te brojne praznine smanjuju yupo papiru relativnu gustoću koja pridonosi njegovoj maloj težini. Iako je osnovni sloj dvosmjerno orijentiran, zbog

papirnih slojeva na vrhu i na dnu koji su poravnati samo vodoravno, yupo ima usmjerenost.

Sama tvrtka je izdala upute kako postupati s yupo sintetičkim papirom u proizvodnom procesu izrade knjige. U njima se nalaze detaljne informacije kako postupati s papirom prilikom perforacije, narezivanja hrpta, koja ljepila je preporučljivo koristiti, u kojoj debljini nanosa i pri kakvoj temperaturi.[14] Iz tog razloga već na početku proizvodnje vidimo da je izrada knjige od ovakve vrste papira zahtjevnija i skuplja od one sa standardnim papirima.



(a)



(b)



(c)

Slika 1. Mikroskopski prikaz površine sintetičkog (a), obostrano premazanog (b) i nepremazanog (c) papira

Karakteristika presjeka površine pojedinačnog lista papira ima presudan značaj u određivanju karakteristika hrpta knjižnog bloka. Struktura površine hrpta knjižnog blok je preduvjet za postizanje optimalne čvrstoće lijepljene knjige. Hrapavost površine sintetičkog papira manja je u odnosu na nepremazani i obostrano premazani papir (sl.1.).

2. EKSPERIMENTALNO

2.1. Pristup problemu

Predmet istraživanja je vrednovanje čvrstoće meko uvezane lijepljene knjige, koja je izrađena od sintetičkog papira. Vrednovanje čvrstoće knjižnog bloka izravno se odnosi na sposobnost prenošenja opterećenja bez loma u papiru i ljepilu. Vrijednost rezultata čvrstoće knjižnog bloka pokazuje kolika je vlačna sila kidanja (naprezanja) potrebna da se pojedinačni list papira odvoji iz hrptenog dijela knjižnog bloka uzduž linije uvezivanja knjige. Nadalje, osnova eksperimentalnog dijela rada je u određivanju rezultata čvrstoće knjižnog bloka koji su

lijepljeni različitim vrstama ljepila. Temeljni interes istraživanja je odrediti vrstu ljepila koja pokazuje optimalne rezultate čvrstoće uvezivanja knjige kada se koristi sintetički papir. Također se nastoji utvrditi stupanj kvalitete meko uvezane lijepljene knjige proizvedene istim tehnološkim procesom.

Hladno, taljivo i poliuretansko ljepilo (tab.1.) korišteno je za lijepljenje knjiga. Sintetički papir yupo feb 73 g/m² korišten je za izradu knjižnog bloka. Vrijednosti tehnoloških parametra obrade hrpta knjižnog bloka ostaju nepromijenjeni bez obzira na vrstu korištenog ljepila. Hrbat knjižnog bloka obrađen je na stroju za meki uvez Müller Martini Pony 5.

Tablica 1. Korištena ljepila i strojevi

Naziv ljepila	Viskozitet (Pa*s)	Radna temperatura (°C)	Vrsta stroja
Hot-melt Planatol 6010 HM	2,20	130	Müller Martini Pony 5
PVAc Signoko-L	13,60	23	Ručni nanos ljepila
PUR Durmelt QR3317BR	7,20	130	Müller Martini Normbinder

(ISO 2431, 3219, 11800)

2.2. Metodologija

Za eksperiment je izrađeno 12 primjeraka meko uvezane lijepljene knjige. Četiri knjige lijepljene su jednom vrstom ljepila. Format knjige je 150 x 210 mm, hrbat knjižnog bloka je dimenzije 210 mm. Nadalje, opseg knjige je 128 stranica, dakle to je opseg knjižnog bloka od 8 knjižnih slogova od 16 stranica prije obrade, odnosno 64 pojedinačna lista papira nakon obrade hrpta. Tehnološki proces obrade hrpta knjižnog bloka proveden je prema standardu ISO 187 i 11800.

Izrezivanje hrptenih pregiba knjižnih slogova od 3mm i urezivanje utora u hrbat knjižnog bloka od 0,4mm provedeno je u tehnološkom procesu obrade hrpta knjižnog bloka. Taljivo i poliuretansko ljepilo korišteno je isključivo u tehnološkom procesu lijepljenja knjige (tab.1.). Knjigoveža je lijepio hrbat knjige hladnim PVAc ljepilom i to ručnim nanosom ljepila.

Vrijednosti rezultata sile kidanja pojedinačnog lista papira korištene su za vrednovanje čvrstoće knjižnog bloka. Određeni položaji listova papira s obzirom na debljinu knjižnog bloka korišteni su za valorizaciju kvalitete uvezivanja knjige.

Eksperiment vrednovanja rezultata čvrstoće proveden je na kidalici Martini Tester, type VA. Rezultati sile kidanja korišteni su za uspoređivanje s atributivnom vrijednosnom ocjenom kvalitete uvezivanja knjige koju preporuča FOGRA (tab.2.). [15]

Tablica 2. Vrijednosne ocjene čvrstoće knjižnog bloka

Očekivane vrijednosti sile kidanja (N/cm)	Atributivna vrijednosti ocjena
ispod 4,50	Loše uvezivanje
4,51 do 6,20	Granično uvezivanje
6,21 do 7,20	Dobro uvezivanje
iznad 7,20	Vrlo dobro uvezivanje

Kvantitativna metoda statičkog naprezanja pojedinačnog lista papira korištena je u svrhu valorizacije rezultata čvrstoće. Kidanje listova papira iz knjižnog bloka bilo je uvijek istim redoslijedom. Položaj lista papira 2., 9., 16., 23., 30., 37., 44., 50., 57. i 63. izravno imaju utjecaj na prosječnu vrijednost rezultata čvrstoće.

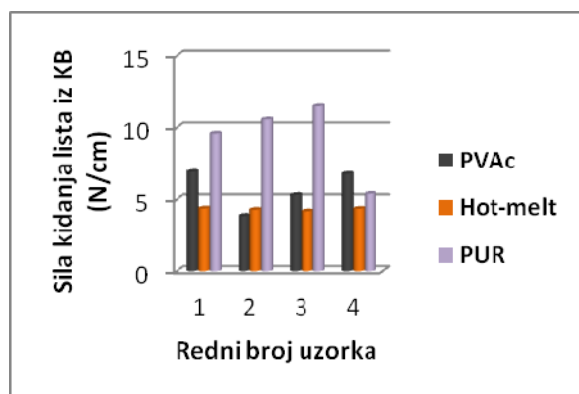
Rezultati mjerenja sile kidanja F izražene su N/cm, što je zapravo pokazatelj čvrstoće pojedinačnog lista papira kroz duljinu hrpta knjižnog bloka. Rezultati čvrstoće aritmetičke sredine korišteni su za potrebe valorizacije kvalitete uvezivanja knjige (tab. 2.).

3. REZULTATI I RASPRAVA

Rezultati čvrstoće knjižnog bloka za različite vrste ljepila prikazani su na grafikonu (sl. 2.). Na temelju analize vrijednosti rezultata čvrstoće utvrđena je granična kvaliteta uvezivanja knjige hladnim PVAc ljepilom. Na temelju rezultata mjerenja čvrstoće knjižnog bloka, uz primjenu taljivo (hot-melt), utvrđeno je loše uvezivanje knjiga. Suprotno, vrlo dobro uvezivanje knjiga potvrđeno je kod primjene poliuretanskog PUR ljepila. Isto tako vrijednosti rezultata čvrstoće su znatno veće u odnosu na hladno i taljivo ljepilo (sl. 2.).

Povećanje čvrstoće je zaključeno isključivo na temelju kemijske reakcije PUR ljepila s papirom. Karakteristična svojstva slijepljenog spoja (papir-ljepilo) imaju pozitivan utjecaj na povećanje vrijednosti rezultata sile kidanja pojedinačnog lista papira.[16]

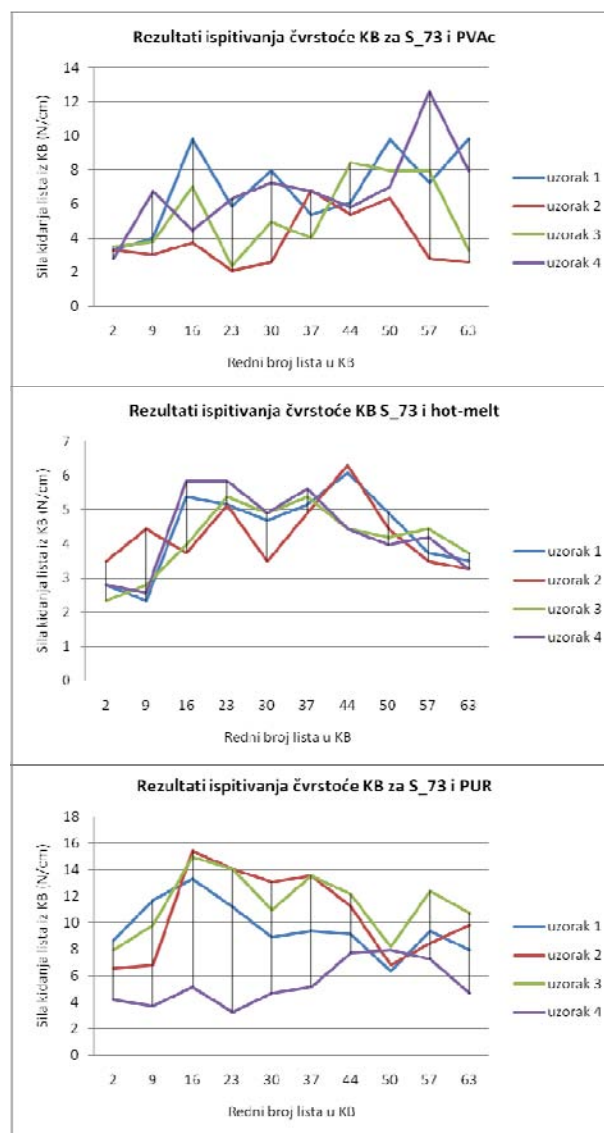
Za vrijeme eksperimenta vlačna sila naprezanja djeluje na mjestu slijepljenog spoja, uzduž cijele linije uvezivanja. Potezanjem lista papira u smjeru djelovanja vlačne sile kidanja, vrijednost sile kidanja se povećava isključivo zbog elastičnih svojstava ljepila. Stoga njegova elastičnost ima veze s povećanjem rezultata čvrstoće knjižnog bloka. Svojstva PUR ljepila izravno doprinose vrsnoći uvezivanja knjige.



Slika 2. Odstupanja čvrstoće knjižnog bloka s obzirom na vrstu korištenog ljepila

S druge strane, elastične karakteristike ljepila imaju izravan utjecaj na drastičnu promjenu vrijednosti rezultata sile kidanja pojedinačnog lista papira bez obzira na položaj u knjižnom bloku (sl. 3.).

Ako uzmemo u obzir prijašnja istraživanja kvalitete uvezivanja knjige za nepremazane i obostrano premazane papire, sintetički papir pokazuje znatno manje mogućnosti uvezivanja. Znatno manje vrijednosti čvrstoće posljedica su smanjenja hrapavosti površine hrpta knjižnog bloka. Struktura i kemijski sastav sintetičkog papira pogoduju stvaranju „fine sitne prašine“ koja zaostaje na površini hrpta knjižnog bloka nakon ohrapavljenja. Čestice na površini papira sprečavaju penetraciju ljepila u strukturu papira. Smanjena površinska upojnost sintetičkog papira je rezultat prisutnosti sintetičkih smola dobivenih iz nafte.[14]



Slika 3. Odstupanja rezultata čvrstoće pojedinačnog lista papira za određenu vrstu ljepila

Na grafikonu su (sl. 3.) prikazane vrijednosti sile kidanja za sve položaje listova papira u knjižnom bloku. Značajna promjena rezultata evidentna je za sve položaje u knjižnom bloku. Konstatirano je smanjenje rezultata čvrstoće za 2. i 63. položaj u knjižnom bloku. Razlog tome su tehnološki uvjeti ove metode uvezivanja knjige

[4,1]. Isto tako svojstava i struktura papira imaju važan utjecaj na promjenu rezultata čvrstoće. Smanjenje rezultata čvrstoće je uzrokovano popuštanjem slijepljenog spoja jer veći broj čestica zaostaje na ohrapavljenoj površini hrpta knjižnog bloka. Za vrijeme eksperimenta utvrđeno je kako su se određeni listovi papira bezuvjetno odvajali iz hrptenog dijela knjižnog bloka.

4. ZAKLJUČAK

Rezultati čvrstoće knjižnog bloka za sintetički papir, bez obzira na vrstu ljepljivosti, ne daju zadovoljavajuću kvalitetu uvezivanja knjige. Na temelju usporedbe rezultata čvrstoće za sintetički papir i rezultata čvrstoće za nepremazani i obostrano premazani papir zaključuje se da svojstva sintetičkog papira ne pogoduju uvezivanju knjige. Meko uvezana lijepljena knjiga koristi se za izdanja koja nisu namijenjena stalnoj i trajnoj upotrebi, a karakteristika ovog papira je da traje više stotina godina. Zato primjena istog ne bi imala smisla. Njegova visoka nabavna cijena utječe na povećanje proizvodne cijene knjige. Zbog toga neće zaživjeti primjena sintetičkog papira u knjigoveškoj industrijskoj proizvodnji.

5. LITERATURA

- [1] Southworth, M.; Southworth, D., (1990), *Quality and productivity in the Graphic Arts*, Graphic Arts Publishing, New York
- [2] Printing India, (2006), Your Gateway to print Industry, <http://www.printingindia.com/tips/binder.htm>, 19.5.2011.
- [3] Kenneth, P. ; Clarence, B., (1967), *The binding of book*, McKnight & McKnight Publishing Company, Bloomington, Illinois
- [4] Korhonen, S.(1977), Factors affecting the strength of a book, *14th IARIGAI Conference*, Marbella, Spain, p. 368-391
- [5] Ristimäki, S.(1980), Faults appearing in books in practical use, *GTL*, Finland, p. 444-461
- [6] Pasanec Preprotić, S. ; Jurečić, D. ; Babić D. ; Lajić, B., (2010), Important Factors of Paperback Books Quality of Adhesion Strength in Adhesive Binding, *Annals of DAAAM for 2010 & Proceedings of the 21st International DAAAM Symposium*, Vol.21, Katalinić, R. (Ur.), Austria, p. 953-954
- [7] Pasanec Preprotić, S. ; Lajić, B. ; Jurečić, D., (2011), Perfect Binding Technique Affects the Paperback Adhesive Binding Strength, *15th International Conference on printing, Design and Graphic Communications Blaž Baromić 2011.*, Mikota, M. (Ur.), Senj, Croatia, p.428-435
- [8] Van Gastel, L.A., (1974), A new method for the determination of adhesion strength in adhesive binding, *Advances in printing Science and technology; IARIGAI*, p. 357-367
- [9] Johansson, P. ; Maritha, M., (1984), The effect of paper parameters on the strength of adhesive-bound books, *IARIGAI*, p. 421-441
- [10] Pasanec Preprotić, S. ; Babić, D. ; Tuzović, A., (2011), Vrednovanje kvalitete slijepljenog spoja obzirom na fizikalna svojstva papira, *Proceedings of the 2nd International scientific and professional conference of graphic technology and design*, Babić, D. (Ur.), Kiseljak, BIH, p. 106.-113.
- [11] Pasanec Preprotić, S. ; Babić, D. ; Tuzović, A., (2011), Bindability of High Grades Papers by Perfect Binding Technique, *Acta Graphica Journal for Printing Science and Graphic Communications* – prihvaćen rad 1.9.2011.
- [12] Niskanen, K. ; Kajanto, I. ; Pakarinen, P., (1998), *Paper Physics*, Papermaking Science and Technology, Finland
- [13] Yaling, X. ; Xiaonong, C. ; Pelton, R., (2005), How polymers strengthen filled papers, Peer-reviewed additives, *TAPPI JOURNAL*, Nov. 2005, p. 8
- [14] Fujitsu Quality Laboratory, (2009), PaperCharacteristics, raspoloživo na: <http://jp.fujitsu.com/group/fql/en/services/analysis/method/paper/>, 7.9.2011.
- [15] Kipphan, H., (2001), *Handbook of print media: technologies and production methods*, Springer Verlag, Berlin
- [16] Petrie, E., (2008), Bookbinding Adhesives, raspoloživo na: http://www.adhesivesmag.com/Articles/Assembly/BNP_GUID_9-5-2006_A_10000000000000320691, 23.8.2011.

Kontakt: Suzana Pasanec Preprotić

spasanec@grf.hr

suzana@pasanec.hr

RAZVOJ ALATA ZA OBRADU I PRILAGODBU PODATAKA PRI IZRADI PRECIZNOG FORENZIČNOG 3D MODELA

Matija Mikac¹, Zlatan Novak²

¹Veleučilište u Varaždinu, Varaždin, Hrvatska

²Geo 3D d.o.o., Varaždin, Hrvatska

Sažetak: Prošlo je nekoliko godina od najveće vatrogasne tragedije u povijesti Hrvatske, tragedije u kojoj je život izgubilo 12 vatrogasaca. Taj je nesretni događaj objedinio velik broj stručnjaka iz najrazličitijih znanstvenih disciplina čiji je cilj bio rekonstrukcija događaja i otkrivanje istine te objašnjenje vatrenog fenomena koji je naglo iznenadio i opkolio vatrogasce na Velikom Kornatu. Za potrebe forenzične analize i izrade adekvatnog 3D modela korištene su najnovije tehnologije i metode prikupljanja i obrade prostornih podataka – članak opisuje korištene tehnologije uz naglasak na obradu i prilagodbu podataka koja je prethodila izradi 3D simulacijskog modela – za tu namjenu je razvijen autorski program Rasterizer koji se posebno opisuje u ovom članku. Konačan je 3D model predstavljao jedan od ključnih elemenata u daljnjem znanstvenom i praktičnom proučavanju požara.

Ključne riječi: 3D model, prikupljanje podataka, obrada i prilagodba, izrada simulacijskog modela, razvoj specijaliziranog softvera

Abstract: It has been few years since the biggest firefighter tragedy in the Croatian history took place. It was a tragedy in which twelve firefighters lost their lives. This unlucky event gathered a group of scientists from various fields of expertise in order to discover the truth of what really happened. In order to provide detailed forensic analysis and study of the event latest technologies and data collection methods were used – this article will give short overview of used technologies and coverage of data acquisition and adaptation process. For data processing and adaptation we developed application called Rasterizer, which is described in details. Final 3D model became the key element in further scientific and practical study of the fire phenomenon.

Key words: 3D model, data collection, data acquisition, model adaptation, specialized software development

1. UVOD

Najnovije tehnologije i metode prikupljanja geodetskih podataka svoju primjenu nalaze u mnogim znanstvenim i stručnim područjima. U ovom članku opisuje se dio multidisciplinarnog istraživanja vezanog uz rasvjetljavanje okolnosti i forenzičku analizu najveće

vatrogasne tragedije u povijesti Hrvatske, tragedije u kojoj je u kolovozu 2007. godine na Velikom Kornatu živote izgubilo 12 vatrogasaca.

Dio istraživanja koji se opisuje ovim člankom vezan je uz geodetska mjerenja i prikupljanje detaljnih i preciznih podataka za izradu 3D modela opožarenog područja, uz naglasak na razvoj alata za prilagodbu podataka za potrebe simulacije meteoroloških uvjeta.

U prvom poglavlju se opisuje postupak i oprema korištena u izvedbi samih mjerenja, te se kvantitativno opisuju podaci dobiveni mjerenjem. U drugom poglavlju se razmatraju postupci korišteni u prilagodbi podataka za različite namjene kao i nemogućnosti brze izvedbe nekih specifičnih adaptacija što je u konačnici potaklo razvoj alata za prilagodbu. Treće poglavlje opisuje razvijeni alat i implementirane funkcionalnosti. U četvrtom poglavlju se prikazuju i komentiraju konkretni rezultati prilagodbe.

Kroz praktičnu izvedbu alata za prilagodbu podataka mjerenja su dobila dodatnu vrijednost omogućivši direktno korištenje mjerenih podataka u simulacijama meteoroloških uvjeta što je predstavljalo bitan korak u razjašnjenju mogućih okolnosti koje su dovele do tragedije. Iako je alat razvijen za potrebe konkretne primjene, dodavanjem određenih funkcija postaje univerzalno rješenje koje se često koristi i u drugim projektima mjerenja i prikupljanja geodetskih podataka.

2. MJERENJA I PRIKUPLJANJE PODATAKA

Korištenjem tradicionalnih geodetskih postupaka, prekrivanje i obrada predmetnog područja zbog karakteristika terena i potrebe detaljnog snimanja bilo bi gotovo neizvedivo u nekom kraćem vremenskom razdoblju. Stoga je za snimanje terena odabrana najnovija tehnologija laserskog skeniranja terena korištenjem ILRIS-3D skenera kanadske tvrtke *Optech*. Karakteristike takvog skenera u potpunosti zadovoljavaju (čak i premašuju) sve zahtjeve po pitanju preciznosti i brzine skeniranja.

Optech ILRIS 3D skener može se pohvaliti širinom svoje primjene. Ono po čemu se razlikuje od ostalih jest modularnost i upotreba lasera klase 1. Takav je laser u potpunosti siguran za ljudsko oko pri svim načinima rada te ima najveći dinamički raspon dometa, pa tako omogućuje prikupljanje prostornih podataka od 3 m do

1500 m. U osnovnoj izvedbi doomet mu iznosi približno 800m dok se upotrebom hardverskog dodatka ER (*enhanced range*) doomet može povećati i do 40%. Ta ga mogućnost svrstava u terestričke skenere najvećeg dometa.



Slika 1. Optech ILRIS postavljen na lokaciji

Kod njegove primjene na konkretnom zadatku skeniranja dijela Velikog Kornata do izražaja je došla i njegova otpornost na ekstremne meteorološke i terenske uvjete. Robusna i kvalitetna hardverska izvedba omogućuje realizaciju projekata i pri najekstremnijim vremenskim uvjetima.



Slika 2. GPS bazna stanica

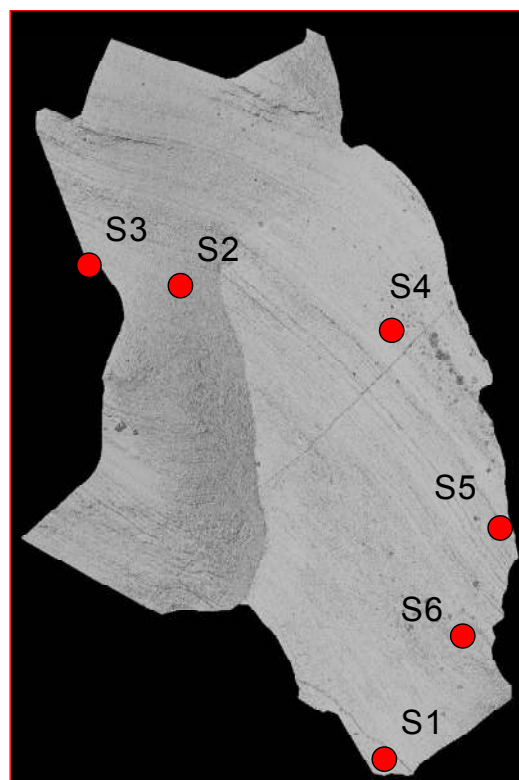
Zbog specifičnosti i važnosti zadatka terenska je priprema zahtijevala višestruko osiguranje kod odabira geodetske opreme. Uz laserski skener i pripadajuću

opremu korištena su i dva dvofrekvencijska GPS/GLONASS prijamnika iz *Topcon Hiper* serije. Za precizno određivanje koordinata karakterističnih točaka korištena je GPS RTK metoda (kinematika u stvarnom vremenu). Iako je GPRS vezom za prijem korekcijskih parametara bila dostupna permanentna stanica u Zadru, istovremeno je postavljena i bazna stanica na obali uvale Šipnate. Korištena je službena točka geodetske osnove (P16).

2.1. Prikupljeni podaci

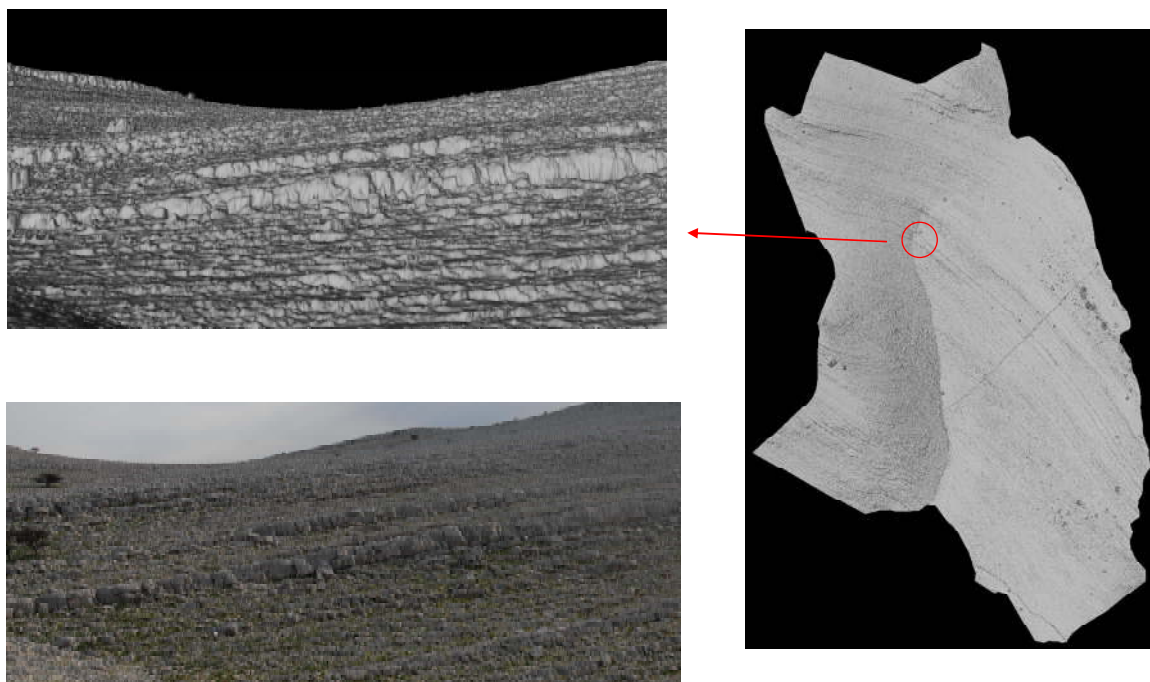
Obzirom na težak teren postupak snimanja je bio usporen, no rezultati su ipak zadivljujući – tijekom jednog dana na terenu snimljeno je područje površine 50ha, pri čemu je izmjereno više od 20 milijuna točaka. Korišteno je šest stajališta – točaka na koje je postavljen skener.

Slika 3 prikazuje kompletni 3D model snimljenih podataka – posebno su označene točke stajališta na kojima je postavljan skener. Skener obavlja panoramsko snimanje u 360°, a obzirom da su za precizno georeferenciranje potrebne bar tri koordinate, na slici prikazano područje je potpuno georeferencirano i snimljeno.



Slika 3. Kompletni 3D model i stajališta

Velika gustoća izmjerenih točaka omogućila je vjerodostojno modeliranje i najmanjih prepoznatljivih objekata u prostoru. Cjelokupni je model u konačnici prezentiran u jedinstvenom apsolutnom HDKS koordinatnom sustavu. Preciznost mjerenja najbolje je vidljiva pri usporedbi sa fotografijom predmetne lokacije, kao što prikazuje slika 4.



Slika 4. Predmetna lokacija – vizualna usporedba modela i fotografije

2.2. Prilagodba podataka

Podaci dobiveni mjerenjem uključuju lokalne koordinate (x , y , z) obzirom na aktualno stajalište skenera. Da bi se ti "sirovi podaci" pretvorili u 3D model područja potrebno je kao predradnje provesti osnovni postupak poravnavanja i georeferenciranja.

Obzirom da je više neovisnih znanstvenih disciplina izrazilo potrebu za podacima prikupljenim 3D laserskim skeniranjem, sama je obrada zahtijevala različit tijek i završnu prilagodbu izlaznog formata. U konačnici se 3D model pokazao kao višenamjenski referentni model za više neovisnih istraživanja [1].

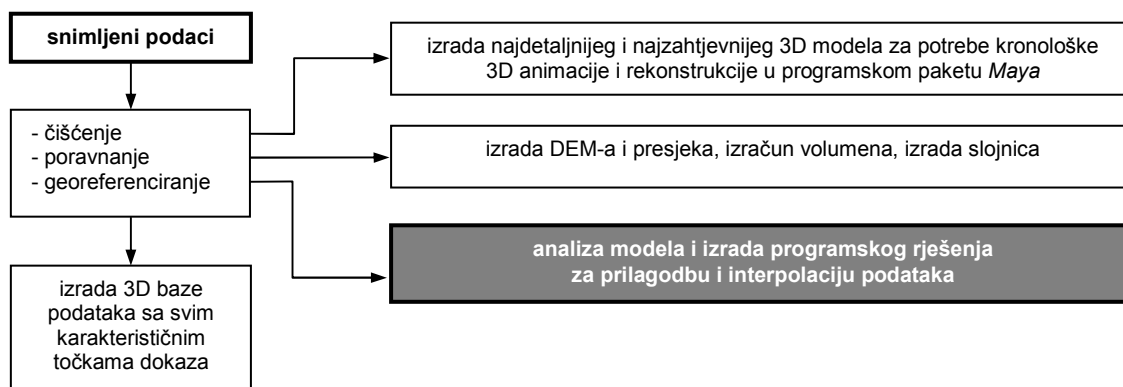
Za potrebe izrade 3D animacije i forenzične rekonstrukcije (veći dio odrađen u programskom paketu *Maya*) izrađen je vrlo detaljan (informacijama najbogatiji i podatkovno najzahtjevniji) 3D model.

Za potrebe geodetskih mjerenja i obrade podaci su dodatno obrađivani kako bi se dobio visinski prikaz u boji (DEM – *Digital Elevation Model*), odredili presjeci, izračunao volumen i definirale slojnice.

U terenskom dijelu prikupljanja podataka, istovremeno sa skeniranjem u apsolutnom koordinatnom sustavu pohranjivale su se i precizne pozicije različitih karakterističnih dokaza i ostalih važnih pozicija. Na cijelom je predmetnom području GPS/GLONASS RTK metodom dodatno određeno i približno sto karakterističnih točaka, što se iskoristilo u daljnjoj obradi i provjeri točnosti georeferenciranja.

Prikupljeni podaci objedinjeni su u bazu podataka – baza uključuje sve podatke o snimljenim točkama, uključujući sve karakteristične točke dokaza. Proučavajući okolinu točaka izmjerenih RTK metodom na spojenom jedinstvenom i georeferenciranom 3D modelu, utvrđeno je da nije bilo odstupanja većeg od 3 cm što govori u prilog visokoj preciznosti laserskog skeniranja.

Naglasak u ovom članku se stavlja na izradu autorskog programskog rješenja za prilagodbu podataka za potrebe simulacije meteoroloških uvjeta, kao što je naznačeno na slici 5.

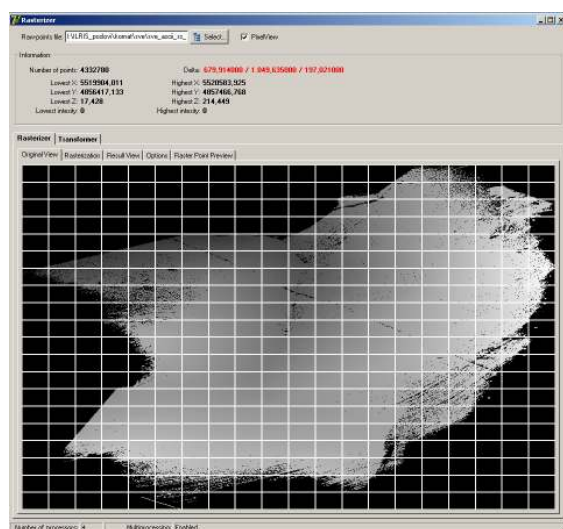


Slika 5. Faze obrade i prilagodbe podataka dobivenih 3D skeniranjem

3. ALAT ZA OBRADU I PRILAGODBU PODATAKA

Prema zahtjevima definiranim za simulacijske modele meteoroloških uvjeta – simuliranje strujanja zraka u programskom paketu *Fluent*, bilo je potrebno reducirati veliki broj točaka i interpolirati ih na način da razmak u XY ravnini bude konstantan i iznosi 0.5 m. Nadalje, tu je istu interpoliranu mrežu točaka trebalo zarotirati pod određenim kutom.

Ovaj naizgled jednostavan zadatak predstavlja problem u trenutku kada u kratkom vremenskom periodu treba interpolirati vrlo veliku količinu podataka. Postoji više programa za takvu interpolaciju oblaka točaka. Grafički programi već kod ulaznih datoteka od nekoliko milijuna točaka zahtijevaju veliku količinu radne memorije i velike procesorske resurse za izvođenje takvih operacija. Najboljim rješenjem za konkretni slučaj (više od četiri milijuna točaka) se pokazala samostalna implementacija numeričke interpolacije i adaptacije, odnosno razvoj alata *Rasterizer*. Nakon uspješnih testiranja i implementacije traženih funkcija, alat je omogućio realizaciju svih operacija – podaci o točkama su u program uvođeni korištenjem najobičnije tekstualne datoteke, a na isti način su i snimani rezultati.



Slika 6. Sučelje programa *Rasterizer* – plošni prikaz podataka i kvadranti/sektori za obradu

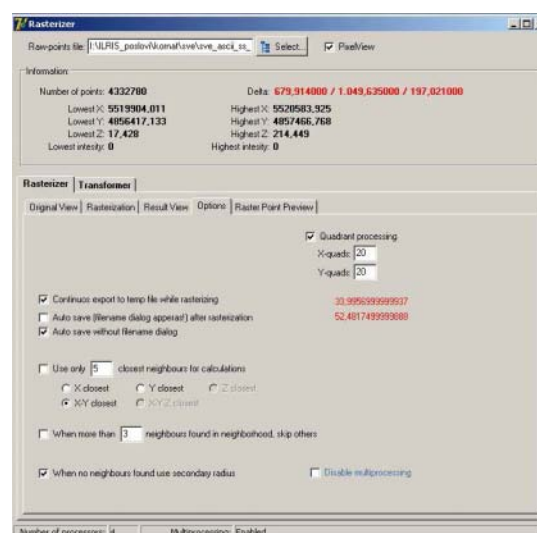
U programskom jeziku Delphi implementirano je programsko rješenje čiji je razvoj prvenstveno bio usmjeren prema jednostavnom i brzom interpoliranju oblaka točaka pod određenim uvjetima. Naknadno su dodane i funkcije reduciranja koordinata, rotiranja XY ravnine za proizvoljne kuteve, uvođenja odabira polja kvadrata (sektorizacija) za brže i paralelno izvođenje pretraživanje okoline, te razne mogućnosti odabira načina i parametara obrade i definiranja veličine okoline za ispitivanje i izračun. Promjenama tih parametara lako je realizirati i neke od već poznatih metoda obrade oblaka točaka kao što su „smoothing“, tj. izgladivanje modela povećanjem okoline točaka za interpolaciju, i slično. Upotrijebljen je i kod za iskoristivost više

procesorskih jezgri (JIBU biblioteka), te je u konačnici obrada višemilijunskih skupova točaka upotrebom procesora s dvije ili četiri procesorske jezgre trajala svega nekoliko minuta (drastično i gotovo nevjerojatno poboljšanje performansi u odnosu na prve razvojne inačice kod kojih je vrijeme obrade mjereno u satima).

Za tako velike modele čak i jednostavne radnje, poput zamjene stupaca koordinata, predstavljaju problem u svim programima općih namjena, pa su u razvijano programsko rješenje uključene manipulativne funkcije koje bez problema rješavaju i takve operacije (modul *Transformer*).

Korisničko sučelje alata *Rasterizer* je rudimentarno – osim učitavanja ulaznih modela realiziran je i plošni prikaz modela (z koordinata, odnosno visina točke, se koristi za definiranje intenziteta boje) – slika 6. U slučaju korištenja sektorizacije za ubrzanje obrade iscrstavaju se i kvadranti po kojima se obavlja obrada. Rezultati obrade se također grafički prikazuju (u realnom vremenu – iscrstavanje ovisno o stanju obrade).

Postavke i parametre koji utječu na izvođenje postavljaju se direktno kroz korisničko sučelje (slika 7).



Slika 7. *Rasterizer* – podešavanje postavki

3.1. Postupak obrade

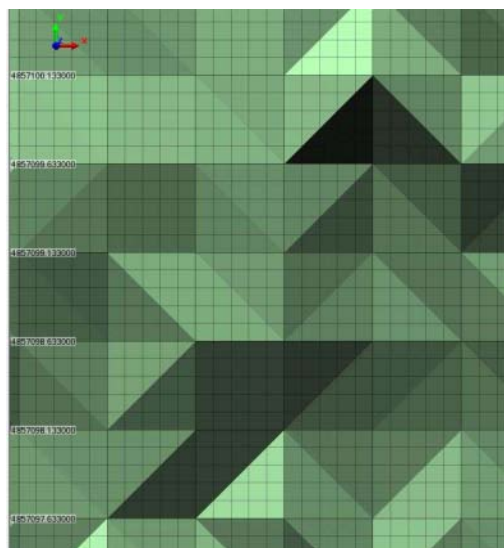
Obzirom na strukturu ulaznih podataka osnovna obrada se provodi u tri koraka.

Prilikom učitavanja podataka obavlja se primarna analiza i određuju rubovi područja – temeljem toga moguće je odrediti, sukladno definiranim početnim uvjetima, pozicije budućih interpoliranih točaka. Ukoliko se koristi modul za manipulaciju i transformaciju podataka (zamjena stupaca, "pomak" podataka o koordinatama i slično), većina operacija se provodi u prvom koraku obrade.

U drugom koraku obavlja se (ukoliko je definirano postavkama programa) sektorizacija snimljenih točaka – raspodjela i grupiranje točaka po kvadrantima kako bi se u završnom koraku obrade procesiranje raspodijelilo (paralelna obrada). Ovisno o definiranim uvjetima za određivanje okoline (kvadratna ili kružna okolina proizvoljnih dimenzija) prilikom raspodjele točaka

uključene su i rubne točke susjednih sektora (preklapanje). U istom koraku se određuje izlazni raster, odnosno raspored traženih rezultatnih točaka – nad njima se također provodi sektorizacija kako bi se u završnoj fazi dodatno ubrzala obrada i eliminirala nepotrebna pretraživanja.

Tijekom razvoja programskog rješenja, algoritmi za sektorizaciju su drastično ubrzani – u prvoj inačici, selekciji i određivanju pripadnosti točaka kvadrantima je prethodilo definiranje kvadranta i potom standardno pretraživanje skupa točaka i raspoređivanje u ciljane kvadrate. To rješenje se pokazalo zadovoljavajućim i njegovim korištenjem je izveden glavni dio projekta – no, složenost izvođenja tog postupka je ovisila o veličini skupa ulaznih točaka (N_U), veličini skupa rezultatnih točaka (N_I , očekivani broj točaka u rasteru), te broju kvadranta korištenih u obradi, S . Složenost izvođenja mogla bi se zapisati kao $O(N_U + N_I) \cdot S$, s tim da kad su N_U i N_I usporedivi možemo govoriti o očekivanoj složenosti $O(N \cdot S)$, gdje N označava veličinu skupa analiziranih točaka – u konkretnom slučaju, nekoliko milijuna točaka. Daljnjim razvojem algoritma, ta "slabost" je eliminirana implementacijom novog rješenja po kojem je složenost postupka sektorizacije svedena na $O(N)$, odnosno eliminira je direktna ovisnost o broju kvadranta. U drugoj inačici algoritma za sektorizaciju preskočeno je pretraživanje definiranih kvadranta jer je iskorišteno svojstvo njihove pravokutnosti i mogućnost direktnog određivanja ciljanog kvadranta temeljem koordinata analizirane točke i ostalih poznatih parametara (koordinate rubova snimljenog područja, broj i raspored kvadranta).

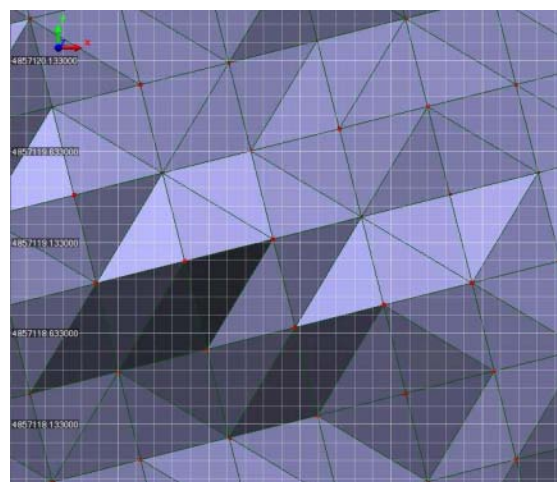


Slika 8. Rezultanti raster (obrađeno) bez rotacije

Utjecaj složenosti algoritma sektorizacije na manjim testiranim snimkama nije značajan, te oba algoritma na takvim modelima daju rezultate u podjednakom vremenu. Međutim, u stvarnim slučajevima, kao što je kompletna snimka analiziranog područja, uz korištenje velikog broja sektora radi brže rasterizacije, uočava se drastično poboljšanje rezultata, što će biti dodatno naznačeno u odjeljku s rezultatima.

U završnom koraku obrade, obzirom na mogućnost neovisne obrade pojedinih sektora, definiraju se odvojeni procesi i provodi neovisna rasterizacija za svaki pojedini sektor/kvadrant. Pod pojmom rasterizacije smatra se postupak određivanja (interpolacije) traženih parametara za definirane točke u rezultatnom rasteru. Sam algoritam određivanja rezultatne vrijednosti (visine, intenziteta...) svodi se na različite modele proračuna i usrednjavanje ovisno o okolini.

Budući da se ulazni podaci ne mijenjaju tijekom obrade, radi se o idealnom slučaju za primjenu paralelne obrade podataka – obrada je izvedena korištenjem dretvi (*thread*) na jednoprocorskim računalima odnosno korištenjem višeprocorsne obrade na višeprocorskim računalima – paralelna obrada podržana je korištenjem JIBU biblioteke [2] za Delphi programski jezik.



Slika 9. Rezultanti raster (obrađeno) uz rotaciju 13°

Za vrijeme provođenja završne faze obrade, rezultati se pohranjuju u izlaznu datoteku jednostavnog tekstualnog formata, uz istovremeno osvježavanje plošnog prikaza rezultatnog skupa točaka. Primjeri obrađenih rezultata dani su na slikama 8 i 9 – na slici 9 osnovni raster je zarotiran (standardni parametar obrade) u skladu sa zahtjevima simulacijskog sustava.

3.2. Parametri obrade

Sam postupak obrade podataka izveden je tako da omogućava definiranje raznih parametara koji utječu na rezultate – algoritmi koji se primjenjuju u obradi definirane parametre koriste u drugom i trećem koraku (opisani u prethodnom odjeljku) postupka. Parametri koje je moguće definirati kroz korisničko sučelje su:

- veličina rastera u XY ravnini
- sektorizacija - broj sektora (horizontalno i vertikalno u mjerenom području)
- kut zakretanja rezultatnog rastera
- oblik okoline pretraživanja (kvadrat, krug)
- dimenzija primarne okoline pretraživanja
- dimenzija sekundarne okoline pretraživanja
- uvjeti određivanja rezultatne vrijednosti
- alternativni algoritam sektorizacije

Prvi korak postupka obrade uključuje dohvat originalnih podataka i osnovnu analizu ulaznih točaka – određuje se veličina ulaznog područja i raspon snimljenih vrijednosti. Kombiniranjem ulaznih informacija i parametara obrade, program nakon dohvata podataka može odrediti očekivani broj i točne pozicije rezultatnih točaka (raster u XY ravnini – na poziciju točaka moguće je utjecati veličinom rastera (udaljenost izlaznih točaka) kao i kutem rotacije rezultatnog rastera).

Drugi korak uključuje provođenje sektorizacije – osim određivanja kvadranta, sve ulazne i sve očekivane rezultatne točke se raspoređuju po kvadrantima kako bi se kako bi se pripremila izvedba paralelne obrade, bez naknadnog pretraživanja originalnih podataka. Kao što je u prethodnom odjeljku opisano, implementirana su dva algoritma za sektorizaciju – jedan baziran na detaljnom i sporom pretraživanju, a drugi na direktnom određivanju kvadranta temeljem koordinata točke.

Reimplementacijom algoritma, kako će biti prikazano u odjeljku s rezultatima, brzina obrade se dodatno povećala i za kompletnu projektnu snimku je potrebno manje od minutu vremena na dvoprocesorskom računalu za obradu za koju je u samom izvedbenom dijelu projekta trebalo više minuta na četveroprocesorskom sustavu.

Završna faza postupka uključuje provođenje analize okoline za svaku točku (uz mogućnost paralelne izvedbe po sektorima). Ovisno o parametrima koji definiraju način određivanja rezultatne vrijednosti za ciljane točke, provode se različiti postupci – moguće je usrednjavanje na razini cijele okoline, usrednjavanje korištenjem N najbližih točaka i sl. Ukoliko u originalnim podacima postoji vrijednost snimljena za poziciju izlazne točke, istu je moguće direktno preuzeti ili (opcija) ipak provesti postupak usrednjavanja. Isto tako, jedan od parametara obrade jest i mogućnost korištenja dvije okoline pretraživanja – primarne (uže područje) i sekundarne (šire područje), pri čemu se sekundarna okolina koristi samo u slučajevima kad u primarnoj ne postoji dovoljno ili nema uopće pronađenih susjednih točaka.

4. REZULTATI PRILAGODBE

Rezultati dobiveni razvijenim programom predstavljaju ulazne podatke za simulacijske algoritme vezane uz analizu meteoroloških uvjeta koji se izvedu u simulacijskom sustavu *Fluent*. Obzirom da su dobiveni rezultati provjereni u praksi (usporedbom s originalnim podacima i analizom odstupanja, usporedbom s rezultatima dobivenim bez sektorizacije i paralelne obrade) i da je potvrđena njihova ispravnost, ne ulazi se u kvalitativnu analizu samih rezultata već se tablično prikazuju rezultati mjerenja izvođenja implementiranih algoritama kako bi se ukazalo na prednosti paralelne obrade i zadovoljavajuću brzinu obrade. Uz tablice su navedeni fiksni parametri - N_U sadrži broj ulaznih točaka (točke originalne snimke terena), N_I očekivani broj izlaznih točaka (rezultatni raster), C veličinu ulazne (tekstualne) datoteke, a T_A prosječno vrijeme potrebno za učitavanje i određivanje rubova područja (trajanje prvog koraka obrade). U stupcu S dan je ulazni parametar – broj sektora (horizontalni i vertikalni – stvarne dimenzije

samog sektora, naravno, ovisi o dimenziji analiziranog područja). Stupci N i T prikazuju rezultate obrade – N daje broj rezultatnih točaka (primijetiti da je taj broj u pravilu manji od N_I – kod stvarnih mjerenja rubovi područja nisu pravilni, pa program određene točke eliminira iz rezultata jer u njihovoj okolini ne pronalazi snimljene točke), a T vrijeme potrebno za obradu i generiranje rezultatnog rastera.

Kut zakretanja rastera nema značajan utjecaj na vrijeme obrade obzirom da se u prvoj fazi obrade generiraju pozicije rezultatnih točaka sukladno dimenziji snimke i definiranom kutu zakretanja.

Broj izlaznih točaka (N_I), direktno je ovisan o snimci – program određuje broj točaka temeljem definiranih parametara obrade – veličini rastera u XY ravnini (udaljenost rezultatnih točaka), te je jasno da je broj točaka veći ukoliko je snimljeno područje veće, odnosno ukoliko je raster manji (manja udaljenost točaka)... Konačni broj rezultatnih točaka (N) je u pravilu manji od N_I , osim u slučajevima kad su snimke homogene i rubovi snimljenih područja pravilni. Također, treba primijetiti da algoritmi uz različit broj sektora vraćaju različit broj konačnih točaka – uzrok leži u rubovima kvadranta. Bez obzira na to, odstupanja u broju rezultatnih točaka su ispod 1%.

Tablica 1. Rezultati obrade kompletne snimke

$$N_U = 4.332.780 \quad N_I = 2.852.541$$

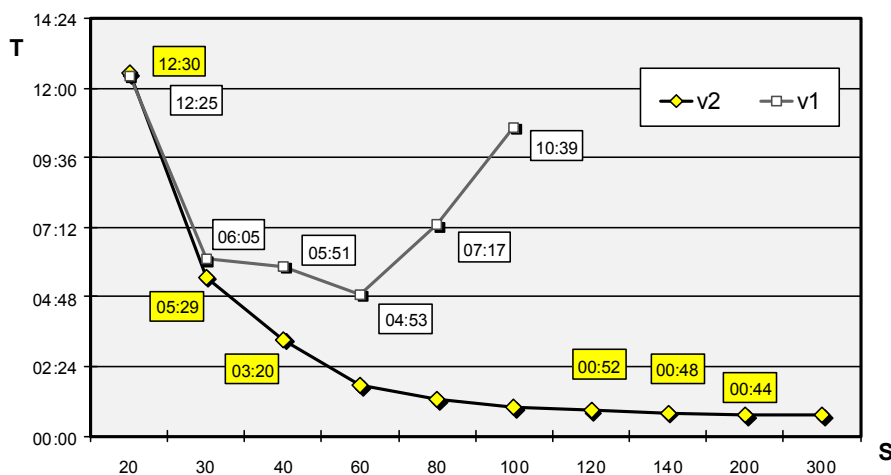
$$C = 141.899 \text{ kB} \quad T_A = 9.3 \text{ s}$$

N	S	T (min)
1265082	400 (20×20)	12:30
1265345	900 (30×30)	05:29
1265324	1600 (40×40)	03:20
1264981	3600 (60×60)	01:44
1264360	6400 (80×80)	01:15
1265210	10000 (100×100)	01:00

*Intel T4300, 4GB RAM

Rezultati u tablici 1 dobiveni su ubrzanim algoritmom sektorizacije (složenost $O(N_U)$) i ukazuju na sve prednosti korištenja kvadranta i paralelne obrade podataka. Daljnjim povećanjem broja kvadranta, na istom testnom računalu brzina obrade je još povećana i postignut je neki limit prema kom konvergiraju svi testirani slučajevi (S 120, 140, 200 i 300), odnosno minimalno trajanje obrade 00:44 (44 sekunde). Očito je da nije moguće bolje iskorištenje dostupne procesorske moći.

Prednost sektorizacije i paralelne obrade vidljiva je i iz grafikona na slici 10. Jasno je uočljiv padajući trend i konvergencija vremena obrade s povećanjem broja sektora kod korištenja ubrzanog algoritma sektorizacije (v_2 na grafikonu). Na istom grafikonu su prikazana i izmjerena vremena obrade uz korištenje prve inačice sektorizacijskog algoritma (sporiji pretraživački algoritam, v_1 na grafikonu) – vidljivo je ubrzanje u odnosu na test s najmanjim brojem kvadranta, no nakon dostizanja nekog graničnog vremena (gotovo 5 minuta za 80×80 kvadranta, što je 4 puta slabiji rezultat od bržeg algoritma) javlja se dodatno usporenje.



Slika 10. Brzina obrade i broj kvadrata

Naravno da povećanje broja kvadrata ne može ići u beskonačnost jer osim limitirane procesorske moći postoje i drugi ograničavajući parametri – pozicije i gustoća rezultantnih točaka su precizno definirane (na projektnom primjeru 0.5m horizontalni i vertikalni razmak između točaka), a isto tako su definirane i okoline pretraživanja (0.5m za primarnu okolinu, odnosno 0.8m za sekundarnu). U trenutku kad dimenzije kvadrata postanu usporedive s tim parametrima dolazi do degradacije rezultata i nemogućnosti provođenja kvalitetnog postupka prilagodbe i obrade podataka.

Najbolji rezultat dobiven na testnoj mreži, ostvaren na računalu s višeprocorskim *Intel i5* procesorom i 4GB radne memorije je 27 sekundi za kompletnu obradu (uz 200x200 kvadrata), što je i više nego prihvatljivo.

Analiza utjecaja odnosa postavljenih parametara i veličine obrađivanog područja na brzinu obrade i rezultate se u ovom članku posebno ne obrađuje – cilj članka je iznijeti probleme, te ukratko izložiti prijedlog rješenja, dati kratki opis implementacije i cijeli postupak potkrijepiti rezultatima provjerenim u praksi. Izneseni rezultati zorno prikazuju da je problem prilagodbe podataka riješen na zadovoljavajući način (dovoljno brzo i precizno), a ostali rezultati konkretnog projekta (simulacija meteoroloških uvjeta temeljena na dobivenom modelu) potvrđuju i kvalitetu i ispravnost samog postupka.

5. ZAKLJUČAK

Konkretni slučaj primjene najnovijih tehnologija i metoda prikupljanja geodetskih podataka opisan u članku ukazuje na ogromne mogućnosti i prednosti koje takve tehnologije nude. Provedena multidisciplinarna istraživanja baziraju se na snimkama terena i upravo su kvaliteta i preciznost mjerenja omogućile razne analize koje su pomogle u rasvjetljavanju samog događaja. Za potrebe specifičnih simulacija meteoroloških uvjeta postojala je potreba za prilagodbom snimljenih podataka – obzirom da dostupni profesionalni alati korišteni za obradu snimaka nemaju mogućnosti manipulacije

podacima na način koji se zahtijevao u realizaciji projekta, donesena je odluka o samostalnom razvoju programa kojim su tražene transformacije i prilagodbe realizirane. Pokazalo se da je razvijeno autorsko programsko rješenje, *Rasterizer*, omogućilo brzu i efikasnu obradu podataka, a dodavanjem funkcionalnosti nevezanih uz konkretni projekt, program je dobio na univerzalnosti te se koristi i za druge svrhe.

6. LITERATURA

- [1] Novak Z., (2008), "Primjena 3D laserskog skenera i izrada preciznog 3D modela dijela otoka Veliki Kornat", *Zbornik radova 1. Simpozija ovlaštenih inženjera geodezije*, 140-152
- [2] http://www.codeproject.com/KB/showcase/axon7_jib_u.aspx - JIBU biblioteka

Kontakti:

mr.sc. Matija Mikac, dipl.ing. elektrotehnike
 – Veleučilište u Varaždinu,
 – e-mail: matija.mikac@velv.hr

Zlatan Novak, dipl.ing. geodezije
 – Geo 3D d.o.o., Varaždin,
 – e-mail: zlatan.novak@geo3d.hr

KOMPARATIVNA ANALIZA DIREKTNOG I INDIREKTNOG DIGITALNOG TISKA NA TEKSTIL

Čihal I.¹, Milković M.¹, Kosić T.

¹Veleučilište u Varaždinu, Varaždin, Hrvatska

Sažetak: Osnovne prednosti digitalnih tehnika tiska u odnosu na klasične su brzina izrade otiska, mogućnost varijabilnog tiska te umnažanje malih naklada. U praksi se otisak na tekstil može napraviti na dva načina; direktnim ili indirektnim otiskivanjem. Za otisak je korištena karakteristična transferna folija „PS BLANC2“ i „White print liner“ (indirektni otisak) te „Solvent flag“ (direktni otisak). Cilj istraživanja bio je odrediti razlike u spomenutim postupcima otiskivanja, koji su bili usmjereni na određivanje razlike u obojenju između različitih tiskovnih podloga i standardnih vrijednosti prema normi ISO 12467-2. Rezultati instrumentalne analize izvedeni su spektrofotometrijskim mjerenjima na temelju kojega su izračunate razlike u obojenju CIE ΔE_{1994} . Dobiveni rezultati pokazuju odstupanja u reprodukciji boja u odnosu na standardne pretpostavljene vrijednosti boja. Najveća odstupanja ustanovljena su kod „PS BLANC2“ postupka, dok „White printliner“ i „Solventflag“ imaju mnogo manja odstupanja. Usporedbom rezultata može se zaključiti da promjenom tiskovnih podloga dolazi do značajnog odstupanja boje.

Ključne riječi: ink-jet, transferni tisak folijom, tekstil

Abstract: Main advantages of digital printing techniques compared to the classical ones are the speed of print, the possibility of variable printing, and copying in small print runs. In practice, textile print can be performed in two ways: using direct or indirect printing. Characteristic transfer foil „PS BLANC2“, „White print liner“ (indirect print) and „Solvent flag“ (direct print) were used for the print. The aim of this study was to determine the differences in these printing processes, which were aimed at determining the color differences between different printing substrates and standard values according to the standard ISO 12467-2. The results of instrumental analysis were obtained by spectrophotometric measurements upon which the color differences in CIE ΔE_{1994} were calculated. The results show deviations in color reproduction in relation to the standard assumed color values. The largest deviations were identified in the „PS BLANC2“ process, while they are smaller in „White printliner“ and „Solventflag“. By comparing the results, it can be concluded that changing the printing substrates results in significant color deviations.

Key words: ink-jet, transfer foil print, textile

1. UVOD

Tehnološki postupci tiska na tkaninu (tekstil) u posljednjih nekoliko godina značajno su se izmijenili. Zbog novih zahtjeva na tržištu, sama tekstilna industrija je primorana razvijati nova rješenja, usmjerena na skraćivanje vremena izrade proizvoda, uz istodobno povećanje stupnja kakvoće i smanjenja onečišćenje okoliša. Zbog svoje učinkovitosti, digitalne tehnike tiska sve se više upotrebljavaju u tekstilnoj industriji. Uvođenje digitalnog tiska na tekstil može se podijeliti u tri razdoblja. Početkom 1990. digitalni ink-jet tisak na tekstil se koristio za tisak koleksijskih uzoraka. Potkraj devedesetih godina dvadesetog stoljeća razvojem tehnologije i bojila počeo se upotrebljavati tisak mlazne tinte i to za proizvode malih metraža-transfernog tiska za sportsku odjeću, zastave i slično. Upotrebljavala se tehnologija kontinuiranog i isprekidanog mlaza, odnosno kapi. U spomenutom razdoblju rezolucija ispisa se kretala od 150 do 300 tpi, ali i dalje s relativno malim proizvodnim kapacitetima (oko 5 m²/h). Treće razdoblje je današnje, gdje se koriste piezo ink-jet pisači s brzinama i do 200m²/h, uz rezolucije ispisa od 720 tpi te mogućnosti tiska s različitim vrstama bojila. Ink-jet kao tehnika digitalnog tiska je jedna od najkorištenijih načina digitalnog otiskivanja. Ova tehnika temelji se na bezkontaktnom nanošenju bojila direktno na tiskovnu podlogu. Pritom se koriste tekuća bojila koja prolaze kroz sklopove vrlo uskih mlaznica. Danas se najviše koristi piezo ink-jet postupak zato što se minimalno mijenja kvaliteta bojila kod zagrijavanja. Osnova takvog sustava digitalnog tiska temeljena je na principu piezo električnog efekta i pri tome je moguće otisnuti različita bojila na različite tiskovne podloge. Izlaganjem piezo električnog kristala električnom polju doći će do mehaničke deformacije kristala (rastezanja), čime se direktno utječe i na volumen komore. Prestankom djelovanja napona piezo kristal vraća se u početni oblik, što dovodi do oslobađanja kapljice te novog punjenja komore [9]

2. TEORETSKI DIO

Tiskanje tekstila je postupak kojim se oslikavaju tkanine u različitim bojama. Sam početak bojanja tekstila razvio se u Egiptu oko 5000 godina p.n.e

Otisnuti uzorci tekstila pronađeni su i u Grčkoj u 4. stoljeću, te u 5. st. u Indiji. U Europi su počeci otiskivanja na tekstilu vezani uz Englesku i Francusku, a smatra se da su je u 12. Stoljeću donijeli trgovci iz islamskih zemalja [9]. Najviše se tiskalo za ukrasne svrhe, kao što su zavjese, i slične materijale za koje nije bilo potrebno pranje. Tijekom druge polovice 17. stoljeća Francuska je od svoje kolonije na istočnoj obali Indije donijela plave i bijele ispise. Uz njih su stajale i pojedinosti o produktima njihove još nerazvijene industrije i o tkanini koja se mogla prati.

U Aziji je bio snažan razvoj tekstilne industrije. Tako se u Japanu razvila *woodblock* tehnika tiska slike ili teksta. Ova tehnika se koristila kasnije i u cijeloj istočnoj Aziji, a pretpostavka je da joj je originalno podrijetlo iz Kine. Sama tehnika temelji se na iscrtavanju te kasnijem rezbarenju drveta, na koje se zatim nanosilo određeno bojilo i otiskivalo se na tkaninu. [10]

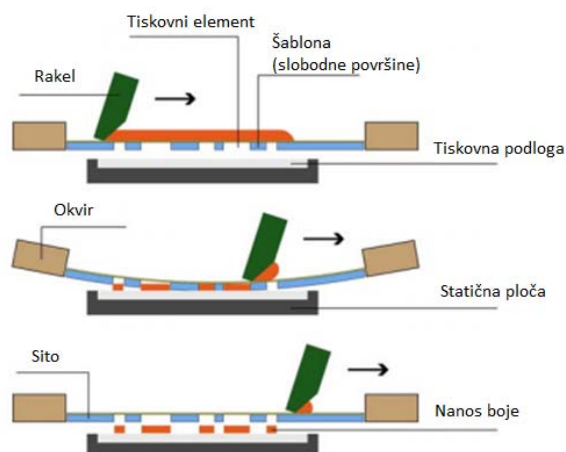
Na američkom kontinentu, Inke u Peru i Čileu, te Asteci u Meksiku, također su prakticirali tiskanje na tekstilu. No, o tome nema nikakvog pisanog zapisa, pa zato nije moguće sigurno tvrditi jesu li oni otkrili umjetnost tiska na tkaninu ili su ju na neki način uveli i naučili od drugih kultura. [8]. Daljnjim razvojem tiskarskih tehnika, naročito nakon Gutenbergovog izuma preše sredinom 15. Stoljeća, dolazi do promjene u tehnologiji tiska na tekstilu, te primjene novih tehnika.

Značajniji iskorak u tehničkom smislu bio je početkom 18. stoljeća kada su bakrena ploča i cilindar tisak ušli u upotrebu te se pomoću ploča i valjka uzorak prenosio na tekstil. Thomas Bell je 1783. patentirao valjak koji je mogao ispisivati 6 boja u jednom prolazu, a zbog nepotpunog razvoja stroj nije bio spreman za komercijalnu upotrebu. Godine 1785. Adam Parkinson uspio je usavršiti spomenuti stroj. Proces je bio veoma popularan u ono vrijeme zbog velike brzine u odnosu na blok tisak [8]. Mnoge otiske iz toga doba na tkanini, kao što su cvjetni ili scenski dizajn na pamuku, lanu, svili, tapetama možemo pronaći i danas, ali i vidjeti u francuskom muzeju Toile de Jouy. Riječ *toile* na francuskom znači krpa, tkanina, a *Jouy* je mjesto u kojem se nalazi taj muzej [22].

Jedna od važnijih modernih klasičnih tehnika tiska na tekstilu je tehnika propusnog ili sitotiska.

Sitotisak je jedna od najsvestranijih tiskarskih tehnika koja se uspješno koristi u različitim granama kao što su tekstilna industrija, elektronička, autoindustrija i sl. Jedna od glavnih osobina sitotiska je mogućnost tiska na različite oblike i vrste tiskovnih podloga kao što su npr.: tekstil, staklo, plastika, koža, karton, papir, keramika, guma, drvo i sl. Kod tehnike sitotiska tiskovna forma - mrežica je napeta preko drvenog ili metalnog okvira. Tiskovne elemente predstavljaju otvorene očice mrežice dok su slobodne površine zatvorene. Boja se nanosi preko cijelog sita te se gumenim nožem-*rakelom* protiskuje kroz tiskovne površine [6]. Mrežica sita može biti izrađena od sintetskih niti, svile ili metala. Prednost sitotiska su elastičnost, tj. moguće je otiskivati na neravne, hrapave i oble površine, te relativna jednostavnost upotrebe.

Jedan od glavnih nedostataka tehnike sitotiska je velika potrošnja boje zbog velikih nanosa bojila.



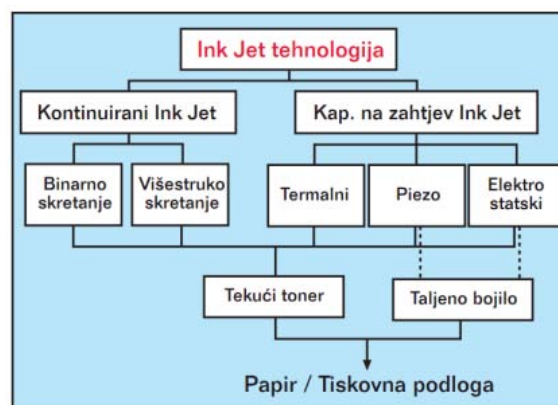
Slika 1. Prikaz obojenja tiskovne forme u sitotisku [6]

Daljnjim razvojem novih tehnologija i novim zahtjevima tržišta počinju se u drugoj polovici prošloga stoljeća u području tiska na tekstilu upotrebljavati različiti digitalni pisari – prije svega ink-jet tehnika digitalnog tiska.

Ink-jet je digitalna tehnika tiska. Uređaj za otiskivanje ne nalazi se u direktnom kontaktu s podlogom, što omogućuje uspješan tisak i na neravnim površinama. Najjednostavnije za opisati, to je metoda štrcanja kapljica prema tiskovnim površinama. Naziv riječi dolazi od engleske riječi *ink* (tinta ili bojilo) i *jet* (mlaz) - odnosno „mlaz tinte“. Osnovna zadaća ink-jet sustava je kontrola toka kapljica na njegovom putu do tiskovne podloge [5].

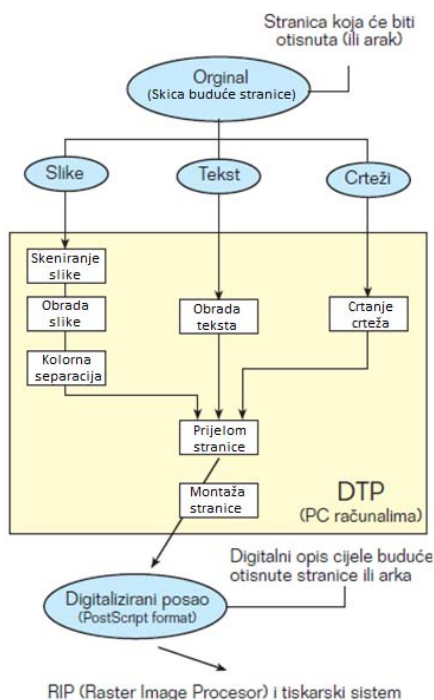
S obzirom na spomenuto, danas se tehnika ink-jeta može razdijeliti na dva temeljna postupka:

- kontinuirani ink-jet
- diskontinuirani ink-jet (DOD)



Slika 2. Prikaz razdjelje ink-jet tehnike tiska [7]

Kod ink-jet tehnike tiska ne postoji tiskovna forma u klasičnom smislu (fizički oblik), već se na zahtjev digitalnog slikovnog signala na mlaznicama generira kapljica boje koja se prenosi na tiskovnu podlogu.



Slika 3. Prikaz „Computer to Print“ tehnologije [27]

2.1. Kontinuirani ink-jet

Ideju kontinuiranog ink-jeta patentirao je 1867. godine Lord Kelvin, a 1951. godine tvrtka Siemens je razvila prvi komercijalni ink-jet uređaj [5].

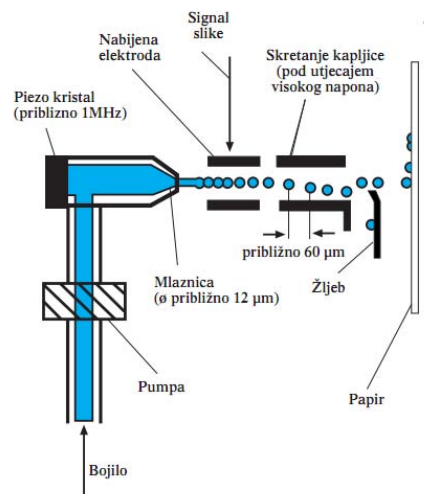
Naziv kontinuirani ink-jet proizlazi iz podatka da tinta kontinuirano teče kroz mlaznicu prema tiskovnoj podlozi, a uređajem za otklon se elektrostatski nabijeno bojilo usmjerava prema podlozi kreirajući tiskovne elemente. Dio bojila skreće u trenucima kada nema potrebe za ispisom u povratnu cijev kojom se vraća nazad u spremnik uređaja. Time se sprečava neželjeno sušenje tinte, što nije slučaj kod drugih tehnologija ink-jeta.

Kontinuirani ink-jet može se dalje podijeliti na kontinuirani ink-jet s binarnim otklonom i kontinuirani ink-jet s višestrukim otklonom.

Kod kontinuiranog ink-jeta s binarnim otklonom za istiskivanje tinte iz mlaznice koristi se piezoelektrični kristal. Takvom tehnologijom omogućeno je stvaranje visokofrekventnog niza kapljica frekvencije od 1 MHz. Ultrazvučni signal frekvencije generira i razdvaja mlaz u kapljice. Veličina kapljice i interval ispuštanja ovise o promjeru mlaznice, o viskozitetu bojila, površinskoj napetosti bojila te o frekvenciji pobude.

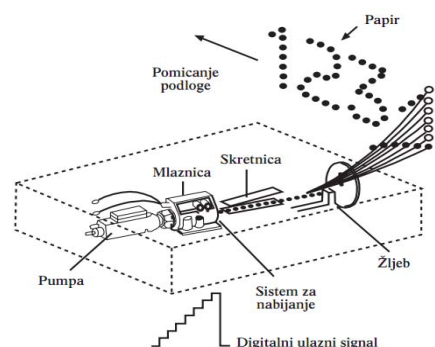
Kretanje mlaza bojila je moguće u dva smjera. Pločica pod visokim naponom otklonit će kapljice koje će se usmjeriti prema tiskovnoj podlozi, dok pločice bez naboja odvođaju bojilo u odvod i nazad u spremnik. Međusobnim spajanjem sitnih kapljica moguće je stvoriti veće kapljice.

Karakteristike kontinuiranog ink-jeta volumen kapljica bojila je oko 4 pl, uz promjer od 20 µm i brzinu kapljica od 40 m/s.



Slika 4. Prikaz rada binarnog kontinuiranog ink-jeta [7]

Osim jedno-bitnog kontinuiranog ink-jet principa, postoji i oblik više-bitnog ink-jet principa. Kod jedno-bitnog stanja postoje dva stanja (nabijeno i nenabijeno stanje), odnosno kapljice mlaza usmjeravaju se prema tiskovnoj podlozi ili se odvođaju nazad u spremnik, dok više-bitno stanje omogućuje reprodukciju u šesnaest različitih pozicija. Zahvaljujući elektrostatskim silama, omogućena je vertikalna putanja kapljica od mlaznice do tiskovne podloge. Kontrolni naponski impuls daje kapljicama naboj željenog intenziteta [2].



Slika 5. Prikaz rada CIJ-a s višestrukim skretanjem [7]

Glavne prednosti kontinuiranog ink-jeta su velika pouzdanost i brzina pisanja. Mana im je relativno niska razlučivost (do 300 tpi) te korištenje organskih otapala radi postizanja kraćeg vremena sušenja.

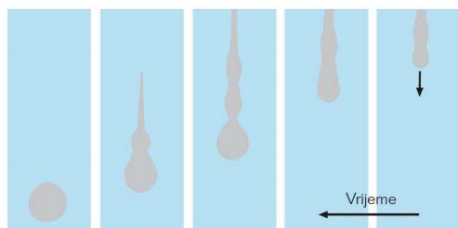
2.2. Diskontinuirani ink-jet

Za razliku od kontinuiranog ink-jeta kod kojega bojilo kontinuirano teče prema tiskovnoj podlozi, kod diskontinuiranog ink-jeta pojedine kapljice bojila generiraju se zavisno od potrebe ispisa (tzv. DOD ili drop-on-demand tehnika). Kod ovog ink-jeta, osim u tekućem obliku bojilo može biti i u obliku voska. Diskontinuirani ink-jet može se podijeliti na termalni ili bubble-jet, piezo ink-jet te elektrostatski ink-jet..

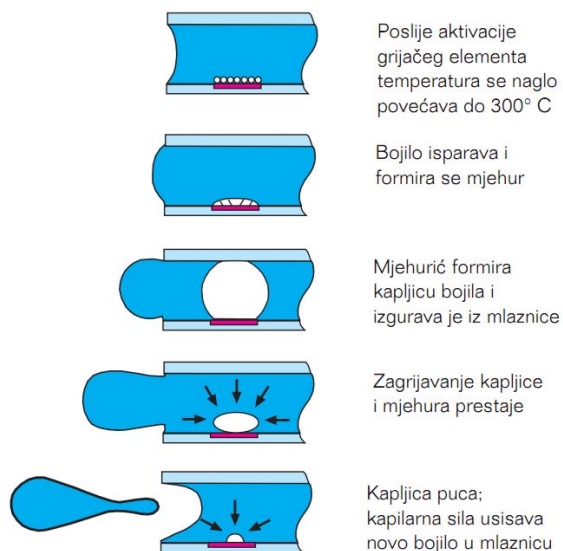
2. 2. 1. Termalni ink-jet

Kod termalnog ink-jeta kapljice bojila nastaju djelovanjem toplinske energije. Tijekom aktiviranja grijača temperatura se povećava na 300°C. Bojilo zbog toga zagrijavanja počinje isparavati i formira plinski mjehur. Nastali mjehur formira kapljicu te ju gura van iz mlaznice. U jednom trenutku dolazi do prestanka zagrijavanja kapljice i mjehura, kapljica počinje pucati, a kapilarna sila usisava novo bojilo u komoru s mlaznice. Ova tehnologija je poznata i kao bubble jet (eng. bubble - mjehurić) [1].

Karakteristike termalnog ink-jet su frekvencija kapanja od 5 do 8 kHz, volumen kapljica od 23 pl uz promjer kapljica od 35 μm .



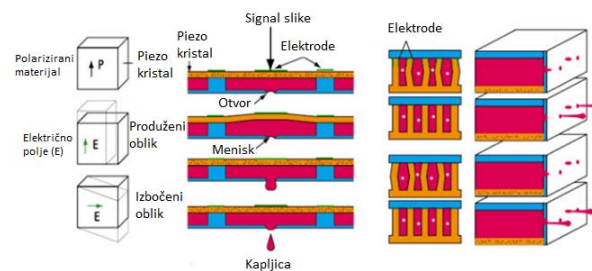
Slika 6. Formiranje kapi kod termalnog ink-jeta [7]



Slika 7. Nastajanje kapljice kod termalnog ink-jeta [7]

2. 2. 2. Piezo ink-jet način otiskivanja

Piezo impulsni ink-jet temelji se na ispisnoj glavi s otvorenim mlaznicama i otvorenim kapilarnim kanalima. Kapljice bojila unutar kapilarnog kanala se istiskuju djelovanjem titrajućeg piezo kristala. Signalom koji je pristigao iz računala piezo kristal mijenja oblik, a time i volumen mlazne komore. Povratkom piezo kristala u prvobitni oblik dolazi do povećanja pritiska te do istiskivanja bojila kroz mlaznicu [3].



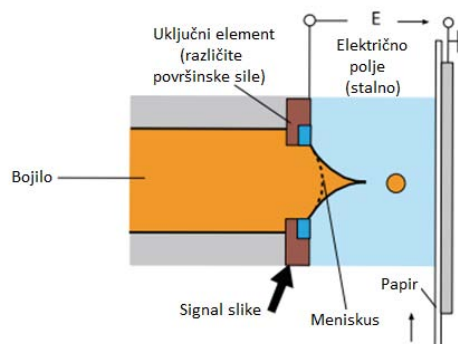
Slika 8. Korištenje piezo kristala kod kapljastog ink-jeta, njegovo deformiranje i nastajanje kapljice boje [3]

Kapljice bojila koje su dobivene ovim postupkom jednakog su volumena. Piezo ink-jet pisači koriste rijetka bojila viskoznosti od 1 do 10 mPa·s. Bojilo se sastoji od organskog otapala, pigmenta i izvorno obojene tekućine kao dodatnog nosioca obojenja. Na tiskovnoj podlozi bojilo suši uz kombinaciju isparavanja i penetracije. Nanos boje na tiskovnoj podlozi iznosi oko 0,5 μm . Piezo ink-jet može koristiti i druge tipove bojila poput brzосуšećih UV boja, kao i bojila na bazi organske tvari [1]. Da bi se postigao dobar otisak, podloge moraju imati veću upojnost kako ne bi došlo do efekta „mrlja“ [2].

Karakteristična obilježja piezo ink-jet tehnike su volumen kapljice od 14 pl, frekvencija kapanja od 10 do 20 kHz te promjer kapljice od 30 μm .

2. 2. 3. Elektrostatski ink-jet

Elektrostatski ink-jet temelji se na djelovanju električnog polja između mlaznice i površine. Uključivanjem električnog polja mijenja se odnos napetosti između površina tinte i mlaznice te dolazi do odvajanja jedne kapi tinte koja odlazi prema suprotnom nabijenom polju [3].



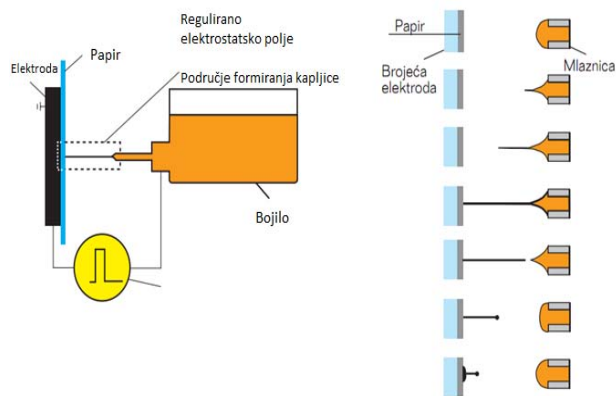
Slika 9. Princip rada elektrostatskog ink-jeta [7]

Elektrostatski ink-jet digitalni tisak s obzirom na principe rada može se razdijeliti na:

- elektrostatski ink-jet temeljen na Taylorovom efektu
- elektrostatski ink-jet s kontrolom prstenastog grijača
- elektrostatski mist ink-jet

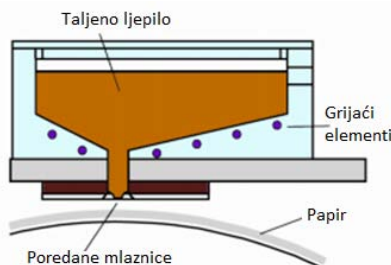
2. 2. 3. 1. Elektrostatski ink-jet temeljen na Taylorovom efektu

Mlazom odgovarajućeg oblika formira se mlaz koji je puno manjeg promjera od otvora mlazice, tj. „Taylorov stožac“. Prednost ove tehnike je da se relativno velikim mlaznicama postižu vrlo male kapljice. Kapljice se generiraju u skladu s pozicijom tiskovnog elementa i jačinom električnog polja, a volumen kapljica je određen duljinom trajanja kontrolnog impulsa. [2]



Slika 10. Princip rada elektrostatskog ink-jeta temeljen na Taylorovom efektu i kronološki prikaz formiranja otiska [7]

Promjer mlaznice iznosi oko 400 μm , a razmak između mlaznica je manji od 1mm. Ako postavimo mlaznice u više redova - jednu iza druge, može se napraviti rezolucija do 600 tpi ili više [2].

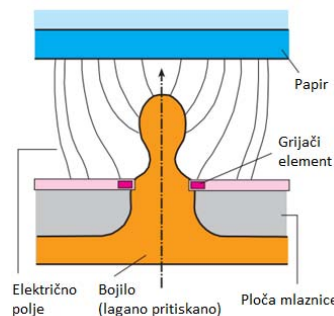


Slika 11. Nastajanje kapljica u električnom polju i princip taljenja [3]

2. 2. 3. 2. Elektrostatski ink-jet s kontrolom prstenastog grijača

Posebnost ovog procesa je relativno jednostavna struktura kontrole mlaznice velike rezolucije. Bojilo je u laganom podtlaku unutar spremnika koji je prekriven tzv. prstenastim mlazom. Podtlak bojila i električno polje između mlaznice i tiskovne podloge moraju biti u ravnoteži. Na mlaznicama se nalazi prstenasti grijač koji se može kontrolirati. Ovisno o jačini ispisnog signala, prstenasti grijač se zagrijava. Zagrijavanjem se mijenja površinska napetost te dolazi do formiranja kapljice boje.

Ovaj tip rješenja izrade mlaznice u redovima omogućuje masovnu proizvodnju mlaznica u razmacima od 10 do 20 μm i udaljenošću mlaznica od 60 μm [3].

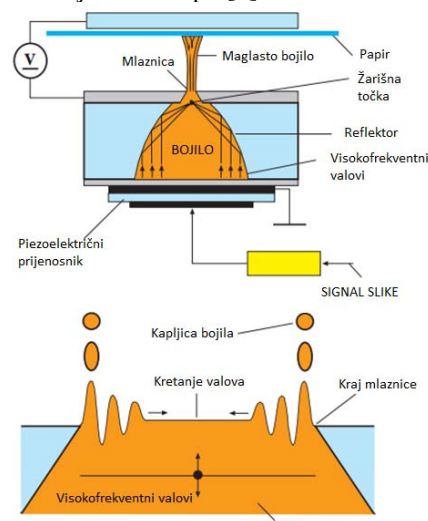


Slika 12. Princip rada elektrostatskog ink-jeta s kontrolom prstenastog grijača [7]

2. 2. 3. 3. Elektrostatski mist ink-jet

Elektrostatski mist ink-jet je novi način otiskivanja koji je još u razvoju [3].

Za stvaranje malih kapljica boje koristi ultrazvučne valove (aerosol stanje). Ultrazvučni valovi usmjereni su na otvor mlaznice, što rezultira nastanak površinskih valova, tj. formiranje vrlo malih kapljica. Pomoću jačine signala (ultrazvučnog) kontrolira se i količina kapljica. Ovom tehnikom moguće je dobiti 32 nijanse boje u rezoluciji od 300 dpi. [2]



Slika 13. Princip rada i izgled mlaznice elektrostatskog mist ink-jeta [7]

2. 3. Tiskovne podloge za ink-jet

Pamučna tkanina jedna je od najčešćih tiskovnih podloga u tekstilnoj industriji. Pamuk je mekano, prozračno, prirodno biljno vlakno koje raste u sjemenkama biljke gossypium u tropskim i suptropskim krajevima (Amerika, Indija, Afrika). Vlakna se predu i nižu kako bi se napravila meka prozračna tekstilna tvorevina. Pamuk je jeftin i savitljiv materijal, dobro se pere i dugo traje. Kemijski sastav sirovog pamuka je jednostavan. Osnovne komponente su celuloza (80 – 90%) i voda (6 – 8%). Ostali manji postotak otpada na vosak, masti, bjelančevine, hemicelulozu i pektin [13].

Osim pamuka, u tekstilnoj industriji obilato se koristi i svila. Svila je prirodno proteinsko vlakno koje se

dobiva iz čahure ličinki duda ili svilene bube. Svila je glatka, mekana utkana tekstura u tekstil koja nije skliska, za razliku od mnogih drugih sintetičkih vlakana. Svila je jedna od najjačih prirodnih vlakana, ali izgubi i do 20% svoje čvrstoće kad je mokra. Elastičnost joj je relativno slaba: ako je izdužena čak i mala količina, ona ostaje trajno rastegnuta. Izlaganjem na suncu, svila također može biti oslabljena. Digitalni otisak putem ink-jeta na svilu najčešće se obavlja ispisivanjem specijalne bijele svile [12].

2. 3. 1. Indirektni ink-jet na tekstil

Prilikom otiskivanja ink-jet bojila („dye“ i pigmentirana) potrebno je koristiti pripadajuće tiskovne podloge. Za postizanje visoke kvalitete reprodukcije, „dye“ bojila se u prvom koraku otiskuju na specijalnim podlogama papirima ili folijama, s kojih se zatim djelovanjem temperature i tlaka prenose na tekstilnu podlogu.

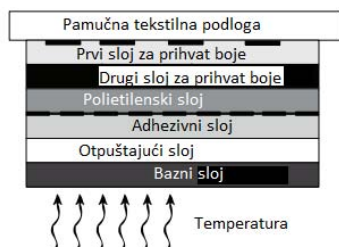
a)



Slika 14. Presjek transferne folije pogodne za prihvaćanje tinta bojila na bazi organskih otapala [11]

Najčešće se za tisak na tekstilu koriste tzv. transferne folije koje se sastoje od dva osnovna sloja: donji sloj ili polietilenska folija, i gornji sloj ili monomerni vinil sloj. Ovi slojevi međusobno su povezani s termostabilnim ljepilom. Vinilni monomer pogodan je za prihvaćanje mlaza bojila na bazi organskih otapala. Nakon otiskivanja prozirna folija se zaokrene (otisnutim slojem prema dolje), dovodeći se u kontakt s tiskovnom podlogom. Pri visokoj temperaturi (oko 130 °C) i tlaku (od oko 26 kPa) vinil monomer polimerizira, pri čemu postaje mekan, te se prihvaća na tekstilnu podlogu. Pri hlađenju se polietilenska folija ukloni (oljušti), čime je proces otiskivanja završen [11].

b)



Slika 15. Presjek transferne folije pogodne za prihvaćanje tinta bojila na bazi vode [11]

Za tisak na tekstil također se upotrebljavaju i folije za transferni tisak koji se otiskuju ink-jet bojom na bazi vode. Ove folije nešto su složenije, a sastoje se od sljedećih slojeva: osnovnog papirnato sloja,

otpuštajućeg sloja, sloja ljepila, do dva sloja za prihvatanje bojila i među-sloja za prihvaćanje bojila. Djelovanjem temperature od iznad 80 °C transparentni polietilenski sloj prihvaća se na tekstil.

Folije za termalni transfer na tkanine su materijali koji se mogu otiskivati na ink-jet pisačima, nakon čega se pod utjecajem temperature i tlaka prenose na tkaninu. Najčešće je riječ o temperaturi oko 160°C.

Drugi naziv za tehniku otiskivanja termalne transferne folije na tkanine je termo-tisak. Ovom tehnikom omogućeno je tiskanje na neke od odjevnih predmeta: majice, dresovi, kape, prsluci, hlače, radna odjela, trenirke te ostale prirodne i sintetičke tkanine [11].

Postoji nekoliko vrsta termalnih transfernih folija:

„Flex“ - daje efekt glatke podloge. Motiv se nakon otiskivanja reže na željene šablone i kasnije se termo prešom prenosi na tkaninu.

„Flock“ - daje plišani efekt. Motiv se također nakon otiskivanja reže na željene šablone, te kasnije termo prešom prenosi na tkaninu.

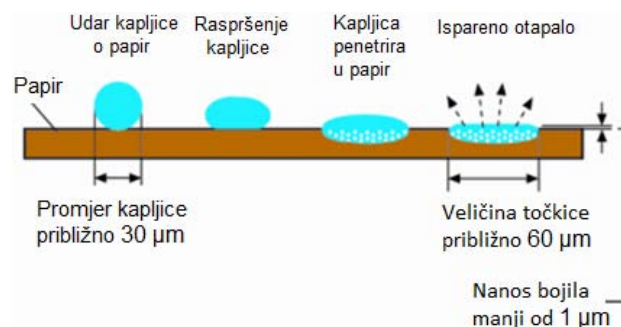
„Termoreflex“ - riječ je o reflektirajućoj foliji koja se koristi kod službi kao što su policija, vatrogasci, a kasnije se folija reže na šablone te se otiskuje na tkaninu [14].



Slika 16. Termo preša [28]

2. 4. Bojila za ink-jet

Bojila mogu biti taljiva i tekuća. Tekuća bojila dijele se na bojila na bazi vode, na bazi otapala i UV bojila. Tekuća bojila imaju mogućnost ostavljanja tankog sloja nanosa boje. Važni parametri bojila su viskoznost i površinska napetost. Ako se koristi niska viskoznost bojila, proces sušenja se odvija kroz ispiranje i apsorpciju - isparavanje se može ubrzati primjenom topline. Kod UV sušućih bojila u procesu sušenja uključuje se UV svjetlost te se koristi proces polimerizacije. Različite boje i tiskovne podloge ostvarit će različite ukupne nanose boje. Ako se koriste tekuća ink-jet bojila debljina nanosa boje kreće se oko 0.5 µm. Kod UV boja i taljivih bojila debljina nanosa je između 10 i 15 µm [2].



Slika 17. Prikaz sušenja kapljice boje na površinu papira i njeno penetriranje u papir [7]

Slika 17. prikazuje 30 μm kapljicu bojila koja pada na podlogu za otiskivanje, udara u podlogu, raspršuje se, penetrira u podlogu te dolazi do isparavanja otapala i nastaje točkica veličine oko 60 μm . Nanos bojila na tiskovnu podlogu je manji od 1 μm [2].

2. 4. 1. Dye bojila

Dye bojila kod ink-jet tehnike otiskivanja su najbolja bojila na bazi pigmenta i mogu otisnuti intenzivnije boje. Dye bojila se sastoje od demineralizirane vode, alkohola i izvorno obojene tekućine nastale otapanjem pigmenta u otopini. Prednosti Dye bojila su dobar otisak visoke rezolucije i širokog kolornog gamuta, te povoljna cijena.

Osnovni nedostatak Dye bojila je to što je glavna komponenta voda koja se pri većem nanosu razlijeva i daje lošu kvalitetu otiska. Optimalno rješenje ovog problema je da se Dye bojilima dodaju otapala koja brzo hlape ili točan odabir tiskovne podloge.

Ako se u reprodukcijom procesu koristi papir s visokim sadržajem vlakana, otisak može izgledati razliveno na rubovima. Pritom je presudna površinska napetost tiskovne podloge. Ako je površinska napetost tiskovne podloge manja od površinske napetosti bojila, ona će privući bojilo i zadržavati ga na mjestu sve dok se tekuća komponenta boje ne upije u tiskovnu podlogu [2].

Kod pisača velikih formata najčešće se koriste bojila na bazi otapala te UV bojila [3].

UV bojila sastoje se uglavnom od akrilnih monomera uz dodatak inicijatora. Prednost ovih boja je da se odmah suše nakon otiskivanja, tj. djelovanjem UV svjetla dolazi do nestajanja UV inicijatora. Nedostatak ovih boja su relativno visoka cijena, zahtijevaju skupe uređaje za sušenje, a osušena boja stvara veliki volumen - na podlozi nastaje reljef.

Za potrebe tiska na tekstilu vrlo često se koriste bojila na bazi sublimacije pigmenta. Ova bojila sadrže specijalne sublimacijske pigmente i koriste se za tisak direktno ili indirektno na tkaninu. U praksi se sublimacijska boja otisne na tkaninu ili transfernu podlogu, pa se naknadno u preši pod visokim pritiskom i temperaturom (oko 200 °C) prenosi na materijal gdje se sjedinjuje s molekulama tkanine i postaje njen neodvojivi dio. Na taj način boja postane puno intenzivnija i otporna na mehaničke utjecaje [15].

3. EKSPERIMENTALNI DIO

Otiskivanje na tekstil moguće je izvesti na nekoliko načina, od kojih je većina opisana u teoretskom dijelu. U radu su analizirani postupci i karakteristike reprodukcija na tekstilu izvedene direktnim ink-jet tiskom, te indirektnim termalnim transferom ink-jet folija.

U sklopu istraživanja, ujedno je za potrebe eksperimenta provedena karakterizacija i kalibracija ink-jet pisača u svrhu izrade ICC profila za tri različite tiskovne podloge. Karakterizacija je postupak kojim se opisuje ponašanje uređaja i stvaranje profila uređaja

(ICC). Za razliku od kalibracije, karakterizacijom se ne mijenja način rada uređaja, već se stvara profil koji opisuje raspon obojenja.

Analizirane su reprodukcije izvedene transferom folijom (indirektni tisak), te direktan otisak na poliestersku slivu. Pritom je korištena transferna folija „PS BLANC2“ i „White print liner“ te „Solvent flag“. Za određivanje kolorimetrijskih karakteristika reprodukcije korištena je TC3.5 CMYK i1 u A3 formatu koja je pomoću pisača Mimaki JV33 – 160 otisnuta na spomenute podloge pri rezoluciji od 1440 tpi. Testna forma sadrži klin od 540 polja pomoću kojih je napravljen ICC profil i 3D prikaz gamuta koji predstavlja opseg reprodukcije za pojedine vrste tiskovne podloge. Za mjerenje kolorimetrijskih vrijednosti na reprodukcijama korišten je spektrofotometar „Eye One Pro“ koji radi s aplikacijama „Measure Tool“ i „Profile Maker Pro 5.0.5.“, a grafički su prikazane pomoću softvera ColorThink Pro.

Rezultati mjerenja nakon analize i obrade prikazani su u CIE $L^*a^*b^*$ vrijednostima iz kojih je moguće izračunati razlike u obojenju ΔE , razliku u svjetlini ΔL između tiskovnih podloga i referentnih vrijednosti - sukladno standardu ISO 12647-2:2004 [21].

Nakon obrade dobivenih profila izračunate su kolorimetrijske razlike između vrijednosti dobivenih na tri vrste tiskovnih podloga i referentnih vrijednosti, te kolorimetrijska razlika između otisnutih klinova boja na različitim tiskovnim podlogama.

Kolorimetrijska razlika je izračunata po formuli [18]:

$$\Delta E_{94}^* = \sqrt{\left(\frac{\Delta L^*}{K_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C_{ab}^*}{1 + K_1 C_1^*}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H_{ab}^*}{1 + K_2 C_1^*}\right)^2}$$

Dobivene kolorimetrijske razlike vrednovane su sa stanovišta standardnog promatrača prema sljedećim kriterijima:

- $\Delta E^* < 0,2$ - razlika boja se ne vidi
- $\Delta E^* = (0,2-1)$ - razlika se primjećuje
- $\Delta E^* = (1-3)$ - razlika se vidi
- $\Delta E^* = (3-6)$ - razlika se dobro vidi
- $\Delta E^* > 6$ - očigledna odstupanja

Gamut kreiranih profila prikazan je pomoću aplikacije ColorThinkPro kojom su izvedeni 2D i 3D prikazi te usporedba dobivenih gamuta.

U istraživanjima korišteni ink-jet pisač Mimaki JV33 omogućuje visoku kvalitetu ispisa od 1440 dpi. Ispisna glava uređaja sadrži 180 sapnica x 8 linija i omogućuje dosta visoku brzinu ispisa.

4. REZULTATI I DISKUSIJA

Na temelju dobivenih mjerenja izračunate su kolorimetrijske razlike boja ΔE CIE₉₄ (prikazane u tablicama 4.1., 4.2. i 4.3.) pojedinih tiskovnih podloga u odnosu na referentni zapis forme TC3.5. Vrijednosti kolorimetrijskih razlika boja dane su za primarne boje aditivne i suptraktivne sinteze.

	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*
Cyan	6,8	2,4	3,3	6,9
Magenta	3,9	-7,2	-0,3	4,33
Yellow	3,2	0,8	-6,9	3,52
Black	9,7	1,7	0,2	9,83
Red	1,6	-5,6	-21	8,57
Green	6,7	6,4	-12,5	8,62
Blue	15	-15,5	9,4	17,31

Tablica 1. Kolorimetrijska razlika između referentnih i izmjerenih LAB vrijednosti boja za „PS BLANC2“

Dobiveni rezultati upućuju na značajno odstupanje ostvarenih vrijednosti u odnosu na referentne vrijednosti. Iz tablice je vidljivo da najveću kolorimetrijsku razliku ima plava boja ($\Delta E = 17,31$), dok najmanju kolorimetrijsku razliku ima žuta boja ($\Delta E = 3,52$).

Vidimo da kod svih boja postoji odstupanje u svjetlini, odnosno mjerene boje su svjetlije u odnosu na referentne boje.

	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*
Cyan	3,4	4,6	-3,5	4,70
Magenta	-1,1	-6,1	-7,6	4,97
Yellow	0,7	0,7	-13,1	3,53
Black	4,8	0,9	-6,4	7,38
Red	0,1	-6,9	-17,8	8,96
Green	4,7	3,5	-5	5,46
Blue	5,8	-3,6	0,4	6,24

Tablica 2. Kolorimetrijska razlika između referentnih i izmjerenih LAB vrijednosti boja za „White print liner“

Iz tablice 4.2. vidljivo je da je najveća kolorimetrijska razlika ustanovljena kod crvene boje ($\Delta E = 8,96$), dok je najmanja razlika određena kod žute boje ($\Delta E = 3,53$). Pritom vidimo da kod svih boja postoji odstupanje u svjetlini, a uočene promjene u svjetlini su manje nego kod PS BLANC2. Iznimka je crvena boja koja je gotovo jednaka u odnosu na referentnu boju, te magenta koja je tamnija od referentne boje.

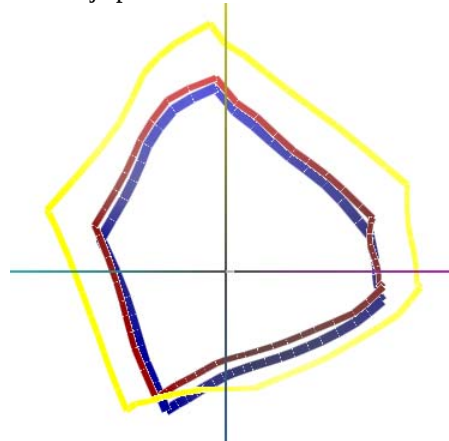
	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*
Cyan	3,6	1,3	0,6	3,65
Magenta	-1,6	-5,6	-3,1	2,97
Yellow	0,7	0,7	-10	2,65
Black	2,8	0	-1,2	3,04
Red	0,9	-5,6	-11,7	5,57
Green	5,6	2,3	-0,6	5,65
Blue	5,3	-6	4,7	6,73

Tablica 3. Kolorimetrijska razlika između referentnih i izmjerenih LAB vrijednosti boja za „Solvent flag“

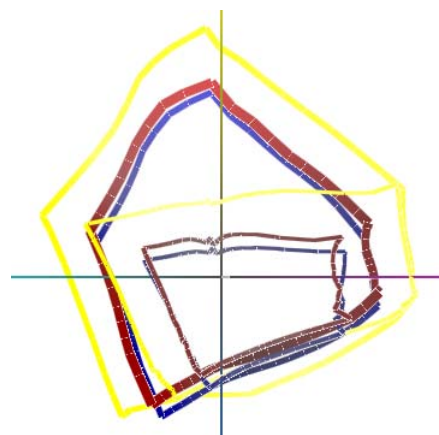
Iz tablice vidimo da je najveća kolorimetrijska razlika ostvarena kod plave boje ($\Delta E = 6,73$), dok je najmanja ostvarena kod žute boje ($\Delta E = 2,65$). Pritom vidimo da kod svih boja postoji odstupanje u svjetlini.

Slike 18. do 20. prikazuju raspone opsega obojenja reprodukcija triju ispitivanih postupaka digitalnog tiska. Postupci na slikama predstavljeni su različitim bojama: „PS BLANC2“ – žutom bojom, „White print liner“ – plavom bojom i „Solvent flag“ – crvenom bojom. Iz danih slikovnih prikaza jasno se vidi da najveći gamut u odnosu na preostale ostvaruje „PS2 BLANC“ postupak, dok postupci „White print liner“ i „Solvent flag“ ostvaruju približno slične veličine gamuta i pokrivaju slična područja unutar modela boja, ali u manjem opsegu. S obzirom na dane prikaze, moguće je ustvrditi da je gamut „Solvent flag“ u određenoj mjeri, iako sličan, ipak manji od gamuta „White print liner“.

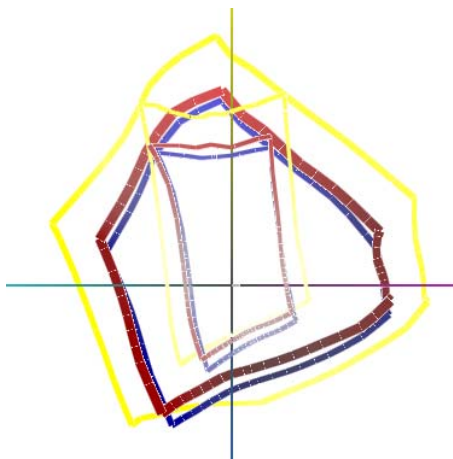
Analizom slika 18, 19. i 20., uz vrijednost svjetline $L^* = 50$, intenziteta svjetline ($L^* = 25$ i $L^* = 75$), jasno je vidljivo da se područja pokrivanja značajno mijenjaju, ali da odnos između veličine pojedinih gamuta istodobno ostaje približno isti.



Slika 18. Prikaz (2D) opsega reprodukcije boja (gamuta) triju ispitivanih postupaka u CIE $L^*a^*b^*$ modelu boja za vrijednost svjetline $L^* = 50$



Slika 19. Usporedni prikaz (2D) opsega reprodukcije boja (gamuta) triju ispitivanih postupaka u CIE $L^*a^*b^*$ modelu boja za vrijednost svjetline $L^* = 50$ i vrijednost svjetline $L^* = 25$



Slika 20. Usporedni prikaz (2D) opsega reprodukcije boja (gamuta) triju ispitivanih postupaka u CIE $L^*a^*b^*$ modelu boja za vrijednost svjetline $L^*=50$ i vrijednost svjetline $L^*=75$

5. ZAKLJUČAK

Postupkom karakterizacije i kalibracije definirane su reproduksijske karakteristike boje na „PS BLANC2“ uzorku, „White print liner“ uzorku i „Solvent flag“ uzorku te kolorimetrijska razlika između (RGB i CMYK) referentnih vrijednosti testne forme i izmjerenih vrijednosti boja na otiscima.

Zaključujemo da je došlo do značajnih odstupanja u kolorimetrijskim vrijednostima boja, a koje su primarno posljedica promjene tiskovne podloge. Također je ustanovljeno da se promjenom tiskovnih podloga mijenjaju i opsezi obojenja (gamuti). Da se smanje odstupanja, pokazana je nužnost upotrebe sustava za upravljanje bojama (CMS), te upotreba kalibracije pisača za svaku od tiskovnih podloga.

Najveća odstupanja u reprodukciji boja u odnosu na referentne ostvarene su kod „PS BLANC2“ uzorka. Nešto manja odstupanja u odnosu na „PS BLANC2“ uzorak, ali ipak velika s obzirom na referentne vrijednosti, ustanovljena su kod „White print liner“ i „Solvent flag“. „White print liner“ i „Solvent flag“ su nepremazani te dolazi do upijanja boje u tiskovne podloge, pa iz toga zaključujemo da nepremazane tiskovne podloge imaju vjerniju reprodukciju boja od premazanih tiskovnih.

Kod „White print liner“ odstupanja su također značajna, ali zahtjev za kvalitetom ispisa je manji zbog grafičke primjene proizvoda (majice, radna odjela i sl.). Iako su najveća kolorimetrijska odstupanja ustanovljena kod „PS2 BLANC“ postupka, možemo zaključiti da spomenuti postupak ipak ostvaruje i najveće opsege obojenja.

Također možemo zaključiti da su gamuti postupaka „White print liner“ i „Solvent flag“ vrlo podudarni i imaju slični opseg obojenja.

6. LITERATURA

- [1] Časopis CROPRINT, broj 3, rujan 2009., pp 48-52.
- [2] Mišić, M. Postojanost InkJet otisaka nastalih termalnim transferom na tkanine : diplomski rad. Zagreb, 2011.
- [3] Leskovec, T. Postojanost InkJet otisaka u kratkom vremenskom periodu : diplomski rad. Zagreb, listopad 2007.
- [4] Majnarić, I.; Brozović, M.; Bolanča, S. Optički aspekti digitalnog tiska na adhezivnim medijima. Zagreb, 2005.
- [5] http://en.wikipedia.org/wiki/Inkjet_printe, kolovoz 2011.
- [6] <http://www.scribd.com/doc/48590807/boje>, kolovoz 2011.
- [7] Majnarić, I. InkJet tehnologija otiskivanja, Predavanje. Zagreb, svibanj 2007.
- [8] http://en.wikipedia.org/wiki/Textile_printing, kolovoz 2011.
- [9] <http://ezinearticles.com/?The-New-Wave-of-Digital-Fabric-Printing-Technology&id=372724&usg=ALkJrhiMVLZgvPv3XNJRmtA3WOB4QOdWQA>, kolovoz 2011.
- [10] <http://www.rwandalinux.org/the-new-wave-of-digital-fabric-printing-technology>, kolovoz 2011.
- [11] Časopis Tekstil, 59. broj, listopad 2010., pp 456-462.
- [12] <http://en.wikipedia.org/wiki/Silk>, kolovoz 2011.
- [13] <http://hr.wikipedia.org/wiki/Pamuk>, kolovoz 2011.
- [14] <http://grafikaplus.hr/?Termo>, kolovoz 2011.
- [15] <http://www.garmond.ba/?jezik=bos&x=3&y=13>, kolovoz 2011.
- [16] <http://www.mimaki.co.jp/english/sg/inkjet/jv33/>, kolovoz 2011.

ANALIZA OSNOVNIH ELEMENATA VIZUALNOG IDENTITETA SUPERJUNAKA

Milec Z.¹, Tomiša M.¹, Vusić D.¹

¹Veleučilište u Varaždinu, Varaždin, Hrvatska

Sažetak: Čovjek je osjetilno biće koje spoznaje svijet oko sebe putem pet osjetila. Dominantno i najrazvijenije osjetilo je vid koji je zaslužan za čak 80%-90% informacija o okolišu. Sukladno tome, i današnje društvo je društvo vizualnog, dok se marketing prilikom oglašavanja također najviše oslanja na vid.

U našem potrošačkom društvu vrlo važan element svakog proizvoda je njegov vizualni identitet, pa se u radu obrađuje teorija i praksa takvog identiteta.

U praksi su analizirani vizualni identiteti poznatih superjunaka. Potvrđeno je da odabir boja, loga i tipografije dopunjuje i naglašava određene karakteristike superjunaka. Time je dokazana veza između teorije i prakse te važnost vizualnog identiteta u predstavljanju određenog proizvoda.

Ključne riječi: vid, vizualni identitet, logo, superjunaci

Abstract: Man is a sensory being who perceives the world around him through five senses. Among them, the dominant and most developed sense is vision, which is responsible for as much as 80% to 90% of environmental information. Accordingly, today's society has developed into a visual society, and advertising relies mostly on visual stimulation.

In today's consumer society, a very important element of every product is its visual identity. This paper covers the theory and practice of visual identity.

Visual identities of famous superheroes were analyzed in practice. It was confirmed that the selection of colors, logos and typography complements and emphasizes specific characteristics of superheroes. That proved the connection between theory and practice and the importance of visual identity in presenting a specific product.

Key words: vision, visual identity, logo, superheroes

1. UVOD

Društvo i kultura su kroz povijest uvijek naginjali vizualnom, od prvih spiljskih crteža, preko umjetnosti i pisma, do razvoja modernih grafičkih komunikacija, novina, časopisa i naposljetku interneta. Današnje društvo razvilo se u ponajviše vizualno društvo, a vid je postao dominantno i najrazvijenije čovjekovo čulo. Razvojem potrošačkog društva javila se potreba za sve većom distinkcijom proizvoda u svrhu boljeg privlačenja

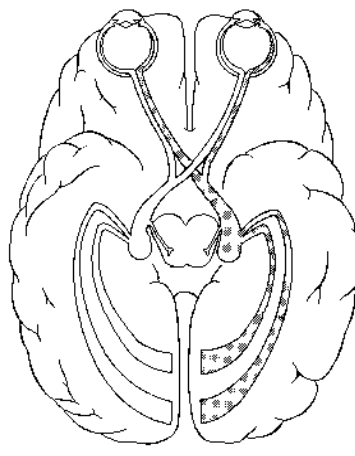
kupaca. Tada marketing i oglašavanje preuzimaju glavnu ulogu u tom procesu. Oglašavanje se tradicijski najviše oslanja na osjetilo vida, iako se u novije vrijeme počinju otkrivati prednosti korištenja ostalih čula. Unatoč tomu, vid i vizualni stimulus su još uvijek neizostavni, a višečulno oglašavanje ne može ni u kojem slučaju funkcionirati bez stimuliranja čula vida. Jednako tako, proizvod ne može funkcionirati bez vizualnog identiteta.

2. ČULO VIDA

Čulo vida jedno je od pet čula (uz sluh, miris, okus i opip) koje posjeduje čovjek i kojima doživljava svijet oko sebe.

2.1. Vizualni sustav čovjeka

Za fizikalnu stranu vida najzaslužnije je oko. Da bi vidjeli potreban je izvor svjetlosti, odnosno refleksija svjetlosti od objekata vanjskog svijeta. Svjetlost ulazi u oko kroz zjenicu, prolazi kroz leću koja ju fokusira i pada na mrežnicu. Tu se svjetlost prevodi u impulse koji se optičkim živcem prenose u mozak, točnije u vizualni korteks mozga, gdje se signali prevode u sliku vanjskog svijeta. [2, 7, 8]



Slika 1. Vidni sustav čovjeka: svjetlost putuje od oka preko vidnih živaca do vizualnog korteksa u mozgu

2.2. Psihološka manifestacija vizualne informacije – vizualna percepcija

Vizualna percepcija je sposobnost interpretiranja informacija iz okoliša s obzirom na vidljivu svjetlost koja dolazi do oka, a razaznajemo svjetlo, boje, oblike i udaljenost. [8]

Uspoređujući pet osjetila kojima čovjek raspolaže, primijećeno je da je vid dominantno i najrazvijenije osjetilo, a 80%-90% informacija o okolišu čovjek dobiva putem vida. [9] Raspoznavanje svjetlosti i boja, identifikacija i kategorizacija objekata, procjena udaljenosti do nekog objekta i između objekata, koordinacija kretanja s obzirom na ostale objekte u okolišu, sve su to akcije koje čovjek svakodnevno nesvjesno provodi zahvaljujući vidu. [7]

Provedene su razne studije koje dokazuju važnost vida u doživljaju svijeta. Dokazano je da je u slučaju krive vizualne percepcije ostala osjetila lakše zavarati. [2, 10] Brzina reagiranja na vizualni stimulus je vrlo velika. Utvrđeno je da se svijest o viđenome javlja već nakon 150-200 ms. [4] Kod kompleksnih stimulusa, percepcija se odvija u nekoliko faza. Najbrže se zamjećuju oblici, zatim boje, a na kraju tek značenje. [5]

3. VIZUALNI IDENTITET

Metaforički rečeno, vizualni identitet je lice ili potpis svake organizacije, tvrtke, proizvoda ili branda. On je gotovo zaslužan za stvaranje prvog dojma. Vizualni identitet se stvara upotrebom prepoznatljivih slika, boja, simbola i ostalih grafičkih elemenata, te nosi cjelokupan vizualni doživljaj tvrtke.

On reflektira vrijednosti, ambicije, karakteristike i osobnost organizacije. Stvara distinkciju od konkurencije, potiče stvaranje ugleda (kroz asocijacije na uspjehe i vrijednosti organizacije), stvara osjećaj zajedništva. Budući da je vizualni identitet onaj koji stvara prvi dojam o proizvodu, taj dojam mora biti pozitivan i mora odražavati stavove tvrtke. [3, 11, 12, 13]

3.1. Karakteristike dobrog vizualnog identiteta

Dobar vizualni identitet predstavlja uspješnu sinergiju grafičkih elemenata kao što su boja, logotip i tipografija s vrijednostima koje određena tvrtka zastupa.

Dobar vizualni identitet mora:

- imati **značenje**
- biti **autentičan**
- biti **različit**
- biti **postojan**
- biti **dosljedan**
- biti **fleksibilan**
- stvoriti **dodatnu vrijednost**

3.2. Elementi vizualnog identiteta

Osnovni elementi svakog vizualnog identiteta su logotip, prepoznatljiva i smisljena kombinacija boja te jedinstvena i prepoznatljiva tipografija.

Logotip je grafički znak ili simbol jedinstvenog oblika koji koriste sve tvrtke ili organizacije s ciljem da se tvrtka u javnosti lako i brzo prepozna. On je vjerojatno najvažniji dio vizualne pojavnosti branda jer stvara temelje za sve ostale elemente. Može biti izveden čisto grafički, koristeći samo određeni znak ili symbol, ili može biti kombinacija imena tvrtke, simbola i slogana. [14,5] Odabir vrste logotipa ovisi o tome što se želi poručiti i o dojmu koji se želi njime postići. Unatoč neograničenim kombinacijama i oblicima koje logotip može preuzeti, razlikuje se nekoliko općenitih kategorija. [5]

Osnovne vrste logotipa:

- logotip temeljen na imenu
- logotip kao apstrakcija određenog slova
- amblem
- logotip temeljen na slici
- logotip kao apstraktni znak

Drugi vrlo važan element vizualnog identiteta je **boja** i 60% odluka o kupnji se temelji na boji. Ona izaziva emocije i asocijacije te izražava osobnost branda. Odabir boje koja će funkcionirati za određeni brand zahtijeva jasnu viziju o tome kako brand treba izgledati i koju poruku treba nositi. Povrh toga zahtijeva dobro poznavanje psihologije boja kako bismo prenijeli pravu poruku. Psihologija boja pojašnjava značenja te konotacije pojedinih boja u određenoj kulturi. [6]

Tipografija je treći bitan element vizualnog identiteta. Spoj je umjetnosti i tehnike, a bavi se oblikovanjem teksta. Tipografija ima određena funkcionalna, tehnička i estetska pravila. U oblikovanju teksta se koriste različite vrste pisma, različite pismovne veličine, različiti prored, razmak između slovnih znakova, posebno se pazi na ritam teksta, kao i na slaganje naslova i podnaslova. [15] Odabir pravilne vrste pisma ili fonta bitan je zbog čitljivosti i emocija koje izaziva. Čitljivost ovisi o načinu upotrebe određenog teksta, a razlikujemo dvije osnovne vrste pisma: serifna pisma i pisma bez serifa. Većinom se smatra da su serifna pisma čitljivija kad je posrijedi veća količina teksta, a da su pisma bez serifa pogodnija za naslove jer bolje ističu samostojeće riječi. [16, 17].

4. VIZUALNI IDENTITET SUPERJUNAKA

Superjunaci su zahvalna tema za analizu osnovnih elemenata vizualnog identiteta kroz usporedbu teorije i primjene u praksi zbog toga jer se vizualni identiteti superjunaka u velikoj mjeri vežu za njihove osobnosti. Superjunaci utjelovljuju određeni set karakteristika i vrijednosti na temelju kojih se može analizirati povezanost vizualnog identiteta s tim karakteristikama.

4.1. Batman



Slika 2. Batman u akciji

Kako bi se utvrdilo odgovaraju li osnovni elementi vizualnog identiteta Batmana njegovim karakteristikama, treba prvo vidjeti koje to karakteristike Batman posjeduje i koje vrijednosti utjelovljuje.

Batman je vrlo inteligentan i odlično fizički spreman. Njegov kostim dizajniran je tako da podsjeća na šišmiša da bi zastrašivao svoje protivnike. Kao superheroj je nastao tragičnim spletom okolnosti, a sve je počelo kad su mu kao dječaku ubili roditelje. Ta tragična priča mu daje odličan kredibilitet i autentičnost. [1, 18]

Logotip Batmana pripada kategoriji logotipa koji su temeljeni na slici. Za logo se koristi jednostavna stilizacija šišmiša koja naglašava njegovu osobnost. Simbolika loga je savršeno jasna i potpuno odgovara ideji i karakteru Batmana.



Slika 3. Logotip Batmana

Za vizualni identitet Batman korištene su osnovne boje - crna i siva. Dvije sekundarne boje su plava i žuta. Plava je dodana zbog ustaljene konvencije u stripu da se crnoj boji dodaje plavi odsjaj. Žuta se koristi za naglašavanje logotipa.

Konotacije dviju primarnih boja, sive i crne, savršeno odgovaraju karakteru i ideji Batmana. Crna je misteriozna boja, boja čija jačina odgovara Batmanu. Njegova misterioznost je potaknuta dvostrukim životom i činjenicom da nitko ne poznaje njegov pravi identitet.

Siva boja koja je neupadljiva upućuje na Batmanovu neutralnost koju drži distanciranjem od zakona. Siva je boja tehnologije i asocira na Batmanovu strast prema naprednoj tehnologiji koju koristi u borbi protiv kriminalaca.

4.2. Nevjerojatni Hulk



Slika 4. Nevjerojatni Hulk

Dr. Bruce Banner je genijalan, emocionalno povučen fizičar koji je prilikom testiranja gama bombe zahvaćen eksplozijom. Iz nesreće izlazi naizgled neozlijeđen. Nedugo nakon nesreće pretvara se u strašno, humanoidno čudovište, velikog zelenog Hulka. [19]

Hulk predstavlja tamnu, praiskonsku stranu čovjeka. Nastavši u doba testiranja nuklearnih bombi, utjelovio je zabrinutost nacije zbog radijacije i zloupotrebe nuklearne fizike. Postao je strašan podsjetnik na moguće opasnosti nuklearne energije i uništenja koje ona može donijeti.



Slika 5. Logotip Hulka

Logotip Hulka pripada kategoriji logotipa koji se temelje na imenu. Ime je tipografski stilizirano tako da odgovara Hulkovom karakteru. Iako se ne koristi uvijek identična tipografija, ona u svakoj upotrebljenoj inačici ima slične karakteristike tako da je Hulk logotip zbog svog imena ipak nedvosmisleno prepoznatljiv. Masivan je, čvrst sans-serifni font koji jasno ocrta Hulkove glavne karakteristike: snagu i čvrstinu.

Boje koje koristi Hulk su zelena i ljubičasta. Zelena boja se smatra dvostrukom bojom. S jedne strane to je boja koja smiruje, osvježava i povezuje se s prirodom. S druge strane povezuje se s otrovom (pigment arsena je npr. zelen) i radioaktivnim stvarima. Kao takva, zelena potpuno odgovara karakteru Hulka. Stalan je podsjetnik razaranja koje može izazvati nuklearna energija.

U srednjem vijeku se smatrala bojom bezumlja. Bannerov um je blokiran u obliku Hulka koji djeluje na osnovu emocija, a ne razuma. Ljubičasta boja je boja luksuza i moći, asocira na dr. Bannera koji je prije nesreće bio dio lokalne elite.

5. ZAKLJUČAK

Činjenica je da između 80% i 90% informacija iz okoline čovjek prima putem vida te se vidu pridaje najviše pozornosti što se tiče oglašavanja i komunikacije. Dokazano je također da vid može utjecati na percepciju ostalih osjetila. Na temelju toga je lako zaključiti da je zbog toga vizualni identitet važan element svakog branda, pa tako i u području stripa i filma preko superjunaka.

Raščlanjajući vizualni identitet superjunaka uočeno je da su logotip, boje i tipografija najvažniji elementi i da ih je jako važno uskladiti s karakterom superjunaka i porukama koje on šalje. Također je iznimno važno poznavanje psihološke konotacije svake boje prilikom stvaranja vizualnog identiteta superjunaka.

U provedenom istraživanju analizirano je pet vizualnih identiteta superjunaka (Batman, Superman, Hulk, Spiderman i Daredevil), dok su u ovom radu obrazložena samo dva (Batman i Hulk). Korišteni su grafički elementi vizualnog identiteta u skladu s teorijskim postavkama da dodatno naglase karakteristike i osobnost svakog superjunaka. Ni jedan od analiziranih identiteta superjunaka nije u potpunosti prkosio pravilima teorije. Razlog tomu je da takav vizualni identitet vjerojatno ne bi bio šire prihvaćen, a kamoli da bi postao planetarno popularan.

6. LITERATURA

- [1] Gersh, L. H ; Weinberg, R. The science of superheroes, John Wiley & Sons, Inc, Hoboken, New Jersey, 2002. pp 33 - 45
- [2] Lindstrom, M. Brand sense: Revolucija osjetilnog brandinga, MEP Consult, Zagreb, 2009. pp 13 – 40
- [3] POWERING THE CORE: Corecubed newsletter, Core, travanj 2005., članak dostupan na: <http://corecubed.com/news/05/04/>, kolovoz 2011.
- [4] THORPE, S ; FIZE, D ; MARLOT, C. Speed of processing in the human visual system, NATURE, br. 381, lipanj 1996.
- [5] WHEELER, A. Designing brand identity: an essential guide for the whole branding team, third edition, John Wiley & Sons, Inc, Hoboken, New Jersey, 2009. pp 50-66
- [6] WHEELER, A. Designing brand identity: an essential guide for the whole branding team, third edition, John Wiley & Sons, Inc, Hoboken, New Jersey, 2009. pp 124-140
- [7] http://en.wikipedia.org/wiki/Visual_system , kolovoz 2011.
- [8] <http://hr.wikipedia.org/wiki/Vid> , kolovoz 2011.
- [9] <http://www.bettervision.com/myths.html>, kolovoz 2011.
- [10] <http://faculty.washington.edu/chudler/coltaste.html>, kolovoz 2011.
- [11] <http://www.cardiff.ac.uk/identity/>, kolovoz 2011.
- [12] http://creativevictuals.com/wp-content/uploads/2007/11/insureme_styleguide.pdf , kolovoz 2011.
- [13] http://en.wikipedia.org/wiki/Corporate_identity#Visual_identity , kolovoz 2011.
- [14] <http://www.logodesignworks.com/blog/5-essential-parts-of-a-brand> , kolovoz 2011.
- [15] <http://hr.wikipedia.org/wiki/Tipografija>, kolovoz 2011.
- [16] http://en.wikipedia.org/wiki/Typeface#Typeface_anatomy , kolovoz 2011.
- [17] <http://www.clickconsult.com/internet-marketing-blog/web-design/web-design-tips/putting-your-pr-in-the-right-context.html> , kolovoz 2011.
- [18] <http://en.wikipedia.org/wiki/Batman>, kolovoz 2011.
- [19] [http://en.wikipedia.org/wiki/Hulk_\(comics\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Hulk_(comics)) , kolovoz 2011.

Slika 1. (Vidni sustav čovjeka) preuzeta s <http://www.csus.edu/indiv/m/mckeoughd/AanatomyRev/VisualSys/CntrPathway/CntrPathway.htm> u kolovozu 2011.

Slika 2. (Batman u akciji) preuzeta s <http://www.desktopwallpaperhd.com/wallpapers/5/5777.jpg> u kolovoz 2011.

Slika 3. (Logotip Batmana) preuzeta s <http://www.sisak.info/?p=10004177> u kolovozu 2011.

Slika 4. (Nevjerojatni Hulk) preuzeta s http://www.wallpaperpimper.com/wallpaper/Anime_&Manga/Hulk/The-Mighty-Hulk-1-1024x768.jpg u kolovozu 2011.

Slika 5. (Logotip Hulka) preuzeta s <http://media.photobucket.com/image/hulk%20logo/dezados/Hulk-logo.gif?o=1> u kolovozu 2011.

IZRADA PREDLOŽAKA POMOĆU WORDPRESSA, SUSTAVA ZA UREĐIVANJE WEB SADRŽAJA

Janković M.¹, Tomiša M.¹, Valdec D.¹

¹Veleučilište u Varaždinu, Varaždin, Hrvatska

Sažetak: Wordpress je jedan od najpopularnijih sustava za uređivanje web sadržaja koji korisniku nudi mogućnost uređivanja sadržaja kroz grafičko korisničko sučelje. Termin "uređivanje sadržaja" podrazumijeva mogućnost dodavanja, brisanja ili mijenjanja cjelokupnog sadržaja web sjedišta (tekstova, slika, ilustracija, tablica, animacija, videa.) bez obzira na njegovu veličinu i bez obzira na broj ljudi koji ga uređuju. Blogerske platforme su oblik sustava za uređivanje sadržaja koje nude mogućnost upravljanja malim brojem različitih tipova sadržaja, poput stranica i postova. Iako je Wordpress počeo kao alat za uređivanje blogova, sada on nudi mnogo više. Danas više od 50 milijuna web sjedišta diljem svijeta koristi Wordpress kao sustav za ažuriranje sadržaja. Početkom 2009. godine Wordpress je postao najpopularniji alat na tržištu sustava za ažuriranje sadržaja i to mjesto drži i danas potkraj 2011. godine. U ovom radu je pregled osnovnih mogućnosti te je opisana izrada predložaka pomoću Wordpressa.

Ključne riječi: CMS, Wordpress, web sjedište

Abstract: Wordpress is one of the most popular website content management systems that allows the user to edit the content using graphical user interface. The term "content management" implies options like adding, deleting or altering the whole content of the website (texts, images, illustrations, tables, animations, videos, etc.) regardless of its size and the number of website editors. Blogging platforms are a form of content management system that enable an option for managing a small number of different content types such as pages and posts. Although Wordpress began as a tool for editing blogs, nowadays it offers much more. There are more than fifty million websites today that use Wordpress as the system for managing website content. In the beginning of 2009, Wordpress became the most popular tool among systems for website management, and it still holds that position, even now at the end of 2011. This paper provides an overview of the basic features and the description of making templates using Wordpress.

Key words: CMS, Wordpress, website

1. UVOD

Wordpress je danas najpopularniji sustav za uređivanje sadržaja. Riječ je o sustavu koji je počeo kao blogerska

platforma, a primjenjuje se u različite svrhe: od korporativnih stranica do društvenih mreža, osobnih stranica do blogova. Blogovi ili weblogovi su vrsta stranica putem kojih pojedinac ili tvrtka javno i redovito objavljuju različite sadržaje. Blogovi su u svojoj prirodi interaktivni te potiču raspravu u obliku komentara. Wordpress je dostupan kao projekt otvorenog koda pod GPL licencom. Izrađen je tako da je koristio popularne PHP i MySQL tehnologije. Drugim riječima, sve što je potrebno da bi Wordpress radio je instalacija ovih tehnologija na lokalnom ili nekom udaljenom računalu. Wordpress je prenosiv, lako se koristi i s obzirom na to da koristi popularne internet standarde, lako se i proširuje. [1, 3] U ovom radu će se opisati najvažnije mogućnosti ovog popularnog sustava, a bit će i pokazano zašto je Wordpress danas vodeći sustav ne samo za ažuriranje blogova već i puno složenijih web sjedišta. Objasniti će se najvažniji dijelovi i izrada predložaka pomoću Wordpress sustava.

1.1. Zašto Wordpress?

WordPress je jedan od mnogih PHP/MySQL sustava za upravljanje sadržajem koji korisniku nudi mogućnost uređivanja sadržaja izravno kroz web sučelje. Korisnik ne treba poznavati HTML niti PHP da bi uređivao sadržaj. Sve što treba je osnovno poznavanje računala, kako bi se uspješno prijavio u sustav. Postoji nekoliko platformi za bloganje među kojima valja izdvojiti MovableType ili PivotX, dok se Joomla ili Drupal obično povezuju s komercijalnim projektima ili složenim stranicama. Wordpress je za razliku od Joomla ili Drupal počeo kao blogerska platforma, no autori su još u samim začetima projekta ugradili mogućnost uređivanja statičnih stranica, čime su proširili njegove mogućnosti i na korisnike koji su tražili jednostavno, elegantno web sučelje za upravljanje sadržajem ostalih tipova stranica. Od tada su mogućnosti upravljanja statičnim stranicama neprestano proširivane. [1, 2]

1.2. Instalacija

Svakako je za popularnost koju danas Wordpress doživljava dijelom zaslužna i njegova karakteristična petominutna instalacija. Autori nadaleko oglašavaju jednostavnost instaliranja sustava. Ako poslužitelj podržava PHP i MySQL i ako je sve uredno podešeno, Wordpress se može instalirati u vrlo kratkom roku. Instalacijski proces je veoma jednostavan (ako pretpostavimo da su Apache i MySQL u pogonu):

preuzme se Wordpress, kopiraju se sve datoteke u direktorij u koji će se instalirati sustav, upiše se adresa stranice i/ili direktorija u kojem se nalazi instalacija i unesu se potrebne informacije (korisničko ime i lozinka korisnika baze podataka, te ime baze podataka) kako bi se podešavanje završilo.

1.2.1. Instalacija na lokalnom računalu koristeći XAMPP

Wordpress je moguće instalirati i lokalno, na osobnom računalu, što je dobra polazišna točka ako se planira izrađivati vlastiti predložak ili neki dodatak. Prednost lokalnog uređivanja predloška ili osnovnih Wordpressovih funkcija je brzina uređivanja datoteka koje su dostupne na uvid samo autoru. Dakle, moguće je čitavu Wordpress stranicu kopirati lokalno na osobno računalo, a izmjene koje su napravljene na samoj stranici na uvid ostaju samo autoru. Ovo je korisno kada se želi napraviti redizajn već postojećih Wordpress web stranica ili kada se ugrađuju nove mogućnosti na stranicu.

Instalacija Wordpresa na lokalno računalo izvodi se u nekoliko koraka:

1. Prvo se preuzme **XAMPP** ili **WAMP**. Ako se koristi Mac, tada se preuzima **MAMP**.
2. Zatim se stvara nova baza podataka kroz phpMyAdmin.
3. Nakon toga se preuzme Wordpress čije se datoteke kopiraju u jednu od mapa unutar mape *htdocs*.
4. Preimenuje se **wp-config-sample.php** datoteka u **wp-config.php** datoteku te joj se izmijenjene parametri u nekom od uređivača tekstualnih datoteka (npr. notepad).
5. Usmjerava se web preglednik na adresu gdje se nalazi instalacija, te se instalacija privede kraju.

2. SADRŽAJ WEB SJEDIŠTA

Sadržaj je najvažniji dio svakog web sjedišta. Ako sadržaj nije dovoljno dobar, korisnici neće biti zadovoljni. Vrsnoća sadržaja je presudna za popularnost web stranica. Standardno se Wordpressov sadržaj dijeli na dvije kategorije: *postovi* i stranice. Za razliku od *postova* koji su predviđeni za komentiranje i raspravu, stranice obično predstavljaju sadržaj kao što su “o nama” ili “kontakti”, a za korisnike imaju istu vrijednost kao i *postovi*. Stranice nije moguće kategorizirati, ali im se može odrediti tzv. roditelj, odnosno stranica koja ima veću važnost u poretku.

3. PLANIRANJE PREDLOŽAKA

Planiranje predloška obavlja se u nekoliko koraka, među kojima je najvažnije definirati polazišnu točku i krajnji cilj web stranice. Način na koji će korisnik komunicirati sa stranicom preduvjet je za uspješno planiranje rasporeda elemenata unutar stranice. Bilo da je riječ o osobnom ili korporativnom web sjedištu, blogu ili online prodavaonici, planiranje predloška je od velike važnosti za uspjeh web sjedišta.

3.1. Što je predložak?

Predložak je prijedlog kako bi web stranica mogla izgledati. Predložak uključuje čitav niz web elemenata: sliku, boju, tipografiju, sve do rasporeda elemenata na stranici. Ako Wordpress želimo pretvoriti u univerzalan sustav za ažuriranje sadržaja, onda je početna točka za izradu takvog sustava svakako dobro poznavanje predložaka.

3.2. Oblikovanje predložaka

Oblikovanje Wordpress predložaka se odvija jednako kao i oblikovanje običnog HTML dokumenta. Dizajn stranice je u početku samo slika ili grafički element koji kasnije tek treba izrezati i prilagoditi. Za to se koriste alati iz Adobe paketa poput Photoshopa ili Fireworks.

3.3. Rezanje grafike

Najprije treba odvojiti grafiku od sadržaja brisanjem teksta iz grafičke datoteke. Kodiranjem se stranica kasnije spaja u smislenu cjelinu, odnosno u HTML dokument. Grafika je ujedno i jedini razlog zašto se stranica uopće reže, budući da web stranice ne moraju nužno imati grafiku. Ovdje je važno prepoznati koji elementi tvore grafiku, a koji se daju izraditi koristeći CSS3 attribute poput okruglih rubova ili sjena. Nakon što su svi tekstualni elementi iz grafičke datoteke maknuti, stranica je spremna za rezanje. Stranica se korištenjem Photoshopovog alata “*slice*” reže na dijelove koje je kasnije moguće spojiti. Kada su svi elementi ispravno izrezani, stranica se može spremati za web. Svi elementi se pohranjuju u novu mapu.

3.4. Kodiranje

Osnovni HTML dokument sadrži zaglavlje i tijelo u kojem se poslije gradi stranica. Svi grafički elementi su sadržani u datoteci **style.css** koja je definirana Wordpressovom funkcijom. Da bi Wordpress predložak bio funkcionalan, u mapi se moraju nalaziti glavna datoteka predloška **index.php** i datoteka **style.css** s pravilno formatiranim zaglavljem. Prvi korak u kodiranju stranice je izrada okvirne strukture HTML dokumenta. Okvirna struktura se sastoji od HTML *tagova* i mora definirati sve elemente stranice, od *H1* naslova, podnaslova, pregradnih elemenata, odnosno *div* blokova, odlomaka itd.

3.5. CSS stilovi

U praksi je datoteka **style.css** sve što je potrebno da bi predložak bio funkcionalan. Ako je zaglavlje **style.css** datoteke dobro formatirano, sve što treba je prazna **index.php** datoteka i Wordpress će sam prepoznati hijerarhijsku strukturu dokumenta. Kada se stvara nova **style.css** datoteka, prvih nekoliko linija kôda su najvažnije. [2] One pružaju informaciju o predlošku unutar administracijskog sučelja u Wordpressu.

4. ELEMENTI WORDPRESS PREDLOŽAKA

Dobar Wordpress predložak mora poštovati razliku između prezentacije, funkcije i sadržaja. Stoga se za strukturu koristi HTML, za vizualne elemente CSS, a PHP kako bi se definirale funkcije. Da bi se stvorio Wordpress predložak ne treba poznavati PHP. Ne treba poznavati niti HTML, ali to znanje svakako pomaže u stvaranju predložaka. Najprije je potrebno secirati Wordpress predložak od glave do podnožja, počevši od **header.php** datoteke. Svaku od datoteka moguće je međusobno povezati. Npr., ako na naslovnoj stranici ne treba rubni trak, onda se u datoteku **home.php** ne poziva funkcija za integriranje rubnog traka **sidebar.php**. Budući da se stranica dijeli u segmente, pojedine funkcije se mogu lako iz određenih datoteka izbaciti, a da se pri tome ne naruši izgled drugih stranica, kategorija ili *postova*.

4.1. Zaglavlje

Datoteka zaglavlja obuhvaća čitavo zaglavlje stranice, vizualno i semantički. Drugim riječima, u datoteku **header.php** valja uključiti **Doctype** deklaraciju, sadržaj koji se nalazi u *tagu* **<head>**, kao i čitavo zaglavlje (**division** element s klasom *header*) koje je definirano unutar *taga* **<body>**. Ako još ne postoji, unutar mape predloška treba stvoriti datoteku **header.php** te u nju spremi sve elemente zaglavlja. Na sam kraj zaglavlja treba pozvati funkciju **wp_head()**. Ova funkcija čuva mjesto posebnim kôdovima koji su potrebni za rad dodataka. Također postoji i nekoliko funkcija s kojima se pozivaju Javascript datoteke na mjesto funkcije **wp_head()**. [2, 4]

4.2. Functions.php

Funkcija predloška je definirana u datoteci **functions.php** koja se smješta u samu mapu predloška. Umetanjem određenog kôda u funkcijsku datoteku mogu se izmijeniti Wordpressove mogućnosti. Tako se mogu dodati nova korisnička polja, izmijeniti određena zaglavlja ili ubaciti funkcije *widgeta* ili izbornika. Datoteka funkcije ukratko definira ono što predložak može učiniti. Ova datoteka nije od velike važnosti, no može pomoći kada se u predložak namjeravaju ugraditi nove mogućnosti.

4.3. Navigacija

Navigacija je funkcija predloška koju je Wordpress predstavio u zadnjoj inačici. Do prije treće inačice sistem navigacije su proširivali dodaci ili posebne funkcije koje je korisnik morao ugraditi unutar funkcije **wp_list_pages()**. Wordpress je uvođenjem standardnog sustava za upravljanje navigacijom znatno poboljšao svoje mogućnosti kao sustav za ažuriranje sadržaja. Da bi navigacija bila dostupna, sve što treba je registrirati navigaciju unutar datoteke **functions.php** i pozvati odgovarajuću funkciju na mjesto gdje će se navigacija nalaziti.

4.4. Rubni trak i widgeti

Datoteka **sidebar.php** obično sadržava pomoćne izbornike ili *widgete*. Prije je rečeno kako se *widgeti* mogu registrirati unutar datoteke **functions.php**. Sada treba ovu funkciju pozvati. Za početak se unutar statičnog HTML dokumenta izrađuju dvije kolumne za sadržaj. Ovaj prikaz stranice se koristi samo na unutarnjim, statičnim stranicama, odnosno unutar datoteke **page.php**.

4.5. Funkcija petlje

Funkcija petlje, odnosno *The Loop* je osnovni dio svakog Wordpress predloška. Riječ je o PHP petlji koja se prevodi na sljedeći način: *Ako u bazi ima postova, dok ima postova - prikaži post*. [2] Istu strukturu pisanja imamo i u PHP kôdu: **if (have_posts()) : while (have_posts()) : the_post()**. Petlja će pretražiti bazu na temelju stranice na kojoj se korisnik nalazi. Drugim riječima, ako se korisnik nalazi na stranici određene kategorije, petlja šalje upit koji pretražuje bazu podataka na sve *postove* koji su u toj kategoriji.

4.6. Index.php

Unutar datoteke **index.php** se ugrađuje petlja, budući da je datoteka **index.php** osnovna Wordpress datoteka pomoću koje je sačinjen svaki prikaz predloška koji nije definiran. Ako predložak ne sadržava **home.php**, **single.php** ili neku drugu datoteku koja definira strukturu određene stranice, tada će Wordpress potražiti datoteku **index.php**. Ova datoteka zato mora sadržavati i sadržaj *postova*. Unutar osnovnog HTML dokumenta postoji **div** element s klasom **content** koji je namijenjen za prikaz sadržaja.

4.7. Podnožje

Kako u zaglavlju tako je i u podnožju potrebno definirati funkciju koja će čuvati mjesto posebnim kôdovima dodataka. Ako se instalira Google Analytics dodatak za praćenje sadržaja, tada će se kôd koji stvara dodatak uvijek postaviti u podnožje. Upravo će to omogućiti funkcija **wp_footer()**. Ova funkcija se stavlja na kraj podnožja, prije zatvaranja *taga* **</body>**. Funkcija definiranja zaglavlja i podnožja su nužne za pravilan rad predloška.

4.8. Kondicionalni tagovi

Da bi unutar predložaka moglo raditi s različitim prikazima za različite stranice, a da se pri tome ne stvaraju različite datoteke, mogu se koristiti tzv. *kondicionalni tagovi*. Ovi *tagovi* su posebno korisni kada se unutar datoteka koje se ugrađuju želi ubaciti ili izbaciti određeni sadržaj ili kôd. Npr., ako se određeni Javascript kôd izvršava samo na naslovnoj stranici, onda se korištenjem *kondicionalnih tagova* taj kôd izbacuje iz unutarnjih stranica, kako ne bi kočio učitavanje stranice. Postoje četiri različite klase *kondicionalnih tagova*: **is**, **in**, **has** i **open**. [2] Sve ove klase vraćaju određenu vrijednost kada sadržaj ispunjava uvjet.

6. LITERATURA

4.9. Kategorija

Izrada različitih predložaka za pojedinu kategoriju može se izvesti na više načina. Prvi način je korištenjem *kondicionalnih tagova*. Oni se mogu koristiti za izradu svih tipova stranica. Drugi način je korištenje naziva **category-slug.php** ili **category-id.php** za naziv datoteke. Ovdje vrijedi isto pravilo hijerarhije kao i kod drugih datoteka, tj. ako određena datoteka ne postoji, Wordpress mapu predloška pretražuje tako dugo dok ne nađe datoteku **index.php**. [6]

4.10. Stranica 404

Iako u svojoj prirodi jednostavna, stranica 404 je neizostavni dio svakog dobrog predloška. Ova stranica se javlja kada stranica ne može odgovoriti ni na jedan upit korisnika. To se događa kada korisnik unese krivu adresu u svoj web preglednik, spremi krivu ili zastarjelu poveznicu, pretraži stranicu sa sadržajem koji ne postoji, pronade zastarjeli sadržaj koji se još uvijek nalazi na tražilicama ili se jednostavno ne može snaći. [5]

4.11. Prilagođeni predložak stranice

Predlošci se mogu (kao i kategorije) primijeniti na razne načine. Prvi i u hijerarhijskom poretku najvažniji je prilagođeni predložak koji se može podesiti unutar administracijskog sučelja svake stranice. Ovaj predložak se koristi za definiranje određenih stranica. Da bi se poseban predložak unutar administracijskog sustava mogao primijeniti, mora postojati barem jedan poseban predložak unutar mape. Ako se okvir za primjenjivanje predložaka ne nalazi u administracijskom sučelju za uređivanje stranica, onda predložak nije dobro formatiran. [6]

5. ZAKLJUČAK

Ako se vratimo samo nekoliko godina unatrag prisjetit ćemo se statičnih web stranica i web sjedišta i marljivih autora koji su redovito ažurirali sadržaj premještajući datoteke s računala na poslužitelj. Ovakva web sjedišta nerijetko su imala više stotina članaka, a svaki je bio posebno formatiran. Dolaskom modernih sustava za ažuriranje sadržaja danas možemo birati između stotinjak rješenja, a prvi izbor za veliki broj korisnika je Wordpress. Wordpress je s vremenom postao svestran i sveobuhvatan alat za uređivanje sadržaja, oko kojeg se formirala velika zajednica korisnika i razvijatelja, koja svakodnevno i neumorno predstavlja nove dodatke kojima se proširuju mogućnosti ovog alata. U ovom radu pokazano je zašto je Wordpress trenutačno najpopularniji sustav za upravljanje web sadržajima i zašto ga koristi više od 50 milijuna web sjedišta diljem svijeta. Wordpress nudi nekoliko ključnih prednosti: jednostavnu i brzu instalaciju, dvije vrste sadržaja (stranice i postove), vrlo jednostavno planiranje i izradu predložaka, jednostavan i ugodan rad te velike mogućnosti proširenja pomoću dodataka.

- [1] STERN, H.; DAMSTRA, D.; WILLIAMS, B.: Professional WordPress: Design and Development, Wiley Publishing, Indianapolis, 2010.
- [2] LEARY, S.: Beginning Wordpress 3, Springer Science+Business Media, New York, 2010.
- [3] <http://en.wikipedia.org/wiki/WordPress>, 30. srpanj 2011.
- [4] http://en.wikipedia.org/wiki/Character_encodings_in_HTML, 2. kolovoz 2011.
- [5] http://codex.wordpress.org/Function_Reference/wp_tag_cloud, 7. kolovoz 2011.
- [6] http://codex.wordpress.org/Template_Hierarchy, 4. kolovoz 2011.

DIZAJN I VIZUALNI EFEKTI KOJI INDUCIRAJU ILUZIJU KRETANJA

Kolarek I.¹, Milković M.¹, Kosić T.

¹Veleučilište u Varaždinu, Varaždin, Hrvatska

Sažetak: U radu se istražuje perceptivni proces usmjeren na interpretaciju uzoraka koji induciraju iluziju kretanja. Osim temeljnog cilja istraživanja, u radu se obrađuju i mnogi drugi percepcijski procesi usmjereni na prepoznavanje, djelovanje, okolinski i opažajni podražaj, transdukciju, procesiranje, znanje i percipiranje predmeta. Prikazani su i utjecaji pojedinih efekata na umjetnost i razvoj kroz povijest.

Istraživanje se temeljilo na evaluaciji intenziteta efekta iluzije kretanja za tri skupine uzoraka od ukupno 10, različitih geometrijskih struktura i kromatskih karakteristika. Istraživalo se na uzorku od 30 ispitanika miješane populacije. Na temelju prikupljenih rezultata dani su zaključci i preporuke vezane uz očekivanu manifestaciju efekata u specifičnim situacijama dizajnerskih rješenja.

Ključne riječi: percepcija, vizualni efekti, iluzija kretanja

Abstract: The paper explores the perceptual process focused on the interpretation of patterns that induce the motion illusion. Besides the fundamental aim of the research, this paper discusses many other perceptual processes focused on identification, operation, environmental and perceptual stimuli, transduction, processing, knowledge, and perception of objects. The influence of certain effects on art and development throughout history was also shown.

The research was based on the evaluation of the motion illusion intensity effect for three sets of samples of 10 various geometrical structures and chromatic characteristics. The research was conducted on the sample of 30 subjects of mixed population. Based on the obtained results, the conclusions and recommendations related to the expected manifestation of effects in specific situations of designer solutions are given.

Key words: perception, visual effect, motion illusion

1. UVOD

Naša svakodnevna zapažanja i doživljavanje svijeta oko nas sasvim je uobičajena pojava i gotovo nikad o tome ne razmišljamo. Gledamo predmete, zapažamo i

uspoređujemo boje, povezujemo ih na osnovu svojih emocija i stavova, susrećemo se s problemima prilikom njihova uspoređivanja, a ne proučimo detaljnije način na koji ih zapravo percipiramo.

Vizualnim sustavom čovjek danas prima više od 80% ukupnih informacija koje dolaze iz okoline koja ga okružuje. Stoga ne bi bilo pogrešno reći da je oko gotovo najvažniji perceptivni organ koji nam omogućava doživljaj predmeta i osoba oko nas, doživljaj osjeta boja, ali i prilagodbu na različite uvjete. Da bi osjet vida bio moguć potrebna je svjetlost, odnosno elektromagnetsko zračenje na koje je oko osjetljivo. Takva svjetlost nam omogućava i osjet različitih boja. Budući da je boja

psihofizički doživljaj, ona ne ovisi samo o izvoru svjetlosti i objektu koji se promatra, već i o promatraču i njegovim različitim opažanjima.

Iako je oko kod svih ljudi građeno na jednak način, upravo zbog socioloških i psiholoških, pa i nasljednih osobina, različite karakteristike boja, različiti promatrači mogu iste boje doživljavati drukčijima ili jedan promatrač različite boje istima. Takve situacije u interpretaciji vizualnih informacija nazivamo vizualnim efektima. Oni nastaju zato što djelovanje boje ovisi o njenoj okolini, susjednoj boji, pozadini na kojoj se nalazi, o kutu promatranja, o vrsti i intenzitetu izvora svjetlosti, a na kraju i o samom promatraču.

Percepcija je psihički proces kojim se opaža i upoznaje svijet oko nas. Ona nastaje djelovanjem različitih fizikalnih procesa iz okoline na osjetne organe. To je zapravo integracija osjeta, znanja, iskustva, prosudbi, emocionalnih stanja, stavova, vrijednosti i osobina ličnosti. Najpopularnije, ali i pogrešno shvaćanje percepcije je to da je stvarni svijet identičan onome što percipiramo. Bez obzira na to što ste možda čuli nešto suprotno, „ono što vidite nije nužno što dobivate“ [1].

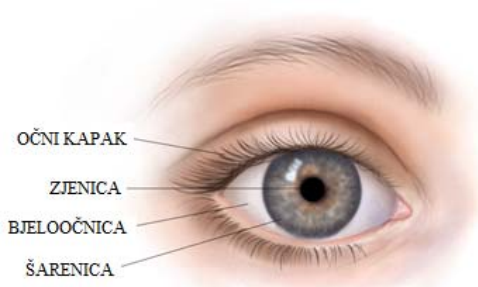
2. POGLED NA SVIJET

Stvarna scena nije istovjeta onome što možda u određenom trenutku percipiramo. To jednostavno možemo potvrditi nizom vizualnih efekata, ali koje opet svi ne percipiramo jednako. Vizualni efekti baziraju se na načinu na koji mozak prima informacije, a to može biti povezano s našim osjećajima, iskustvima, znanjem ili s kontekstom.

Zato je vrlo važno u samom početku razmatranja pozornost usmjeriti na oko. Bez njega ne bi postojala percepcija, iluzije, efekti itd. Dokazano je da je oko organ „vrijedan“ pažnje, pri čemu se misli da ga je potrebno dalje proučavati. To su godinama mnogi radili, a najpoznatiji od svih bio je Leonardo Da Vinci. On je govorio kako je oko „najčudesnija Božja kreacija“ i „prozor duše“ koji obuhvaća ljepotu čitavog svijeta i koji je stvorio arhitekturu, perspektivu i slikarstvo [2].

2.1. Građa oka

Ono što je dostupno našem pogledu je vanjski segment koji tvori vidljivi dio očne jabučice nazvan bjeloočnica, njegovo prozirno, stanjeno i uzdignuto središte zvano rožnica, obojeni kolut pod rožnicom poznat kao šarenica i krug u sredini šarenice koju nazivamo zjenica. Zjenica mijenja svoju veličinu prema količini svjetla, ali i prema emotivnom stanju. Danas ne možemo reći da su nam jasne sve zakonitosti gledanja i obrađivanja boja u našem mozgu. Početkom 19. st. Englez Thomas Young predložio je teoriju o tri vrste receptora u oku koji su doista i pronađeni oko 1960. godine. Ove tri vrste čunjića odlikuju se najvećom osjetljivošću u području ljubičasto-plavog, zelenog, odnosno crvenog dijela spektra. Nedostatak jedne od triju vrsta čunjića izaziva sljepilo za pojedinu boju. Veoma se rijetko događa nedostatak sviju vrsta čunjića koji uvjetuje razlikovanje samo sivih nijansi. [2]



Slika 2.1. Građa oka

2.2. Proces percepcije boja

Proces percepcije boja je složeniji i ne završava u oku. Naš je vidni organ zajedno s optičkim živcima (neuronskim vezama) pri gledanju boja razvio nekoliko mehanizama. Sam mozak posjeduje mehanizam koji mu omogućuje da bez obzira na osvjetljenje registrira uvijek iste proporcije pojedinih dijelova spektra. Iz oka informacija o boji putuje najprije do jajaste tvorbe nazvane talamus, a potom do dijela moždane kore na zatiljku. Čitavim putem odvojena od drugih vidnih informacija, informacija o boji dolazi do područja nazvanog V4 koje je odgovorno za svojstvo postojanosti boja. [2] [4]

2.3. Boja

Pojam boje obuhvaća mnoga značenja, a razlikujemo tri osnovna. Prvo možemo reći da je to pojam materijalne naravi i vezan je za tvar kao nosioca obojenja, te ga se obično naziva imenima pojedinih pigmenta. Drugi pojam odnosi se na fizikalno mjerljiv

stimulus koji uzrokuje percepciju boje. To je potpuni i jasni opis boje koja napušta površinu, dobiven mjerenjem energije na svakoj valnoj duljini. Treći pojam je apstraktne naravi te izražava osjet u čovjeku izazvan percepcijom svjetlosti emitirane od nekog izvora ili reflektirane od površine nekog tijela, a javlja se kad gledamo obojenu stvar.

Pojam boje ima još neke definicije:

1. Boja je subjektivan psihofizikalni doživljaj izazvan elektromagnetskim zračenjem valne duljine od 380 do 750 nm.
2. Boja je svojstvo sustava vizualne percepcije sačinjeno od kombinacije kromatskog i akromatskog sadržaja. [3]

2.4. Perceptivni proces i percepcija

Percepcija je rezultat složenih procesa „iza scene“ od kojih mnogi nisu dostupni našoj svijesti. Uzmimo za primjer kazališnu predstavu. Dok je naša pažnja usmjerena na odvijanje drame koju stvaraju glumci na pozornici, druga drama odvija se iza pozornice. Jedna glumica se žuri presvući u drugi kostim, jedan glumac nervozno korača gore–dolje ponavljajući tekst, a iznad zadnjeg reda gledališta osvjetljivač priprema promjenu za sljedeću scenu. Upravo na ovom primjeru možemo vidjeti da čovjek primjećuje samo mali dio onoga što se stvarno događa za vrijeme predstave, naša percepcija svijeta oko nas samo je mali dio onoga što se događa kada percipiramo. Jedan od načina na koji se može objasniti proces iza scene je promatranje percepcije kao niza koraka, a to nazivamo perceptivni proces. [4]

U taj proces svrstavamo ove pojmove:

1. Percepcija - svjesni osjetni doživljaj
2. Prepoznavanje - sposobnost smještanja predmeta u određenu kategoriju
3. Djelovanje - uključuje motorne aktivnosti poput pomicanja glave ili očiju kroz okolinu
4. Podražaj iz okoline - sve stvari u našoj okolini koje potencijalno možemo percipirati
5. Opažani podražaj – središte pažnje kod percipiranja, podražaj na receptorima
6. Transdukcija - pretvaranje jednog oblika energije u drugi
7. Procesiranje
8. Znanje [4]

3. NEURONSKI PROCESI I PERCEPCIJA PREDMETA

Wilhelm Wundt je 1879. godine osnovao prvi laboratorij znanstvene psihologije. Wundt i njegovi sljedbenici utemeljili su pravac u psihologiji poznat pod imenom strukturalizam. Temeljna ideja strukturalizma bila je da percepcije nastaju kombinacijom elemenata nazvanih osjeti. Ovaj pristup važan je zato što je potaknuo osnivanje gestaltnih psihologije koja mnogo doprinijela našem razumijevanju percepcije predmeta [4].

3.1. Geštaltistički zakoni perceptivne organizacije

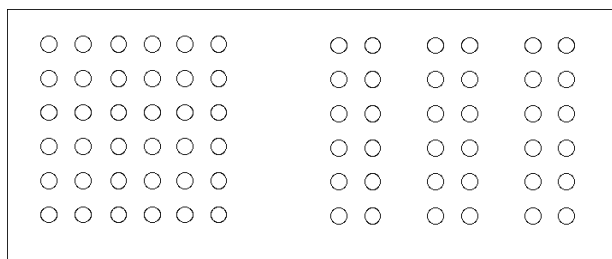
Zakoni perceptivne organizacije pravila su koja opisuju način na koji male dijelove organiziramo u cjelinu. U nastavku teksta opisani su neki od osnovnih gestaltnih zakona.

a) **Pregnantnost** – *prägnanz* približno znači „dobar oblik“. Svaki podražajni sklop opaža se tako da dobivena struktura bude što jednostavnija.



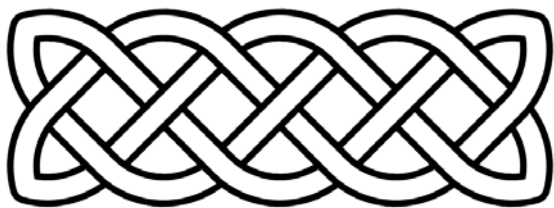
Slika 3.1. Simbol Olimpijskih igara

b) **Sličnost** – slične stvari čine se grupiranimi zajedno.



Slika 3.2. Primjer sličnosti

c) **Dobar slijed** – točke koje, kada su spojene, rezultiraju ravnim ili blago zaobljenim linijama, percipiraju se kao da pripadaju zajedno, a crte običavaju biti percipirane kao da slijede najjednostavniji put.



Slika 3.3. Keltski čvor

d) **Zajednička sudbina** – elementi koji se kreću u istom smjeru čine se grupiranimi zajedno.

e) **Smislenost ili srodnost** – prema zakonima srodnosti stvari će se vjerojatno formirati u grupe, ako se grupe čine srodnima ili smislenima [4].

3.2. Kako razdvajamo predmete?

Geštalt psiholozi su bili svjesni da problem percepcije nadilazi jednostavno odlučivanje na koji se način elementi grupiraju kako bi oblikovali predmete. Znali su također da je nužno objasniti kako se predmeti

opažaju odvojenima od ostatka scene u kojoj se pojavljuju. Ovo je problem koji nazivamo perceptivno razdvajanje. Pitanje o tome što uzrokuje perceptivno razdvajanje često se naziva problemom odvajanja lika od pozadine. Primjer je crtež Edgara Rubina iz 1915. godine. Na slici je primjer reverzibilnosti lika i pozadine jer se naizmjenično može percipirati kao dva lica koja gledaju jedno u drugo ispred bijele pozadine ili kao bijela vaza na crnoj pozadini [4].



Slika 3.4. Vaza Edgara Rubina

4. ILUZIJA U UMJETNOSTI I DIZAJNU

Umjetnik ili dizajner svoje djelo uvijek počinje s dvodimenzionalnom površinom. Ona može biti zid, platno, ploča, papir ili pločnik. Korištenjem boje ili drugih medija on mora biti uspješan da bi gledatelj mogao ući u njegov svijet, da bi pokazao svoju viziju. No, stvarni svijet nije dvodimenzionalan i umjetnik ne može stvoriti trodimenzionalni svijet na površini.

Kako zaobići takav problem. Jedan od odgovora je iluzija. Iluzija (*lat. Illusio: obmana, privid, pričin, utvara*) je u psihologiji netočno interpretiranje osjetnih podataka. Razlikuje se od halucinacije time što se zasniva na dovoljno brojnim i intenzivnim osjetnim podražajima [5].

4.1. Umjetnost prije perspektive

Sistem perspektive koji danas uzimamo zdravo za gotovo je relativno novo otkriće u umjetnosti. Prije 14. stoljeća rijetko je tko pokušavao realno prikazati trodimenzionalan svijet u umjetnosti onako kako ga mi danas vidimo. Talijanski majstori Giotto (oko 1267. – 1337.) i Duccio (oko 1260. – oko 1319.) počeli su istraživati ideju dubine i volumena u umjetnosti. Njima možemo i pripisati uvođenje ranijih oblika perspektive u umjetnost koristeći sjenčanje za veći efekt stvaranja iluzije dubine, ali to je još uvijek daleko od vrste perspektive na koju smo navikli [6].

4.1.1. Prva perspektiva – Filippo Brunelleschi i Masaccio

Prvu poznatu sliku gdje je korištena linearna perspektiva stvorio je firentinski arhitekt Filippo Brunelleschi (1377. – 1446.). Oslikana je 1415. u krsionici u Firenci na prednjim vratima nedovršene katedrale. Sustav linearne perspektive prikazuje iluziju dubine na dvodimenzionalnoj ravni koristeći „točke

nestajanja“ na koje se sve linije konvergiraju i to u visini očiju u horizontali. Masaccio (1401.–1428.), prvi veliki slikar rane renesanse, bio je prvi umjetnik koji je pokazao potpunu prevlast nad pravilima perspektive. Elementi u njegovim slikama imaju volumene, zgrade i krajolik stvarno nestaju u daljini. Masaccio se smatra pokretačem novog stila firencijskog realizma. Do kraja 15. stoljeća umjetnici su potpuno svladali perspektivu i mogli su na svoj način stvoriti lijep i realan svijet. [6]

4.1.2. Paul Cézanne – drukčija perspektiva

Potkraj 19. stoljeća francuski slikar Paul Cézanne (1839 - 1906) počeo je sumnjati u temeljne strukture svojih subjekata. Na pojedinim mjestima njegova djela su postajala gotovo apstraktna, platna su bila prekrivena debelim slojevima boje s palete nanese nožićem. Prirodni oblici su postajali pojednostavljeni geometrijskim likovima. Važno je reći da je Cézanne počeo ignorirati zakone klasične perspektive, dopuštajući svakom objektu da bude neovisan u prostoru na platnu, istodobno dopuštajući vezu među objektima da dokažu prednost pred drugim objektima u odnosu na jednostavnu perspektivu iz jednog kuta. [6]

4.1.3. Pablo Picasso - forma

Pablo Picasso je bio veoma cijenjen umjetnik 20. stoljeća. Rođen je u Španjolskoj, a preselio se u Pariz 1904. gdje je surađivao s ostalim umjetnicima kao što su Matisse, Derain i Braque. Njegov raniji rad (plavo i rozo razdoblje) bio je izniman, ali previše tradicionalan. Njegova slika koja ga je odvojila od dotadašnjih tradicionalnih slika bila je *Les Femmes d'Alger* (O. V. naslikana 1907. Njegov rad nije priznat dulje vrijeme, pa tek uz Cezannea i afričku umjetnost postaje prekretnica u povijesti umjetnosti. Picassovo najpoznatije djelo, *Guernica*, prikazuje nehumanost, brutalnost i beznađa rata i smatra se jednom od glavnih slika 20. stoljeća [6].

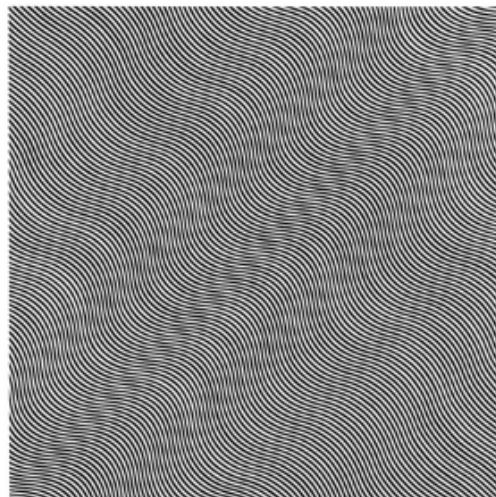
4.1.4. Henri Matisse - boja

Matissov rad je bio prije svega istraživanje boja. Nakon izložbe u Parizu 1905. Matissea i grupu prijatelja naturalista kritičari su prozvali Fovisti (*divlje zvijeri*). Na temelju svijeta oko sebe, odbacivši tradicionalnu perspektivu, Matisse je stvorio vlastiti prostor gdje je svaki element bio izobličen i prilagođen tako da pristaje mjestu po novom dizajnu i briljantnim bojama koje su korištene kao neovisne strukture objekata [6].

4.2. Uzorak, linije, optičke varke i pokret

U nekim aspektima optičke iluzije mogu biti ideja koja se razvila iz kinetičke umjetnosti. Pitanje koje se ovdje postavlja je kako prikazati gledaocu iluziju kretanja na statičkoj 2D površini. Odgovor na pitanje je iskorištavanje pogrešivosti oka.

Korištenje ponavljajućih linija i uzoraka, često u velikim kontrastima crne i bijele, jedna je od varijanti koju koriste „Op“ umjetnici (umjetnici koji se bave optičkim iluzijama) da bi prikazali iluziju kretanja.



Slika 4.1. Neimenovana dijagonalna krivulja, 1966., Bridget Riley

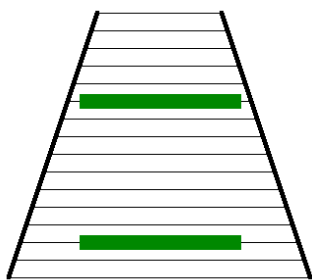
Ukupni optički rezultat vodi gledatelja da vidi treptanje i vibracije ili neko alternativno savijanje i uvijanje. Primjer Neimenovane dijagonalne krivulje Bridget Riley je savršen primjer da dočaramo o čemu je zapravo riječ. Ovdje su crne i bijele linije polegnute neposredno jedna do druge na platnu tako da površina izgleda kao da treperi i da se kreće pred našim očima [6].

5. VIZUALNI EFEKTI I OPTIČKE ILUZIJE

Optičke iluzije (lat. - *illudere*, što znači igrati se, titrati, varati) su pogrešne interpretacije osjeta, odnosno interpretacije koje ne odgovaraju podražajnoj situaciji. Promatrač percipira nešto što ne odgovara onome što postoji u stvarnosti. Iluzije su univerzalne, njih na isti način percipiraju svi ljudi i baziraju se na podražajima i osjetima koje percipiramo pod određenim uvjetima. One su zapravo povezane s načinom na koji mozak procesira informacije. Mozak prima informacije iz oba oka, a onda te informacije pokušava osmisliti. Faktori kao što su prijašnje znanje i iskustvo, kontekst u kojem se javlja objekt koji percipiramo, kao i stupanj naše pažnje usmjerene na njega, sve to igra određenu ulogu u nastajanju iluzija [7].

5.1. Geometrijske iluzije

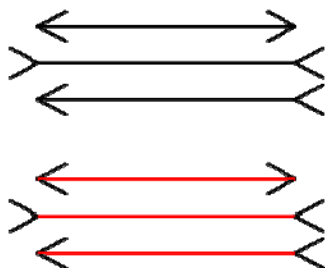
Geometrijska iluzija „Ponzo“, koju je otkrio talijanski psiholog Mario Ponzo, nastaje zato što se dvije kose crte percipiraju kao da su znakovi dubine. Kada bi u prirodi stavili dvije horizontalne crte, tada bi ona gornja, zato što je udaljenija, trebala davati manju sliku na našoj mrežnici i tada bismo ih percipirali kao da su iste duljine. Budući da su one iste duljine, gornja se čini većom jer izgleda udaljenija od donje.



Slika 5.1. Poggendorf iluzija

Geometrijska iluzija „Poggendorf“, koju je 1860. otkrio psiholog Pogendorff, sastoji se od dvije kose crte koje percipiramo kao da nisu na istom pravcu, a zapravo jesu. I ova se varka objašnjava djelomično percepcijom dubine, tj. gornju crtu percipiramo kao da je iznad donje.

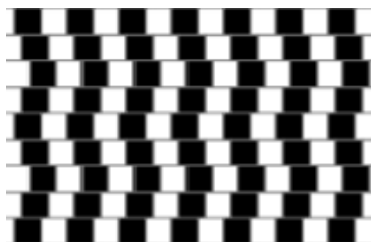
Müller-Lyaerova iluzija treća je u nizu najpoznatijih varki, a nastala je također u prošlom stoljeću. Vrlo je snažna jer čak i kad postoje očigledni znakovi da su crte iste duljine, jedna se doživljava duljom od druge. Objašnjenje ove iluzije govori da ona nastaje zbog toga jer se pri percipiranju ne mogu nikako odvojiti dijelovi od cjeline. Tako se ne može percipirati samo ravna crta, već nas strelice odvođe najprije u širinu, a zatim sužavaju sliku. [7] [8]



Slika 5.2. Müller-Lyaerova iluzija

5.1.1. Položaj i oblik linija

Položaj i oblik crta također može djelovati kao optička iluzija. Jedna od najpoznatijih iluzija ovog tipa je tzv. iluzija zida (eng. *Café wall illusion*) Richarda Gregoryja. Vodoravne linije zida su usporedne. Svaka "cigla" zida mora biti okružena neutralnim dijelom, u ovom slučaju sive boje. Sive crte su prividno nakošene, a ako bolje pogledamo primijetiti ćemo da se sive crte bez problema vide na spoju crne i crne "cigle" te na spoju bijele i bijele.



Slika 5.3. Iluzija zida

5.1.2. Dvosmislene slike

Naš mozak uvijek pokušava optičke podražaje (koji su zapravo skup boja) interpretirati kao smislene cjeline. To postiže uočavanjem poznatih oblika i zaključivanjem u skladu s njima. Ispočetka je teško vidjeti i jednu i drugu figuru, ali jednom kad ih vidimo onda je teško ne vidjeti obje. Međutim, nikad ne možemo vidjeti obje istodobno, to nam se samo čini jer se one mogu vrlo brzo izmjenjivati [7].

5.1.3. Iluzije figure i pozadine

Za ovaj tip iluzija može se reći da su jednokratne, tj. jednom kad se uspije percipirati ono što one sadrže, to ostaje zauvijek. U početku imamo poteškoće, ali kad shvatimo što slika predstavlja uvijek ćemo se fiksirati na točno značenje. [7]

5.1.4. Nepostojeće ili iluzorne iluzije

Nepostojeće ili iluzorne varke su zanimljive jer ih je teško vidjeti. Međutim, u ovim varkama vidimo nešto što ne postoji. Često nam iluzorne figure izgledaju kao da su ispred ostalih, tj. kao da prekrivaju one figure koje ih zapravo čine [7].

5.1.5. Nemoguće figure i slike

Nemoguće figure su crteži koji djeluju trodimenzionalno, ali zapravo u tri dimenzije ne mogu postojati. Misli se da ove figure percipiramo kao moguće u prvom času jer percipiramo pojedine dijelove, a onda kad ih spojimo shvatimo da su nemoguće [8].

Tu također uvrštavamo iluzije veličine, iluzije pri procjeni udaljenosti i dubine, nepostojeće objekte te naknadne slike.

5.1.10. Kriva percepcija boja

Mehanizam ovakvih iluzija je jednostavan: mozak stavlja boje u kontekst što je savršeno logično. Zato mozak u Adelsonovoj varci uzima u obzir sjenu koja prekriva polje B i prema tome određuje koje je boje to polje. Na slici se čini da boja pravokutnika prelazi iz svjetlije u tamniju jer mozak uspoređuje taj pravokutnik s okolinom koja prelazi iz tamnije u svjetliju. [7] [8]



Slika 5.4. Horizontalni pravokutnik je ispunjen jednom bojom

5.2. Primjena vizualnih efekata i optičkih iluzija

Tijekom vremena optičke iluzije pokazale su se korisnima u mnogim suvremenim životnim područjima. Umjetnost, zabava, tehnologija i matematika samo su neka u kojima su optičke iluzije pronašle svoju namjenu. Također ih koriste i mnoge životinje i kukci da bi opstali u prirodi.

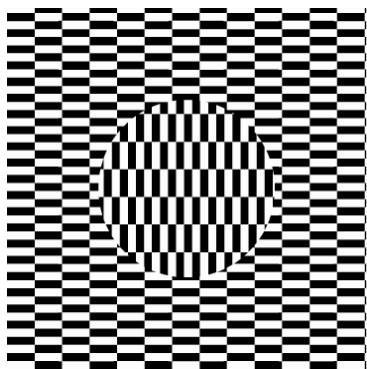
1. Umjetnost - od rane pa do suvremene umjetnici su koristili različite boje i materijale kako bi nas naveli da vidimo svijet onako kako oni žele. Neki od umjetnika koji su postali poznati po upotrebi ovakve vrste iluzije su M.C Escher, Salvador Dali, Joseph Albers i Victor Vassarely.

2. Tehnologija i zabava - u današnje vrijeme nema filma koji ne koristi neku vrstu optičkih iluzija. Naravno, misli se na specijalne efekte poput superimpozicije i 3D efekata.

3. Poslovi - upotreba optičkih iluzija prilično je zabavna, no neki poslovi također ovise o njima. Piloti tijekom obuke koriste simulatore koji se baziraju na primjeni optičkih iluzija i virtualne stvarnosti. Modni dizajneri npr. primjenjuju neke od vrsta optičkih iluzija kako bi načinili odgovarajuću odjeću. Arhitekti i dizajneri interijera u svojem poslu često posežu za efektima optičkih iluzija [9].

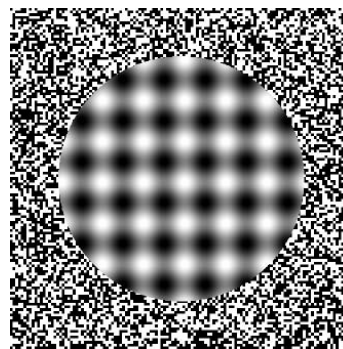
6. LJUDI I EFEKTI ZASLUŽNI ZA RAZVOJ ILUZIJA KRETANJA

Ouchi iluzija (ilustrirana s lijeve strane) je iluzija nazvana po japanskom umjetniku Hajime Ouchiju. U ovoj iluziji središnji disk izgleda kao da pluta iznad kockaste površine kada pokrećemo oči po površini pri promatranju slike. Pomakivanje slike vodoravno ili okomito daje puno jači i bolji efekt. [10]



Slika 6.1. Ouchi iluzija

Sljedeća slika Akiyoshija Kitaoka se naziva *Out of Focus* (izvan fokusa). Ona također dovodi do priviđenja da se središnji disk miče u odnosu na okruženje. To se izrazito dobro uočava kada pokrećemo oči standardnim pokretima kao kod čitanja knjige. Dakle, pri promatranju ove slike treba obratiti pozornost na efekt razdvajanja diska i pozadine. Slika izgleda kao da disk lebdi iznad površine. [10]



Slika 6.2. Out Of Focus

Akiyoshi Kitaoka (1961.-) je profesor psihologije na Fakultetu pisama, Ritsumeikan Sveučilište u Kyotu, u Japanu. Doktorirao je na Institutu za psihologiju na Sveučilištu u Tsukubi. Godine 1991. specijalizirao se za vizualne percepcije i vizualne iluzije geometrijskog oblika, za svjetlinu, boju, pokret u iluzijama i u drugim vizualnim fenomenima. Postao je poznat po svojoj Rotirajućoj zmiji, a 2006. godine dobio je zlatnu nagradu na devetom L'Oréalovom natječaju za umjetnosti i znanost o boji. Također je 2007. primio nagradu za originalne studije od japanskog društva kognitivne psihologije. Godine 2008. njegov dizajn je bio inspiracija za sastav Animal Collective, tj. za naslovnicu njihovog albuma „Merriweather Post Pavilion“. [11]

7. ISTRAŽIVANJE

Praktičan dio ovog završnog rada odnosi se na istraživanje provedeno putem ankete na ciljanoj populaciji ispitanika. Osobe koje su ispunjavale anketu pripadaju populaciji od 20 do 25 godina starosti, miješane populacije (s obzirom na spol). Anketa je provedena na uzorku od 30 ispitanika. Istraživanje je oformljeno u obliku ankete koja se sastojala od tri dijela. Svrha ankete je bila da se otkrije koji efekt ljudi najbolje primjećuju i utječe li oblik efekta na viđenje efekta. Odabrani su efekti koji su sami po sebi vrlo različiti i postižu različite reakcije kod ljudi. Istraživanja je prvobitna reakcija ljudi na pojedine uzorke, te koliko im je potrebno da primijete neki efekt. Prema njihovim odgovorima moglo se vidjeti koji od efekata ima najveći i najbolji intenzitet. Dosadašnja istraživanja širom svijeta dokazala su da ljudi ne percipiraju efekte jednako, pa će se na tome odvijati ovo istraživanje. Intenzitet je određen korištenjem skale koja je olakšavala ispitanicima da se izraze na jednostavan i brz način. Skala je kreirana broječno u rasponu 1-5 i ispitanik je trebao odabirom ponuđenih brojeva izraziti svoje mišljenje kod određenog efekta. Ispitanici su u vrijeme ankete koristili vlastita računala, imajući pred sobom jedan do dva efekta koja su nakon toga ocjenjivali. Svaki ispitanik je prije rješavanja ankete bio obavješten što se od njih traži, s molbom da svaki efekt detaljno prouči i prema tome donese zaključak.

Krenuvši od pretpostavke da su određeni efekti intenzivniji od drugih, efekti su bili podijeljeni na tri skupine.

Anketa je bila podijeljena na:

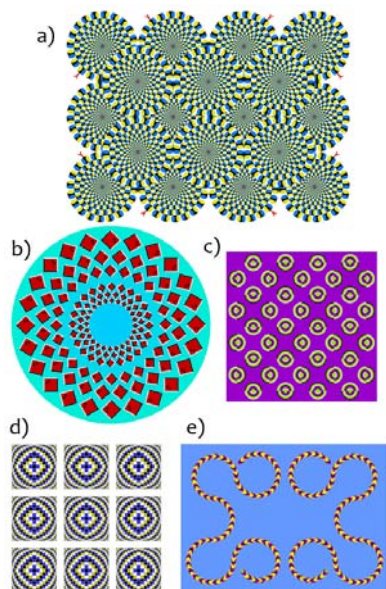
- kružne efekte
- četvrtaste efekte
- efekte koji se gibaju linearno u nekom smjeru (najviše horizontalno)

7.2. Anketa

Anketa je izvedena korištenjem JotForm internet aplikacije, za predviđenu namjenu na stranici www.jotform.com. Razlog odabira ove stranice je u tome da je JotForm jedan od najboljih „proizvoda“ kompanije Ineterlogy LLC. To je mala tvrtka nastala 2005. u New Yorku, a za sebe kažu da vole ostati mali, neovisni i zabavni [12].

7.3. Testni uzorci

1. Prva skupina uzoraka bili su uzorci kružnih efekata iluzije kretanja predstavljeni na slici 7.1.



Slika 7.1. Kružni efekti

a) Rotirajuće zmijske – iluzija koja nastaje u perifernom području vida (Periferial drift illusion), a odnosi se u ispitivanom uzorku na iluziju pokreta proizvedenu izgledom rešetkastog osvjetljenja u vizualnoj periferiji. Ova iluzija pokreta je temeljena na statički ponovljivim asimetričnim uzorcima (RAPS), a koja uzrokuje da vizualni sustav detektira kretanja tamo gdje ga zapravo nema. Uz mnoge vizualne iluzije, kao što su Rotirajuće zmijske, vjeruje se da mali nenamjerni pokret okom pri gledanju ima važnu ulogu u nastanku takve iluzije. Nadalje, vjeruje se da se takvi rezultati iluzija mijenjaju brzo i sporo tijekom vremena, ovisno o zastupanju neurona u kontrastnom Rapsu ili osvjetljenom Rapsu. [13]

b) Rotirajuće zrake - vanjski prsten zraka izgleda kao da se kreće u smjeru kazaljke na satu, dok se unutarnji kreće u suprotnom smjeru.

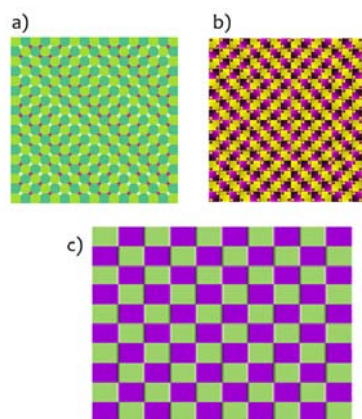
c) Zeleni gumbi (*Green button creatures*) – nastaje kombinacijama boja, u konkretnom slučaju kombinacijom zelene, ljubičaste i crne te okruglih elemenata čime se postiže efekt kretanja. Tome i pridonose pažljivo namješteni „gumbi“ ocrtni crnim rubovima.

d) Prošireni jastuci – ovo je jedna od mnogih verzija proširenih jastuka Akiyoshija Kitaoka. Zasniva se na perifernom pomaku.

e) Dvije crvene zmijske - koristeći slične elemente kao kod primjera Rotirajuće zmijske dobiva se dojam da se zmijske kreću.

Rezultati su dobiveni pomoću korištene skale čiji je raspon bio od 1 do 5. Prema dobivenim rezultatima nakon anketiranja najviše bodova dobila je Rotirajuća zmijska.

2. Četvrtasti efekti



Slika 7.2. Četvrtasti efekti

a) Polje jaglaca - ovaj karirani uzorak se sastoji od kvadrata, ali izgleda kao val.

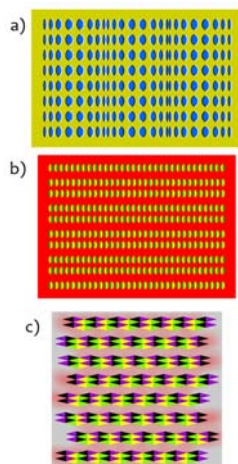
b) Kockice - uzorak izgleda kao da se miče.

c) Kockice 2 - sličan prijašnjem uzorku, efekt daje iluziju gibanja u valovima.

Kod istraživanja četvrtastih efekata korištena su samo tri primjera. Kod ovih primjera vidno je primjetna jačina, tj. sam intenzitet koji je pojačan rasporedom elemenata i boja. U ovom slučaju najbolji rezultat je dobiven kod uzorka „kockice“. Prema tome, može se postaviti pitanje zašto je upravo taj efekt dao najbolje rezultate i zašto je baš on izabran da bude najbolji u ovom slučaju.

Na uzorku „polje jaglaca“ možemo vidjeti kako boje i geometrijski oblici utječu na intenzitet efekta. Prema istraživanjima Akiyoshija Kitaoka, akromatska verzija uzorka „polje jaglaca“ ima jači intenzitet nego ona kromatska [14].

3. Efekti kretanja u lijevu ili desnu stranu

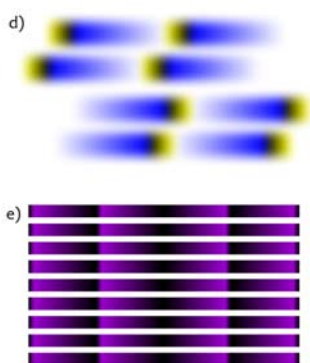


Slika 7.3. Efekti koji se gibaju u lijevo ili u desno

a) Valjci - izgledaju kao da se rotiraju bez napora. S druge strane, čini se da se rotiraju u suprotnom smjeru kada promatrač trepće gledajući sliku.

b) Donguriko – kod ovog efekta korištene su žuta, crvena i zelena boja, te kružići jajastog oblika. Intenzitet se povećava korištenjem različitog broja elemenata po pojedinim grupacijama, tj. u „prvom redu“ je samo jedan niz elemenata, dok su u drugom dva niza zajedno grupirana. Redovi izgledaju kao da se gibaju u desno ili u lijevo.

c) Gibanje zmijske prašine – ovdje je korišteno više boja nego u ostalim priloženim primjerima. Korištene su žuta, zelena, ljubičasta, crna, crvena i malo plave. Zmije zbog kombinacije tih boja i geometrijskih elemenata u obliku romba izgledaju kao da se gibaju vodoravno.



Slika 7.4. Efekti koji se gibaju u lijevo ili u desno

d) Sporo gibanje unatrag – još jedan primjer iluzije neprirodnog pokreta (anomalous motion illusion). Gornja polovica izgleda kao da giba u desno, a donja u lijevo.

e) Neprekidno zatvaranje vrata – ovdje je uz dvije boje, ljubičastu i crnu, korišten gradijent tih boja koji daje efekt da se vrata konstantno zatvaraju. Kao elementi su korištene paralelne linije ispunjene spomenutim bojama.

Privodeći istraživanje kraju ostaju još samo rezultati efekata koji se gibaju u lijevu ili u desnu stranu. Kod ovog istraživanja najviše ocjene je dobio primjer

Valjci. Kod primjera Valjci možemo spomenuti istu stvar koja je spomenuta kod primjera Kockice (slika 7.6. primjer b). Ovdje treba biti vremenski i pozicijski dobro koncentrirano da vidi sliku onakvu kakva zapravo jest, a ne kako ju naš mozak percipira (kao vizualni efekt).

Rezultati su ovisili i o ispitanicima i koliko je koja strana mozga kod njih razvijena. Pri tome se misli na desnu i lijevu hemisferu i koja od njih je kod odabranih ispitanika više izražena. Sve dosadašnje rezultate možemo povezati upravo s procesom percepcije i samom percepcijom, te s njezinim segmentima poput prepoznavanja, djelovanja itd.

Srednja vrijednost prikazuje intenzitet percepcije samog efekta. Prema dobivenim rezultatima zaključujemo da su najjači efekti po intenzitetu sljedeći:

- kod kružnih efekata: rotirajuća zmija
- kod četvrtastih efekata: kockice
- kod efekata koji se gibaju horizontalno: valjci

8. ZAKLJUČAK

Rezultati istraživanja ukazuju da raspored boja na uzorcima, kontrastne boje, oblik i raspored objekata jako utječu na ispitanike. Skladne i blage boje ne postižu takav efekt.

Slabije ocjene kod istraživanja potvrđuju da svaki čovjek drukčije percipira neki efekt. Primjer-efekt Donguriko

(slika 7.10. b) neki su ocijenili s odličnom ocjenom, dok ga drugi nisu uopće zamijetili (ocjena nedovoljan). Samim tim stječemo uvid u individualno poimanje boja svakog ispitanika.

Kružni efekti poput Rotirajućih zmija i Rotirajućih zraka (slika 7.5.) u sebi sadrže sve elemente potrebne da se u kratkom vremenu efekt najbolje primijeti i percipira. Prema rezultatima istraživanja dolazimo do zaključka da ispitanici najbolje primjećuju, osim kružnih efekata, efekte koji u sebi sadrže primarne boje - žutu i plavu. Žuta boja pozitivno djeluje na živčani sustav, plava je također boja smirujućeg intenziteta, te zajedno pozitivno stimuliraju mrežnicu i šalju signale u mozak. Mozak nakon toga brže percipira podražaje te time doprinosi intenzitetu efekta [15].

Suprotno od toga, efekti koji su ocijenjeni s najmanjim brojem bodova su efekti koji u sebi sadrže kombinaciju zelene i ljubičaste. Ta kombinacija se naziva kontrast krivih parova [15]. Prema dosadašnjim saznanjima možemo zaključiti da osim boja koje su korištene u ovim efektima, kao i korištenih oblika, na percepciju nekog efekta također utječe okolina i dosadašnja iskustva. Većina ispitanika je pohađala kolegije na kojima su spomenuti pojmovi poput percepcije i intenziteta i bili su u kontaktu već prije s barem jednim od ponuđenih efekata. Na temelju svih dosadašnjih istraživanja i osobnih zaključaka vidi se da svijet boja ima veliki utjecaj na ljude i njihovo prihvaćanje onoga što ih okružuje. Osjetilo vida samo je jedno od naših osjetila. Svijet bez boja bio bi hladan i bezličan, pa je njeno shvaćanje osobna stvar svakog pojedinca.

Perciptivne varke ili iluzije u prošlosti su vrlo zbunjivale sve koji su se s njima susreli. Danas je to dio stvarnosti, ljudi uočavaju promjene puno više i brže nego je to bilo u povijesti. No, to i nije tako važno budući da se sada ti efekti koriste najviše za dočaravanje i uljepšavanje nečega što se izlaže i prikazuje, te za potrebe filmske industrije. U mozgu je percepcija svijeta definirana nekim određenim redom pa nastaju optičke iluzije koje uspijevaju zbuniti čak i najoštrije umove. Iz dana u dan stvaraju se mnoge nove iluzije i efekti, ne zbog znanstvenih razloga već prije svega s namjerom da nas zabave.

9. LITERATURA

- [1] Pinel, J.P.J. Biološka psihologija. Naklada Slap, 2002.
 - [2] Muzur, A. Tajne mozga. Zagreb : Medicinska naklada, 2010.
 - [3] Milković, M. Kolorimetrija u multimedijским komunikacijama. Varaždin, 2010.
 - [4] Goldstein, E.B. Osjeti i percepcija. Naklada Slap, 2011.
 - [5] Opća enciklopedija. Zagreb : JLZ, 1977.
 - [6] <http://www.op-art.co.uk/history/perspective.php> , 2011.
 - [7] <http://www.optical-illusion-pictures.com>, 2011.
 - [8] <http://www.perla-net.hr> 2011.
 - [9] http://www.sucurac.info/forum/viewthread.php?forum_id=29&thread_id=253 2011.
 - [10] <http://mathworld.wolfram.com/OuchiIllusion.html>, 2011.
 - [11] http://en.wikipedia.org/wiki/Akiyoshi_Kitaoka, 2011.
 - [12] www.jotform.com, 2011.
 - [13] <http://stoomey.wordpress.com/2008/03/09/rotating-snakes-illusion/>, 2011. [14] <http://www.chadderton.com/images/akitaoka/sakurasge.html>, 2011.
 - [15] <http://likovna-kultura.ufzg.unizg.hr/kontrast.htm>, rujan 2011.]
- Reference (slike):
1. <http://www.srbijanet.rs/images/stories/sport/slike1/1/olimpijada-logo-498.jpg>, kolovoz 2011.
 2. http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5f/Gestalt_lev_de_proximidad.png, kolovoz 2011.
 3. <http://www.mycelticcrossstitch.com/celtic%20knot%20cross%20stitch.jpg>, kolovoz 2011.
 4. http://2.bp.blogspot.com/_m0mPyxZes7U/SPpbGQ-04zI/AAAAAAAAAMY/fvHnzVBRnvM/s400/rubin.jpg, kolovoz 2011.
 7. <http://poulwebb.blogspot.com/2011/04/bridget-riley-op-art-part-1.html>, kolovoz 2011.
 8. <http://www.optical-illusion-pictures.com>, rujan 2011.
 9. <http://www.psy.ritsumei.ac.jp/~akitaoka/motion18e.html>, rujan 2011.

MEHANIZMI STVARANJA LIJEPLJENOG SPOJA

Bujanić B.¹, Magdalenić Bujanić J.²

¹Šestan-Busch d.o.o., Prelog, Hrvatska

²Eko Međimurje, Čakovec, Hrvatska

Sažetak: Lijepljenje je suvremena metoda spajanja dijelova koja ima značajne prednosti u usporedbi s mehaničkim metodama spajanja dijelova. U lijepljenim spojevima opterećenja se prenose cijelom površinom spoja, što osigurava veću otpornost na savijanje i vibracije nego pri mehaničkim spojevima.

U radu su prikazane teorijske osnove djelovanja kohezijskih i adhezijskih sila pri stvaranju lijepljenog spoja. U eksperimentalnom dijelu rada ispitan je utjecaj parametara lijepljenja na prekidnu silu lijepljenog spoja.

Ključne riječi: lijepljenje, adhezija, kohezija, prekidna sila

Abstract: Adhesive bonding is a modern method for joining parts, which gives significant advantages in comparison with mechanical methods of bonding. With adhesive bonding, joints load is carried over the entire surface of a joint and is providing better resistance to flexural stress and vibrations.

In the paper, theoretical basics of cohesion and adhesion forces performance during the generation of adhesive bonding joint is shown. In the experimental part of the paper, the influence of processing parameters of adhesion bonding procedure to the breaking force was investigated.

Key words: adhesive bonding, adhesion, cohesion, breaking force

1. UVOD

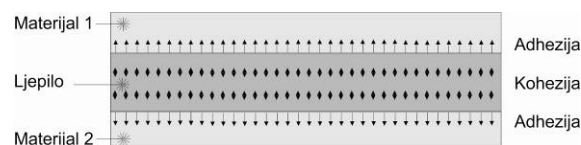
Povećanjem kompliciranosti proizvoda javlja se potreba za ekonomski prihvatljivim i jednostavnim načinima spajanja dijelova od različitih materijala i različitih geometrijskih karakteristika. Spajanje se može ostvariti na više načina, pa se spojevi mogu podijeliti u dvije grupe: rastavljive - omogućuju rastavljanje i ponovno sastavljanje spojenih dijelova bez njihovog razaranja; nerastavljive - nakon prvotnog spajanja više se ne mogu rastaviti bez razaranja dijelova koji su spojeni [1].

Postoje mnoge definicije lijepljenja, ali najprihvatljivija je definicija prema DIN-u 16 920. Ona ljepilo definira kao nemetal koji različite dijelove može povezati površinskim prijanjanjem (adhezija) i unutrašnjom čvrstoćom (kohezija). Pritom se bitno ne mijenja struktura spojenih dijelova. Prema tome, ljepila su tvari

koje na temelju kemijskog sastava i fizikalnog stanja u trenutku nanošenja na površine omogućuju njihovo spajanje [2,3].

2. OSNOVNI PROCESI OSTVARIVANJA SPOJA PRI LIJEPLJENJU

Osnovni procesi ostvarivanja spoja pri lijepljenju zasnivaju se na međusobnim kemijskim i fizikalnim djelovanjima između molekula ljepila i molekula na površini za lijepljenje. Za stvaranje prijanjajućih sila važno je djelovanje adhezije, a pritom se stvaranjem energijski povoljnih uvjeta povezivanja u sloju ljepila mora postići što veća kohezijska čvrstoća (slika 1.). Da bi se stvorile potrebne prijanjajuće sile, površinu za lijepljenje treba unaprijed dobro pripremiti, a za stvaranje kohezijskih sila odgovoran je proces polireakcije i/ili umreživanja i/ili hlađenja ljepila [4,5].



Slika 1. Prikaz djelovanja sila u lijepljenom spoju [5]

Adhezija je stanje u kojem se dvije raznovrsne površine iz različitih materijala zajedno drže međusobnim djelovanjem privlačnih sila zbog interakcije molekula, atoma ili iona. Kohezija ili unutarnja čvrstoća je djelovanje između dviju površina istovrsnih materijala, tj. privlačnih sila istovrsnih atoma ili molekula. Kohezijska čvrstoća ovisi o materijalu i temperaturi. Najveću kohezijsku čvrstoću imaju metali, a najmanju tekućine i plinovi. Molekularna masa polimera je važan čimbenik koji određuje kohezijsku čvrstoću ljepila. Potrebno je dvostruko djelovanje optimalne adhezije i kohezije da bi se povezale sile i da bi se postigla optimalna čvrstoća lijepljenog spoja. Kada se već u pripremi materijala za lijepljenje postignu optimalne adhezijske sile, tada je kohezijska čvrstoća lijepljenog spoja odlučujući kriterij za njegovu čvrstoću [5].

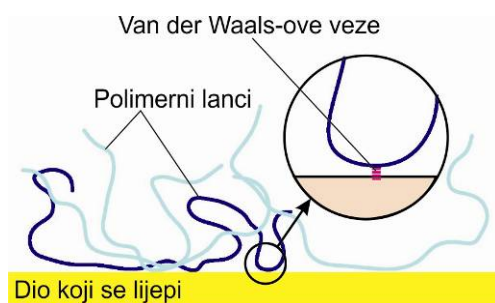
2.1. Principi adhezije

Mehanizmi adhezije intenzivno se istražuju posljednjih nekoliko godina. Postavljene su mnoge teorije kojima su

se pokušali objasniti principi adhezije. Međutim, ni jedna od njih potpuno ne objašnjava adheziju. Može se zaključiti da je prijanjanje ljepila na površinu dijela koji se lijepi rezultat mehaničkih, fizikalnih i kemijskih sila koje se preklapaju i utječu jedna na drugu.

2.1.1. ADSORPCIJA [6-12]

Adsorpcija je najvažniji mehanizam za postizanje adhezije. Najučestalije površinske sile koje se javljaju pri adsorpciji su *Van der Waalsove* sile (slika 2.). Uvjet dobre adsorpcije je dobro močenje površine.

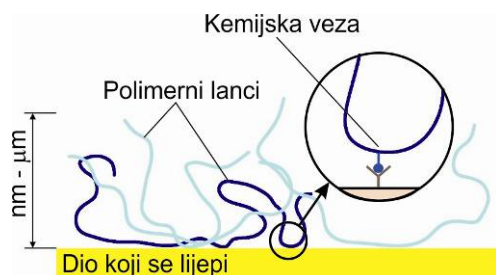


Slika 2. Van der Waalsove veze [6-12]

Prvi uvjet za dobro lijepljeni spoj je močenje koje treba promatrati kao ostvarenje kontakata dodirnih površina dijelova koji se spajaju i ljepila, a njegova uspješnost je omjer ostvarenog broja dodira među molekulama tih površina i ljepila prema maksimalno mogućem broju. Zbog nepristupačnosti mjerenja tih brojeva, ta se uspješnost ocjenjuje na temelju kuta močenja.

2.1.2. KEMIJSKO POVEZIVANJE [6-12]

Kemijsko povezivanje ljepila i površine dijelova objašnjava se stvaranjem primarnih kemijskih veza duž površine dodira (slika 3.). Kemijske veze doprinose adheziji. Npr., primarne kemijske veze posjeduju energiju veze iznosa 60-1100 kJ/mol, za razliku od sekundarnih veza koje posjeduju znatno manju energiju veze (0,08-5 kJ/mol).

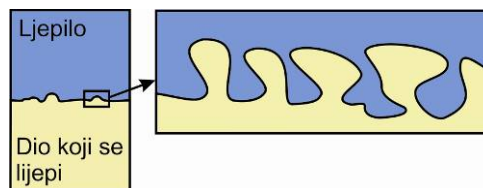


Slika 3. Kemijsko povezivanje [6-12]

2.1.3. MEHANIČKO SIDRENJE [6-12]

Ulaskom ljepila u pore, udubine i u ostale nepravilnosti površine ostvaruje se mehaničko povezivanje ljepila i površine tijela mehaničkim sidrenjem (slika 4.). Da bi došlo do mehaničkog sidrenja, moraju biti zadovoljena dva uvjeta:

- ljepilo mora dobro močiti površinu dijela
- ljepilo mora biti dovoljno niske viskoznosti da može lagano popuniti šupljine i iz njih istisnuti zrak



Slika 4. Mehaničko sidrenje [6-12]

Mehaničkim sidrenjem može se objasniti povezivanje gume i tekstilne ili papirnate podloge (postupak prevlačenja). Uz sve prednosti mehaničkog povezivanja, ono ne objašnjava način povezivanja glatke površine i ljepila koje je također moguće i što je potvrđeno i u praksi.

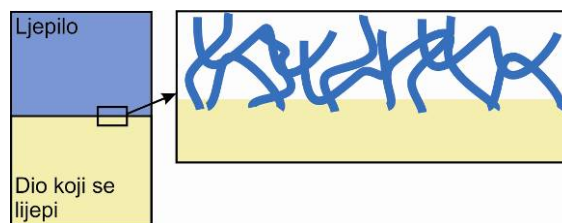
2.1.4. DIFUZIJA [6-12]

Ostvarivanje veze difuzijom molekula polimera u površinu dijelova koji se zaljepljuju prikazano je na slici 5. Difuzija molekula zahtijeva gibanje polimernih lanaca ljepila i mora biti osigurana kompatibilnost ljepila i materijala dijela koji se lijepi.

Činitelji koji utječu na proces difuzije:

- vrijeme dodira
- temperatura
- molekularna masa polimera (ljepila)
- stanje polimera (ljepila)

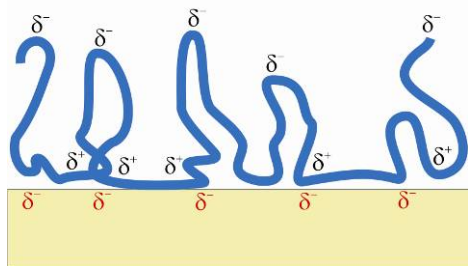
Treba napomenuti da ostvarivanje veze difuzijom nije moguće u slučajevima kada ne postoji kompatibilnost ljepila i materijala dijela koji se lijepi (polimer) ili kada je gibanje molekularnih lanaca ograničeno ili onemogućeno (npr. gusto umrežena struktura).



Slika 5. Difuzija [6-12]

2.1.5. ELEKTROSTATIČKO POVEZIVANJE [6-12]

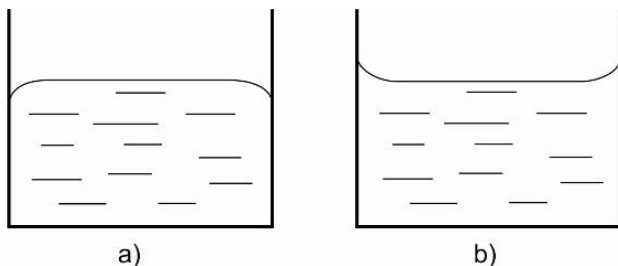
Zbog razlike u elektronegativnosti (slika 6.) između ljepila i materijala dijela koji se lijepi dolazi do stvaranja elektrostatičkih sila koje svojim djelovanjem doprinose čvrstoći lijepljenog spoja. Npr., pri spoju organskog polimera i metala dolazi do prijenosa elektrona iz metala u polimer i do stvaranja tzv. duplog električnog sloja – electrical double layer.



Slika 6. Elektrostatičko povezivanje [6-12]

2.2. Principi kohezije [13]

Molekule u kapljevinaama osjećaju jake međumolekularne sile, a ako međumolekularne sile djeluju između istovrsnih molekula one se zovu kohezijske sile. Tako npr. kohezijske sile drže kap vode na okupu. Na slici 2.7. prikazano je djelovanje kohezijskih i adhezijskih sila. Slika 7.a) prikazuje slučaj kada su kohezijske sile jače od adhezijskih i tada se kapljevina spušta niz stijenke posude. Slika 7.b) prikazuje slučaj kada su adhezijske sile između kapljevine i stijenke posude jače od kohezijskih sila i tada se kapljevina penje uz stijenku posude.



Slika 7. Odnos kohezijskih i adhezijskih sila između: a) žive i staklene stijenke posude; b) vode iz staklene stijenke posude [13]

2. EKSPERIMENTALNO

2.1. Opis problema

Prekidna sila lijepljenog spoja ovisi o brojnim činiteljima. To su svojstva ljepila (kohezijska i adhezijska čvrstoća), svojstva materijala koji se lijepi (slobodna površinska energija, površinska hrapavost, čistoća površina, mehanička svojstva), postupak i tijekom lijepljenja (pritisak, temperatura, vrijeme, vlaga itd.), oblikovanje lijepljenog spoja (debljina sloja ljepila, debljina podloge, vrste i dimenzije spoja) i uvjeti opterećenja (vrsta opterećenja-statičko ili dinamičko-način, vrijeme, temperatura opterećenja itd.).

U istraživačkom dijelu rada provedeno je sljedeće:

1. ispitivanje ovisnosti prekidne sile o duljini preklopa lijepljenog spoja (jednostruki lijepljeni preklopni spoj)
2. ispitivanje ovisnosti prekidne sile jednostrukog lijepljenog preklopnog spoja o kombinaciji utjecaja duljine preklopa, pritiska i vremena djelovanja pritiska

2.2. Metodologija

Za izradu ispitaka upotrijebljene su aluminijske trake debljine 1,4 mm, vrsta aluminija Al 99,5. Iz traka su izrezane pločice $a \cdot b = 25 \cdot 100$ mm. Pločice su međusobno zalijepljene dvokomponentnim epoksidnim ljepilom oznake DP 410 proizvođača 3M, Scotch-Weld.

Tijek pripreme i lijepljenje ispitaka:

- rezanje ispitaka iz traka
- izravnavanje ispitaka u preši
- skidanje srhova
- strojno brušenje ispitaka
- odmašćivanje površina odmašćivačem Loctite 7061
- ručno brušenje površina
- odmašćivanje površina odmašćivačem Loctite 7061
- nanošenje ljepila
- spajanje dijelova

Lijepljenje je provedeno pri sljedećim uvjetima:

- temperatura prostorije: 22 °C
- relativna vlažnost zraka: 42 %

Mjerenje prekidne sile lijepljenih spojeva provedeno je u laboratoriju za nemetale Fakulteta strojarstva i brodogradnje u Zagrebu. Uvjeti mjerenja bili su sljedeći:

- temperatura prostorije: 20 °C,
- relativna vlažnost zraka: 51 %
- brzina ispitivanja: 3 mm min⁻¹

3. REZULTATI I RASPRAVA

3.1. Mjerenje prekidne sile – pokus 1.

U prvom pokusu ispitivana je ovisnost prekidne sile o duljini preklopa lijepljenog spoja. Mjerenje je provedeno na jednostrukom preklopnom lijepljenom spoju. Dobiveni rezultati prikazani su u tabeli 1. Podaci su analizirani u programskom paketu *Statistica 6.0*. U tabeli 2. prikazani su rezultati analize, dok slika 8. prikazuje ovisnost prekidne sile o duljini preklopa. Vidimo da vrijednost prekidne sile raste s povećanjem duljine preklopa, što je i očekivani rezultat.

Tabela 1. Rezultati mjerenja – pokus 1.

Duljina preklopa (mm)	Oznaka ispitnog tijela	Prekidna sila (N)	Smična čvrstoća ljepila (N/mm ²)
16	pp1-16	1880	4,7
20	pp1-20	2360	4,72
25	pp1-25	2650	4,24
30	pp1-30	2760	3,68
35	pp1-35	2800	3,2
40	pp1-40	3360	3,36
45	pp1-45	3520	3,12
50	pp1-50	3660	2,928
55	pp1-55	3820	2,778
60	pp1-60	4100	2,733
pritisak 2 kg, vrijeme djelovanja pritiska 30 min			

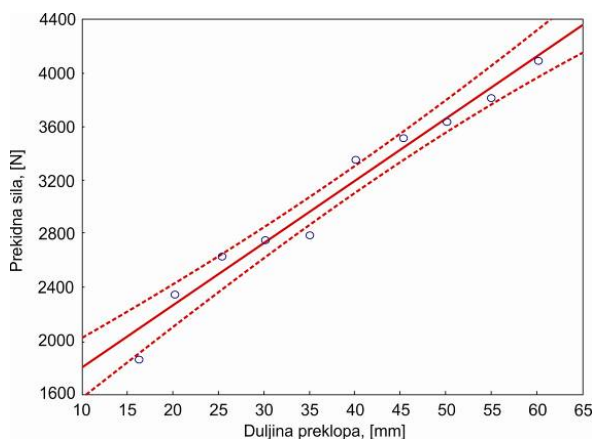
Tabela 2. Rezultati statističke analize – pokus 1.

Statistička veličina	Vrijednost
Broj analiziranih podataka	10
Zbroj podataka	30910
Minimalna vrijednost	1880
Maksimalna vrijednost	4100
Aritmetička sredina	3091
Geometrijska sredina	3012,724
Medijan	3080
Varijanca	5021403,3
Standardna devijacija	708,62
Standardna greška	224,09

Brojka standardne devijacije (708,62) govori o velikom prosječnom odstupanju vrijednosti numeričke varijable (prekidne sile) od njene aritmetičke sredine. Da bi točnije odredili mjeru disperzije podataka izračunavamo koeficijent varijacije:

$$V = (\sigma / x) 100 = 22,93 \% \quad (1)$$

gdje su: V – koeficijent varijacije, σ – standardna devijacija, x – aritmetička sredina.



Slika 8. Ovisnost prekidne sile o duljini preklopa (regresijski pravac)

Regresijskom analizom dobivenih podataka o prekidnoj sili može se zaključiti da je smjer povezanosti duljine preklopa i prekidne sile pozitivan, oblik njihove povezanosti je linearan i jačina povezanosti je čvrsta korelacija. Regresijska jednadžba (jed. 3.2) ovisnosti prekidne sile o duljini preklopa može se napisati u obliku:

$$F = 46,578 l + 1339,6 \quad (2)$$

Koeficijent korelacije ili koeficijent koji pokazuje postoji li i u kolikoj mjeri povezanost između podataka iznosi $r = 0,98436$. Koeficijent determinacije $r^2 = 0,96896$ pokazuje da je 96,8 % dobivenih podataka objašnjeno ovim modelom, dok se za preostalih 3,2% podataka ne može utvrditi uzrok njihovog nastanka.

3.2. Mjerenje prekidne sile – pokus 2.

U drugom pokusu ispitivana je ovisnost prekidne sile jednostrukog lijepljenog preklopnog spoja o kombinaciji utjecaja duljine preklopa, pritiska i vremena djelovanja pritiska na lijepljeni spoj za vrijeme očvršćivanja ljepila. Mjerilo se na jednostrukom preklopnom lijepljenom spoju, a rezultati su prikazani u tabeli 3.

Tabela 3. Rezultati mjerenja – pokus 2.

	Vrijeme djelovanja pritiska (h)	Duljina preklopa (mm)	Pritisak (kg)	Oznaka ispitnog tijela	Prekidna sila (N)	Smična čvrstoća ljepila (N/mm ²)
1.	1	16	0,5	p1-1	2040	5,1
2.	1	16	5,0	p1-2	3100	7,75
3.	1	60	0,5	p1-3	4480	2,986
4.	1	60	5,0	p1-4	4500	3
5.	2	16	0,5	p1-5	1340	3,35
6.	2	16	5,0	p1-6	1840	4,6
7.	2	60	0,5	p1-7	4100	2,73
8.	2	60	5,0	p1-8	4180	2,786
9.	1	38	2,75	p1-9	4160	4,379
10.	2	38	2,75	p1-10	3740	3,937
11.	1,5	16	2,75	p1-11	3580	8,95
12.	1,5	60	2,75	p1-12	4200	2,8
13.	1,5	38	0,5	p1-13	3400	3,578
14.	1,5	38	5,0	p1-14	4040	4,25
15.	1,5	38	2,75	p1-15	3360	3,536
16.	1,5	38	2,75	p1-16	4180	4,4
17.	1,5	38	2,75	p1-17	3980	4,189
18.	1,5	38	2,75	p1-18	4180	4,4
19.	1,5	38	2,75	p1-19	3400	3,578

Analiza varijance za podatke prekidne sile drugog pokusa pokazala je da je važna varijabla pokusa samo duljina preklopa, dok vrijeme djelovanja pritiska na jednostruki preklopni lijepljeni spoj i iznos pritiska na spoj nisu značajne varijable. Analiza također pokazuje da je model vrijedan, dok greška modela to nije. Koeficijent determinacije $r^2 = 0,7134$ pokazuje da je ovim modelom objašnjeno 71,34 % dobivenih podataka o prekidnoj sili i njenoj ovisnosti o vremenu djelovanja pritiska, o duljini preklopa i pritisku na lijepljeni spoj.

Odzivna funkcija procesa može se napisati u obliku:

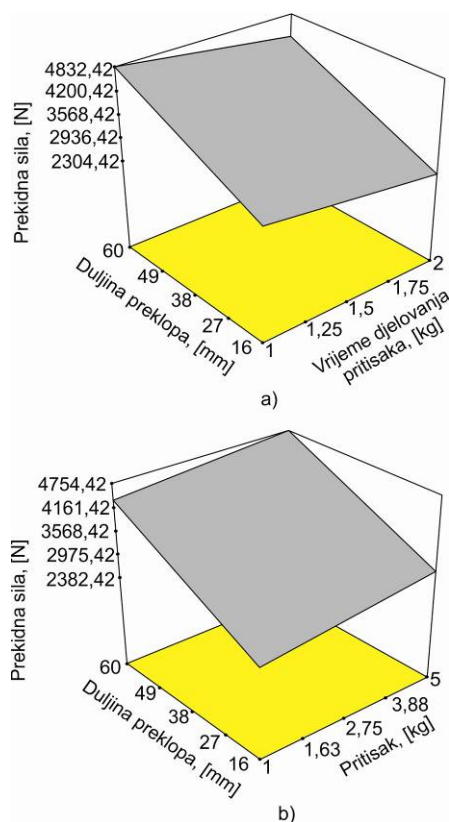
$$F = 2560,03721 - 616 A + 43,45455 B + 102,2222 C \quad (3)$$

gdje su: F – prekidna sila (N), A – vrijeme djelovanja pritiska (h), B – duljina preklopa (mm), C – pritisak (kg).

Ovisnost prekidne sile o duljini preklopa i vremenu djelovanja pritiska prikazana je na slici 9.a), dok slika 9. b) prikazuje ovisnost prekidne sile o duljini preklopa i pritisku na površinu. Sa slike se vidi da prekidna sila raste s porastom duljine preklopa i s povećanjem pritiska na preklopni spoj, dok ona opada s vremenom djelovanja pritiska.

Dobiveni rezultati:

- vrijeme djelovanja pritiska = 1 h
- duljina preklopa = 22,5 mm
- pritisak = 0,5 kg
- prekidna sila = 2972,92 N



Slika 9. Ovisnost: a) prekidne sile o duljini preklopa i vremenu djelovanja pritiska; b) ovisnost prekidne sile o duljini preklopa i pritisku

4. ZAKLJUČAK

Kohezijske i adhezijske sile zaslužne su za čvrstoću lijepljenog spoja. Iako su poznati mnogi mehanizmi koji djeluju u materijalu ljepila i između ljepila i površine dijelova koje se lijepe, još do danas se ne može točno utvrditi koji je mehanizam najzaslužniji za stvaranje lijepljenog spoja, odnosno kojim mehanizmom se postiže najveća čvrstoća spoja.

U eksperimentalnom dijelu rada razmatrana su tri činitelja: vrijeme djelovanja pritiska na lijepljeni spoj za vrijeme očvršćivanja ljepila, duljina preklopa i pritisak na lijepljeni spoj za vrijeme očvršćivanja ljepila. Mjerena je prekidna sila jednostrukog preklopnog lijepljenog spoja. U radu su za utvrđivanje veze između prekidne sile i vremena djelovanja pritiska, duljine preklopa i pritiska korišteni modeli u kojima pojedine točke pokusa nisu ponavljane niti su ispitna tijela bila izrađena prema standardu. Zato se dobiveni rezultati mogu uzeti samo kao dobri pokazatelj ovisnosti prekidne sile o trima činiteljima.

Analiza dobivenih podataka o prekidnoj sili pokazala je da duljina preklopa ima najveći utjecaj na rezultate

prekidne sile: povećanjem duljine preklopa lijepljenog spoja povećava se i veličina prekidne sile. Vrijeme djelovanja pritiska nema važan utjecaj na rezultat prekidne sile, mada je moguće primijetiti lagani pad prekidne sile s povećanjem vremena djelovanja pritiska na lijepljeni spoj za vrijeme očvršćivanja ljepila. Pritisak na lijepljeni spoj za vrijeme očvršćivanja ljepila također nema značajniji utjecaj na rezultat prekidne sile. Međutim, treba napomenuti da je u drugom pokusu zamišljen rast prekidne sile s povećanjem pritiska na lijepljeni spoj.

5. LITERATURA

- [1]. Mazumdar, S.K.; Mallick, P.K. Strength Properties of Adhesive Joints in SMC-SMC and SRIM-SRIM Composites. 9th Annual ACCE conference. Detroit, MI, April 7-10, 1997.
- [2]. Kralj, S.; Andrić, Š. Osnove zavarivačkih i srodnih postupaka. Zagreb : Fakultet strojarstva i brodogradnje Zagreb ; Sveučilište u Zagrebu, 1992.
- [3]. Anzulović, B. Zavarivanje i srodni postupci. Split : Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje ; Sveučilište u Splitu, 1990.
- [4]. Kožuh, Z.; Kralj, S.; Cvirn, Ž. Tehnologija lijepljenja : dio I. : zavarivanje 40. (1997) 3, 85-94.
- [5]. Gojić, M. Tehnike spajanja i razdvajanja materijala. Sisak : Metalurški fakultet ; Sveučilište u Zagrebu, 2002.
- [6]. Stoić, M. Doprinos istraživanju mehaničkih karakteristika nosivosti jednostrukih preklopnih lijepljenih spojeva : magistarski rad. Slavonski Brod, 2003.
- [7]. VTT, Joining Techniques. Finland, travanj 2001. www.vtt.fi/manu/val3/projects/dogma/joining/joiningtechniques.htm
- [8]. N. N., Loctite Corp., Preporuke za izbor ljepila. rujanj 2002. www.loctite.com/pdf/bondingguide.pdf
- [9]. Pocius, A.V. Adhesion and Adhesive Technology, Carl Hanser Verlag. Munich ; Vienna ; New York, 1997.
- [10]. Pašić, O; Bašić, L.J.; Đakić, J. Lijepljenje u industrijskoj strojogradnji : zavarivanje 34, 5/6. 1991. Str. 165-170.
- [11]. N. N., Bonding Solutions for Automotive Interiors. studeni 2002. www.3m.com/US/mfg_industrial/converter/product_doc/auto_bond.pdf
- [12]. www.specialchem4adhesives.com, 12.10.2004.
- [13]. http://physics.mef.hr/Predavanja/stom_pov_tek/main8.html, 19.08.2011.

PRIMJER PROJEKTIRANJA HLADNJAČE MANJEG KAPACITETA ZA ČUVANJE JABUKA

Radmanić B.¹, Maderić D.¹, Piškor M.²

¹Veleučilište u Varaždinu, Varaždin, Hrvatska

²Oprema - uređaji d.d., Ludbreg, Hrvatska

Sažetak: Rad predstavlja termodinamički proračun rashladne komore za ohlađivanje i čuvanje jabuka tijekom jesenskih i zimskih mjeseci na području Varaždinske županije.

Rad počinje dimenzioniranjem rashladne komore, nakon čega su odabrani odgovarajući izolacijski materijali. Napravljen je i precizni proračun maksimalnog toplinskog opterećenja na temelju kojeg je odabrana rashladna oprema.

Na kraju rada je hidraulički proračun kapljevinskog i usisnog cjevovoda da gubici zbog trenja radne tvari R404A u vodovima ne bi rezultirali prekomjernim padom tlaka pothlađene kapljevine ili pregrijane pare radne tvari. Posljedica toga bilo bi znatno smanjenje rashladnog sustava.

Ključne riječi: rashladna komora, jabuka, toplinsko opterećenje, radna tvar R404A, pothlađenje, pregrijavanje

Abstract: The paper presents a thermodynamic calculation for a cold storage unit for cooling and storage of apples during autumn and winter months in the Varaždin county.

The paper begins with the dimensioning the cold storage unit after which a choice of adequate insulation materials is done. A detailed calculation of the maximum refrigeration load was done, based on which the refrigeration equipment was chosen.

The paper ends with hydraulic calculation of liquid and suction lines to assure that the pressure losses of the refrigerant R404A, due to friction in the pipelines, do not lead to significant pressure drop of the subcooled liquid refrigerant or superheated refrigerant vapor, which would diminish refrigeration capacity of the system.

Key words: cold storage, apple, refrigeration load, refrigerant R404A, subcooling, superheating

1. UVOD

U ovom je radu opisan postupak projektiranja rashladne komore s nekontroliranom atmosferom za ohlađivanje i čuvanje 60 tona jabuka sorte Idared. Projektiranje se sastoji od više cjelina:

- Dimenzioniranje rashladne komore
- Odabir izolacije i proračun njene debljine

- Proračun toplinskog opterećenja
- Odabir komponenata rashladne opreme
- Električne instalacije i dr.

S obzirom na to da je tema široka, rad se najviše bavi proračunom parametara koji utječu na termodinamičke procese.

Budući da se radi o jesenskoj sorti jabuka, namjena rashladne komore je čuvanje jabuka od početka listopada pa najkasnije do kraja ožujka. Maksimalno vrijeme čuvanja jabuka ne može se precizno odrediti zbog toga jer ono ovisi o sorti jabuka kao i o njihovom stanju pri ulasku u rashladnu komoru. Zbog toga se u literaturi daju grube procjene mogućeg vremena čuvanja jabuka koje se kreću u rasponu od 3 do 8 mjeseci [1].

2. RAZMJESTAJ JABUKA I DIMENZIJE RASHLADNE KOMORE

Jabuke se skladište u boks paletama ili u sanducima jabučarima. Ako se radi o velikim količinama jabuka, najisplativiji način skladištenja jesu boks palete. Postoji više vrsta i dimenzija takvih paleta, no u praksi su palete najčešće plastične, visine 0.8 m, širine 1 m i duljine 1.2 m. Boks palete dizajnirane su tako da se mogu stavljati jedna na drugu, pa se tako i skladište.

2.1. Broj boks paleta u rashladnoj komori

Masa jedne pune boks palete varira od 300 do 350 kg. Za izračun maksimalnog broja mogućeg broja paleta unutar rashladne komore u obzir se uzima najmanja vrijednost mase pune boks palete. Maksimalni broj boks paleta u rashladnoj komori dobije se iz sljedeće jednadžbe:

$$n_{BP,MAX} = \frac{m_{UK}}{m_{BP}}, \quad (1)$$

gdje je:

- $n_{BP,MAX}$ – maksimalni broj boks paleta u hladnjači
- m_{UK} – maksimalni kapacitet hladnjače u kg
- m_{BP} – minimalna masa pune boks palete u kg

Proračunom je dobiven maksimalni broj paleta u rashladnoj komori $n_{BP,MAX} = 200$.

2.2. Visina rashladne komore

Kod određivanja visine rashladne komore potrebno je u obzir uzeti visinu do koje će boks palete biti poslagane jedna na drugu i visinu slobodnog prostora iznad paleta. Preporuka je da se boks palete slažu jedna na drugu do maksimalne visine od 4.5 do 5.5 m [2] zbog stabilnosti i izdržljivosti. Maksimalni broj boks paleta se može izračunati prema sljedećoj jednadžbi:

$$n_{LBP,MAX} = \frac{l_{MAX}}{l_{BP}}, \quad (2)$$

gdje je:

$n_{LBP,MAX}$ – maksimalni broj boks paleta koje se mogu staviti jedna na drugu

l_{MAX} – visina do koje se boks palete slažu jedna na drugu (m)

l_{BP} – visina boks paleta (m)

Vrijednost $n_{LBP,MAX}$ se zaokružuje na prvi manji cijeli broj koji predstavlja broj boks paleta naslaganih jedna na drugu, te je lako odrediti koliko iznosi ukupna visina tih boks paleta:

$$l_{VBP} = n_{LBP,MAX} \cdot l_{BP} \quad (3)$$

Gdje je:

l_{VBP} – visina do koje se boks palete slažu jedna na drugu (m)

$n_{LBP,MAX}$ – maksimalni broj boks paleta koje se mogu staviti jedna na drugu

l_{BP} – visina boks paleta (m)

Visina slobodnog prostora trebala bi biti najmanje 500 mm. Različiti izvori daju različite preporuke kolika bi ta visina trebala biti, pa se vrijednosti kreću od 0.5 do 2 m. Ukupna visina rashladne komore dobije se iz sljedeće jednadžbe:

$$L = l_{VBP} + l_S, \quad (4)$$

gdje je:

L – visina rashladne komore (m)

l_{VBP} – visina do koje se boks palete slažu jedna na drugu (m)

l_S – visina slobodnog prostora iznad boks paleta (m)

Proračunom je dobivena potrebna visina rashladne komore od $L = 5$ m.

2.3. Duljina i širina rashladne komore

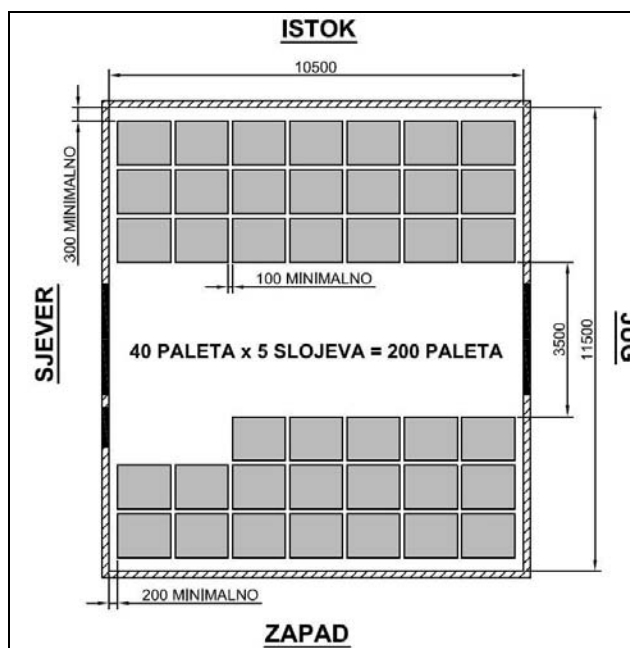
Širina i duljina rashladne komore ovisi isključivo o rasporedu boks paleta pa i raspored treba biti razrađen što pažljivije. Kod definiranja rasporeda boks paleta treba uzeti u obzir:

- tijek kretanja proizvoda
- strujanje zraka
- oblik poda rashladne komore

Poželjno je da tijekom kretanja boks paleta u rashladnu komoru i izvan nje treba biti jednosmjernan. Ako je to moguće, boks palete bi trebale biti raspoređene tako da dopuštaju FIFO princip [3]. S obzirom na to da jabuke ulaze u rashladnu komoru odmah nakon berbe, a kalibriraju se i sortiraju prije prodaje, predviđena je montaža dviju kliznih vrata na suprotnim stranama rashladne komore. Poželjno je da rashladna komora ima i okretna vrata za osoblje zbog potrebe za različitim popravcima rashladne opreme ili pregleda jabuka. Dimenzije kliznih vrata trebaju biti takva da omogućuju nesmetan prijevoz boks paleta određenim transportnim sredstvom. U radu je predviđeno da će električni viličar nositi maksimalno 3 boks palete odjednom kroz vrata, te je predviđena visina vrata od približno 3 m, širine oko 1.8 m. Također je potrebno uzeti u obzir i širinu transportnih putova. Širina transportnih putova trebala bi biti takva da viličar može skretati pod 90 stupnjeva. Proizvođači električnih viličara daju te podatke u tablicama, te je za širinu transportnog puta usvojena vrijednost od 3.5 m.

Dobro strujanje zraka u hladnjači jednako je važno kao i dovoljan rashladni kapacitet. Da bi se to omogućilo, potrebno je pridržavati se specifičnih preporuka i savjeta. Boks palete bi trebale biti smještene minimalno 0.3 m od zidova pokraj kojih se nalaze isparivači, 0.2 m od zidova koji su paralelni na tok strujanja zraka, te 0.1 m jedna od druge[4].

Što je oblik poda hladnjače bliži kvadratnom, to su one efikasnije zbog toga jer se za istu površinu poda minimizira površina zidova. Time se smanjuju građevinski troškovi, površina zidova i duljina transportnih putova.



Slika 1. Skica rasporeda boks paleta u rashladnoj komori

Širina rashladne komore dobije se iz jednadžbe:

$$B = b_{TP} + 6 \cdot b_{BP} + 4 \cdot b_{IBP} + 2 \cdot b_{ZBP}, \quad (5)$$

gdje je:

- B – širina rashladne komore (m)
 b_{TP} – širina transportnog puta (m)
 b_{BP} – širina boks palete (m)
 b_{IBP} – razmak između boks paleta (m)
 b_{ZBP} – razmak između boks paleta i zidova okomitih na strujanje zraka (m)

Širina rashladne komore dobije se iz jednadžbe:

$$C = 7 \cdot c_{BP} + 6 \cdot b_{IBP} + 2 \cdot c_{ZBP}, \quad (6)$$

gdje je:

- C – duljina rashladne komore (m)
 c_{BP} – duljina boks palete (m)
 c_{ZBP} – razmak između boks paleta i zidova paralelnih na strujanje zraka (m)

Vodeći se prethodno spomenutim preporukama mogu se izračunati potrebna širina i duljina rashladne komore. Budući da su u proračun uzete najmanje preporučene vrijednosti, rezultati su prošireni s faktorom sigurnosti od 10%, te su dobivene dimenzije:

Širina rashladne komore: $B = 11.5$ m

Duljina rashladne komore: $C = 10.5$ m

Visina rashladne komore: $L = 5$ m

3. IZOLACIJA RASHLADNE KOMORE

Debljina izolacije podova, zidova i stropova lako se odredi prema preporučenim R vrijednostima izolacije (otpor propuštanju topline). U tablici 1. nalaze se najmanje preporučene vrijednosti otpora propuštanju topline izolacije kod različitih tipova hladnjača prema ASHRAE-u. Izolacije s manjim otporom propuštanju topline ne bi se trebale upotrebljavati kod izolacije hladnjača.

Temp. opseg, °C	Otpor propuštanju topline, m ² ·°C/W		
	Podovi	Zidovi	Krovovi
4 do 10	-----	4.4	5.3 do 6.2
-4 do 2	3.5	4.2 do 5.6	6.2 do 7.0
-23 do -29	4.8 do 5.6	6.2 do 7.0	7.9 do 8.8
-40 do -46	5.3 do 7.0	7.9 do 8.8	8.8 do 10.6

Tablica 1. Najmanje preporučene R vrijednosti izolacije prema ASHRAE-u

Otpor propuštanju topline nekog materijala može se izračunati pomoću sljedeće jednadžbe 7 i 8:

$$R_p = \frac{\delta}{\lambda}, \quad (7)$$

gdje je:

- R_p – otpor propuštanju topline podne izolacije (m²·°C/W)

- δ – debljina izolacije (m)
 λ – koeficijent vodljivosti topline (W/m·°C)

$$R_p = \frac{1}{k}, \quad (8)$$

gdje je:

- R_p – otpor propuštanju topline podne izolacije (m²·°C/W)
 k – koeficijent prijelaza topline (W/m²·°C)

Uzevši u obzir preporučene R vrijednosti za izolaciju rashladne komore iz tabele 1., odabrani su sljedeći materijali:

- Pod: ploče od ekstrudiranog polistirena Floormate 300-A, ukupne debljine 125 mm
- Zidovi: paneli od tvrde poliuretanske pjene gustoće 40 kg/m³, debljine 100 mm
- Strop: paneli od tvrde poliuretanske pjene gustoće 40 kg/m³, debljine 150 mm
- Klizna vrata dimenzija 2400 x 3000 mm, punjena tvrdom poliuretanskom pjenom gustoće 40 kg/m³, debljine 100 mm
- Klizna vrata dimenzija 900 x 2000 mm, punjena tvrdom poliuretanskom pjenom gustoće 40 kg/m³, debljine 100 mm

4. TOPLINSKO OPTEREĆENJE RASHLADNE KOMORE

Ukupno toplinsko opterećenje rashladne komore uključuje:

- prijenos topline koja predstavlja toplinu prenesenu u rashladnu komoru kroz zidove, strop i pod komore,
- osjetnu toplinu proizvoda koja predstavlja toplinu odvedenu od proizvoda i toplinu koju generiraju proizvodi smješteni u rashladnoj komori,
- unutrašnju toplinu koja predstavlja toplinu koju proizvedu unutrašnji izvori (npr. svjetla, električni motori, radnici),
- toplinu zbog hlađenja vanjskog zraka koja predstavlja toplinu povezanu sa zrakom koji ulazi u rashladnu komoru,
- toplinu povezanu s rashladnom opremom.

Važno je reći da toplinsko opterećenje mora biti proračunato za najnepovoljniji slučaj, tj. za slučaj kad je toplinsko opterećenje najveće. Ukupno toplinsko opterećenje rashladne komore računa se kao suma svih spomenutih pojedinačnih toplinskih opterećenja.

4.1. Toplinsko opterećenje zbog prijenosa topline

Toplinski tok kroz zidove, pod i strop proporcionalan je razlici temperature između dviju suprotnih strana zidova, poda ili stropa. Vrsta i debljina upotrijebljene izolacije, ukupna površina kroz koju se događa prijelaz topline i temperaturna razlika između suprotnih strana izolacije tri su faktora koja određuju toplinsko opterećenje zbog prijenosa topline kroz zidove, pod i strop. Ukupno

toplinsko opterećenje zbog prijenosa topline na kraju se proširuje za faktor sigurnosti od 20% zbog mogućnosti manjih netočnosti i nepodudarnosti. Toplinski tok uslijed prijenosa topline računa se kao:

$$\dot{Q}_T = k \cdot A \cdot (\vartheta_V - \vartheta_U) , \quad (9)$$

gdje je:

- $\dot{Q}_T$ – toplinski tok kroz zidove, pod ili strop (W)
- k – koeficijent prijelaza topline ($\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)
- A – površina kroz koju se odvija prijelaz topline (m^2)
- ϑ_V – temperatura s vanjske strane izolacije ($^\circ\text{C}$)
- ϑ_U – temperatura s unutarnje strane izolacije ($^\circ\text{C}$)

Budući da zidovi, strop i pod nemaju isti koeficijent prijelaza topline, potrebno je toplinu dobivenu prijenosom proračunati za svaki građevinski element posebno, te ih na kraju zbrojiti. Ukupni koeficijent prijelaza topline kroz zidove, pod ili strop može se izračunati prema sljedećoj jednadžbi:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_u} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_v}} , \quad (10)$$

gdje je:

- k – koeficijent prijelaza topline ($\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)
- α_u – koeficijent prijelaza topline s okoline na vanjsku stijenu izolacije ($\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)
- α_v – koeficijent prijelaza topline s unutarnje strane stijene na zrak u komori ($\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)
- δ_i – debljina pojedinog sloja izolacije (m)
- λ_i – toplinska vodljivost pojedinog sloja izolacije ($\text{W/m}^\circ\text{C}$)

4.2. Toplinsko opterećenje zbog osjetne topline proizvoda

Toplinska opterećenja uzrokovana proizvodima uskladištenim u rashladnoj komori su:

- Toplina koja mora biti odvedena kako bi se temperatura proizvoda spustila na unutrašnju projektanu temperaturu
- Toplina generirana od strane proizvoda (uglavnom voća i povrća) u rashladnoj komori

4.2.1. Toplinsko opterećenje zbog ohlađivanja proizvoda

Osjetna toplina koju treba odvesti da bi se temperatura proizvoda spustila na unutrašnju projektanu temperaturu iznad temperature smrzavanja računa se prema sljedećoj formuli:

$$Q_{HP} = m_D \cdot c_1 \cdot (\vartheta_1 - \vartheta_U) , \quad (11)$$

gdje je:

- Q_{HP} – toplina odvedena od proizvoda (J)
- m_D – maksimalni dnevni unos (kg)
- c_1 – specifična toplina za jabuke iznad temperature smrzavanja ($\text{J/kg}^\circ\text{C}$)

- ϑ_1 – maksimalna temperatura s kojom jabuke ulaze u hladnjaču ($^\circ\text{C}$)
- ϑ_U – unutrašnja projektana temperatura ($^\circ\text{C}$)

Toplinsko opterećenje zbog ohlađivanja jabuka izračunava se kao:

$$\dot{Q}_{HP} = \frac{Q_{HP}}{3600 \cdot t_{HP}} , \quad (12)$$

gdje je:

- $\dot{Q}_{HP}$ – toplinsko opterećenje uslijed hlađenja Proizvoda (W)
- t_{HP} – vrijeme ohlađivanja (h)

4.2.2. Toplinsko opterećenje zbog disanja jabuka

Svježe voće i povrće diše i time oslobađa toplinu tijekom skladištenja. Ukupni oslobođeni toplinski tok prilikom disanja jabuka računa se prema sljedećoj jednadžbi:

$$\dot{Q}_{DP} = m \cdot c_{DP} , \quad (13)$$

gdje je:

- $\dot{Q}_{DP}$ – toplinski tok zbog disanja jabuka (W)
- m – masa jabuka (kg)
- c_{DP} – toplinski tok zbog disanja po kilogramu jabuka (W/kg)

4.3. Toplinsko opterećenje zbog hlađenja vanjskog zraka

Kad god su vrata od rashladne komore otvorena, ponešto vanjskog, toplijeg zraka izvana ući će u komoru. Taj zrak mora biti ohlađen na unutrašnju projektanu temperaturu što znači da predstavlja toplinsko opterećenje. To opterećenje je ponekad zvano toplinsko opterećenje zbog infiltracije i računa se prema sljedećoj jednadžbi:

$$\dot{Q}_I = \dot{m} \cdot (h_V - h_U) , \quad (14)$$

gdje je:

- $\dot{Q}_I$ – toplinsko opterećenje uslijed infiltracije (kW)
- $\dot{m}$ – prosječni maseni protok zraka (kg/s)
- h_V – specifična entalpija vanjskog zraka (kJ/kg)
- h_U – specifična entalpija unutrašnjeg zraka (kJ/kg)

Specifična entalpija nezasićenog zraka računa se prema sljedećoj jednadžbi:

$$h = c_Z \cdot \vartheta + x_V \cdot (c_{VP} \cdot \vartheta + h_{VO}) , \quad (15)$$

gdje je:

- h – specifična entalpija zraka (kJ/kg)
- c_Z – specifični toplinski kapacitet zraka kod konstantnog pritiska ($\text{kJ/kg}^\circ\text{C}$)
- c_V – specifični toplinski kapacitet vodene pare kod konstantnog pritiska ($\text{kJ/kg}^\circ\text{C}$)
- h_{VO} – toplina isparavanja vode kod 0°C (kJ/kg)
- x_V – sadržaj vlage u zraku (kg/kg)
- ϑ – temperatura zraka ($^\circ\text{C}$)

Maseni protok zraka izračunava se prema prosječnom broju izmjena zraka na dan prikazanim u tablici 2. Vrijednosti su bazirane na iskustvenim podacima.

V_{RK}^*	n_i^{**}	V_{RK}^*	n_i^{**}	V_{RK}^*	n_i^{**}
5.7	44.0	56.6	12.0	708	3.0
7	38.0	85	9.5	850	2.7
8.5	34.5	113	8.2	1133	2.3
11.3	29.5	141	7.2	1416	2.0
14.2	26.0	170	6.5	2124	1.6
17	23.0	227	5.5	2832	1.4
22.7	20.0	283	4.9	4248	1.2
28.3	17.5	425	3.9	5663	1.1
42.5	14.0	566	3.5	8495	1.0

Tablica 2. Preporučeni broj izmjena zraka za rashladne komore iznad 0 °C [5]

*Volumen rashladne komore (m³)

**Broj izmjena zraka na dan

Prilikom proračuna potrebnog rashladnog učinka u obzir treba uzeti podatak da količina izmijenjenog zraka mora biti dovoljna da se unutar komore ne poveća koncentracija CO₂ iznad 0.5-1% [5]. Ugljični dioksid nastaje kao produkt „disanja“ proizvoda unutar komore, odnosno kao produkt zbog disanja radnika koji rade unutar komore. Ako nije dovoljno prirodna ventilacija (zbog infiltracije i izmjene zraka otvaranjem vrata), potrebno je ugraditi umjetnu ventilaciju zadovoljavajućeg kapaciteta, ali se onda to mora uzeti u obzir kod proračuna toplinskog opterećenja. U našem slučaju prirodna ventilacija će biti dovoljna.

4.4. Interno toplinsko opterećenje rashladne komore

4.4.1. Toplinsko opterećenje zbog ljudi

Ljudi u rashladnoj komori doprinose ukupnom toplinskom opterećenju u iznosu koji ovisi o unutrašnjoj projektnoj temperaturi, o vrsti posla koji se obavlja, o vrsti odjeće i veličini osobe. Toplinsko opterećenje osobe može se procijeniti sljedećoj jednadžbom:

$$\dot{Q}_O = n_O \cdot (272 - 6 \cdot \vartheta_U) \cdot \frac{t_{UH}}{24} \quad [2], \quad (16)$$

gdje je:

- $\dot{Q}_O$ – toplinsko opterećenje zbog ljudi (W)
- n_O – broj ljudi u rashladnoj komori
- ϑ_U – unutrašnja projektna temperatura (°C)
- t_{UH} – vrijeme provedeno u hladnjači (h/dan)

4.4.2. Toplinsko opterećenje zbog rasvjete

Toplinsko opterećenje zbog rasvjete računa se prema jednadžbi:

$$\dot{Q}_R = n_{RAS} \cdot A_P \cdot \frac{t_{UK}}{24}, \quad (17)$$

gdje je:

- $\dot{Q}_R$ – toplinsko opterećenje zbog rasvjete (W)
- n_{RAS} – uobičajena snaga rasvjete po jedinici površine (W/m²)
- A_P – površina poda rashladne komore (m²)
- t_{UK} – vrijeme uključenosti rasvjete (h/dan)

4.4.3. Toplinsko opterećenje zbog rada viličara

Prosječno toplinsko opterećenje zbog rada viličara ovisi o snazi upotrijebljenog viličara, odnosno o toplinskom toku koji on odaje. Prosječno toplinsko opterećenje kroz dan zbog rada viličara dobije se iz jednadžbe:

$$\dot{Q}_V = \dot{Q}_{VT} \cdot \frac{t_{UV}}{24} \quad (18)$$

gdje je:

- $\dot{Q}_V$ – prosječno toplinsko opterećenje zbog viličara (W)
- $\dot{Q}_{VT}$ – toplinski tok koji odaje viličar (W)
- t_{UV} – vrijeme uključenosti viličara (h/dan)

Ako se koristi više od jednog viličara, potrebno je napraviti proračun za svaki viličar, te nakon toga zbrojiti sva opterećenja uslijed njegovog rada.

4.5. Toplinsko opterećenje zbog rada rashladne opreme

Toplinsko opterećenje zbog rada rashladne opreme je obično vrlo malo kod rashladnih komora s unutrašnjom projektnom temperaturom iznad -1 °C, te iznosi maksimalno oko 5 % cjelokupnog toplinskog opterećenja rashladne komore[2] :

$$\dot{Q}_{RO} = \frac{\dot{Q}_T + \dot{Q}_P + \dot{Q}_I + \dot{Q}_{IN}}{0.95}, \quad (19)$$

gdje je:

- $\dot{Q}_{RO}$ – toplinsko opterećenje zbog rashladne opreme (W)
- $\dot{Q}_T$ – toplinski tok kroz zidove, pod ili strop (W)
- $\dot{Q}_P$ – toplinsko opterećenje zbog osjetne topline Proizvoda (W)
- $\dot{Q}_I$ – toplinsko opterećenje zbog hlađenja vanjskog zraka (W)
- $\dot{Q}_{IN}$ – interno toplinsko opterećenje (W)

4.6. Toplinsko opterećenje zbog rada rashladne opreme

Kad su proračunata sva toplinska opterećenja glavnih izvora topline, ukupno toplinsko opterećenje dobije se zbrajanjem svih pojedinačnih toplinskih opterećenja. Preporuča se uzeti faktor sigurnosti od 10 % zbog mogućnosti manjih nepodudarnosti i netočnosti [2].

$$\dot{Q}_{UK} = (\dot{Q}_T + \dot{Q}_P + \dot{Q}_I + \dot{Q}_{IN} + \dot{Q}_{RO}) \cdot 1.1 \quad (20)$$

- $\dot{Q}_{UK}$ – ukupno toplinsko opterećenje rashladne komore (W)

- $\dot{Q}_{RO}$ – toplinsko opterećenje zbog rashladne opreme (W)
 $\dot{Q}_T$ – toplinski tok kroz zidove, pod ili strop (W)
 $\dot{Q}_P$ – toplinsko opterećenje zbog osjetne topline Proizvoda (W)
 $\dot{Q}_I$ – toplinsko opterećenje zbog hlađenja vanjskog zraka (W)
 $\dot{Q}_{IN}$ – interno toplinsko opterećenje (W)

4.7. Efektivno vrijeme rada i rashladni učinak

Rashladni učinak uređaja za hlađenje trebao bi pokriti potrebe za hlađenjem u vrijeme t_{EF} koje je manje od 24 sata kako bi ostalo vremena za održavanje rashladne opreme, te kako bismo imali rezervu kapaciteta u slučaju kvara ili neočekivano velikog toplinskog opterećenja. Budući da se toplinsko opterećenje zbog ohlađivanja proizvoda javlja samo jednom, njegova pojava se može shvatiti i kao neočekivano veliko, kratkotrajno, toplinsko opterećenje te je zbog toga izostavljen iz proračuna rashladnog učinka.

$$\dot{Q}_{RU} = \frac{24 \cdot \dot{Q}_{UKH}}{t_{EF}}, \quad (21)$$

gdje je:

- $\dot{Q}_{RU}$ – rashladni učinak uređaja za hlađenje (kW)
 $\dot{Q}_{UKH}$ – ukupno toplinsko opterećenje rashladne komore umanjeno za toplinsko opterećenje prilikom ohlađivanja proizvoda (kW)
 t_{EF} – efektivno vrijeme rada rashladnog uređaja (h)

Za t_{EF} se u praksi usvajaju sljedeće vrijednosti [7]:

- 12 – 14 sati za hladnjake u domaćinstvima
- 14 – 16 sati za komercijalne rashladne uređaje
- 16 – 20 sati za industrijske rashladne uređaje

Budući da je proračunato ukupno toplinsko opterećenje veće od proračunatog rashladnog učinka, za rashladni učinak je usvojena vrijednost ukupnog toplinskog opterećenja $\dot{Q}_{RU} = \dot{Q}_{UK} = 11.7$ kW.

Tablica 3. prikazuje rezultate proračuna izvedenog prema uputama iz ovog poglavlja.

Vrsta toplinskog opterećenja		Toplinski tok, W
Prijenos topline	Južni zid	199
	Zapadni zid	267
	Istočni zid	203
	Sjeverni zid	222
	Pod	439
	Strop	476
	Ukupno + 20%	2170
Osjetna topline proizvoda	Ohlađivanje	4000
	Disanje	945
Hlađenje vanjskog zraka		1700
Interno	Ljudi	267

toplinsko opterećenje	Rasvjeta	436
	Viličar	560
Rashladna oprema		540
Faktor sigurnosti 10%		1070
Rashladni učinak		~11 700

Tablica 3. Rezultati proračuna toplinskog opterećenja

5. KARAKTERISTIČNE TOČKE PROCESA HLAĐENJA

Ulazne informacije i varijable kod očitavanja parametara u karakterističnim točkama procesa hlađenja:

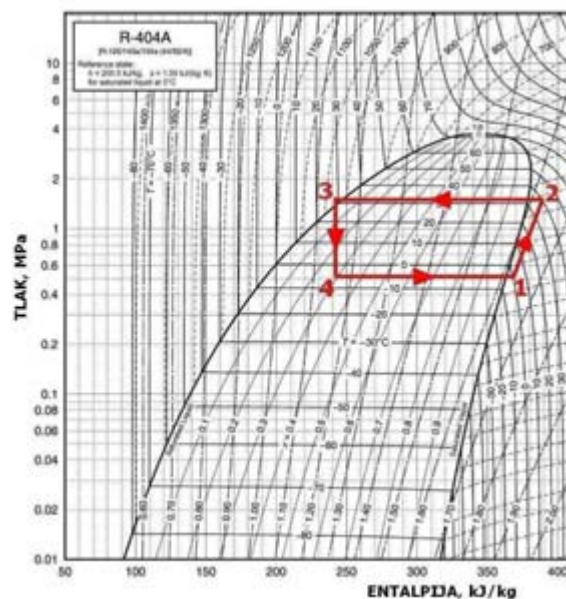
- radna tvar: R404A
- temperatura klizanja: ~ 0.5 °C
- razlika temperatura na isparivaču: 5 °C
- razlika temperatura na kondenzatoru: 12.5 °C
- temperatura pregrijavanja: 5 °C
- temperatura pothlađenja: 3 °C

Razlika temperatura na kondenzatoru i na temperaturi pothlađenja ovisi o odabranoj kondenzacijskoj jedinici. Razlika temperatura na isparivačima ovisi o relativnoj vlažnosti zraka unutar rashladne komore. Ovisnost razlike temperatura na isparivaču i relativne vlažnosti prikazana je u tablici 4. [2].

Temperaturna razlika, °C	Relativna vlažnost
4 – 5	90
6 – 7	80 – 85
7 – 9	65 – 80
9 – 12	50 – 65

Tablica 4. Ovisnost razlike temperatura na isparivaču i relativne vlažnosti

Slika 2. prikazuje proces hlađenja u p-h dijagramu za radnu tvar R404A, a tabela 5. osnovne termodinamičke veličine u karakterističnim točkama procesa.



Slika 2. Prikaz procesa hlađenja u p-h dijagramu [6]

Točka	θ , °C	p, kPa	v, m ³ /kg	h, kJ/kg
1	0	512.78	0.04016	369.8
2	41.16	1523	0.01324	392.3
3	29.5	1523	0.00104	245.3
4	-5.5	512.78	-----	245.3

Tablica 5. Vrijednosti osnovnih termodinamičkih veličina u karakterističnim točkama procesa hlađenja za radnu tvar R404A

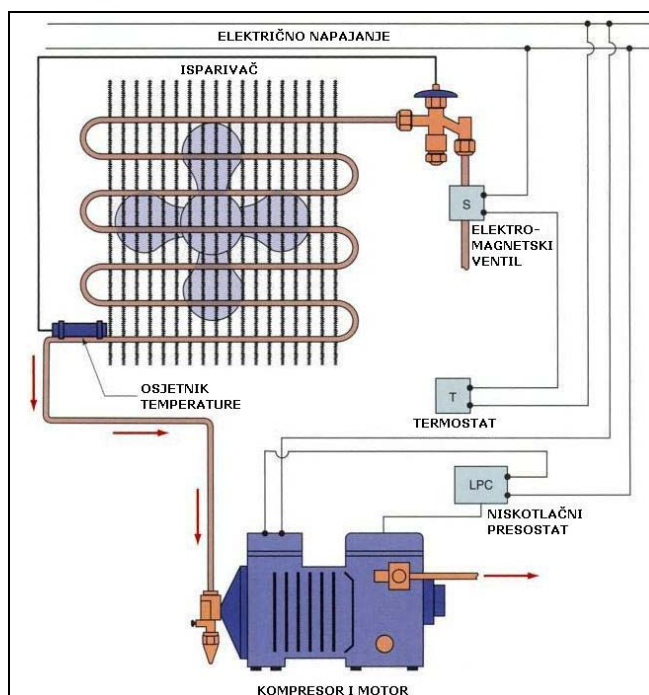
6. ODABIR KOMPONENATA RASHLADNOG SUSTAVA

Oprema, tj. komponente rashladnog sustava odabiru se prema informacijama, parametrima, pretpostavkama i rezultatima izračunatim ili usvojenim u dosadašnjem djelu rada, te su iz kataloga ili softverova proizvođača rashladne opreme odabrane sljedeće komponente:

- Kondenzacijska jedinica Bitzer LH84/2CC-4.2Y-40S s poluhermetičkim klipnim kompresorom i zrakom hlađenim kondenzatorom, rashladnog kapaciteta 11.75 kW,
- 6 isparivača Guntner MHF 020.1B/37-EW ukupnog rashladnog kapaciteta od 11.7 kW,
- 6 elektromagnetskih ventila Castel 1028/M10 kompatibilnih sa svitcima HM2 9100/RA6 s napajanjem od 220/230 V,
- 6 termoelekspanzijskih ventila Danfoss TES 2 s vanjskim izjednačenjem tlaka i sapnicom 01 kapaciteta 2 kW.

7. AUTOMATSKI PUMP-DOWN SISTEM

Pump-down sistem je jedan od načina regulacije temperature rashladne komore. Slika 3. prikazuje izvedbu „pump-down“ sustava.



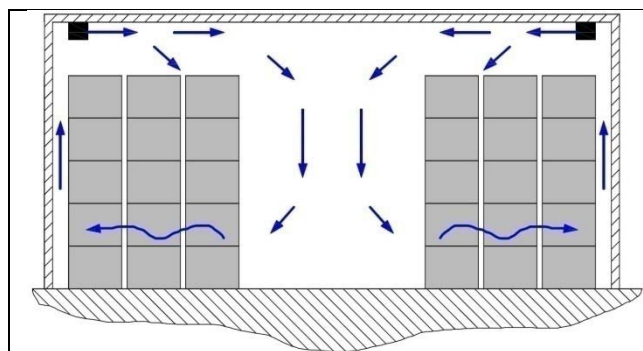
Slika 3. Prikaz „pump-down“ sustava

Iako postoje i jednostavniji načini regulacije temperature, ovaj sustav nudi više prednosti:

- štiti kompresor od odlaska u vakuum
- oslobađa isparivače, usisni vod i sam kompresor radne tvari prije nego kompresor prekine s radom, kako ne bi došlo do migracije radne tvari u kompresor
- Sprečava pojavu kapljevine u usisnom vodu za vrijeme pokretanja kompresora

8. RAZMJEŠTAJ ISPARIVAČA

Dobro strujanje zraka kroz rashladnu komoru je od gotovo jednake važnosti kao i imati dovoljnu količinu rashladnog kapaciteta. Ohlađeni zrak mora biti usmjeren prema jabukama da bi ih ohladio, ali i držao ohlađenima. Topli se zrak tada vrati u rešetku isparivača. S obzirom na to da je rashladni učinak raspodijeljen na 6 isparivača, pokraj istočnog i zapadnog zida nalazit će se po 3 isparivača kako bi se osiguralo ravnopravno strujanje zraka kroz rashladnu komoru. Slika 4. prikazuje presjek rashladne komore gledano od sjevera ili juga, kao i strujanje zraka u komori.



Slika 4. Skica smještaja isparivača i strujanje zraka (pogled od sjevera)

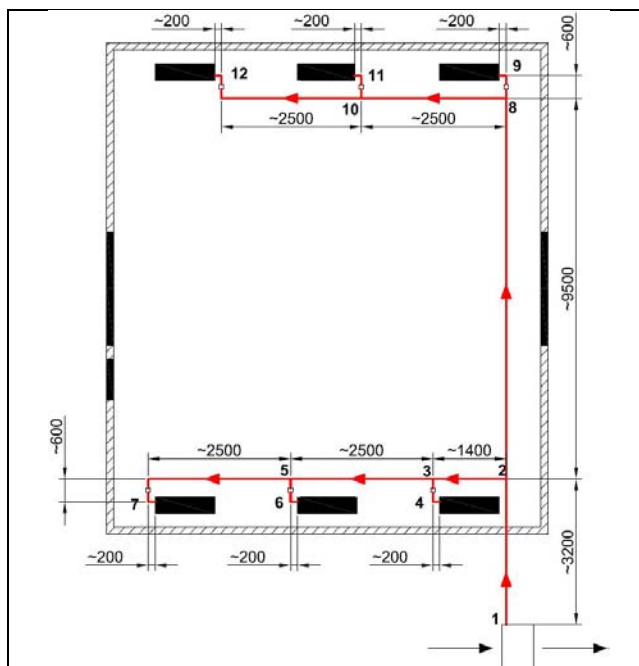
9. SPOJNI VODOVI

Rashladni sustavi su dizajnirani tako da padovi tlaka zbog trenja u cjevovodima ne budu veći od razlike tlakova ekvivalentnim određenoj promjeni temperature zasićenja. Dakle, referentna vrijednost kod određivanja pada tlaka jest promjena temperature zasićenja. U većini slučajeva, rashladni sustavi dizajnirani su tako da im padovi tlaka zbog trenja u cjevovodima ne rezultiraju promjenom temperature zasićenja većom od 1 °C za svaki vod. Treba obratiti pozornost na brzinu radne tvari u cjevovodima. Brzina radne tvari u usisnom cjevovodu trebala bi biti od 4.5 do 20 m/s, a brzina radne tvari u kapljevinskom cjevovodu ne bi smjela prelaziti 1.5 m/s [2].

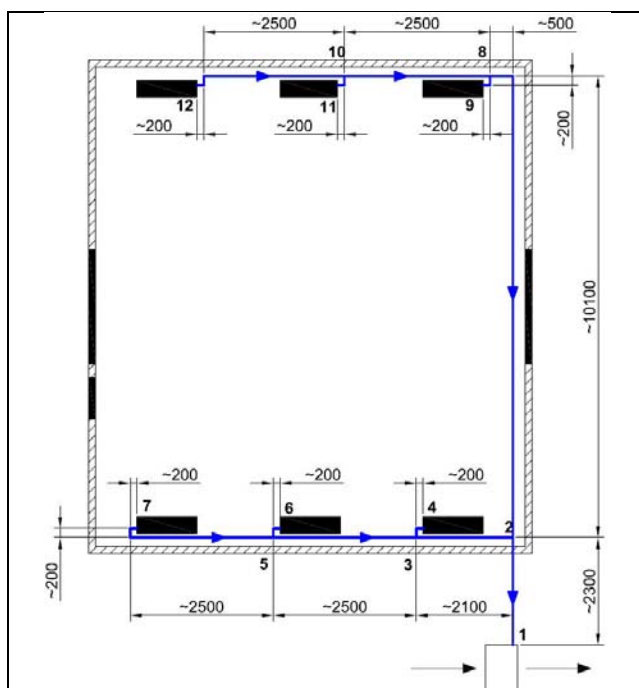
Da bi se pravilno utvrdio promjer, potrebno je odrediti poželjni promjer pojedinog voda u skladu s preporučenim brzinama strujanja radnih tvari, a zatim izračunati pad tlaka kroz vodove na temelju tablica s ostvarenim učincima pri protoku radne tvari R404A kroz cjevovod. Potrebno je također pretpostaviti da padovi tlaka u svim elementima spojenima na pojedini vod i svim spojnica izraženi u ekvivalentnoj dužini

cjevovoda iznose 50 – 100 % ukupne duljine cjevovoda. Ako najveći pad tlaka zbog trenja u cjevovodu odgovara promjeni temperature zasićenja manjoj od 1 °C, treba napraviti dodatni proračun sa stvarnim elementima i spojnica spojenim na pojedini vod. Padovi tlakova kroz spojnice izraženi u ekvivalentnim dužinama cjevovoda uzimaju se iz tablica. Ako je i tada promjena temperature zasićenja manja od 1 °C, cjevovod je pravilno dimenzioniran [2].

Slike 5. i 6. prikazuju skice kapljevinskog i usisnog cjevovoda rashladne komore prema kojima je napravljen proračun.



Slika 5. Skica rasporeda kapljevinskih vodova



Slika 6. Skica rasporeda usisnih vodova

Promjer maksimalnog ili minimalnog promjera voda određuje se u skladu sa željenim brzinama strujanja prema sljedećoj jednadžbi:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot \dot{m} \cdot v_1}{\pi \cdot w}}, \quad (22)$$

gdje je:

- d – unutrašnji promjer cjevovoda (m)
- $\dot{m}$ – maseni protok (kg/s)
- v_1 – specifični volumen radne tvari u točki 1 rashladnog procesa (m³/kg)
- w – brzina strujanja radne tvari (m/s)

Promjena temperature zasićenja radne tvari u određenom vodu izračunava se iz jednadžbe:

$$\Delta\vartheta_{Z-ST} = \Delta\vartheta_{Z-TA} \cdot L_{ST} \cdot \left(\frac{\dot{Q}_{ST}}{\dot{Q}_{TA}}\right)^{1.8} [2], \quad (23)$$

gdje je:

- $\Delta\vartheta_{Z-ST}$ – stvarna promjena temperature zasićenja (°C)
- $\Delta\vartheta_{Z-TA}$ – tablična promjena temperature zasićenja (°C/m)
- L_{ST} – stvarna duljina voda (m)
- $\dot{Q}_{ST}$ – stvarni potrebni kapacitet (kW)
- $\dot{Q}_{TA}$ – tablični kapacitet (kW)

Procjena pada tlaka zbog trenja radne tvari u vodu izračunava se prema jednadžbi:

$$\Delta p_{TR} = L_{ST} \cdot \Delta p' \cdot \left(\frac{\dot{Q}_{ST}}{\dot{Q}_{TA}}\right)^{1.8} [2], \quad (24)$$

gdje je:

- Δp_{TR} – pad tlaka zbog trenja u vodu (Pa)
- L_{ST} – stvarna duljina voda (m)
- $\Delta p'$ – tablična vrijednost pada tlaka (Pa/m)
- $\dot{Q}_{ST}$ – stvarni potrebni kapacitet (kW)
- $\dot{Q}_{TA}$ – tablični kapacitet (kW)

Ako kod kapljevinskog cjevovoda postoji vertikalni vod sa strujanjem kapljevine prema gore, doći će do dodatnog pada tlaka. Kod takvih slučajeva pad tlaka iznosi otprilike 11.3 kPa/m[2].

Služeći se formulama i skicama spomenutim u ovom poglavlju proračunom su dobiveni sljedeći rezultati:

- Maksimalna promjena temperature zasićenja zbog pada tlaka uslijed trenja: 0.95 °C
- Maksimalna promjena temperature zasićenja zbog ukupnog pada tlaka: 2.5 °C
- Maksimalna promjena temperature zasićenja u usisnom cjevovodu: 0.6 °C

U tablici 6. nabrojene su duljine i unutarnji promjeri svih potrebnih spojnih vodova po sektorima u skladu sa slikama 5. i 6.

Vrsta cjevovoda	Sektor	Duljina, m	Unutarnji promjer, mm
Kapljevinski cjevovod	1 – 2	8.2	12
	2 – 3	1.4	10
	3 – 4	0.8	10
	3 – 5	2.5	10
	5 – 6	0.8	10
	5 – 7	3.3	10
	2 – 8	9.5	10
	8 – 9	0.8	10
	8 – 10	2.5	10
	10 – 11	0.8	10
	10 – 12	3.3	10
Usisni cjevovod	1 – 2	7.3	28
	2 – 3	2.1	22
	3 – 4	0.4	15
	3 – 5	2.5	18
	5 – 6	0.4	15
	5 – 7	2.9	15
	2 – 8	10.6	22
	8 – 9	0.4	15
	8 – 10	2.5	18
	10 – 11	0.4	15
	10 – 12	2.9	15

Tablica 6. Dimenzije svih potrebnih spojnih vodova

10. ZAKLJUČAK

Projektiranje rashladne komore i rashladnog procesa jedan je od najsloženijih termodinamičkih proračuna. Treba puno informacija da bi se napravio kompletan i što temeljitiji proračun, a osoba koja to radi mora biti dobro upoznata s rashladnom tehnikom i termodinamikom. U radu je s većom ili manjom preciznošću napravljen ručni proračun dimenzija izolacije, toplinskog opterećenja i dimenzija cjevovoda, te su odabrane komponente rashladnog sustava s obzirom na dobivene rezultate. Svaki od ovih segmenata projektiranja ovisi o mnogo ulaznih varijabli i ovisni su jedan o drugome, te je potrebno s posebnom pozornošću razmotriti i izračunati svaki segment. U radu su izneseni korisni savjeti, rješenja i prečaci mnogih ljudi i tvrtki koje se godinama bave rashladnom tehnikom. U nekim poglavljima rada korišteni su i programski alati, pretežito zbog nedostatka pisane literature na traženu temu ili zbog potrebe za što preciznijim proračunom i odabirom komponenata.

11. LITERATURA

- [1] Heatcraft Engineering Manual, (2008), *Commercial Refrigeration, Cooling and Freezing, Load Calculation and Reference Guide*, H-ENGM0408, http://www.heatcraft.com/products/PDF/Misc/E_M.pdf, 11. lipanj 2011.
- [2] ASHRAE Handbook, (2006), *Refrigeration S-I Edition*, American Society of Heating, Atlanta,
- [3] Alaska Food Coalition, (2010), *FIFO: First In First Out*, Volume 3, Number 6,

- <http://www.alaskafood.org/materials/FIFO.pdf>, 11. lipanj 2011.
- [4] Fraser H.W., (1992), *Sizing and Laying Out a Short-Term (Summer) Refrigerated Storage for Fruits and Vegetables*, <http://www.omafra.gov.on.ca/english/engineer/facts/92-124.htm#Storage%20Shape>, 11. lipanj 2011.
- [5] Vujić S.: *Rashladni uređaji*, Univerzitet u Beogradu, 1980, ISBN 86-7083-153-8
- [6] ASHRAE Handbook, (2009), *Fundamentals S-I Edition*, American Society of Heating, Atlanta,
- [7] Pavković B., Božunović A.: *Tehnika hlađenja*, Sveučilište u Rijeci, Rijeka

NAPETOSNA KOROZIJA

Horvat M.¹, Samardžić I.², Kondić V.¹

¹Veleučilište u Varaždinu, Varaždin, Hrvatska

²Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Slavonski Brod, Hrvatska

Sažetak: Napetosna korozija je vrlo neugodan lokalni korozijski proces koji do danas u cijelosti nije obrađen i razjašnjen. Radi se o korozijskom fenomenu koji najčešće vrlo lagano interkristalno ili transkristalno razara strukturu materijala i nerijetko iznenada dovodi postrojenja izvan upotrebe.

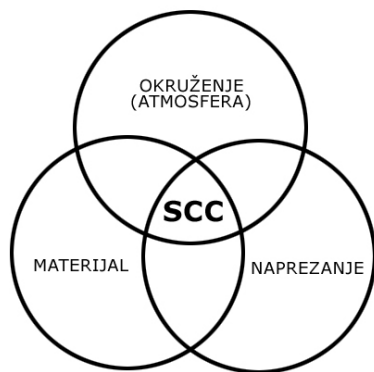
Ključne riječi: korozija, napetosna korozija, konstrukcijski materijali

Abstract: Stress corrosion cracking is a very troublesome local corrosion process that has still not been fully addressed and understood. It is a corrosion phenomenon, which usually quite easily destroys the structure of materials which show intergranular or transgranular crack patterns; this often results with plants out of service.

Key words: corrosion, stress corrosion cracking, construction materials

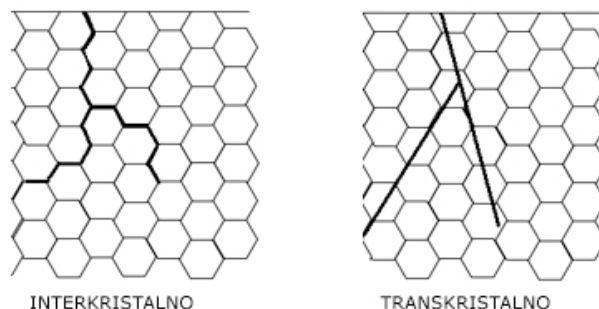
1. OPĆENITO O NAPETOSNOJ KOROZIJI

Napetosna korozija (eng. SCC – Stress Corrosion Cracking) je selektivni oblik korozije koji nastaje u tehničkim materijalima zbog istodobnog djelovanja okoline, eksploatacije, mehaničkih naprezanja te korozijskih reakcija [1, 2, 3].



Slika 1. Čimbenici koji utječu na pojavu napetosne korozije [3]

Napetosnu koroziju izazivaju vlačna naprezanja koja su češće unutarnja (zaostala) nego vanjska (nametnuta), a uglavnom su posljedica zaostalih naprezanja zbog hladne deformacije ili zavarivanja u okolini povišene temperature, tlaka i opasnih otopina koje sadrže halogenide, kloride alkalnih i zemnoalkalnih metala, sumporovodika i sl. Pukotine napreduju okomito na smjer vlačnog naprezanja, a šire se interkristalno i transkristalno (slika 3.).



Slika 2. Načini širenja pukotina kod napetosne korozije [4]

Iako se napetosna korozija najčešće veže uz nehrđajuće čelike, ovaj tip korozije javlja se i u drugim materijalima i njihovim legurama, ali i u tehničkim materijalima kao što su polimeri, staklo, keramika itd. [1, 3].

Vezano uz materijale kod kojih se pojavljuje te uz mehanizme u kojima nastaje, napetosna korozija dobila je i posebna imena kao što je npr. SSC – Sulphide Stress Cracking za napetosnu koroziju koja nastaje istodobnim djelovanjem sumporovodika (H_2S) i vlačnih naprezanja; "Season cracking" za napetosnu koroziju mjedi u agresivnoj okolini amonijaka ili "Caustic cracking" za kombinaciju čelika i jakih lužina.

2. POJAVA NAPETOSNE KOROZIJE

Korozijski procesi koji izazivaju napetosnu koroziju teško su uočljivi, a najčešće se javljaju tijekom eksploatacije. Rezultiraju velikim gubitkom mehaničke čvrstoće, kasnije i lomom, a sve to uz mali gubitak mase materijala. Srećom, za pojavu i nastanak napetosne korozije istodobno moraju biti ispunjena tri uvjeta (slika 3.) [3]:

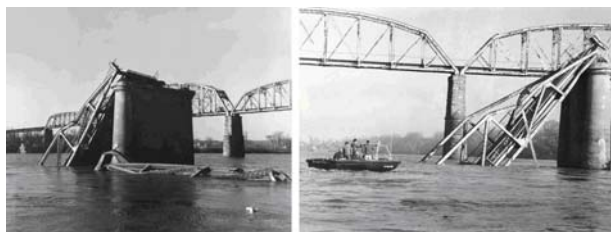
1. Materijal sklon napetosnoj koroziji
2. Agresivni medij koji u kombinaciji s materijalom pogoduje nastanku napetosne korozije
3. Naprezanje

Napetosna korozija je relativno rijetka pojava (zbog uvjeta istovremenog djelovanja spomenutih faktora), ali štete koje nastaju njenim djelovanjem mogu biti velikih razmjera [3].



Slika 3. Čimbenici koji utječu na pojavu napetosne korozije [6]

Jedan od primjera je i rušenje mosta Silver Bridge preko rijeke Ohio koji se dogodio 1967. Godine, pri čemu je poginulo 46 ljudi koji su se u tome trenutku našli na mostu. Katastrofu je izazvala napetosna korozija spoja mosne konstrukcije i lanca mosta, a kao rezultat zaostalih i vlačnih naprezanja, temperature i okoline. Nesreća je i dovela do inspekcije svih mostova u državi (slika 4.) [7].



Slika 4. Činitelji koji utječu na pojavu napetosne korozije[7]

Proces napetosne korozije možemo podijeliti u 4 glavne faze:

1. Inkubacija
2. Inicijacija pukotine
3. Prodiranje (propagacija) pukotine
4. Lom

Mnogo je mehanizama koji utječu na nastanak i razvoj napetosne korozije, ali ih možemo podijeliti u dvije glavne skupine [3]:

1. Anodni mehanizmi
2. Katodni mehanizmi

U samome procesu napetosne korozije oba mehanizma nastaju, a rezultat širenja pukotine povezujemo s jednim od njih. Mehanizmi koji u interakciji s materijalom uzrokuju napetosnu koroziju, a time i konačan lom kao posljednju fazu ovog tipa korozije, mogu biti sljedeći:

- apsorpcija medija u materijal
- reakcija površine materijala
- reakcije u pukotini materijala
- površinski slojevi i filmovi materijala

Spomenuti mehanizmi zasebno nisu dovoljni za nastanak i propagaciju napetosne korozije. Oni zahtijevaju međudjelovanje s raznim kemijskim procesima i reakcijama koji direktno utječu na brzinu širenja pukotine. Pojavom većeg broja mehanizama te procesa i reakcija koje pogoduju napetosnoj koroziji, brzina

propagacije napetosne korozije bit će veća neovisno o postojećem naprezanju [3]. Spomenute reakcije i procesi kojima je određena vrijednost i brzina propagacije pukotine u napetosnoj koroziji su:

- naprezanje
- reakcije otopina u blizini otopine
- površinska apsorpcija na pukotini ili u blizini pukotine
- površinska difuzija
- površinske reakcije
- volumenska apsorpcija
- volumenska difuzija u plastičnoj zoni prije nastanka pukotine
- kemijske reakcije
- veličina međuatomskih šupljina

Iz ovih procesa i reakcija vidljivo je da okolina eksploatacije ima veliki utjecaj na nastanak i širenje napetosne korozije preko sljedećih parametara:

- temperatura
- tlak
- vrsta otopine
- koncentracija otopine i njena aktivnost
- pH vrijednost
- elektrodni potencijal
- viskoznost otopine
- miješanje

Mijenjajući bilo koji od spomenutih parametara, proces nastanka i širenja napetosne korozije moguće je ubrzavati, usporavati ili zaustaviti [3]. Od mehanizama važno je istaknuti 3 koji su najčešći uzrok napetosne korozije:

1. Aktivno područje razaranja
2. Vodikova krhkost
3. Raspucavanje površinskog sloja (filma)

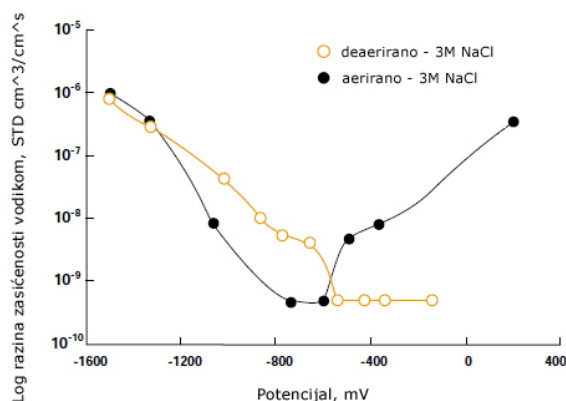
Napetosna korozija nije neizbježan proces, a za većinu metala u većini okruženja neće se ni pojaviti. Iz tog razloga moguće je identificirati specifične kombinacije metala i okoline (okruženja) koje mogu biti problem napetosne korozije [9].

3. UTJECAJ OKOLINE

Pojava vodikove krhkosti je proces koji nije čvrsto vezan uz utjecaj okoline (okoline koja izaziva napetosnu koroziju), već ga smatramo katodnom korozijskom reakcijom. Za razliku od vodikove bolesti, druga dva mehanizma nastajanja napetosne korozije (aktivno područje razaranja i raspucavanje površinskog sloja) ovise o utjecaju okoline (okruženja), te je ona osnovni uvjet za pojavu napetosne korozije. To je zato što nastajanje i širenje napetosne korozije direktno ovisi o specifičnim reakcijama okoline u samom vrhu pukotine i reakcijama unutar pukotine. Sa samo malim promjenama okoline jednu od ovih reakcija moguće je izbjeći, a samim time možemo izbjeći nastanak ili širenje napetosne korozije. Stoga ove zahtjeve smatramo korisnima jer pokazuju da napetosna korozija nije čest oblik korozije, ali istodobno otežavaju njeno otkrivanje [3, 8].

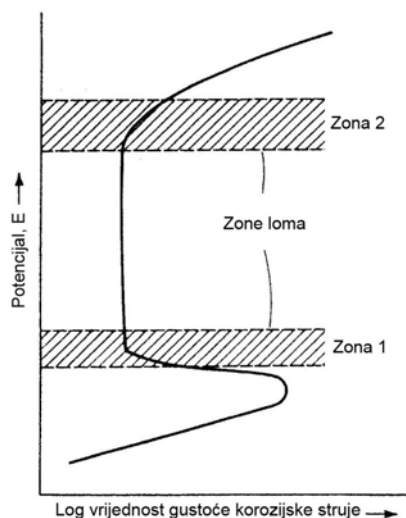
4. UTJECAJ ELEKTRODNOG POTENCIJALA

Elektrodni potencijal može imati važan utjecaj na nastanak napetosne korozije. Kod visokočvrstih čelika veći negativni potencijal pridonosi većoj topivosti vodika u metalu. Manje je poznato, no i potencijal veći od tipičnog slobodnog korozijskog potencijala također može povećati topivost vodika. Ovisnost vrijednosti elektrodnog potencijala i otapanja vodika u kristalnoj rešetki prikazana je slikom 5.



Slika 5. Utjecaj elektrodnog potencijala na ulazak vodika u kristalnu rešetku [8]

Elektrodni potencijal ima također značajan utjecaj kod materijala koji sami formiraju zaštitni sloj (npr. nehrđajući čelici, aluminij). Kod takvih procesa koroziju može pospješiti elektrodni potencijal veće vrijednosti od granične. Pukotina tada nastaje u zonama prijelaza potencijala (slika 6.). Zone 1 i 2 su zone u kojima nastaje transkristalna napetosna korozija, dok interkristalna napetosna korozija može nastati u širem rasponu vrijednosti potencijala. Zona 1 je zona prijelaza aktivne korozije u formiranje pasivnog sloja (filma), dok je zona 2 zona prijelaza iz pasivnog sloja u područje gdje pukotina može biti inicirana "pittingom" [8, 11].



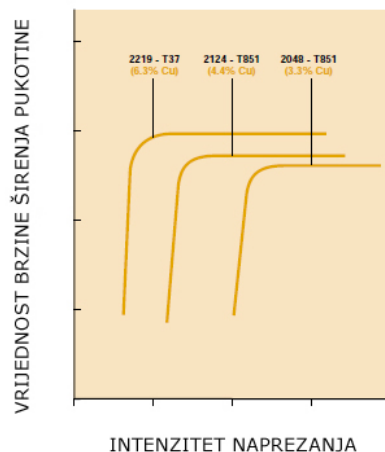
Slika 6. Utjecaj elektrodnog potencijala na osjetljivost prema napetosnoj koroziji [11]

Utjecaj elektrodnog potencijala u praksi najčešće ne kontroliramo direktno, već njegov utjecaj smanjujemo posredno utjecajem na okolinu.

5. UTJECAJ MATERIJALA

Sastav materijala (legure), mikrostruktura i toplinska obrada također utječe na razvoj napetosne korozije. Postoji nekoliko općih pravila koja određuju utjecaj čvrstoće materijala na napetosnu koroziju. Kada je mehanizam nastanka napetosne korozije vodikova krhkost, tada s povećanjem čvrstoće materijala raste i osjetljivost na napetosnu koroziju. Na materijalima kod kojih primjenjujemo plastičnu deformaciju, osjetljivost na napetosnu koroziju veća je ako je čvrstoća materijala manja.

Sasvim male promjene u kemijskom sastavu materijala mogu imati značajan utjecaj na osjetljivost prema napetosnoj koroziji. Slika 7. prikazuje utjecaj bakra (Cu) na vrijednost rasta pukotine u Al-Cu-Mg leguri. Male promjene u postotku koncentracije bakra imat će za posljedicu promjenu osjetljivosti legure prema koroziji, ali važno je napomenuti da će se isto tako promijeniti reakcija legure prilikom toplinske obrade [3, 8].



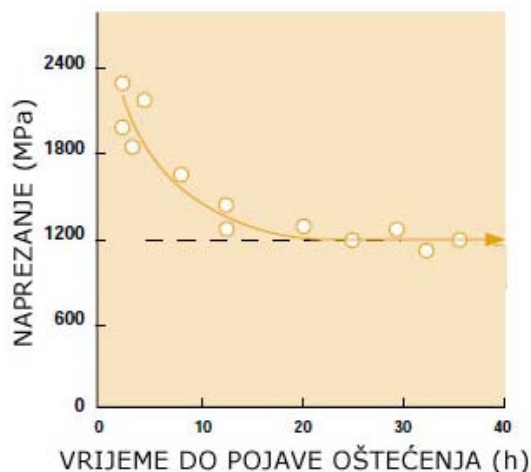
Slika 7: Utjecaj sadržaja bakra (Cu) na vrijednost brzine širenja pukotine [8]

Isto tako, primjena pojedinih legiranih elemenata ne znači nužno bolju otpornost na koroziju, jer dodavanje pojedinih elemenata može povećati osjetljivost prema nekom drugom obliku korozije (npr. legiranje molibdenom niskolegiranih čelika povećava sklonost prema kaustičnoj napetosnoj koroziji, a smanjuje osjetljivost prema karbonatnoj/bikarbonatnoj napetosnoj koroziji) [8].

Na napetosnu koroziju utječe i toplinska obrada. Najbolji primjer za to je austenitni nehrđajući čelik koji je podložan nastanku napetosne korozije u kloridnim okruženjima. Ovisno o termomehaničkim promjenama koje su izazvane na ovom materijalu, u istom agresivnom okruženju lom može biti transkristalni (normalni termomehanički tretman), interkristalni (senzibilizacija) ili pojava vodikove krhkosti (valjanje) [3, 8].

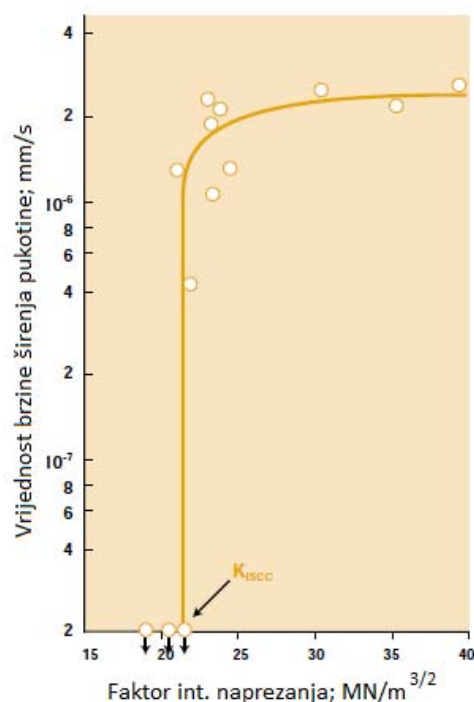
6. UTJECAJ NAPREZANJA

Naprezanje je jedan od nužnih čimbenika u napetosnoj koroziji. Čest je slučaj da je veličina narinutog naprezanja manja od veličine naprezanja koje može izazvati pukotinu i lom. Slika 8. prikazuje takvu pojavu na primjeru "maraging" čelika u okruženju 3,5% NaCl otopine. U primjeru je vrijednost rasta pukotine, pa u najgorem slučaju će biti takva da se konačan lom neće dogoditi u realnom vremenu.



Slika 8. Utjecaj naprezanja na vrijeme do pojave oštećenja za "maraging" u 3,5% otopini NaCl [8]

I kod ovako niskih vrijednosti narinutih naprezanja dolazi do napetosne korozije. Razlog tome su realni materijali koji sadržavaju pogreške u strukturi, loše dizajnirane konstrukcijske detalje, zaostala naprezanja zbog hladne deformacije ili zavarivanja te ostale pogreške koje mogu izazvati koncentraciju naprezanja. U tim zonama lokalno će razina naprezanja biti mnogo veća od nominalne koja izaziva nastanak i propagaciju pukotina. Zbog toga, umjesto mjerenja i određivanja vremena do nastanka kvara (pukotine) na nekom primjeru, određujemo vrijednost rasta pukotine (postojeće) u funkciji faktora intenziteta naprezanja pri vrhu pukotine. Slika 9. pokazuje rezultate takvog postupka. Rezultat grafa je granica ispod koje se pukotina neće širiti. Tu granicu nazivamo faktor intenziteta naprezanja i označavamo je s K_{ISSC} . Jednom kada vrijednost naprezanja premaši vrijednost K_{ISSC} , vrijednost rasta pukotine naglo se povećava sve do gornje granične vrijednosti (eng. the plateau crack growth or velocity) rasta pukotine poslije koje se daljnjim naprezanjem pukotina širi manjom brzinom. Kada naprezanje prijeđe granicu K_{IC} (kritična intezivnost naprezanja), pojavu više ne smatramo korozijskom reakcijom već čistim mehaničkim procesom [8, 11].



Slika 9. Odnos brzine širenja pukotine i faktora intenziteta naprezanja [8]

U principu K_{ISSC} pruža vrlo dobru osnovu za upravljanje napetosnom korozijom. Osiguravanjem da kombinacija vrijednosti naprezanja i veličine pogreške (pukotine) u materijalu ne prelazi K_{ISSC} rezultira stagnacijom širenja pukotine i sprečavanjem napetosne korozije. Međutim, valja biti oprezan kod odabira vrijednosti K_{ISSC} jer treba uzeti u obzir i okruženje u kojem se nalazi materijal.

7. NAPETOSNA KOROZIJA OSNOVNIH KONSTRUKCIJSKIH MATERIJALA

7.1. Napetosna korozija ugljičnih čelika

Napetosna korozija ugljičnih i niskolegiranih čelika je česti problem koji se javlja u različitim industrijama kao što su kemijska, naftna i plinska, proizvodnja papira, rafinerije, elektrane i sl. Narinuta naprezanja često su vrlo mala, a agresivna okolina može biti tako blaga da ju je ponekad i teško detektirati.

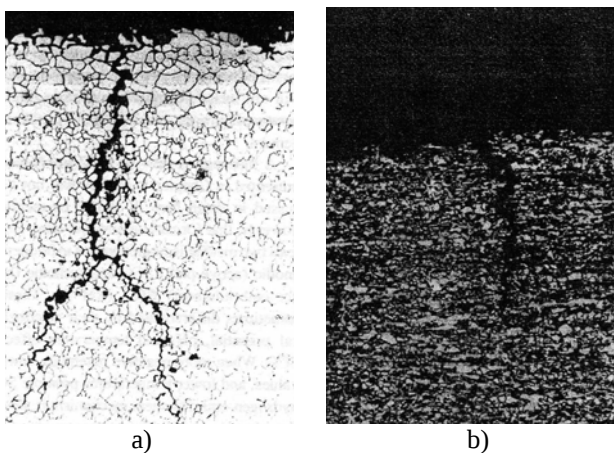
Najčešći mehanizmi nastajanja napetosne korozije kod ovih materijala su vodikova krhkost (katodni mehanizam) i aktivno područje razaranja (anodni mehanizam).

Interkristalni lom zbog napetosne korozije najčešće se javlja kada su ovi materijali izloženi neutralnim ili kiselim okruženjima. Najčešće su to vodene otopine klorida, hidroksida te otopine koje sadržavaju amonijak ili bikarbonate [3].



Slika 10. Primjer napetosne korozije ugljičnog čelika – interkristalni karakter loma [5]

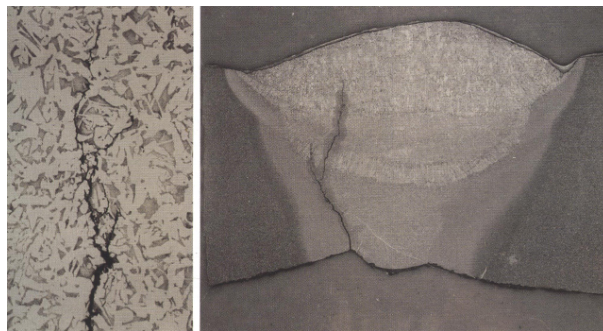
Transkristalni lom najčešće je posljedica djelovanja sumporovodika. To je ujedno i jedna od najopasnijih vrsta napetosne korozije. Nazivamo je još i sulfidna napetosna korozija (SSC – Sulphide Stress Cracking). Nastupa ako je vlačno napregnuta konstrukcija u dodiru sa sumporovodikom (H_2S). Reakcijom željeza i sumporovodika stvara se atomarni vodik koji difundira u kristalnu rešetku, uzrokuje izvitoperenje i napetost rešetke što dovodi do pojave mikronapuklina. Čelici su osjetljiviji na sulfidnu napetosnu koroziju što im je viša čvrstoća (tvrdoća). Prihvatljivim se smatraju vrijednosti $R_{p0,2} < 660 \text{ N/mm}^2$, odnosno tvrdoće $HRC < 22$ [3].



Slika 11. Napetosna korozija ugljičnog čelika: a) interkristalan lom (100x), b) transkristalan lom (100x) [3]

Osim agresivnog okruženja potrebno je naglasiti ostale čimbenike koji utječu na napetosnu koroziju ugljičnih i niskolegiranih čelika, a to su:

- kemijski sastav materijala
- mikrostruktura i toplinska obrada
- mehanička svojstva
- hladno oblikovanje
- zavarivanje



Slika 12. Primjer napetosne korozije ugljičnog čelika u zoni zavarenog spoja – interkristalan lom [5]

U prevenciji napetosne korozije ugljičnih i niskolegiranih čelika najvažniji je pravilan odabir materijala. Iako područje napetosne korozije ovih materijala nije temeljito istraženo, postoje vodiči koji jako olakšavaju odabir materijala u ovim slučajevima. Jedan od njih je i NACA MR-01-75 standard koji je izrađen za agresivno okruženje sumporovodika. Ovaj standard uzima u obzir koncentraciju legiranih elemenata, stupanj plastične deformacije i toplinsku obradu materijala, kao i preporuke za toplinsku obradu dijela nakon zavarivanja [3].

Iako ne pripadaju ovoj skupini materijala, važno je istaknuti i utjecaj napetosne korozije na visokočvrste čelike. To su čelici s vrijednostima granice razvlačenja $R_{p0,2} > 1000 \text{ N/mm}^2$. Vodikova krhkost dominantan je mehanizam nastajanja napetosne korozije ovih čelika, a utjecaj okruženja u većini slučajeva je gotovo zanemariv. Iz ove skupine materijala uz napetosnu koroziju najčešće povezujemo nisko i visoko legirane te "maraging" čelike [1, 3, 8].

7.2. Napetosna korozija legura na bazi bakra

Fenomen napetosne korozije prvi je put istraživao na bakrenoj leguri (mjedi – leguri bakra i cinka) prije više od 80 godina u Indiji. Napetosna korozija javljala se na uskladištenom streljivu (čahurama) tijekom sezone monsunskih kiša, koje je bilo uskladišteno blizu konjušnica (izvor amonijaka) - slika 13.



Slika 13. Napetosna korozija čahura streljiva nastala u agresivnom okruženju amonijaka [12]

Radilo se o hladno oblikovanim α -mjedima kod kojih se tijekom hladnog oblikovanja dislokacije nakupljaju na granicama zrna radi čega ta mjesta poprimaju stanja s višom energijom. Korozija se može javiti u prisutnosti manjih količina amonijaka i vlage, prodire interkristalno budući da su područja uz granice zrna "anodna" prema njihovoj okolini. Zbog korozije oslabljuju veze po granicama zrna i pojavljuju se napukline zbog prisutnosti zaostalih napreznja. Ovu vrstu napetosne korozije još nazivamo "season cracking" budući da se javljala u sezonama monsunskih kiša [1, 3, 8 9, 12].



Povećanje 100×

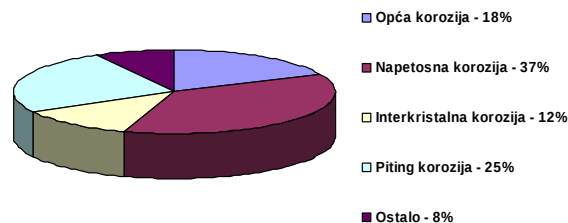


Povećanje 500×

Slika 14: Napetosna korozija legure na bazi bakra s udjelom Zn od 15% [12]

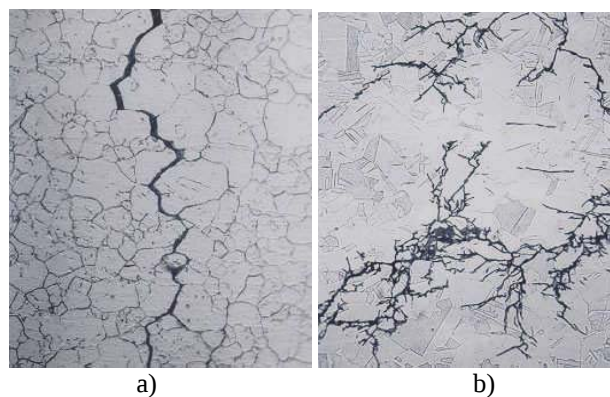
7.3. Napetosna korozija nehrđajućih čelika

Napetosna korozija nehrđajućih Cr-Ni čelika je lokalni korozijski proces koji ni do danas u cijelosti nije obrađen i razjašnjen. Radi se o korozijskom fenomenu koji transkristalno ili interkristalno razara strukturu materijala i nerijetko iznenada dovodi postrojenja izvan upotrebe. Na nastanak i razvoj napetosne korozije djeluje više čimbenika te ju je najčešće teško predvidjeti i otkriti prije njene završne faze – loma. Ovaj oblik selektivne korozije ujedno je i najčešći korozijski proces koji zahvaća ovu skupinu materijala - slika 15. [2, 9].



Slika 15: Raspodjela korozije nehrđajućih čelika u kemijskoj i procesnoj industriji [9]

Napetosna korozija nehrđajućih čelika najčešće se javlja u opasnim elektrolitima koji sadrže Cl^- i OH^- (visoka pH vrijednost) ili H_2S . Napreznja koja su uvjet za nastajanje ovog oblika korozije najčešće su zaostala napreznja (unutarnja) koja su posljedica plastične deformacije materijala, zavarivanja ili nekih drugih tehnoloških procesa. S povećanjem koncentracije elektrolita, za pojavu napetosne korozije dovoljne su manje vrijednosti napreznja. Osim već spomenutih utjecajnih faktora, za pojavu napetosne korozije nehrđajućih čelika važnu ulogu ima i temperatura. Ispod 55°C ovaj oblik korozije se ne pojavljuje. Transkristalni lom nastupa najčešće na temperaturama većim od 80°C , dok je na nižim temperaturama češći slučaj interkristalnog loma. Prema NiDI (Nickel Development Institute) koji je na 80 uzoraka istražio napetosnu koroziju nehrđajućih austenitnih čelika serije 300, pokazalo se da je u 76% slučajeva (61 uzorak) priroda loma bila transkristalna (TGSCC) [1, 2, 9].



Slika 16. a) Interkristalna napetosna korozija AISI304 čelika, b) Transkristalna napetosna korozija AISI 316 čelika [3]

Gledajući s aspekta utjecaja okoline na razvoj i propagaciju napetosne korozije, u većini slučajeva koroziju ove skupine materijala izazvalo je kloridno okruženje (32% slučajeva).

Mehanizam nastajanja napetosne korozije ponajviše ovisi o vrsti legure (kemijski sastav, mikrostruktura, toplinske promjene itd.) i o agresivnom mediju u kojem se nalazi. Isti materijali u različitim agresivnim sredinama ne moraju biti skloni napetosnoj koroziji i obrnuto. Dodatni je problem što se napetosna korozija nehrđajućih čelika može inicirati zasebno, ali kao klice za njen razvoj mogu poslužiti žarišta jamičaste i interkristalne korozije.

Iz ovih razloga ponekad je vrlo teško definirati mehanizam nastajanja i propagacije napetosne korozije pa se zbog toga i često koriste dodatni termini kao što su kloridna napetosna korozija, kaustična napetosna korozija, politionska napetosna korozija itd. Oni direktno povezuju napetosnu koroziju s agresivnim medijem u kojem je nastala.

Napetosna korozija, baš kao i ostale vrste selektivne korozije, nastaje zbog djelovanja aktivno-pasivnih članaka, ali u ovom slučaju uz prisutnost vlačnih naprezanja. Sam proces korozije vrijedi kao i za ostale materijale: inkubacija-inicijacija pukotine-propagacijom [1, 2, 9]



Slika 17. Kloridna napetosna korozija AISI 316 čelika – transkristalan lom [5]

7. ZAKLJUČAK

Napetosna korozija je oblik korozije koji nije čest, ali njena pojava može imati nesagledive posljedice. Nastaje istodobnim djelovanjem triju faktora (osjetljivi materijal, agresivno okruženje, naprezanje), pa postoji više pristupa koje možemo upotrijebiti za njeno sprečavanje.

U idealnim uvjetima sprečavanje napetosne korozije počinje već u fazi projektiranja. Pravilnim odabirom materijala, kontrolom okruženja i naprezanja možemo izbjeći napetosnu koroziju. No, to nije uvijek moguće. Postoje konstrukcije gdje rizik od pojave napetosne korozije mora biti minimalan (npr. nuklearni reaktor) ili konstrukcije gdje je nemoguće izbjeći ovaj oblik korozije (cjevovodi za transport agresivnih medija). U ovakvim slučajevima ne govorimo o prevenciji napetosne korozije već o upravljanju napetosnom korozijom (kontrola procesa u svrhu izbjegavanja većih šteta).

Ako je to moguće, napetosnu koroziju je najlakše izbjeći pravilnim konstrukcijskim rješenjima te odabirom materijala koji u kombinaciji s agresivnim okruženjem nije podložan ovom obliku korozije. To nije uvijek moguće jer postoje agresivna okruženja koja u kombinaciji s gotovo svim materijalima izazivaju napetosnu koroziju, a ponekad izbor materijala diktira i njegova cijena.

Sljedeća mogućnost je uklanjanje naprezanja. Najčešće se radi o uklanjanju zaostalih naprezanja koja su posljedica tehnoloških postupaka (zavarivanje, deformacija, toplinska obrada...). Uklanjanje zaostalih naprezanja žarenjem najčešće se koristi kod ugljičnih

čelika jer je razina naprezanja za pojavu napetosne korozije kod ove skupine materijala relativno visoka. Kod austenitnih čelika u kloridnom okruženja ta je razina naprezanja mnogo manja te je ova metoda rijetko uspješna. Osim toga, ovakva metoda je nemoguća za velike konstrukcije. Osim toplinske obrade moguće je primijeniti i mehaničke obrade koje smanjuju zaostala naprezanja (sačmarenje).

Najizravniji način kontrole napetosne korozije je kontrola agresivnog okruženja. To je i metoda koja je vrlo rijetko moguća jer često same konstrukcije služe za transport agresivnih medija ili se nalaze u agresivnom okruženju koje ne možemo izbjeći. U tom slučaju moguća je primjena prevlaka na materijalima, izmjena elektrodnog potencijala, a vrlo učinkovita može biti primjena inhibitora korozije.

8. LITERATURA

- [1] Filetin, T.; Kovačiček, F.; Indof, J. (2002), *Svojstva i primena materijala*, FSB, Zagreb
- [2] Brkić, S. (2007), *Priručnik – nehrđajući čelici u farmaceutskoj, prehrambenoj i kemijskoj industriji*, Hrvatsko društvo za materijale i tribologiju, Zagreb
- [3] Jones, R.H. (1992), *Stress corrosion cracking*, ASM International, Materials Park
- [4] www.octane.nmt.edu, 02.11.2009.
- [5] Durin, E. (1997), *Corrosion Atlas – a collection of illustrated case history*, Elsevier
- [6] www.fsb.hr/korozija, 02.11.2009.
- [7] www.en.wikipedia.org, 10.09.2009.
- [8] National Physical Laboratory; *Stress Corrosion Cracking – guides to good practise in corrosion control*, Queens Road, Teddington
- [9] Marcus, P.; Oudar, J. (1995), *Corrosion Mechanisms in Theory and Practise*, New York
- [10] www.felmi-zfe.tugraz.at, 02.11.2009.
- [11] ASM International, (2000), *Corrosion fundamentals, testing, and protection*, ASM handbook – Volume 13, Materials Park
- [12] www.answers.com, 02.11.2009.

LOGISTIČKI SUSTAV UPRAVLJANJA ALATIMA, MJERNIM UREĐAJIMA I OPREMOM ZA ISPITIVANJE

Kondić V.¹, Horvat M.¹

¹Velučilište u Varaždinu, Varaždin, Hrvatska

Sažetak: U radu se ukazuje na ulogu logističkog upravljanja kontrolnom, mjernom, ispitnom i drugom opremom koja se koristi u osiguranju kvalitete proizvoda tijekom njegove proizvodnje. Cilj rada je ukazati na mjesto i ulogu mjerne opreme u proizvodnom procesu, na njenu raspoloživost i pouzdanost kako bi se osigurala ujednačena kvaliteta konačnih proizvoda. Pored toga, spominje se važnost nabave, rukovanja, čuvanja, održavanja, umjeravanja i korištenja ove opreme.

Ključne riječi: alati, mjerni uređaj, etaloni, kontrola, logistički sustav upravljanja mjernom opremom, osiguranje kvalitete

Abstract: This paper points to the role of logistics management of control, measuring, testing and other equipment used in product quality assurance during its manufacture. The aim of this paper is to point out the position and the role of the measuring equipment in the production process, to its availability and reliability to ensure consistent quality of final products. Moreover, the importance of purchasing, handling, storage, maintenance, calibration and the use of this equipment are mentioned in the paper.

Key words: tools, measuring device, etalons, control, logistics system of measuring equipment management, quality assurance

1. UVOD

Vrsnoća proizvoda jako ovisi o točnosti i pouzdanosti alata, mjernih i kontrolnih uređaja i opreme za ispitivanje koja se koristi u procesu proizvodnje, ulaznoj, međufaznoj i završnoj kontroli. Alati i mjerni uređaji su fizička sredstva za realizaciju proizvodnje i u isto vrijeme olakšavaju proizvodnju, kontrolu i ispitivanje pozicija, podsklopova, sklopova i gotovih uređaja. Ova će oprema osiguravati ujednačenost proizvoda samo ako postoji sustavni pristup njenom upravljanju. To znači da se kod njene nabave, upotrebe, čuvanja, transporta, umjeravanja i dr. moramo pobrinuti o dosta utjecajnih faktora.

Budući da je ova oprema podložna trošenju, a da bi se osigurali zahtijevani standardi kvalitete proizvoda, osnovno je ustrojiti sustav upravljanja. To znači da ovu opremu i uređaje treba kontrolirati pomoću odgovarajuće mjerne opreme i u odgovarajućim periodima da se

osigura njena stalna točnost, raspoloživost i pouzdanost. Zapisi i druga prikladna evidencija u koje se unose pregledi i kontrola opreme trebaju se voditi i održavati u pisanom ili digitalnom obliku, kako bi se proveo odgovarajući nadzor.

Ovdje su alati i mjerni uređaji:

- alati, naprave, pribor i drugi uređaji koji se koriste u proizvodnom procesu tijekom kontrole kvalitete pozicija, podsklopova, sklopova i gotovih proizvoda;
- mjerni uređaji i oprema za ispitivanje koja se koristi u kontroli i osiguranju kvalitete u proizvodnom procesu (različiti instrumenti, šablone, kalibratori i sl.);
- uređaji koji su projektirani tako da mogu kontinuirano kontrolirati neke od karakteristika proizvoda tijekom procesa (oprema koja se nalazi na proizvodnim linijama, strojevima i sl.);
- etaloni koji se koriste za kontrolu kontrolne i mjerne opreme.

U nastavku se koristi naziv „mjerna oprema“ za sve spomenute alate, opremu, mjerne i ispitne uređaje, a prvo treba definirati pojam mjerenja i kontrole u procesu proizvodnje.

Mjerenje je skup operacija koje se provode mjernom opremom da se odrede brojčane vrijednosti koje pokazuje objekt mjerenja.

Kontrola je operacija kojom se provjerava odgovara li konkretni detalj (parametar kontrole) tehničkim zahtjevima i dopuštenom odstupanju.

U dobro organiziranim proizvodnim procesima potrebno je utvrditi nadzor i mjerenja koja će biti provedena, te je potrebno utvrditi opremu za nadzor i mjerenje kako bi se osigurali dokazi o sukladnosti proizvoda s dogovorenim zahtjevima. U tom smislu, proizvodni proces treba uspostaviti procese koji će osigurati provedbu nadzora i mjerenja, te da se nadzor i mjerenje provode u skladu sa zahtjevima.

Vrsta opreme treba biti:

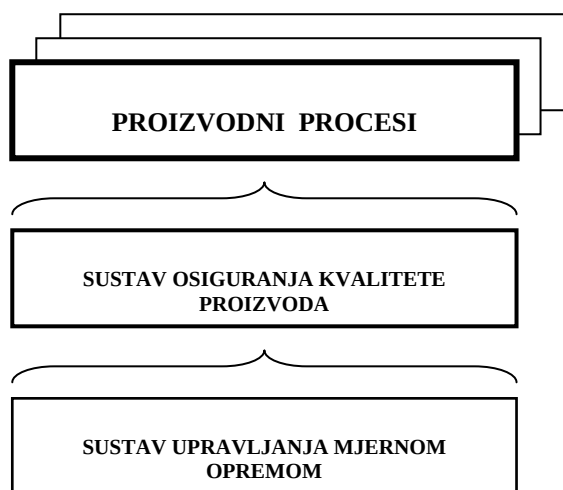
- označena da se olakša upravljanje i utvrđivanje njenog statusa;
- zaštićena od oštećenja i umanjivanja točnosti tijekom rukovanja, održavanja i skladištenja;
- umjerena ili ovjerena (verificirana) u utvrđenim vremenskim razmacima i/ili prije upotrebe,

- prema mjernim etalonima koji su sljedivi do međunarodnih ili nacionalnih mjernih etalona;
- d) prikladna za upotrebu u različitim uvjetima ostvarenja procesa proizvodnje;
 - e) održavana kako bi se osigurala njena tražena raspoloživost i pouzdanost.

Kada se za nadzor i mjerenje utvrđenih zahtjeva upotrebljavaju računalni programi, mora biti potvrđena sposobnost programa da zadovolji namjeravanu primjenu. To se mora poduzeti prije prve upotrebe i ako je nužno ponovno je potvrditi.

2. SUSTAV UPRAVLJANJA MJERNOM OPREMOM

Sustav upravljanja mjernom opremom treba promatrati kao dio sustava za osiguranje kvalitete, odnosno kao dio sustava upravljanja proizvodnim procesom (slika 1.).



Slika 1. Sustav upravljanja mjernom opremom kao dio sustava osiguranja kvalitete proizvoda

Sustav se sastoji od elemenata koji zajedno funkcioniraju, a može se sastojati od procedura, odjela, ručnih i automatiziranih procesa i još nekih drugih elemenata. Sustav upravljanja mjernom opremom kao dio sustava za osiguravanje kvalitete sastoji se iz sljedećih elemenata:

1. organizacijske strukture
2. odgovornosti
3. planiranja procesa
4. uvjeti okoline
5. procedura umjeravanja
6. zahtjevi za točnost
7. rukovanje neispravnom opremom
8. izvori umjeravanja i status
9. zapisi
10. skladištenje
11. rukovanje
12. održavanje

Razumijevanje sustava upravljanja mjernom opremom počinje analizom organizacijske strukture. Jasnije linije

komunikacije, odgovornosti, ovlasti i izvještavanja omogućuju funkcioniranje sustava uz manje poremećaje.

Uvjeti okoline koji utječu na točnost mjerne opreme su vrlo često temperatura, relativna vlažnost, prašina, elektronska zračenja i dr. Nadzor uvjeta okoline spriječiti će nastanak eventualnih odstupanja uzrokovanih promjenom temperature, vlažnosti i dr. Prostorija gdje se čuva mjerna oprema treba se također nadzirati (temperatura $t=20 \pm 2^\circ\text{C}$ i relativna vlažnost $< 50\%$).

Mjernu opremu treba usmjeravati u primjerenim vremenskim razmacima koji se utvrđuju na temelju postojanosti, namjene i upotrebljivosti opreme. Vremenski razmaci trebaju biti takvi da se umjeravanje ponovno provede prije bilo kakve promjene točnosti koja je važna za upotrebu opreme. Ovi se razmaci ne smiju produžavati sve dok prethodna umjeravanja ne pruže dokaze da takvo djelovanje neće štetno utjecati na povjerenje u točnost mjerne opreme. U našim poduzećima postoji mnogo mjerne opreme, pa za konkretno praćenje statusa mjernih uređaja treba voditi preciznu evidenciju. Danas se za takve poslove koriste računala i posebni programi.

Pisani standardi moraju se tako uskladiti da izbjegavaju eventualne netočnosti pri mjerenju zbog različitih postupaka, uvjeta okoline ili zbog izbora standarda višeg stupnja. Četiri su moguća izvora procedura za mjernu opremu:

- a) preporuka proizvođača mjerne opreme
- b) zakonska regulativa
- c) objavljeni standardi
- d) iskustvo i potreba proizvođača

Izbor prave mjerne opreme počinje s poznavanjem tolerancije na proizvodima. Naravno, treba poznavati i točnost mjerne opreme kojom poduzeće raspolaže. Pri izboru mjerne opreme za pojedino mjerenje treba obratiti pozornost na moguću mjernu pogrešku, na područje mjerne nesigurnosti, kao i računati s ograničenjima u konstrukciji mjerne opreme, uvjetima okoline u kojima se mjeri te o načinu korištenja mjerne opreme. Ako se oprema umjerava (zakonska obaveza ili obaveza koja proizlazi iz potrebe i odluke samog poduzeća), potrebno je težiti visokom omjeru točnosti između etalona i umjeravanih instrumenata ako se želi imati visok stupanj prihvatljivosti mjernih rezultata. Ovaj omjer bi trebao biti veći od 2:1, a gdje god je moguće i 4:1. Omjeri su prikazani u tablici 1. i na slici 2.

Tablica 1. Omjeri točnosti između etalona i mjerila

Omjer	Područje prihvatljivosti	Područje nesigurnosti
1:1	0%	100%
2:1	50%	50%
4:1	75%	25%
10:1	90%	10%

Odnos 10:1 daje najmanju nesigurnost, ali ga je često teško ostvariti.

Omjer točnosti mjerne opreme i instrumenata može se izračunati kao:

$$O_{MO} = \frac{T}{\alpha} \quad (1)$$

Omjer točnosti sekundarnog etalona i mjerne opreme može se izračunati kao:

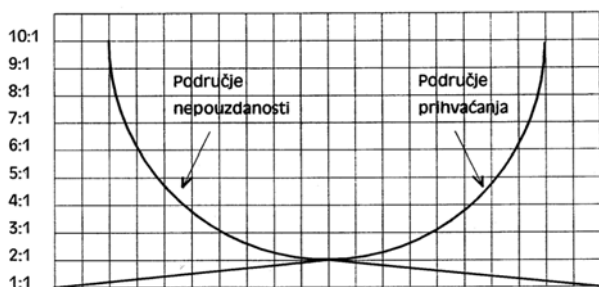
$$O_{SE} = \frac{\alpha}{\beta} \quad (2)$$

Omjer točnosti primarnog etalona i sekundarnog etalona može se izračunati kao:

$$O_{PE} = \frac{\beta}{\delta} \quad (3)$$

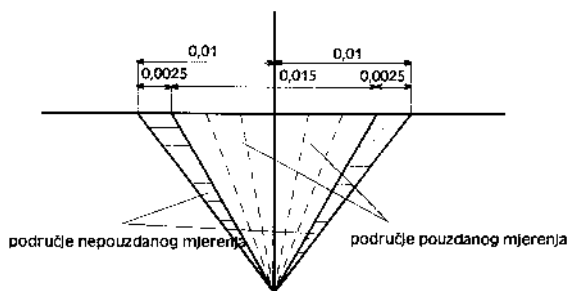
Faktori za određivanje omjera točnosti imaju sljedeće značenje:

- T- tolerancija
- α - točnost mjerne opreme
- β - točnost sekundarnog etalona
- δ - točnost primarnog etalona



Slika 2. Omjeri točnosti i područja nepouzdanosti i prihvaćanja

Slika 3. prikazuje mjerenje gdje je duljina 20 mm, a tolerancija $\pm 0,01$. Točnost instrumenta je bila 0,0025 mm, pa je omjer $O=4$. Područje nesigurnosti je jednako točnosti mjernog instrumenta. U ovom slučaju prihvatljiva očitavanja su između 20,075 i 19,925 mm.



Slika 3. Primjer prihvatljivog očitavanja

Rukovanje neispravnom mjernom opremom može se odraziti na točnosti proizvoda. Neispravnost je često izvor velikog broja reklamacija, pritužbi kupaca kao i

nesukladnosti u proizvodnim procesima. Ako se uoči mjerna oprema čije vrijednosti odstupaju od propisanih vrijednosti, potrebno je učiniti sljedeće:

- Provjeriti je li mjerilo umjereno (ako se umjerava) i jesu li su poštivani intervali umjeravanja.
- Provjeriti treba li korigirati interval umjeravanja (često je to zakonska odrednica).
- Provjeriti da li treba ispraviti proceduru za umjeravanje opreme.
- Spriječiti upotrebu svih neispravnih mjernih instrumenata, te ih nastojati popraviti.

Izvori umjeravanja (za opremu koja podliježe umjeravanju) mogu biti:

1. komercijalna ustanova kao što je neovisni laboratorij, čija je oprema sljediva do nacionalnog laboratorija,
2. dobavljač čija je oprema također sljediva do nacionalnog laboratorija,
3. nacionalni laboratorij.

Status umjeravanja se označava karticom, naljepnicom, značkom ili nekim drugim prikladnim oznakama. Bez obzira na oblik oznake, ona mora sadržavati sljedeće informacije: datum kada je oprema umjeravana, datum do kada umjeravanje vrijedi i oznaku identifikacije opreme. Oznaka treba biti na opremi ili na kutiji u kojoj se ona čuva. Neispravna mjerna oprema mora biti vidljivo označena.

Zapisi o aktivnostima na mjernoj opremi imaju veliku važnost u sustavu upravljanja. Neki od zapisa su:

- zapis o umjeravanju mjerne opreme
- zapis o neispravnosti mjernog uređaja
- izvješće o rezultatima umjeravanja
- naljepnica na opremi i dr.

Npr., na zapisima o konkretnoj opremi podaci trebaju uključiti:

- opis i jednoznačnu identifikaciju opreme
- datum završetka svakog potvrđivanja
- rezultate umjeravanja
- propisane razmake između umjeravanja
- odrediti granice dopuštene pogreške
- koji je izvor umjeravanja upotrebljen da bi se dobila sljedivost
- bitni uvjeti okoliša i navođenje svih nužnih ispravaka
- pojedinosti o održavanju, popravcima ili preinakama
- svako ograničavanje upotrebe
- identifikaciju osoba koje provode potvrđivanje
- identifikaciju svih potvrda o umjeravanju i drugih bitnih dokumenata

Mjernu opremu treba uvijek čuvati u originalnoj ambalaži u propisanim uvjetima okoline. Rukovanje i premještanje treba vrlo pažljivo provoditi jer se obično radi o osjetljivim uređajima. Popravak i podešavanje mogu provoditi samo za to posebno educirani i sposobni zaposlenici.

3. LANAC UMJERAVANJA

Umjeravanje mjerne opreme je najvažniji i najosjetljiviji zadatak sustava upravljanja mjerenom opremom.

Mjerenje je zapravo uspoređivanje jer mjerenu veličinu uspoređujemo s nekom unaprijed određenom mjernom jedinicom. Mjerenjem se želi kvantitativno odrediti neka veličina. Izmjerena vrijednost neke veličine prikazuje se na sljedeći način:

$$X = n \cdot J, \quad (4)$$

gdje je:

X – mjerena veličina
n – brojčani iznos
J – jedinica (jedinčna mjera ili osnovna vrijednost)

Ovaj izraz predstavlja samo osnovnu mjernu informaciju. Bit mjerenja je da se ono svede na brojanje. (L. Euler, 19766.). Da bi se mjerenje moglo ponoviti i u drugim uvjetima, usvajaju se dvije pretpostavke:

1. mjerena veličina je jednoznačno definirana
2. mjerna jedinica dogovorna je i sporazumno utvrđena

Generalna konferencija za utege i mjere (CGPM – Conference Generale des Poids et Measures) na XI. zasjedanju 1960. godine usvojila je međunarodni sustav jedinica (SI) koji je upotpunjen 1971. godine uvođenjem količine tvari kao osnovne fizičke veličine i pripadajuće jedinice mol.

SI sustav zasniva se na sedam osnovnih i neovisnih fizičkih veličina i njima pripadajućih osnovnih jedinica koje su prikazane u tablici 2.

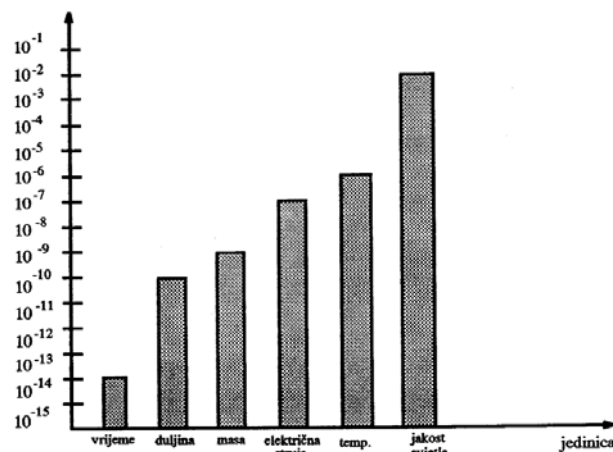
Tablica 2. Osnovne i neovisne fizičke veličine

naziv	znak	jedinica veličine
Metar	m	duljina
Kilogram	kg	masa
sekunda	s	vrijeme
amper	A	električna struja
kelvin	K	termodinamička temperatura
mol	mol	množina (količina tvari)
kandel	cd	svjetlosna jakost

Kao dopunske jedinice uvedene su radijan i steradian za mjerenje ravninskih i prostornih kutova. Također se koriste i izvedene jedinice. Te su jedinice definirane odnosima drugih jedinica. Decimalne jedinice veće su ili manje jedinice od neke jedinice, a nastaju množenjem s decimalnim višekratnikom ili nižekratnikom. Decimalne jedinice tvore se od svih jedinica SI, izuzev Celzijeva stupnja i kilograma. Također se tvore od iznimno

dopuštenih jedinica izvan SI: litra, teks, bar, elektronvolt i var.

Razvojem znanosti i tehnike mijenjale su se i relativne mjerne nesigurnosti pojedinih pramjera kao i njihove definicije. Tako se od prve definicije metra 1791. godine i pripadajuće mjerne nesigurnosti od $\pm(2 \times 10^{-4})$ došlo do pete definicije metra i mjerne nesigurnosti od $\pm(4 \times 10^{-9})$. Na slici 4. prikazano je kako izgleda procijenjena ukupna relativna nesigurnost reproduciranja osnovnih mjera.

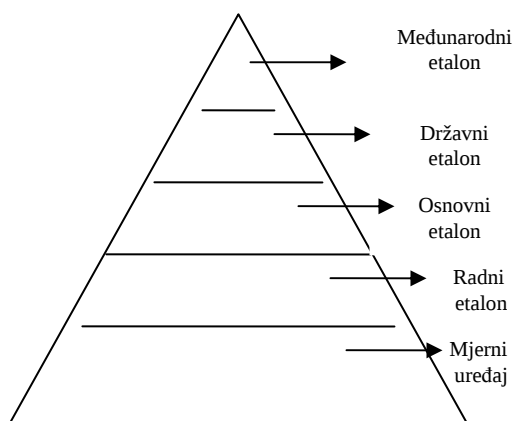


Slika 4. Procijenjena ukupna relativna nesigurnost reproduciranja osnovnih mjera

Kada imamo ovakav mjerni sustav onda je moguće i usporediti aktualno mjerenje s jasno definiranom veličinom osnovne mjerene jedinice. Kao što je već spomenuto, mjerenje nije ništa drugo nego uspoređivanje mjerene veličine s nekom unaprijed određenom veličinom. U skladu s definicijama osnovnih mjernih jedinica, postoje i "pramjere" koje reproduciraju te mjerne jedinice. Da bi se osigurao prijenos jedinica od mjerenja u pogonu ili laboratoriju do etalona najviše točnosti, treba uspostaviti lanac umjeravanja kako je to prikazano na slici 5.

Pogonski ili mjerni uređaj se umjerava prema radnom etalonu, radni etalon prema kontrolnom etalonu i tako sve do etalona najviše točnosti. Uspostavljanje ovakvog lanca etalona predstavlja bit umjeravanja. Za svaki postupak umjeravanja treba napraviti shemu umjeravanja s korištenim etalom. Za svaki mjerni uređaj sam postupak umjeravanja je različit, ali uvijek je to uspoređivanje izlazne vrijednosti uspoređivanog instrumenta i izlazne vrijednosti koju pokazuje standardni instrument poznate točnosti koji koristimo kao etalon. Ovaj postupak treba ponoviti za cijelo mjerno područje.

Instrument koji se koristi kao etalon smije se koristiti samo za umjeravanje, a nikako za pogonska (radna mjerenja u kontroli kvalitete). Treba ga čuvati odvojeno od ostale mjerne opreme.



Slika 5. Lanac umjeravanja

Lanac umjeravanja podrazumijeva da vrijednost svakog mjernog etalona u lancu ima vlastitu vrijednost određenu upotrebom drugog mjernog etalona koji ima obično manju mjernu nesigurnost i tako sve do međunarodnog ili državnog mjernog etalona.

4. ORGANIZIRANJE SUSTAVA UPRAVLJANJA MJERNOM OPREMOM

Za uspješno definiranje i organiziranje sustava upravljanja mjernom opremom u poduzeću potrebno je:

1. popisati mjernu opremu
2. grupirati mjernu opremu
3. definirati opremu koja se umjerava
4. odrediti rokove za umjeravanje
5. definirati mjesto umjeravanja
6. definirati kontrolirane uvjete umjeravanja (za opremu koja se umjerava u poduzeću)
7. definirati postupke nabave, čuvanja, održavanja, transporta, korištenja i otpisa mjerne opreme

4.1. Popis mjerne opreme

Problem koji treba prvo riješiti pri definiranju i organiziranju sustava upravljanja mjernom opremom je stvoriti dobar popis mjerne opreme koju posjeduje poduzeće. Iz popisa se treba vidjeti status mjerila (aktivno – neaktivno, radno mjerilo – etalon, umjereno – neumjereno, mjesto korištenja, rok važenja umjeravanja).

4.2. Grupiranje mjerne opreme

Grupiranje mjerne opreme je važan posao koji treba obaviti prije ostalih pitanja u sustavu upravljanja. U tablici 3. prikazan je princip grupiranja mjerne opreme. Uz ovaj postupak grupiranja mogu se prikupiti i pridružiti i ostali potrebni podaci kako bi se definirala: točnost, područje mjerenja, mjesto korištenja, broj uređaja s identifikacijskim brojevima, godina proizvodnje i dr.

Tablica 3. Primjer grupiranja mjerne opreme

red.br.	radna mjerila etaloni	mjesto korištenja
I. Mjerila za mjerenje duljine		
II. Mjerila za mjerenje tlaka		
III. Mjerila za mjerenje kuta		
IV. Mjerila za mjerenje sile		
V. Mjerila za mjerenje veličina električne energije		
VI. ostala mjerila		
VII. Etaloni		

4.3. Definiranje mjerne opreme za umjeravanje

Iz popisane i grupirane mjerne opreme potrebno je prepoznati opremu koja podliježe umjeravanju. Poduzeća se pri definiranju ove opreme moraju koristiti zakonskom regulativom kao i stvarnim potrebama iz proizvodnog procesa i sustava osiguranja kvalitete proizvoda. Predlaže se izrada posebne tablice (tablica 4.) gdje se pregledno vidi oprema koja se umjerava i potrebni elementi za umjeravanje (naziv, rok, mjesto, zadnje umjeravanje i dr.)

Tablica 4. Primjer pregleda mjerne opreme za umjeravanje

R.br.	Naziv	Rok za umjeravanje	Mjesto umjeravanja	Zadnje umjeravanje

4.4. Određivanje rokova umjeravanja

Prilikom određivanja rokova umjeravanja treba se pobrinuti o stvarnom korištenju pojedine mjerne opreme, tako da se mjerna oprema koja je stalno u upotrebi (a predviđena je za umjeravanje) što češće umjerava od one koja se koristi povremeno. Pri definiranju rokova moraju se uzeti u obzir zakonski propisi, norme ili drugi propisi koji reguliraju ova pitanja. Može se reći da su stanja mjerne opreme (starost, ispravnost) i znanje/predviđanje o učestalosti korištenja mjerne opreme najvažniji faktori prilikom donošenja odluke o rokovima za umjeravanje. Sami rokovi ne bi trebali biti predugi zato da se ne izgubi povjerenje u pouzdanost (točnost) pojedinog mjernog uređaja. S druge strane, ne treba ići na prekratke rokove i stvaranje nepotrebnih troškova za poduzeće. Svako poduzeće sa svojim stručnjacima može naći optimalni odnos između rokova i troškova koji mogu nastati u slučaju netočnosti pojedinog mjernog uređaja.

4.5. Određivanje mjesta umjeravanja

Mjesto umjeravanja može biti ovlaštena institucija ili samo poduzeće. Ako je to institucija izvan poduzeća, onda se svakako prije umjeravanja moramo uvjeriti u točnost ovlasti, rješenja i sl., a koja su izdala ovlaštena državna tijela. Ako se umjeravanje provodi unutar poduzeća za konkretnu opremu, onda se moraju osigurati potrebni faktori (educirani ljudi, prostor, uvjeti, etaloni, zapisi, radna klima i dr.).

4.6. Definiranje kontroliranih uvjeta umjeravanja

Osnovni preduvjet za umjeravanje mjerne opreme unutar poduzeća je umjeravanje u kontroliranim uvjetima.

a) Metrološki uvjeti

Metrološki uvjeti se odnose na prostor u kojem se čuvaju mjerila, te na prostor u kojem će biti umjeravanje. Važno je osigurati stabilne metrološke uvjete:

- temperaturu ($20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$)
- relativnu vlažnost ($65\% \pm 10\%$)
- promjene temperature ne bi trebale prelaziti 2°C po satu
- prostor ne smije biti izložen direktnom utjecaju sunca, vibracija i prašine

Prije umjeravanja mjerni uređaji moraju biti temperaturno stabilizirani. Stabilizacija se izvodi u prostoriji u kojoj će se izvoditi i umjeravanje. Izvodi se tako da se instrumenti i etaloni izvade iz kutija i polože na metalnu ili granitnu ploču. U takvom položaju mjerni uređaji trebaju ostati najmanje dva sata. U slučaju zauzetosti mjerne ploče ili iz nekih drugih razloga, mjerni uređaj može ostati u kutiji, ali se tada stabilizacija izvodi najmanje tri sata.

b) Radne instrukcije

Radne instrukcije moraju biti izrađene i po njima se mora obavljati umjeravanje svakog konkretnog mjernog uređaja. Izrađuju se u skladu s internim postupcima sustava kvalitete važećim unutar svakog poduzeća. Za svaku vrstu mjerila ili za grupu mjerila potrebno je izraditi posebnu radnu instrukciju. Važno je da se radnom instrukcijom propišu sljedeći faktori:

- etaloni koji će se koristiti za umjeravanje
- postupak (algoritam) umjeravanja s vrijednostima dopuštenih odstupanja
- obrada rezultata i zapisi o provedenom umjeravanju

Prilikom definiranja etalona treba točno definirati vrstu mjerila koja se koristi kao etalon, klasu točnosti i normu u skladu s kojom je proizveden mjerni uređaj.

Postupak umjeravanja odvija se u dvije faze:

1. faza ispitivanja mjerila

2. faza kontrole točnosti mjerila koja može i ne mora uobziriti i kontrolu ponovljivosti pokazivanja

1. Ispitivanje mjerila

Pri ispitivanju mjerila podrazumijevaju se sljedeće provjere:

- postoje li na mjerilu identifikacijske oznake (proizvođač, serijski broj, mjerno područje, podjela skale i dr.)
- vizualna kontrola mjerenih površina
- mjerne skale (jesu li uočljive linije i brojke)
- mjerne kočnice (ako je ima)
- rad u cijelom radnom području

2. Kontrola točnosti mjerila

Propisivanje kontrole točnosti mjernog uređaja je specifično za svako mjerilo, odnosno za pojedine grupe sličnih mjerila (npr. pomično mjerilo i dubinomjer s pomičnim mjerilom). Za definiranje kontrole točnosti za svako konkretno mjerilo potrebno je koristiti sve moguće podatke (norme, stručna literatura, radna iskustva i sl.), budući da je ipak riječ o središnjoj aktivnosti umjeravanja, a koja je svima i najveća nepoznanica prilikom pokušaja organiziranja umjeravanja u poduzeću.

Općenito se može kazati da je za kontrolu točnosti mjerila potrebno definirati:

- koliko treba biti mjerenja (koliko je mjernih točaka unutar mjernog područja)
- koliko puta ponoviti mjerenje za istu vrijednost
- način upisivanja rezultata i način računanja stvarnih odstupanja
- dopuštena odstupanja

Za svako umjereno mjerilo potrebno je voditi pojedinačni zapis o umjeravanju. Zapisi se vode na odgovarajućim obrascima koji mogu biti isti za svako mjerilo, ili se za svako mjerilo izrađuje poseban. Iz zapisa se mora jasno vidjeti o kojem se mjerilu radi (oznaka mjerila), rezultati umjeravanja, datum umjeravanja, ime i prezime osobe koja je provela umjeravanje te odluku zadovoljava li mjerilo ili ne zadovoljava.

Nakon umjeravanja treba i na samom mjerilu označiti njegov status. Iz prakse se može reći da je kod izrade raznih naljepnica najbolja varijanta da se na mjerilu nalazi rok za iduće umjeravanje, čime se dio odgovornosti za umjeravanje prenosi i na neposrednog korisnika. Preporuča se stvaranje baze podataka na elektroničkom računalu kao i vođenje kompletne dokumentacije.

4.7. Definiranje ostalih postupaka s mjernom opremom umjeravanja

Za učinkovito funkcioniranje sustava upravljanja mjernom opremom vrlo je važno precizno definirati postupke oko:

- ▣ nabave mjerne opreme i etalona
- ▣ čuvanja mjerne opreme i etalona
- ▣ preventivnog i korektivnog održavanja mjerne opreme i etalona
- ▣ transporta i pakiranja mjerne opreme
- ▣ rukovanja i korištenja mjerne opreme u različitim prilikama
- ▣ otpisa neispravne mjerne opreme

6. ZAKLJUČAK

Ovim člankom željelo se ukazati na važnost mjerne opreme u sustavu osiguranja kvalitete proizvoda kao i u proizvodnom procesu. Mjerna oprema ima svoju vrlo važnu ulogu u različitim kontrolama koje se provode u procesima (ulazna, međufazne i završna kontrola i ispitivanje). Pored proizvodnje, mjerna oprema se vrlo često koristi i u drugim procesima rada kao što su servisiranje i puštanje strojeva i uređaja u pogon, postupcima preventivnog i korektivnog održavanja (posebno dijagnostike stanja), različitim kontrolama i sl.

Sustavno uređenje postupaka upravljanja ovom opremom osigurava i sve pretpostavke za njihovu uspješnu primjenu uz veliku sigurnost i pouzdanost u rezultate mjerenja. Kod definiranja sustava vrlo važno je pitanje uređenja postupaka umjeravanja mjerne opreme (za onu koja se umjerava prema zakonu i odluci samog poduzeća).

U radu su obrađeni svi utjecajni faktori na sustav upravljanja mjernom opremom. Zbog prostora i veličine člaka autori nisu dovoljno naglasili utjecaj ljudskog faktora. To je sigurno najutjecajniji faktor u svim procesima i sustavima pa tako i u sustavu upravljanja mjerne opreme.

Za praktičnu primjenu spomenutog razmatranja autori korisnicima preporučuju stručnu literaturu iz ovog područja, kao i obimnu normizacijsku literaturu koja pokriva veliki dio poslova vezanih uz mjernu opremu.

7. LITERATURA

- [1] Brezinščak M.: *Mjerenje i računanje u tehnici i znanosti*, Tehnička knjiga, Zagreb, 1970.
- [2] Brezinščak M.: *Međunarodni definicijski mjeriteljski rječnik*, Mjeriteljsko društvo, Zagreb, 1984.
- [3] Pavlič I.: *Statistička teorija i primjena*, Tehnička knjiga, Zagreb, 1971.
- [4] Lopašić V., Kos V., Henčić-Bartolić V.: *Mjere i mjerenja u fizici*, FER, zagreb, 1986.
- [5] Strnad J.: *Metrom i aršinom, izlet u svijet najvećih i najmanjih razdaljina*, Moderna fizika, Školska knjiga, Zagreb, 1990.
- [6] Kondić V.: *Sustav upravljanja mjernom opremom u poduzeću*, seminarski rad, Veleučilište u Varaždinu, 2009.
- [7] *Vocabulaire de metrologie legale*, Terme fondamentaux, Organization internationale de metrologie legale, Paris, 1969.
- [8] RWTÜV Croatia d.o.o: *Materijal sa seminara – Umjeravanje mjerne opreme za kontrolu oblika i dimenzija*, Slavonski Brod, 1997.
- [9] Boršić M.: *Mjeriteljstvo, Inženjerski priručnik – IP1*, Temelji inženjerskih znanja, prvi svezak, Školska knjiga, Zagreb, 1996.

PRORAČUN RASHLADNOG UREĐAJA

Gotal M.¹, Maderić D.¹, Horvat N.²

¹Veleučilište u Varaždinu, Varaždin, Hrvatska

²Oprema-uređaji d.d., Ludbreg, Hrvatska

Sažetak: Glavni zadatak ovog članka je proračun i optimalizacija rada rashladnog ormara za pivske bačve (KEG). Unutar zadanih gabarita, potrebno je odabrati komponente koje, ugrađene u cjelokupni rashladni sustav, rade u optimalnim uvjetima, čineći pri tome rashladni učin sustava maksimalnim.

Zbog specifičnih dimenzija, adekvatni dinamički zračni isparivač nije moguće nabaviti na tržištu, već je potrebno napraviti proračun i odrediti pojedine dimenzije. Prema izračunatim dimenzijama, napravljen je prototipni isparivač u suradnji s tvrtkom SOKO IPV d.d. iz Čitluka. Zbog kompliciranosti i upitne pouzdanosti postupka određivanja performansi isparivača, naročito zbog teškoće pouzdanog određivanja srednjeg koeficijenta prijelaza topline i s unutarnje i s vanjske strane cijevi isparivača, laboratorijski je izmjeren rashladni učin uređaja u projektnim uvjetima. Mjerenja su pokazala beznačajna odstupanja (+3%) od proračunatih vrijednosti, tako da proračun možemo smatrati točnim za inženjerske potrebe.

Ključne riječi: rashladni uređaj, isparivač, rashladni ormar, isparivanje

Abstract: Calculation, design and optimization of KEG cabinet (beer container) refrigeration unit is the main task of this article. The unit must be designed in defined dimension to be adjusted to existing cabinets. Components which are chosen make the unit perform in an optimum regime with maximal refrigeration capacity. An adequate dynamic air evaporator could not be chosen for this purpose. Therefore, calculation was made and evaporator was designed and produced by SOKO IPV d.d. from Čitluk.

Since the calculation of evaporator performance is uncertain, especially the calculation of heat transfer coefficient, the laboratory measurements are made toward project condition. Measurements showed insignificant deviation (+3%) from calculated values so the calculation could be considered correct for engineer's purpose.

Key words: refrigeration unit, evaporator, cooling cabinet, evaporation

Popis oznaka:

A [m^2] – površina

B [m] – širina

c [J/kgK] – specifični toplinski kapacitet

d [m] – promjer

H [m] – visina

h [J/kg] – specifična entalpija

l [m] – duljina

k [W/m²K] – koeficijent prolaza topline

$\dot{m}$ [kg/s] – maseni protok

Nu [-] – Nusseltova značajka

P [W] – snaga

p [Pa] – tlak

Pr [-] – Prandtlova značajka

Q_o [J] – rashladni učin

q_o [J/kg] – specifični rashladni učin

Re [-] – Reynoldsova značajka

s [J/kgK] – specifična entropija

$\dot{V}$ [m³/s] – volumni protok

w [m/s] – brzina

x [kg vode /kgzraka] – sadržaj vlage u zraku

α [W/m²K] – koeficijent prijelaza topline

δ [mm] – debljina

η [Ns/m²] – dinamička viskoznost

λ [W/mK] – koeficijent toplinske vodljivosti

ρ [kg/m³] – gustoća

ϑ [°C] – temperatura

φ [%] – relativna vlažnost zraka

indeksi:

i – isparivanje

iz – izlaz

ul – ulaz

u – unutarnji

v – vanjski

ok – okolina

p – tlak

r – rebro

m – srednji

z – zrak

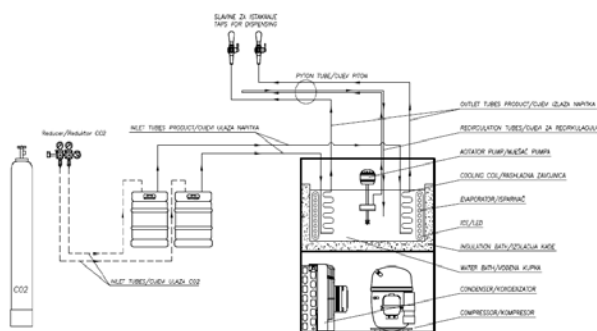
1. OPIS RASHLADNOG UREĐAJA

1.1. Princip rada rashladnog uređaja

Uređaj za hlađenje piva je dio sustava za točeno pivo. Postoje dvije osnovne grupe uređaja za hlađenje piva:

- uređaji za hlađenje piva s vodenom kupkom
- uređaji za hlađenje piva s aluminijskim blokom

Rashladni uređaji za pivo s vodenom kupkom čine većinu na tržištu. Uređaj ima vodenu kupku u koju je uronjen isparivač. U inicijalnom ("pull down") vremenu led se formira oko cijevi isparivača. Formirani led čini rezervu rashladnog učina i može se iskoristiti kod većeg termičkog opterećenja, kada je konzumacija piva veća. Zavojnica kojom teče pivo uronjena je u istu tu vodenu kupku. Pivo se potiskuje s CO₂ i prolazi zavojnicom gdje se hladi. Rashlađeno pivo dalje teče kroz cijev piton. Piton je izrađen od nekoliko slojeva paralelnih plastičnih cijevi i obložen je vanjskom toplinskom izolacijom. Pivo se toči pomoću slavina za istakanje koje su ugrađene na točionicima. Većina točionika su izrađena tako da omogućuju hlađenje slavina hladnom vodom koja cirkulira. To onemogućuje grijanje i pjenjenje piva. Isti model hlađenja i točenja može se primijeniti za vino, vodu i premix sokove.



Slika 1. Presjek rashladnog uređaja za pivo i funkcionalna shema kompletnog sustava istakanja

Uređaji za hlađenje piva s aluminijskim blokom imaju manji vršni kapacitet. Obično se koriste za sustave točenog piva gdje je KEG smješten u rashladne sobe ili rashladne ormare. Ovi rashladni uređaji čine manjinu na tržištu. Uglavnom se koriste u srednjoeuropskim i skandinavskim zemljama, gdje je vrlo stara tradicija konzumiranja piva. U ovakvim rashladnim uređajima ugrađene su veće komponente, stoga je i njihova cijena viša. Cjelokupni sustav je skuplji, ali kao takav osigurava bolju kvalitetu točenog piva.

1.2. Opis ormara za hlađenje

Rashladni ormari za pivske bačve (KEG) dio su sustava za istakanje piva gdje se koriste uređaji za hlađenje s aluminijskim blokom. Rashladni ormari služe za čuvanje pivskih bačvi na nižim temperaturama. Na taj se način osigurava bolja kvaliteta piva.



Slika 2. Rashladni ormar za pivske bačve (slika preuzeta sa: www.oprema-intercom.com)

Veličina rashladnih ormara ovisi o broju pivskih bačvi koje se u njima mogu čuvati. Ormari su uglavnom izrađeni od montažnih panela, izvana obloženih krom-nikal čeličnim limom, a iznutra punjenim poliuretanskom pjenom koja služi kao toplinska izolacija. Vrata ormara su također takve konstrukcije.

Ormari su tako zamišljeni da se na njih mogu ugraditi rashladni uređaj. Funkcija rashladnog uređaja ormara je održavanje željene temperature zraka u ormaru, čime se osigurava i održavanje željene niske temperature piva u bačvama. Rashladni uređaj treba imati rashladni kapacitet dovoljan da pokrije sve toplinske gubitke nastale transmisijom topline kroz panele ormara i infiltracijom zraka iz okoline kroz pore ili otvaranjem vrata (koja nisu česta). Njegov rashladni kapacitet također treba biti dovoljan da u nekom razumnom periodu savlada toplinsko opterećenje zbog hlađenja samih bačvi ako su one dopremljene nerashlađene.

Ne postoji u svijetu referentna preporuka o temperaturama istakanja piva, ali najveći dio proizvođača piva preporuča da se ona istaču na temperaturama 4-12°C, a «lager» piva 6-8°C. Na tim se temperaturama, kažu, mogu najbolje osjetiti okus i sve arome koje pivo sadrži, a pivo je još uvijek dovoljno hladno za osvježanje. Gusta piva s puno slada («ale beer») ne mogu se istakati da budu bistra i hladna. Za njih proizvođači preporučuju da se istaču na temperaturama čak i do 15°C. S obzirom na navedene preporuke, temperature 8-12°C unutar rashladnih ormara možemo smatrati dovoljno niskima da se osigura i vrsnoća piva i da sam rashladni uređaj s aluminijskim blokom (služi za dohlađivanje piva) ima dovoljan rashladni kapacitet. Međutim, ne treba smetnuti s uma da pod utjecajem proizvođača bezalkoholnih napitaka („soft drinks“ – Coca cola i sl.), koji svoje proizvode prezentiraju kao hladni užitak koji se ispija pri temperaturama nešto višim od 0°C, proizvođači i distributeri piva također mijenjaju svoje preporuke o temperaturama istakanja piva. Zbog toga će neki od njih temperaturu zraka u rashladnim ormarima za bačve držati na razini nižoj od spomenute.

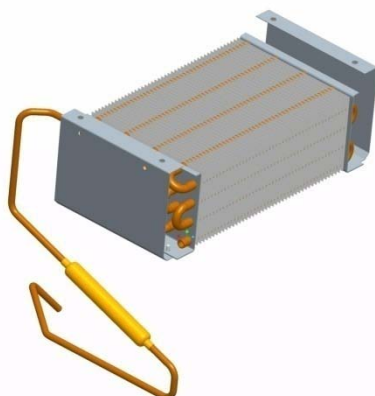
2. DINAMIČKI ISPARIVAČI

Kod njih se prisilna cirkulacija ostvaruje upotrebom ventilatora. Toplinski su učinkovitiji zbog prisilne cirkulacije. To su obično isparivači lamelnog tipa, ali

može biti i isparivač izrađen samo od golih cijevi i to u slučajevima kada je potreban pristup za čišćenje zbog visokih higijenskih zahtjeva. Kod čvrstog spoja između cijevi i lamela uspostavlja se intenzivni toplinski tok kroz lamele pa one poprimaju nižu temperaturu. Postoji nekoliko varijabli koje utječu na toplinsku efikasnost lamelnog dinamičkog isparivača.

- razmak između cijevi
- brzina strujanja zraka
- debljina lamela
- materijal lamela

Ako povećavamo razmak između cijevi, smanjuje se učinkovitost lamela, povećava se ukupni prijelaz topline na isparivaču, ali povećava se cijena. Ako povećavamo brzinu strujanja zraka, smanjuje se učinkovitost lamela, povećava se ukupni prijelaz topline na isparivaču, ali povećava se cijena zbog potrebe za jačim ventilatorom. Ako povećavamo toplinsku vodljivost, povećava se učinkovitost lamela, povećava se ukupni prijelaz topline na isparivaču, ali povećava se cijena zbog skupljeg materijala. Ako povećavamo debljinu lamela, povećava se učinkovitost lamela, povećava se ukupni prijelaz topline na isparivaču, ali povećava se cijena zbog veće količine materijala.



Slika 3. Isparivač s lamelama

2.1. Hlađenje zraka prolaskom kroz dinamički isparivač

Niz geometrijskih veličina određuju termodinamičke karakteristike isparivača prilikom hlađenja zraka. Dužina i promjer cijevi, broj redova cijevi, razmak, raspored cijevi, površina i dubina isparivača, površina lamela, debljina i razmak između lamela geometrijske su veličine koje utječu na proces hlađenja. Osim geometrijskih veličina postoje i druge veličine kao što su protok zraka, materijal isparivača, stanje čistoće površine, smjer strujanja zraka, temperatura isparivanja u isparivaču. Kod hlađenja zraka raste njegova relativna vlažnost. Hlađenjem zraka ispod linije zasićenja određeni sadržaj vlage će se kondenzirati. Pošto je temperatura hlađenih prostora uglavnom manja od 10°C, kod svih se isparivača za hlađenje zraka može očekivati kondenzacija vlage na njihovoj površini. Zbog toga se ispod isparivača

instaliraju posude koje služe za skupljanje tog kondenzata.

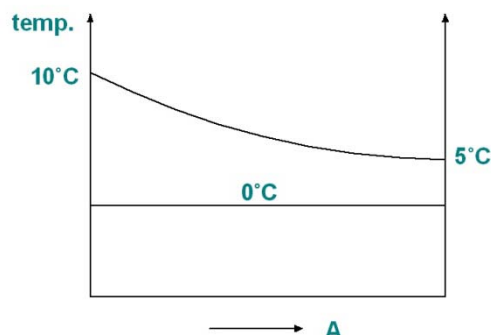
Povećanjem površine isparivača, temperatura izlaznog zraka bit će niža, sadržaj vlage će biti niži, a rashladni učin će biti viši. Povećanjem broja redova cijevi, temperatura izlaznog zraka bit će niža, sadržaj vlage bit će niži, a rashladni učin će biti viši. Povećanjem broja lamela, temperatura izlaznog zraka bit će niža, sadržaj vlage bit će niži, a rashladni učin će biti viši. Povećanjem protoka zraka, temperatura izlaznog zraka bit će viša, sadržaj vlage bit će viši, a rashladni učin će biti viši. Povećanjem temperature isparivanja, temperatura izlaznog zraka bit će viša, sadržaj vlage bit će viši, a rashladni učin će biti niži.

3. PRORAČUN ISPARIVAČA

ZADANO:

- temperatura zraka u komori $\vartheta_0 = 10^\circ\text{C}$
- temperatura isparivanja $\vartheta_i = 0^\circ\text{C}$
- vlažnost zraka u komori $\varphi = 60\%$
- okolina $\vartheta_{ok} = 32^\circ\text{C}$, $\varphi_{ok} = 65\%$

$$\Delta\vartheta = \frac{\vartheta_o - \vartheta_i}{2} = 5^\circ\text{C}$$



Slika 4. Pretpostavka promjene temperature kroz isparivač

$$Q_0 = V_{min} \cdot \rho_z \cdot c_p \cdot (\vartheta_{ziz} - \vartheta_{zul})$$

$$V_{min} = \frac{Q_0}{\rho_z \cdot c_p \cdot (\vartheta_{ziz} - \vartheta_{zul})}$$

$$Q_0 = 474\text{W (za } 0^\circ\text{C, komresor FR8.5G,)}$$

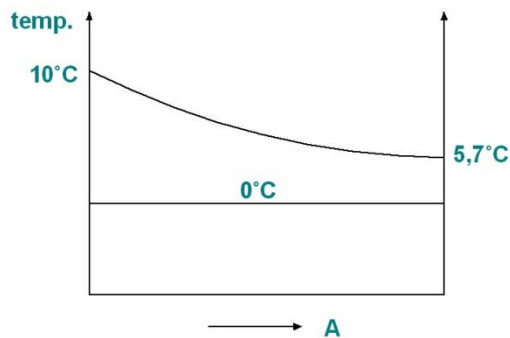
$$V_{min} = 277,47 \text{ m}^3/\text{h}$$

Odabrano: dva aksijalna ventilatora; TIP 4650 Z (sa protokom zraka od $160 \text{ m}^3/\text{h}$)

$$(2 * 160 = 320 \text{ m}^3/\text{h})$$

$$V = \frac{Q_0}{\rho_z \cdot c_p \cdot \Delta\vartheta}$$

$$\rightarrow \vartheta_{ziz} = 5,6646^\circ\text{C}$$



Slika 5. Promjene temperatura kroz isparivač

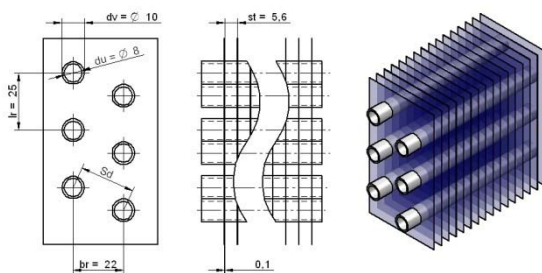
Srednja logaritamska razlika temperatura:

$$\Delta\vartheta_m = \frac{(\vartheta_{zul} - \vartheta_i) - (\vartheta_{ziz} - \vartheta_i)}{\ln \left(\frac{\vartheta_{zul} - \vartheta_i}{\vartheta_{ziz} - \vartheta_i} \right)} = 7,65^\circ\text{C}$$

Srednja temperatura zraka koji struji kroz isparivač:

$$t_{zm} = \frac{\vartheta_{zul} + \vartheta_{ziz}}{2} = 7,85^\circ\text{C} \approx 7,5^\circ\text{C}$$

Prijelaz topline na strani zraka



Slika 6. Konstrukcijske karakteristike isparivača

$$\begin{aligned} d_v &= 10\text{mm} \\ d_u &= 8\text{mm} \\ l_r &= 25\text{mm} \\ b_r &= 22\text{mm} \\ S_t &= 5,6\text{mm} \\ \delta_r &= 0,1\text{mm} \end{aligned}$$

Unutarnja površina cijevi po dužnom metru:

$$A_u = D_u \cdot \pi = 0,02513 \text{ m}^2/\text{m}$$

Površina rebra po dužnom metru:

$$A_r = \frac{2}{S_t} \left(b_r \cdot l_r - \frac{d_u^2 \cdot \pi}{4} \right)$$

$$A_r = 0,1684 \text{ m}^2/\text{m}$$

Površina golog dijela cijevi po dužnom metru:

$$A_G = \frac{S_t - \delta_r}{S_t} \cdot d_u \cdot \pi = 0,03085 \text{ m}^2/\text{m}$$

Ukupna površina izmjene topline po dužnom metru:

$$A = A_r + A_G = 0,19925 \text{ m}^2/\text{m}$$

Površina gole cijevi po dužnom metru:

$$A_0 = d_v \cdot \pi = 0,03142 \text{ m}^2/\text{m}$$

Omjer površina gole i orebrene cijevi:

$$\frac{A}{A_0} = 6,3415$$

Prijelaz topline na neorebrenom snopu cijevi:

Dijagonalna udaljenost S_D :

$$S_D = \sqrt{b_r^2 + \left(\frac{l_r}{2} \right)^2} = 25,3\text{mm}$$

Dva moguća slučaja:

- $2 \cdot (S_D - d_v) > (l_r - d_v)$
 $2 \cdot (25,3 - 10) > (25 - 10)$
 $30,6 > 15$
- $2 \cdot (S_D - d_v) < (l_r - d_v)$
 $2 \cdot (25,3 - 10) < (25 - 10)$
 $30,6 < 15$ (NETOČNO)

→ za orebrene cijevi:

$$\rightarrow w_m = w_0 \cdot \frac{l_r}{l_r - d_v} \cdot \frac{S_t}{S_t - \delta_r}$$

Brzina bez orebrenja w_0 :

$$w_0 = \frac{V}{B \cdot H}$$

$$V = 320 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$B = 0,262\text{m} \text{ (širina isparivača)}$$

$$H = 0,105\text{m} \text{ (visina isparivača)}$$

$$w_0 = 3,2311 \text{ m/s}$$

Brzina s orebrenjem w_m :

$$w_m = w_0 \cdot \frac{l_r}{l_r - d_v} \cdot \frac{S_t}{S_t - \delta_r} = 5,483 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{w_m \cdot d_v \cdot \rho}{\eta} = 3747,363$$

$$Pr = \frac{\eta \cdot c_p}{\lambda} = 0,7421$$

Žaukaukas (1972.g.) za 16 ili više cijevi u redu:

$$Nu = F \cdot C \cdot Re^n \cdot Pr^m$$

Za šahovski raspored cijevi, za $10^3 \leq Re \leq 2 \cdot 10^5$:

$$\frac{l_r}{b_r} = 1,136 < 2$$

$$\rightarrow C = 0,35 \cdot \left(\frac{l_r}{b_r}\right)^2 = 0,4519$$

$$n = 0,60$$

$$m = 0,36$$

Korekcijski faktor F kada je manje od 16 redova:

$$F = 0,97$$

$$Nu = 54,8802$$

Nu prema [1].

ili

Nu prema Žaukaukas

$$Nu = C \cdot Re^m \cdot Pr^{\frac{1}{3}} \cdot \left(\frac{Pr_0}{Pr_s}\right)^{\frac{1}{4}}$$

Pr_0 za ϑ_0

$$Pr_0 = \frac{\eta \cdot c_p}{\lambda} = 0,74094$$

Pr_s za ϑ_s

$$Pr_s = \frac{\eta \cdot c_p}{\lambda} = 0,74652$$

$$\text{za } \frac{l_r}{b_r} > 0,2 \rightarrow C = 0,40; m = 0,60$$

$$Nu = 50,385 \rightarrow \text{Odabrana vrijednost!}$$

Koeficijent prijelaza topline na neorebrenom snopu:

$$\alpha_0 = \frac{Nu \cdot \lambda}{d_v} = 122,1836 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$\alpha_s = \varepsilon_r \cdot \alpha_0$ – koeficijent suhog prijelaza topline

ε_r – faktor utjecaja orebrenja

$\alpha_z = \alpha_s \cdot \xi$ – koeficijent prijelaza topline s izdvajanjem vlage

ξ – Merkelov koeficijent
(utjecaj kondenzacije pare)

Faktor utjecaja orebrenja:

$$\varepsilon_r = 1 - 0,18 \cdot \left(\frac{h_r}{S_t - \delta_r - 2 \cdot \delta_i}\right)^{0,63}$$

h_r – visina rebra

δ_i – debljina slojainja

$$\varepsilon_r = (-)15397$$

$$\alpha_s = \varepsilon_r \cdot \alpha_0 = 18,8126 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Utjecaj kondenzacije pare:

$$\xi = \frac{\Delta h}{c_p \cdot \Delta \vartheta}$$

$$\varphi_{ul} = \frac{p_{ul}}{p_{sul}} \rightarrow p_{ul} = \varphi_{ul} \cdot p_{sul} = 0,6 \cdot 1227,5$$

$$= 736,5 \text{ Pa (toplinske tablice za } 10^\circ\text{C)}$$

$$x_{ul} = 0,622 \cdot \frac{p_{ul}}{p - p_{ul}} = 0,0045542$$

$$h_{ul} = 1005 \cdot \vartheta_{ul} + x_{ul} \cdot (2500 \cdot 10^3 + 1930 \cdot \vartheta_{ul})$$

$$h_{ul} = 21523,4 \text{ J/kg} = 21,5234 \text{ kJ/kg}$$

$$\varphi_{iz} = \frac{p_{iz}}{p_{siz}} \rightarrow p_{iz} = \varphi_{iz} \cdot p_{siz} = 0,6 \cdot 872,2$$

$$= 523,32 \text{ Pa (toplinske tablice za } 5^\circ\text{C)}$$

$$x_{iz} = 0,622 \cdot \frac{p_{iz}}{p - p_{iz}} = 0,0032292$$

$$h_{iz} = 1005 \cdot \vartheta_{iz} + x_{iz} \cdot (2500 \cdot 10^3 + 1930 \cdot \vartheta_{iz})$$

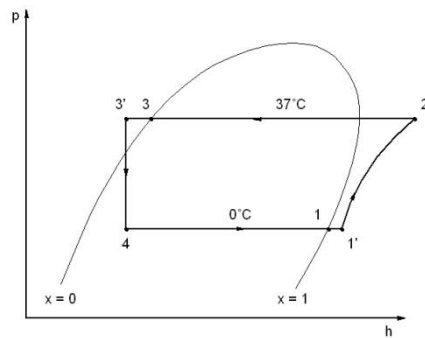
$$h_1 = 13837,02 \text{ J/kg} = 13,837 \text{ kJ/kg}$$

$$\xi = \frac{\Delta h}{c_p \cdot \Delta \vartheta} = 1,7694$$

Koeficijent prijelaza topline na strani zraka:

$$\alpha_z = \alpha_s \cdot \xi = 33,287 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Prijelaz topline na strani R134a



Slika 7. Dijagram rashladnog kružnog procesa

$$h_4 = h'_4 + x \cdot (h''_4 - h'_4)$$

$$\rightarrow h_4 \text{ iz dijagrama} \rightarrow h_4 = h'_3 \cong h_3 = 249 \text{ kJ/kg}$$

$$x = \frac{h_4 - h'_4}{h''_4 - h'_4} = 0,2467$$

$$v_4 = v'_4 + x \cdot (v''_4 - v'_4)$$

$$v_4 = 0,01768 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\dot{m} = \frac{Q}{h_1 - h_4}$$

$$\rightarrow h_1 = h'_4 = 398,6 \text{ kJ/kg}$$

$$\dot{m} = 0,0032086 \text{ kg/s} = 11,55 \text{ kg/h}$$

$$\dot{V} = \dot{m} \cdot v_4 = 0,2042 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$w_{ul} = \frac{4 \cdot \dot{V}}{d_u^2 \cdot \pi} = 1,1286 \text{ m/s}$$

Reynoldsova značajka:

$$Re = \frac{w_{ul} \cdot d_u \cdot \rho}{\mu} = 43122,43$$

(turbulentno strujanje)

Prandtllova značajka:

$$Pr = \frac{\mu \cdot c_p}{\lambda} = 3,9516$$

Nuseltova značajka (duga cijev $l < 40d$):

$$Nu = \frac{0,0398 \cdot Pr \cdot Re^{0,75}}{1 + 1,74 \cdot Re^{-0,125} \cdot (Pr - 1)}$$

$$Nu = 200,022$$

Jednadžbe iz [2]:

D [ft] – unutarnji promjer cijevi

$h \left[\frac{\text{Btu}}{h \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}} \right]$ – koeficijent prijelaza topline

$h_{fg} \left[\frac{\text{Btu}}{\text{lbm}} \right]$ – specifični rashladni učinak

$J \left[778,3 \cdot \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{Btu}} \right]$ – mehanički ekvivalent topline

$k \left[\frac{\text{Btu}}{h \cdot \text{ft} \cdot ^\circ\text{F}} \right]$ – koeficijent vodljivosti topline

L [ft] – duljina cijevi

$$h_{tp} = 0,0082 \cdot \frac{k_1}{D} \cdot (K_f \cdot Re_1^2)^{0,4}$$

$$K_f = \frac{J \cdot h_{fg} \cdot \Delta x}{L}$$

$$J = 778,3 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{Btu}}$$

$$h_{fg} = h_1 - h_4 = h'_4 - h_4$$

$$1 \text{ lbm} = 0,45359 \text{ kg}$$

$$1 \text{ Btu} = 1054,35 \text{ J}$$

$$\rightarrow 1 \text{ kg} = 2,20463 \text{ lbm}$$

$$\rightarrow 1 \text{ J} = 0,00094845 \text{ Btu}$$

$$h'_4 = 398,6 \cdot 10^6 \frac{\text{J}}{\text{kg}} = 398,6 \cdot 10^6 \cdot \frac{0,00094845 \text{ Btu}}{2,20463 \text{ lbm}} = 171,481 \frac{\text{Btu}}{\text{lbm}}$$

$$h_4 = 249 \cdot 10^6 \frac{\text{J}}{\text{kg}} = 107,122 \frac{\text{Btu}}{\text{lbm}}$$

$$h_{fg} = 171,481 - 107,122 = 64,359 \text{ Btu/lbm}$$

$$\Delta x = x_1 - x_4 = 1 - 0,2467 = 0,7533$$

L – pretpostavka – 12m

$$1 \text{ m} = 3,28084 \text{ ft}$$

$$L = 39,37 \text{ ft}$$

$$K_f = \frac{778,3 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{Btu}} \cdot 64,359 \frac{\text{Btu}}{\text{lbm}} \cdot 0,7533}{39,37 \text{ ft}}$$

$$(\text{lbf} = \text{lbm})$$

$$K_f = 958,427$$

$$h_{tp} = 0,0082 \cdot \frac{k_1}{D} \cdot (K_f \cdot Re_1^2)^{0,4}$$

$$D = 0,008 \cdot 3,28084 \text{ ft} = 0,02624 \text{ ft}$$

$$k_1 = 0,092 \frac{W}{mK}$$

$$\frac{W}{mK} = 1,7307 \frac{Btu}{h \cdot ft \cdot F}$$

$$k_1 = \frac{0,092}{1,7307} = 0,05316 \frac{Btu}{h \cdot ft \cdot F}$$

$$h_{tp} = 1320,742 \frac{Btu}{h \cdot ft^2 \cdot F}$$

$$\left[\frac{\frac{Btu}{h \cdot ft \cdot F}}{\frac{ft}{1}} = \frac{Btu}{h \cdot ft^2 \cdot F} \right]$$

$$\frac{W}{m^2 \cdot K} = 5,6786 \frac{Btu}{h \cdot ft^2 \cdot F}$$

$$h_{tp} = 1320,752 \cdot 5,6786 = 7500,022 \frac{W}{m^2 K} (\alpha_{R12})$$

Napomena: Proračun za koeficijent prijelaza topline na strani radne tvari izveden je za R12. Dokazano je [3] da je koeficijent prijelaza topline za radnu tvar R134a u prosjeku 20% veći od koeficijenta prijelaza topline za R12. Ako dobiveni α_{R12} povećamo za 20%, koeficijent prolaza topline u tom slučaju iznosi $k = 32,506 \text{ W/m}^2\text{K}$, a ukupna duljina cijevi isparivača je kraća za nekoliko centimetara, što na duljinu od 10 metara možemo zanemariti. Nakon ispitivanja uređaja sve ove veličine bit će izmjerene i uspoređene s proračunatim vrijednostima.

Koeficijent prolaza topline:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_z} + \frac{A}{A_0} \cdot \left(\frac{1}{\alpha_{134a}} + \frac{\delta_c}{\lambda_c} \right)}$$

$$\delta_c = \frac{d_v - d_u}{2} = 0,001 \text{ m}$$

$$\lambda_c = 372 \text{ W/mK} \quad (\text{toplinske tablice} \rightarrow \text{trgovački bakar})$$

$$k = 32,358 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Dimenzije:

Ukupna površina izmjenjivača topline:

$$A_{isp} = \frac{Q_0}{k \cdot \Delta \vartheta_m} = 1,939 \text{ m}^2$$

Ukupna duljina cijevi:

$$L = \frac{A_{isp}}{A} = 9,7315 \text{ m}$$

II.iteracija

$$L = 9,7104 \text{ m}$$

III.iteracija

$$L = 9,7104 \text{ m}$$

Dužina jedne cijevi:

$$l = \frac{L}{n} = 9,7104 \text{ m} \quad (\text{stvarno} \approx 9,95 \text{ m})$$

n – broj paralelno napajanih cijevi

Visina isparivača:

$$H = (n_1 + 1) \cdot l_r = 0,125 \text{ m} \quad (\text{stvarno } 0,105 \text{ m})$$

n_1 – broj prolaza cijevi po visini

Dubina isparivača:

$$B = (n + 1) \cdot b_r = 0,198 \text{ m} \quad (\text{stvarno } 0,175 \text{ m})$$

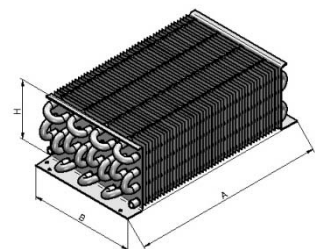
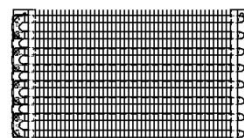
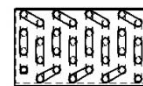
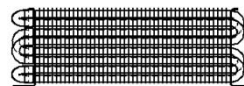
Širina isparivača:

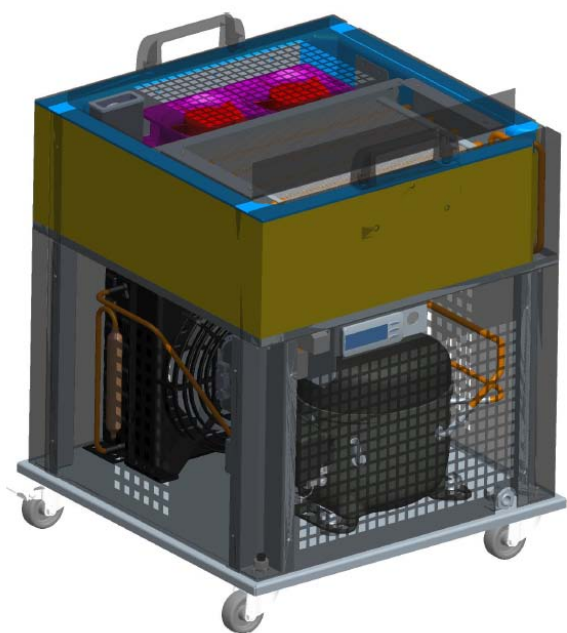
$$A = \frac{l}{n_2} = 0,303 \text{ m} \quad (\text{stvarno } 0,311 \text{ m})$$

n_2 – ukupan broj prolaza cijevi

Konačne dimenzije:

$$A \cdot H \cdot B = 303 \cdot 125 \cdot 198$$



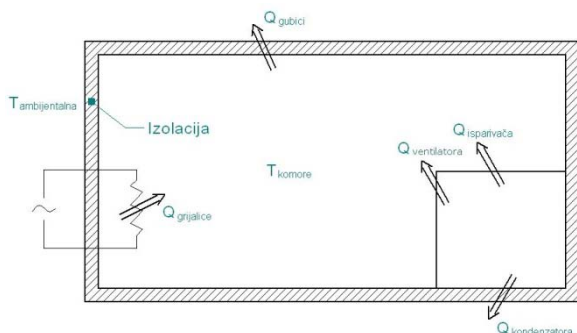


Slika 8. Konstrukcija gotovog uređaja

4. LABORATORIJSKO ISPITIVANJE

Uređaj je ispitivan na ambijentalnoj temperaturi $23,9 \pm 0,1^\circ\text{C}$, uz relativnu vlažnost zraka od $65 \pm 5\%$.

Komora za ispitivanje ima vanjske dimenzije $425 \times 425 \times 635$ mm (dužina x širina x visina). Izolirana je ekspandiranim polistirenom debljine 30 mm. Rubovi komore su izolirani armaflex trakom debljine 3 mm i širine 50 mm. Sam spoj komore i rashladnog uređaja izoliran je armaflex trakom debljine 6 mm i širine 30 mm.



Slika 9. Komora za ispitivanje

Unutar komore nalazi se grijač koji ima mogućnost ručnog podešavanja napona, odnosno snage. Grijačem unosimo toplinu u komoru. Kada temperaturu unutar komore dovedemo na željenu razinu, snaga koju ima grijač u tom trenutku predstavlja neto snagu rashladnog uređaja. Rashladna snaga uređaja ostvarena na isparivaču je nešto veća jer se dio te snage poništava zbog gubitaka topline kroz izolaciju, ali i toplinskog opterećenja ventilatora.

Smanjivanjem napona, odnosno snage grijača, smanjuje se temperatura unutar komore. Temperatura isparivanja

pada, a time pada i rashladni učin rashladnog sustava, a rastu gubici prijenosa topline kroz izolaciju komore.

4.1. Gubici kroz izolaciju

Komora za ispitivanje ima vanjske dimenzije $425 \times 425 \times 635$ mm (dužina x širina x visina).

Izolirana je polistirenom debljine 30 mm.

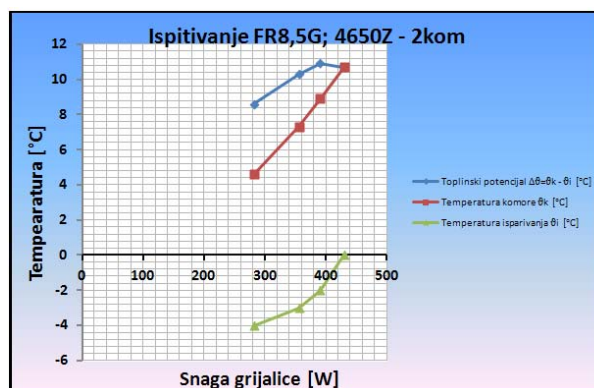
$$\Phi = A \cdot q = A \cdot \frac{\vartheta_a - \vartheta_k}{\frac{1}{\alpha_u} + \frac{\delta_{izo}}{\lambda_{izo}} + \frac{1}{\alpha_v}}$$

$$\Phi = 19,8 \text{ W}$$

4.2. Gubici zbog toplinskog opterećenja ventilatora

Ventilator 4650Z - 2kom: $19 \times 2 = 38 \text{ W}$

4.3. Ispitivanja



Slika 10. Dijagram ispitivanja (FR8,5G; 4650Z – 2kom)

Snaga grijalice predstavlja neto iskoristivu snagu za hlađenje produkata unutar komore. Realizirani rashladni učin veći je od snage grijalice upravo za iznos spomenutih gubitaka.

5. ZAKLJUČAK

Nakon provedenih laboratorijskih ispitivanja rezultati su bili zadovoljavajući za proračunati i konstruirani rashladni uređaj. Rashladni učin za odabrani kompresor u idealnim uvjetima iznosi 474W, što je u stvarnosti i ostvareno, ali zbog gubitaka kroz izolaciju (koji u našem slučaju iznose 20W) i zbog gubitaka toplinskog opterećenja rada ventilatora (koji iznose 38W), iskoristiva snaga hlađenja je nešto manja.

5.1. Rezultati ispitivanja

Kompresor:	FR8,5G
Ventilator:	4650Z (2x)
Ulazne vrijednosti	
Protok zraka:	320 m³/h
Nominalni rashladni učin:	474 W
Temp. isparivanja:	0 °C
Temp. komore:	10 °C
Izlazne vrijednosti	
Neto rashladni učin:	430 W
Temp. isparivanja:	0 °C
Temp. komore:	10,3 °C
Ostvareni rashladni učin:	488 W

Ispitivanjem je dokazano da su pravilno proračunate sve komponente konstruiranog sustava. Teoretski potreban protok zraka za tražene temperature i rashladni učin iznosi 280 m³/h, te su zbog toga odabrana dva ventilatora tipa 4650Z (2 x 160 m³/h = 320 m³/h). Kod projektnih temperatura (temperatura u komori +10 °C i temperatura isparivanja 0 °C) izmjereni neto rashladni učin je približno 430 W. Ako se tome dodaju proračunati toplinski gubici od 20 W kroz izolaciju i unesena snaga motora ventilatora od 38 W, dobivamo ostvareni rashladni učin sustava od 488 W, što je 3% više od deklariranog (474 W). Ova je nesukladnost toliko mala da nije potrebno tražiti uzroke. Oni mogu ležati u činjenici da je stvarna temperatura kondenzacije nešto niža od deklarirane temperature (55 °C), pri kojoj je dan rashladni učin kompresora. Rashladni učin sustava raste kod sniženja temperature kondenzacije. Da bi se dosegla deklarirana temperatura kondenzacije, trebalo bi promijeniti (povećati) okolnu temperaturu (24 °C), a to bi znatno promijenilo zadane uvjete rada. Zbog toga izmjereni rashladni učin, u ovakvim okolnostima, možemo smatrati potpuno sukladnim s deklariranim rashladnim učinkom.

5. POPIS LITERATURE

- [1] Khan, A. (2004): *Modeling of Fluid Flow and Heat Transfer for Optimization of Pin-Fin Heat Sinks*, PhD Thesis, University of Waterloo, Ontario, Canada,
- [2] Admiraal, M., Bullard, W. (1993): *Heat Transfer in Refrigerator Condensers and Evaporators*, University of Illinois, U.S.A., study
- [3] Kedzierski, M. A.; Kaul, M. P. (1993): *Horizontal Nucleate Flow Boiling Heat Transfer Coefficient Measurements and Visual Observations for R12, R134a, and R134a/Ester Lubricant Mixtures*. Korean Society of Mechanical Engineers. Symposium on Transport Phenomena (ISTP-6) in Thermal Engineering, 6th International. Volume 1. May 9-13, 1993, Seoul, Korea, Lee, J. S.; Chung, S. H.; Kim, K. H., Editor(s), 111-116 pp, 1993

MODELI ZA URBANU OBNOVU NAPUŠTENOG VOJNOG KOMPLEKSA „IVAN V. DRAŠKOVIĆ“ U VARAŽDINU KAO PRIMJENA CRADLE TO CRADLE STRATEGIJE

Bogadi A.¹

¹Veleučilište u Varaždinu, Varaždin, Hrvatska

Sažetak: Studija urbane obnove napuštenog vojnog kompleksa „Ivan V. Drašković“ u Varaždinu obuhvaća adaptaciju kompleksa u naselje koje podržava stanovanje, rekreaciju, poslovne prostore, javne sadržaje, parkove i površine za obradu zemlje. Namjera je adaptirati naselje tako da ono bude održivo s ekološkog, društvenog i ekonomskog stajališta, pa da na tim poljima ostvari i dodatnu dobit. Modeli kojima se dosiže taj cilj tiču se načina na koji se upravlja protokom materijala u građenju, dobavi i korištenju vode, proizvodnje i iskorištavanja energije, projektiranja prometne mreže, te načina korištenja neobrađenih površina na predmetnoj lokaciji. Oblikuju se smjernice kojima se postiže ekonomski profit i mjere kojima se potiče raznolikost društvenog i prirodnog okoliša. Spomenuti modeli su u službi triju osnovnih postavki Cradle to Cradle strategije razvoja: potpuno iskorištavanje otpada, korištenje isključivo obnovljivih izvora energije i poticanje društvene raznolikosti i biodiverziteta. Postoje brojni izazovi, pogotovo u tehnološkom i financijskom smislu koji se trebaju nadići kako bi naselje s dodatnom dobiti postalo stvarnost. Zaključuje se da za ostvarivanje Cradle to Cradle postavki u predmetnom projektu treba vrlo visok stupanj ambicije i holistički pristup projektiranju, koji nadilazi dosadašnju graditeljsku praksu. Holistički pristup isto tako podrazumijeva da se taj cilj ne može postići momentalno i u izolaciji, već mu predstoji dugi tranzicijski period, interdisciplinarna suradnja te potpora lokalnih vlasti.

Ključne riječi: održivi sistem, dodatna vrijednost, tehnološki/biološki ciklusi, ekofikasnost/ekoeftektivnost

Abstract: Brownfield project “Urban Revival of the Abandoned Military Quarters “Ivan V. Drašković” in Varaždin” comprises the extensive redevelopment of former military quarters (an area known as “Vojarne Optujska”) into flats, offices, retail, public services, parks and gardens. New settlement is not only designed to be ecologically, socially and economically sustainable, but also to effectuate added value to its stakeholders. Cradle to Cradle theoretical framework is used as a starting point for the assessment. Therefore, three basic principles are assigned to be implemented: waste equals food; the use of current solar income; and the celebration of diversity. A range of ways in which current development can enable transition to a more sustainable future is demonstrated in the Project, e.g. material, energy and water management, land use, traffic design, models for the economic profit

achievement, and methods for increasing social and biodiversity. A number of challenges, including technological and financial barriers, in the way to adopting mentioned principles are identified. The realization of those principles in building processes requires a high level of ambition and holistic comprehension which could go significantly further than current practice. The holistic approach also means that it cannot be achieved immediately or in isolation, but rather in a long period of transition and as a result of an interdisciplinary collaboration and local government support.

Key words: sustainable system, added value, technological/biological cycle, eco-efficient/eco-effective

1. UVOD

Standardni pristup urbanističkom planiranju karakterizira fokusiranje iznimno na lokaciju i funkcije i gotovo potpuno zanemarivanje povezanosti s resursima koji omogućuju da se odvija život grada.

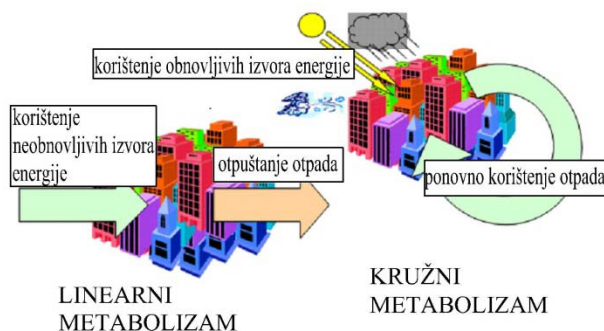
U grad ulaze energija, hrana i materijali, a izlazi otpad. Taj se koncept naziva „gladni grad“ i temelji se na sistemu zasnovanom na korištenju fosilnih goriva. Projekt urbane obnove predlaže sistem čiji principi počivaju na sistemima koji koriste obnovljive izvore energije. Urbani sistemi ne trebaju biti samo konzumenti, već i proizvođači svih potrebnih resursa.

Projekt urbane obnove napuštenog vojnog kompleksa „Ivan V. Drašković“ u Varaždinu primjenjuje strategiju Cradle to Cradle u kojoj se predmetni dio grada promatra kao rezervoar neiskorištenih potencijala i resursa, a koji te resurse ponovno koristi i pri tome stvara dodatnu vrijednost. Članak donosi plan za razvoj modela primijenjenih na konkretnoj lokaciji, predviđaju se rezultati takvog planiranja i načini primjene što se tiče razvoja šireg gradskog područja i regije.

2. TEORETSKA POTKOVA: CRADLE TO CRADLE STRATEGIJA

Najpoznatiju definiciju održivog razvoja pružila je Svjetska komisija za okoliš i razvoj (WCED) u Rezoluciji 1987.: „Održivi razvoj je razvoj koji zadovoljava sadašnje potrebe bez ugrožavanja mogućnosti zadovoljavanja potreba budućih generacija.“² Bitno je da se održivost shvati kao širi koncept. Kod projektiranja održivog sistema nije se dovoljno samo

fokusirati na ekološke aspekte, već na ekonomske i društvene aspekte. Provedene mjere bi trebale ostvariti financijski profit, otvoriti nova radna mjesta, stvarati plodna tla za inovacije, stvarati zdravu, sigurnu i atraktivnu okolinu, sve uz suradnju lokalnih vlasti i investitora i tako garantirati produktivan život naselja tijekom dužeg vremenskog razdoblja.



Slika 1. Linearni i kružni metabolizam
(R.W.A. Leduc, M.G. Van Kann: *Urban Harvesting as planning approach towards productive urban regions*, SREX, Kopenhagen, 2010.)

Da bi se projektirao održivi urbani sustav treba se usredotočiti na inteligentno iskorištavanje energije i resursa. Danas gradovi funkcioniraju uglavnom prema principu linearnog metabolizma: neobnovljivi resursi se uvoze, neefikasno se koriste da bi se na kraju odbacio otpad koji sadrži vrijedne resurse. Zbog toga je potrebno razviti principe kružnog metabolizma, tj. implementirati korištenje obnovljivih izvora koji se koriste na efektivan način, a otpad koristiti za dobivanje novih resursa da bi se zatvorio krug (slika 1.). Zgradu, dio grada, cijeli grad ili regiju treba promatrati kao cjeloviti sistem da se dobije uvid u ciklične povezanosti elemenata unutar njega i uvid u odnose elemenata s cjelinom. To je jedini način na koji možemo predvidjeti djelovanje sustava, odnosno način na koji možemo doći do mehanizama (modela) koji održavaju sustav.

William McDonough i Michael Braungart su 2004. razvili **Cradle to Cradle strategiju projektiranja sistema** i koriste metaforu o trešnjinom stablu kako bi opisali svoja polazišta za željeno funkcioniranje zgrada, gradova i regija, poslovanja i proizvodnih procesa: „Dok raste trešnjino stablo, sam rast mu nije jedina svrha - ono ima mnoge pozitivne učinke i na svoju okolinu - stablo stvara hranu za životinje, kukce i mikroorganizme. Obogaćuje ekosistem, proizvodi kisik pročišćavajući pritom zrak i stabilizirajući tlo. Na svojim granama i korijenju omogućava život različitim oblicima biljnog i životinjskog svijeta koji ovise o stablu i jedan o drugome. A kad drvo umre, vraća se tlu i kompostirajući se obogaćuje tlo mineralima koji će podržavati zdravi novi rast na tom mjestu.“¹ William McDonough i Michael Braungart su idejni začetnici razvoja Cradle to Cradle Network (C2CN), mreže desetak europskih regija koje koriste Cradle to Cradle strategiju razvoja kako bi pojačale svoj ekonomski razvoj, poticale inovacije, smanjile utjecaje zagađivača i proizvodile manje otpada.

2.1. CRADLE TO CRADLE STRATEGIJA RAZVOJA SISTEMA

Osnovne elemente funkcioniranja urbanih sistema - društveni, ekonomski i ekološki princip - Cradle to Cradle pristup (dalje u tekstu C2C) ne odvaja i ne istražuje zasebno, već ih promatra kao cjelinu te se fokusira na veze, međudjelovanja i međuovisnosti između njih. Na taj način se faktori kao što su upravljanje materijalima i energijom promatraju u međudjelovanju i ovisnosti o socioekonomskoj pozadini. C2C se od ostalih modela održivih sistema razlikuje po tome što ne smanjuje negativne utjecaje već stvara nove dobrobiti, dodatne vrijednosti korisnicima u ekonomskom, društvenom i ekološkom smislu. Kako bi C2C sustavi postali stvarnost i standard u gradnji, treba iz temelja promijeniti principe projektiranja, načine gradnje, korištenje i održavanje zgrada. Tom standardu u gradnji valja stremiti, ali u sadašnjoj fazi društveno-ekonomskog razvitka treba se fokusirati na mogućnosti približavanja istome, odnosno tranziciji, od ekоеfikasnosti do ekoeftektivnosti.

2.1.1. EKOEFIKASNOST I EKOEFETIVNOST

Rastuća industrijalizacija je osim napretka sa sobom donijela iscrpljivanje i zagađivanje prirodnih resursa, socijalnu eksploataciju, kao i razvijanje obrazaca razmišljanja prema principu „koja razina štete ili troška je prihvatljiva“. Ti su faktori rezultirali razvojem sistema kojima je svrha svesti štetu prema okolišu na minimum (ekoefikasni sustavi) prilagođavanjem zakonskih direktiva i težnjom da se štetan utjecaj na okoliš predvidi i preventivno zaobiđe. Razlika od dosadašnjih razvojnih strategija i Cradle to Cradle strategije je u tome što se ostale ekoefikasne strategije usredotočuju samo na *redukciju negativnih ljudskih utjecaja na okoliš*, bez mogućnosti da se smanji i negativan utjecaj na društveni i ekonomski život zajednice.

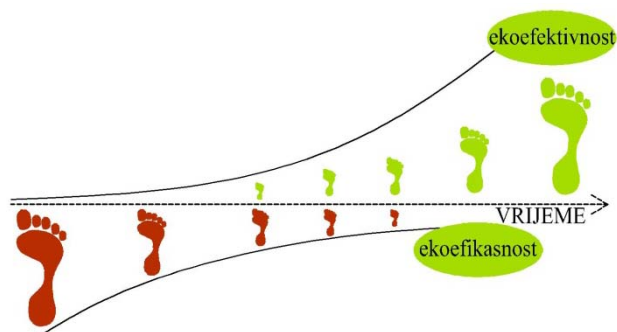
Modeli ekoefikasnosti pozitivno utječu na smanjivanje negativnih utjecaja na okoliš, ali ne otvaraju mogućnosti za boljim iskorištavanjem otpada, ne nude rješenja koja ostvaruju bolju ekonomsku efektivnost i pozitivan utjecaj na društvenu zajednicu. Npr., jedan od modela ekoefikasnosti je recikliranje. U praksi se materijali obično podcikliraju jer se kombiniraju s materijalima slabije kakvoće i teško se odvajaju od materijala slabije kakvoće. Tako se u nizu krugova reciklaže dobiva sve slabija vrsnoća proizvoda.

2.1.2. TRANZICIJA OD EKOEFIKASNOSTI PREMA EKOEFETIVNOSTI

Dok strategije ekoefikasnosti promoviraju manju potrošnju, smanjivanje otpada i produživanje životnog vijeka proizvoda, strategije ekoeftektivnosti predstavljaju mjere koje dopuštaju i veliku konzumaciju i kratku upotrebu proizvoda. Za to trebaju biti zadovoljena dva uvjeta: kakvoća sirovina mora biti visoka, a obnovljiva energija mora biti pokretač i proizvodnje i konzumacije.

Cradle to cradle je korak u evoluciji od ekoefikasnosti do ekoeftektivnosti koji podrazumijeva osmišljavanje i

proizvodnju proizvoda i usluga tako da oni uvažavaju i koriste međudjelovanja između ekonomskih, društvenih i ekoloških ciljeva (slika 2.). Interes je da se radi „prava stvar“ od početka, a ne da se radi „manje štetno“¹.



Slika 2. Koncept ekoefektivnosti je odgovor na negativne posljedice primjene ekoefikasnosti.

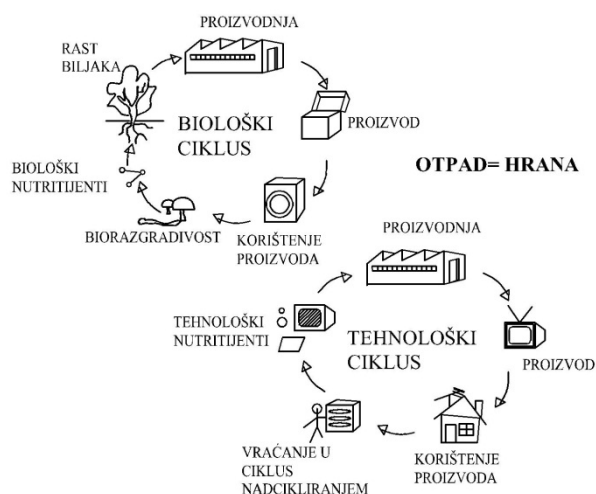
Prikazana je potrebna evolucija razmišljanja i modela od ekoefikasnosti prema ekoefektivnosti (M. Hunt, D. Beeden, B. Brink, B. Freck, A. McLean, J. Roelofs, P. Stouthuysen: *C2C Network Perspective study: Build Theme*, Gruppo Stampa GB, Cologno Monzese, 2010.)

2.1.3. CRADLE TO CRADLE PRINCIPI

Postoje tri principa prema kojima se ravna svaki Cradle to Cradle projekt:

1. „Otpad znači hrana“

U projektu je potrebno poštovati tokove zatvorenih krugova, odnosno projektirati kontinuirano kruženje materijala s namjerom sprečavanja da materijali postanu otpad. Materijali, voda i energija sadržani u proizvodu ili usluzi nakon njihovog korištenja ne bi se smjeli baciti. Biološki otpad se treba kompostirati tako da omogućiti rast biomase (**biološki ciklus**), dok se nebiološki otpad treba koristiti tako da se sastojci mogu razdvojiti i ponovno koristiti u proizvodima koji imaju stupanj kvalitete barem toliki kao prvotni proizvod (**tehnološki ciklus**). Shema tih ciklusa (petlji) prikazana je na slici 3.



Slika 3. Biološki i tehnološki ciklusi

(M. Hunt, D. Beeden, B. Brink, B. Freck, A. McLean, J. Roelofs, P. Stouthuysen: *C2C Network Perspective study: Build Theme*, Gruppo Stampa GB, Cologno Monzese, 2010.)

2. „Korištenje postojeće sunčeve energije“

Teži se sustavima za korištenje isključivo obnovljivih izvora energije, npr. sunčeve energije za grijanje, dobivanje električne energije i rasvjetu, te za upotrebu u industriji.

3. „Poticanje raznolikosti“

Zdravi ekosistemi su složene mreže živih organizama, a njihova se trajnost i otpornost postiže upravo pomoću raznolikosti. Takva raznolikost treba biti model i za projektiranje urbanih sistema, a imenovani princip pretpostavlja metodu za poticanje biološke, kulturne i funkcionalne raznolikosti.

2.2. CRADLE TO CRADLE U GRADITELJSTVU

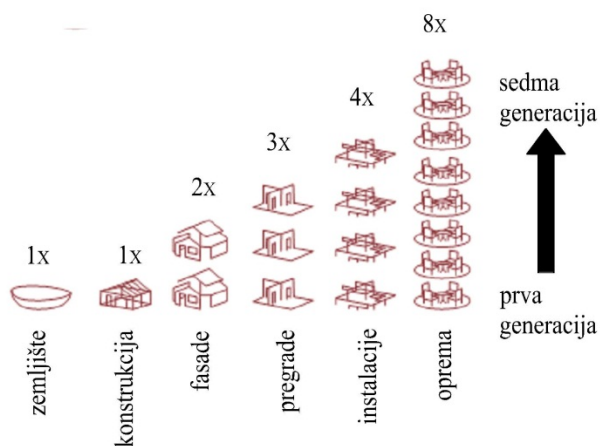
Cradle to Cradle strategija nudi bolja rješenja od standardnih izvedbi zgrada, a koja rezultiraju iznimno negativnim rezultatom na okoliš. Građevinska industrija troši 40% fosilnih goriva i 40 % sveukupnih svjetskih sirovina i proizvodi 40% sveukupnog čvrstog otpada, dok se zbog izgradnje infrastrukture rapidno smanjuju površine obradive zemlje.⁴

2.2.1. EKOEFIKASNE ILI EKOEFEKTIVNE ZGRADE

Ekoefikasne zgrade („zelena arhitektura“) na različite načine smanjuju negativan učinak na okoliš korištenjem npr. manjih količina energije, materijala i vode. Nažalost, dok se negativan utjecaj na okoliš zaista smanjuje, takva efikasnost često dovodi do smanjenja efikasnosti u drugim aspektima gradnje, najčešće do povećanih troškova u proizvodnji potrebnih materijala koji postaju veći nego kod „standardnih“ zgrada.

Ekoefektivne zgrade ili C2C zgrade trebaju biti projektirane tako da budu i zdrave i *produktivne*, da ostvaruju pozitivan utjecaj na okolinu - na proizvodni i graditeljski proces, na okoliš, na korisnike i investitore. Holistički pristup u projektiranju znači da se troškovi u jednom segmentu procesa gradnje smatraju prinosima u nekom drugom segmentu. M. Braungahrt i W. McDonough ponovno povlače paralelu iz prirode i predstavljaju koncept „kuće kao stabla“ ili „gradova kao šuma“.

Zgrade bi trebale, isto kao i drveće, koristiti sunčevu energiju, odstranjivati CO₂ i prašinu iz zraka, te bi trebale postati izvor nutrijenata koji se prije ili kasnije oslobađaju u životu zgrade. Ne smiju biti „posljednja postaja“ u kojoj se materijali pretvaraju u otpad (slika 4.).



Slika 4. Protok materijala ili količina otpada u prosječnom životnom vijeku zgrade

(S. Brand: *How buildings learn: what happens after they are built*, Viking, New York, 1994.)

2.2.2. PRIMJENA C2C U PROJEKTIRANJU EKOEFETIVNIH ZGRADA

C2C, kao i svi ostali održivi pristupi projektiranju sistema, želi postići obostranu korist i ravnotežu između socijalnog aspekta, ekonomije i ekologije sustava. Ovdje su izložene smjernice za novi pristup projektiranju koji omogućuje izgradnju C2C okoliša. Oni su postavljeni u skladu sa zahtjevima „trokuta održivosti“⁷ (slika 5.).



Slika 5. Trokut održivosti

(M. Braungart, W. McDonough: *Beyond the Triple Bottom Line: Designing for the triple Top Line*, Corporate Environmental Strategy, MBDC, 2002.)

Slika 5. pokazuje da inteligentan dizajn ne treba samo držati ravnotežu između ekonomskog, ekološkog i društvenog aspekta već koristi i njihovu međusobnu interakciju da se poveća dobrobit u svakom od tih područja. Prikaz ocrta i način na koji promjena u jednom području utječe na promjenu u ostalima. U vrhu trokuta „ekonomija-ekonomija“ glavno je pitanje može li se ostvariti profit, u vrhu „društvo-društvo“ pitanje je imaju li svi korisnici osigurani zdravi socijalni okoliš, a u vrhu „ekologija-ekologija“ naglasak je na pitanju je li ostvaren pozitivan utjecaj na ekosustav. Dok se udaljujemo od vrhova po stranicama trokuta, izranjaju pitanja koja su posljedica kompleksne interakcije spomenutih glavnih polazišta.

OSNOVNI PRINCIPI

- Upotreba materijala koji se prestankom korištenja kao biološki ili tehnološki nutrijenti mogu vratiti u tehnološki/biološki ciklus.
- Korištenje obnovljivih izvora energije (sunce, dizalice topline, vjetar, biomasa, voda).
- Aktivno poticanje biodiverziteta prema znanstvenim metodama za rast i izmjeru istog
- Predvidjeti tok evolucije sistema, uključivanje strategije i pristupa koji povećavaju mogućnosti da se zgrade prilagode različitim funkcijama u duljem vremenskom razdoblju.

INOVACIJE U PROJEKTIRANJU

- Projektirati tako da se postignu pozitivni utjecaji sistema na okoliš, a ne da se pokušava biti „manje štetan“.
- Težiti prema ekoeftivnosti, a ne samo prema ekoeftikasnosti.
- Postepeno poboljšavati kvalitetu izgrađenih sistema, produkata i procesa u mjerljivim koracima.
- Suradnja s klijentima i dobavljačima kako bi se formirala mreža koja prati i zatvara tehnološke ili biološke cikluse.
- Projektirati tako da se postigne visoka kakvoća unutrašnjeg zraka.
- Projektirati (urbane) sisteme koji proizvode više energije nego što je troše.

CILJEVI ZA IZGRAĐENI OKOLIŠ

- Integriranje sistema dobivanja energije iz obnovljivih izvora tako da se dobiva više energije nego što zgrada/kompleks koristi i kojom može opskrbljivati i susjedstvo.
- Integriranje sistema za pročišćavanje zraka tako da zgrade/kompleksi proizvode više čistog zraka nego što ga koriste.
- Integriranje sistema za pročišćavanje vode i dobivanje bioloških nutrijenata iz zgrada i parcele.
- Provođenje znanstvenih metoda za povećanje biološkog diverziteta tako da je on veći nego prije izgradnje C2C zgrade ili naselja.
- Stvaranje raznolikog socioekonomskog okoliša je plodno tlo za ekonomski razvoj i obrazovanje pripadnika zajednice.

2.2.3. C2C U PRAKSI

Zgradu koja zadovoljava sve C2C principe je trenutačno nemoguće izgraditi. Zgrade su složene strukture s mnogobrojnim komponentama i sistemima i imaju unutarnje procese slične kao i sistemi u prirodi, npr. protok energije, vode i materijala. One također stvaraju interakciju s korisnicima, širom lokalnom zajednicom i okolišem. Uvođenje C2C principa u graditeljsku praksu zahtijeva mnoge promjene na širem polju djelovanja, traži novi način razmišljanja, nova rješenja i relativno dugotrajan tranzicijski period. Stoga se u ovom trenutku ne treba usredotočiti na izgradnju cijele zgrade/kompleksa kao C2C sustava, već na osiguranje

pojedinih podsustava (elemenata) u zgradi/kompleksu koji se ravnaju prema spomenutim principima, a koji donose dobit svima involviranim u proces izgradnje i korištenja.

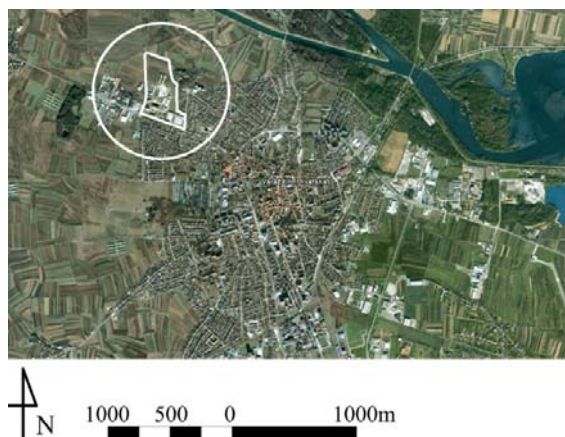
3. URBANA OBNOVA NAPUŠTENOG VOJNOG KOMPLEKSA „OPTUJSKA“ U VARAŽDINU

Glavno polazište kod izrađivanja idejnog rješenja za urbanu obnovu kompleksa Optujska (u daljem tekstu: Projekt) bilo je da se razviju modeli kojima je moguće ostvariti dobrobit za širu društvenu zajednicu i okoliš. Razvijeni su modeli koji koriste dosadašnja dobra rješenja u smislu ekološke efektivnosti, ali i tradicionalnija ekoeffikasna rješenja. Tranzicija do ekoeffektivnosti može tek početi i trajat će dulje vrijeme, tako da će se u početku morati kombinirati ekoeffikasna i ekoeffektivna rješenja.

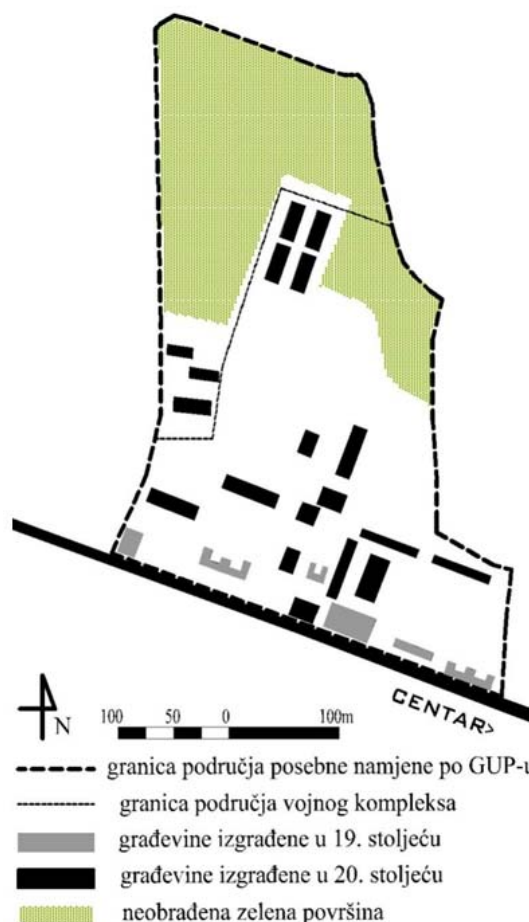
3.1. NAPUŠTENI KOMPLEKS VOJARNE „Ivan V. Drašković“ - postojeće stanje i urbanističko rješenje

Lokacija napuštenog vojnog kompleksa nalazi se na sjeverozapadnom rubu Varaždina (slika 6.), a s centrom grada je povezana jednom od glavnih gradskih prometnica. Povijest kompleksa počinje 1893. godine, kada se na trošak grada gradi domobranska vojarna, domobranska časnička škola i dvorana za jahanje. Gradnja se nastavlja u pedesetim godinama 20. stoljeća za potrebe JNA, da bi u Domovinskom ratu bio u službi hrvatske vojske. Danas je taj kompleks napušten, a pripadajućih 28,50 hektara zemljišta se tretira kao „gradska lokacija na čekanju“ sa svim svojim neiskorištenim potencijalom što se tiče postojećih građevina, infrastrukture i zelenih površina.

Vojni kompleks je s južne i istočne strane okružen naseljem s obiteljskim kućama, sa sjeverne strane graniči s poljoprivrednim zemljištem, a sa zapadne s trgovačkom zonom. Kompleks se sastoji od administrativnih zgrada, dormitorija, restorana i gospodarskih zgrada najvećih katnosti P+2 povezanih gustom mrežom kolnika, šetnica i trgova. Trećina površine parcele je neizgrađena, a svojedobno se koristila kao vojni poligon (slika 7.).

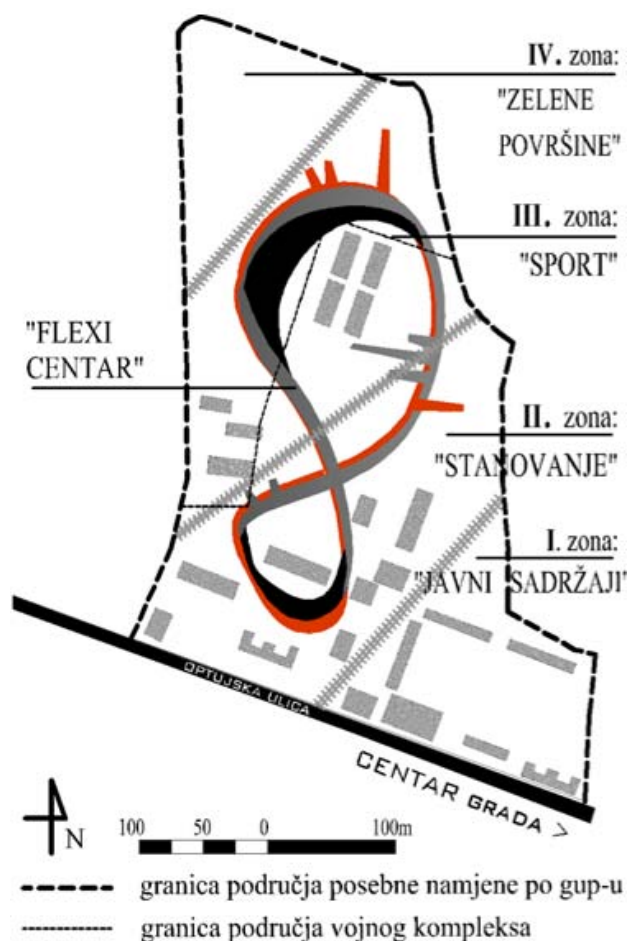


Slika 6. Predmetna parcela kao dio grada Varaždina.



Slika 7. Granice obuhvata i izgrađenost zemljišta.

Kako bi se planirana urbana obnova mogla razvijati u skladu s prethodno predstavljanim smjernicama, neophodno je postaviti čvrste pretpostavke za provedbu istih na prikladnom urbanističkom rješenju. Arhitektura i urbanizam su u Projektu mediji za provedbu društvenih i ekoloških ideala i katalizatori ljudskih interakcija. Projektom se predviđaju minimalna rušenja te energetska sanacija i adaptacija postojećih zgrada jer analiza pokazuje da postojeća izgradnja može podržavati gotovo sve planirane sadržaje. S obzirom na nejednaki stupanj izgrađenosti dijelova predmetnog područja i prometnu povezanost s centrom grada, parcela je podijeljena na četiri zone: prva ima građevine i **javne sadržaje** namijenjene svim građanima i onima izvan njega; u drugoj se zoni planira **stanovanje i smještaj** za stanovnike naselja; u treću se smještaju **sportski tereni i igrališta**, a četvrta je nazvana „**zelenom zonom**“ u kojoj su parkovi koji su simulacija šume i livade, vrtovi i voćnjaci koji se mogu ponuditi u povoljni najam i koje obrađuju stanovnici naselja i (ili) grada. U njoj je sustav prikupljanja, korištenja i poboljšavanja kvalitete otpadnih voda i kompostana. Zone povezuje „fleksni centar“, novosagrađena središnja šetnica u obliku brojke osam koja ima raznolike rekreativne sadržaje u naselju: staze za rolanje, vožnje biciklom i trčanje, klupe za odmor, dječja igrališta i zelenilo. Ti se sadržaji izmjenjuju na više razina, u vertikalnom i horizontalnom smjeru. „Fleksni centar“ se proteže kroz cijelo predmetno područje, povezuje njegove dijelove i stvara novi vizualni identitet naselja (slika 8.).



Slika 8. Zoniranje i „fleksni centar“ u naselju.

3.2. MODELI ZA RAZVOJ VARAŽDINSKOG C2C OKOLIŠA

U daljnjem tekstu se izlažu modeli koji omogućuju razvoj „C2C okoliša“, a koje podržava i koji proizlaze iz opisanog urbanističkog rješenja. Predstavljaju se ekološki (3.2.1.), pa ekonomski (3.2.2.) i društveni modeli (3.2.3.) kao odgovor na zahtjeve prethodno predstavljenog „trokuta održivosti“. Nakon svake teme tablicom su prikazani ekoefikasni i ekoefektivni tipovi modela da bi se jasno uočila razlika između ta dva pristupa i omogućio uvid u karakteristike tranzicijskog razdoblja prema ekoefektivnosti.

3.2.1. EKOLOŠKI MODELI

3.2.1.1. VODA U NASELJU

Ovdje je važno unaprijediti dosadašnji standardni sustav vodovoda i kanalizacije. Predlaže se sustav skupljanja kišnice čija je ugradnja u postojeće zgrade jednostavna i jeftina, a dobivena voda bi se koristila za ispiranje sanitarija, za pranje rublja i suda te za održavanje javnih zelenih površina u naselju. U zgradama se predviđaju i sustavi za UV obradu vode, za čije se funkcioniranje osigurava energija iz obnovljivih izvora pa bi zgrade tako same proizvodile svoju pitku vodu. Dobrobiti ovakvog sustava su dalekosežne. Eliminiraju se značajni troškovi procesa za pročišćavanje, držanje i transport pitke vode.

Izbjegava se potreba za sistemom industrijskog pročišćavanja otpadne vode iz zgrada i pripadajući troškovi primjenom „reedbed“ sustava filtriranja – održivog sustava prikupljanja, korištenja i poboljšavanja kvalitete otpadnih voda - s pripadajućim „jezercima“ koja će biti smještena u trećoj i četvrtoj zoni u naselju. Na taj se način voda vraća u prirodu bez primjesa koje nisu dio biološkog ciklusa.

Tablica I. Usporedba ekoefikasnih i ekoefektivnih modela za gospodarenje vodom u projektiranom naselju

EKOEFIKASNI MODELI	EKOEFEKTIVNI MODELI
• smanjenje količine korištene vode • korištenje kišnice • poboljšavanje kvalitete otpadne vode	• UV obradom vode zgrada proizvodi čišću vodu nego što je prima, osiguravajući njenu bolju upotrebu u biološkom ciklusu • korištenjem „reedbed“ sustava zatvara se krug korištenja vode

3.2.1.2. KORIŠTENJE MATERIJALA

Projektom je predviđeno minimalno rušenje postojeće izgradnje, adaptacija postojećih zgrada i nova izgradnja „fleksni centra“ i sportskih terena. U planiranju se polazi od toga da graditeljstvo mora početi „oponašati prirodu“ u kojoj ne postoji pojam otpada, već se sve iskorištava u daljnjoj upotrebi. Princip za korištenje materijala u naselju nije samo u smanjenju korištenja štetnih materijala, nego prije svega u korištenju ciljanih vrsta materijala da se spriječi njihovo „podcikliranje“. Odabiru se materijali s najboljim svojstvima u smislu ponovnog korištenja, odnosno jednostavnog rastavljanja na dijelove. Oni ne smiju imati toksične sastojke za ljude ili okoliš i nakon korištenja trebaju biti ponovno uključeni u prethodno predstavljene tehnološke ili biološke cikluse. Ovo su samo početni impulsi jer će se s vremenom mijenjati i metodologija proizvodnje i primjena građevinskih materijala kako bi zadovoljila propisane uvjete za smanjenjem štetnosti na okoliš. Svi korišteni materijali u projektu bit će klasificirani po C2C specifikacijama, što će omogućiti valorizaciju ekoefektivnosti.

Kod standardno građenih zgrada česta je pojava da kvaliteta unutarnjeg zraka bude zbog isparavanja neprikladnih materijala manja od onog vanjskog. C2C zgrada treba sadržavati i proizvoditi zrak koji je bolji od onog koji dobiva, što podrazumijeva korištenje sistema za pročišćavanje zraka te postavljanje „zelenih zidova“. „Zeleni zid“ je sustav koji se sastoji od panela s posadenom vegetacijom, medijem za rast biljaka i sustavom napajanja postavljenih ispod konstrukcije, a može biti samostojeći ili pričvršćeni na nosivu konstrukciju zgrade. Iako bi C2C naselje trebalo biti bez ikakvih zagađivača (zagađivači se smatraju rezultatom

neadekvatnog korištenja materijala, vode ili energije), u Projektu se prihvaća nužnost pojave istih kod izgradnje i adaptacije, kao i kod proizvodnje potrebnih komponenti te pri transportu.

Tablica II. Usporedba ekoefikasnih i ekoefektivnih modela za korištenje materijala u projektiranom naselju

EKOEFIKASNI MODEL	EKOEFEKTIVNI MODEL
• smanjivanje količine otpada • korištenje lokalnih materijala	• korištenje materijala kod kojih je moguće predvidjeti njihovo daljnje korištenje ili „nadcikliranje“ i koji se mogu jednostavnim postupkom razgraditi (vratiti) u biološki ili tehnološki ciklus • korištenje „zdravih“ materijala i sistema koji pomažu stvaranju bolje kakvoće zraka u unutrašnjim prostorima

3.2.1.3. KORIŠTENJE ENERGIJE

Što manje energije zgrada troši, to je manja količina otpadnih tvari koju stvara pa ima i manje troškove održavanja nego standardna zgrada. Zato će se u adaptaciji i izgradnji koristiti pojačana toplinska izolacija pa će se projektirati tako da se u najvećoj mogućoj mjeri koristi sunčeva svjetlost i toplota i da se omogući prirodna ventilacija. U projektiranju će se primjenjivati i principi iz sustava Passivhaus. Krajnji je cilj takvog modela da adaptirane i nove zgrade u naselju proizvode više energije nego što je troše, a tako neće zadovoljiti samo svoje potrebe već i potrebe dijela susjedstva.

Tablica 3. Usporedba ekoefikasnih i ekoefektivnih modela za korištenje energije u projektiranom naselju

EKOEFIKASNI MODEL	EKOEFEKTIVNI MODEL
• donošenje i provođenje energetske propisa	• integriranje sistema obnovljivih izvora energije tako da zgrade proizvode više energije nego što je troše

3.2.1.4. KORIŠTENJE ZEMLJIŠTA

Veličina zemljišta vojnog kompleksa iznosi 28,50 hektara, a od toga je 10,50 ha neobrađena površina. Izgrađenost parcele je samo 8%, što pruža mogućnosti za implementiranje ekoefektivnih sistema za koje je potrebno osigurati relativno veliki prostor.

Namjera je zemljište koristiti na takav način da se ostvare uvjeti za život različitih biljnih i životinjskih vrsta, tj. namjera je povećati biodiverzitet. Prisutnost takvih „zelenih pluća“ u sve više urbaniziranom krajoliku je od velike važnosti (prečesto zanemarene) za socijalno i mentalno zdravlje zajednice.

Osim sadnje različitih biljnih vrsta na javnim površinama i osiguravanja relativno velike površine zemljišta za vrtove i kompostanu, predviđa se implementacija sustava Reedbed za pročišćavanje otpadne vode, a čiji se pripadajući elementi smještaju u četvrtu i djelomično u treću zonu. Sustav Reedbed je jednostavan i prilagodljiv sustav za pročišćavanje otpadne vode iz zgrada i vraćanje iste u okoliš (najviše u vrtove), troši malo energije, a njegova pripadajuća jezerca koja skupljaju i čiste vodu pružaju životni prostor mnogim biljnim i životinjskim vrstama i tako povećavaju kvalitetu života u naselju.

Tablica IV. Usporedba ekoefikasnih i ekoefektivnih modela za korištenje zemljišta u projektiranom naselju

EKOEFIKASNI MODEL	EKOEFEKTIVNI MODEL
• konvencionalni drenažni sistemi • javne površine zasađene autohtonim biljnim vrstama	• namjena dijela zemljišta za vrtove koje će u najam dobivati stanovnici naselja • Reedbed sustav za pročišćavanje otpadne vode

3.2.1.5. PROMET

Na predmetnom zemljištu sagrađena je prometna infrastruktura koja se u Projektu potpuno iskorištava.

Sada se cjelokupan prometni sustav ne može podići na C2C sustav jer ovisi o iskorištavanju fosilnih goriva, pa se fokusira na *dostupnost* sadržaja i *način* korištenja prometa. To znači formiranje bolje biciklističke i pješačke mreže u naselju, maknuti automobilske promet s partera i povezivanje s gradom i prigradskim naseljima preko pouzdanog i redovitog javnog transporta.

Tablica 5. Usporedba ekoefikasnih i ekoefektivnih modela za razvoj prometa u projektiranom naselju

EKOEFIKASNI MODEL	EKOEFEKTIVNI MODEL
• smanjivanje prometovanja • poboljšavanje kvalitete javnog gradskog transporta	• projektiranje najpovoljnijeg sustava prometne mreže s obzirom na vrstu prometa i dostupnost sadržaja

3.2.2. EKONOMIJA NASELJA

Konstantna potreba i težnja za boljim iskorištavanjem zemljišta sigurno vodi prema nastanku „pametnijih“ urbanih sistema u budućnosti. Potražnja za istima se proporcionalno povećava s ekološkom sviješću stanovnika i rastom troškova održavanja zgrada. Projekt traži početnu potporu u vidu zakonskih direktiva i financijskih poticaja, a dugoročno će takav sustav biti financijski pristupačniji zbog povećanja cijene fosilnih goriva i „standardnih“ materijala.

Kod primjene C2C principa u gradnji namjera je da se svima uključenima u taj proces - zaposlenima, korisnicima, investitorima i bankama - stvori dodatna vrijednost s obzirom na vrijednost dobivenu gradnjom „standardnih zgrada“. U Projektu urbane obnove spomenuto se želi postići na sljedeće načine:

1. Upotrebom materijala koji će i nakon prestanka životnog vijeka zgrade moći biti korišteni u drugim sustavima, što znači da otpadni materijali daljnjim korištenjem postaju „nova vrijednost“.
2. Stvaranjem modela za iznajmljivanje ili prodaju materijala ili energije koji nastaju kao produkti zgrada i zemljišta. Na taj način kod proizvođača se stvara i dodatna motivacija za održavanje njihove kvalitete.
3. Prepoznavanje moguće (isključivo lokalne) mreže proizvođača, izvođača i stručnjaka koji mogu sudjelovati u izvedbi svih faza projekta, od rušenja i daljnjeg korištenja otpadnog materijala, proizvodnje, izgradnje i uvođenja raznovrsnih novih podsistema u naselje.
4. Involviranjem lokalnih vlasti kako bi Cradle to Cradle principi postajali stvarnost i standard u graditeljstvu, potrebno je duže vremensko razdoblje za provedbu načina razmišljanja i operativni različitih struka, pa je zato iznimno važna podrška (lokalnih) vlasti. Projekt se može razvijati samo ako je i profitabilan, a vlasti mogu razviti mrežu interdisciplinarnih grupa stručnjaka i stimulirati ambicije, razviti prikladne zakone i direktive te na taj način dizati standarde građenja i osigurati zastupljenost „zelenih tehnologija“.

3.2.3. DRUŠTVENA RAZNOLIKOST I BIODIVERZITET

Poticanje biodiverziteta, kulturne raznolikosti, miješanje sadržaja i ideja, poštivanje obilježja lokaliteta, osiguranje kvalitete života i mobilnosti za sve generacije ciljevi su Projekta urbane obnove koji nisu tako „opipljivi“ kao prethodno predstavljeni tehnološki modeli. Oni postoje zato da se podigne životni standard socijalne zajednice.

U Projektu urbane obnove spomenuti se prioriteti ostvaruju na tri načina: projektiranjem adaptacije i izgradnje multifunkcionalnih objekata, raznolikih javnih sadržaja i predviđanjem načina na koji će ustroj projektiranog naselja imati utjecaj na grad. Kulturni diverzitet u naselju se postiže projektiranjem zgrada ne samo za trenutačno ciljane korisnike, nego i anticipacijom vrste korisnika u budućnosti, te

usadivanjem sadržaja koje će željeti i moći koristiti ljudi s različitim sustavima vrijednosti, različitih društvenih i ekonomskih zaleđa, dobi i fizičkih predispozicija. Projekt predviđa miješanje luksuznijih i jeftinih stanova i adaptaciju zgrada tako da postanu multifunkcionalne, npr. da imaju obrazovnu ustanovu, ambulantu, rekreacijske i poslovne sadržaje i dr. Takav pristup omogućuje visoku iskoristivost prostora i bolje korištenje sadržaja. Projekt adaptacije zgrada u kompleksu omogućuje i jednostavnu prilagodbu funkcija za potrebe koje će se javiti u budućnosti. Zgrade su multifunkcionalne i u prostornom i u sadržajnom smislu. Važan dio projekta je osiguravanje maksimalne mobilnosti za sve stanovnike naselja, odnosno fizička dostupnost različitih sadržaja. Da bi se ostvarila ta zadaća, projektira se mreža ruta povezanih s tzv. „fleksibilnim centrom“, što je naziv za buduću „živuću ulicu“, dominantnu stazu koja se proteže preko naselja i koja kombinira biciklističke, pješačke i rekreativne staze s odmorištima, igralištima i poveznicama prema gradskom javnom transportu i podzemnim garažama. Namjera projekta je da pruži dobrobit ne samo neposrednim korisnicima i investitorima, već i široj gradskoj zajednici. Planirani sustavi za korištenje otpada, pročišćavanje otpadne vode i dobivanje energije će se moći koristiti i u susjednim dijelovima grada, pa se u tu svrhu predviđa razvoj lokalne mreže korisnika.

4. ZAKLJUČAK

Urbana obnova napuštenog vojnog kompleksa „Ivan V. Drašković“ u Varaždinu projektira se kao jedinstveni sustav, kao svrsishodna, organizirana cjelina koja se sastoji od međusobno povezanih i međuovisnih elemenata koji neprestano, izravno ili neizravno utječu jedni na druge da bi održali svoje djelovanje i postojanje i postigli zajednički cilj - održivost kroz duži vremenski period. Sustavi su podloga svakom društvenom i prirodnom fenomenu, a čije granice postavlja samo razina promatračeve sposobnosti da razumije složenost promatrane pojave. Njih pokreću zakonitosti koje se ne mogu izolirati razumijevati. Ako ih se promatra u kontekstu, holističkim pristupom, one pružaju jedinstven način gledanja i tumačenja sustava te pomažu organizirati misli i namjere o predmetnom fenomenu.

Implementacijom predstavljenih ekoefikasnih i ekoefektivnih modela i modela za ekonomski i društveni razvoj u adaptaciju napuštenog vojnog kompleksa, novo bi naselje bilo održivo na svim razinama i poštovalo bi osnovna tri principa Cradle to cradle strategije potpuno iskorištavanje otpada u biološkom i/ili tehnološkom ciklusu, korištenje sunčeve energije i poticanje biodiverziteta i socijalne raznolikosti. Takvo naselje bi imalo višestruko pozitivan utjecaj na susjedstvo i cijeli grad, a primijenjenu teoretsku potkovu je moguće koristiti i kao polazište za razvoj cijele Varaždinske županije. Holistički pristup podrazumijeva i da se cilj (urbana obnova u održivo naselje) ne može postići odmah i u izolaciji, već mu predstoji dugi tranzicijski period, interdisciplinarna suradnja te potpora lokalnih vlasti.

5. LITERATURA

1. M. Braungart, W. McDonough, (2002), *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*, Jonathan Cape, New York, 1, 1-18.
2. UNEP, (2007), *Buildings and Climate Changes: Status, Challenges and Opportunities*, UNEP Sustainable Buildings and Climate Initiative, Paris
3. M. Hunt, D. Beeden, B. Brink, B. Freck, A. McLean, J. Roelofs, P. Stouthuysen, (2010), *C2C Network Perspective study: Build Theme*, Gruppo Stampa GB, Cologno Monzese
4. UN-Svjetska komisija za okoliš i razvoj, (1987), *Naša zajednička budućnost*, WCED, Oxford, 1, 3.
5. S. Brand, (1994), *How buildings learn: what happens after there are built*, Viking, New York
6. R.W.A. Leduc, M.G. Van Kann, (2010), *Urban Harvesting as planning approach towards productive urban regions*, SREX, Copenhagen
7. M. Braungart, W. McDonough, (2002), *Beyond the Triple Bottom Line: Designing for the triple Top Line*, Corporate Enviromental Strategy, MBDC, New York, 1, 15.

PRILOG IZGRADNJI BRTVENIH SUSTAVA NA ODLAGALIŠTU OTPADA

Hrnčić N.¹, Hrnčić M.²

¹At consult d.o.o., Varaždin, Hrvatska

²Varaždin, Hrvatska

Sažetak: U radu se razmatra izgradnja brtvenih sustava na primjeru odlagališta sanitarnog otpada "Piškornica" u blizini Koprivnice. Dobro brtvljenje, tj. stvaranje nepropusne prepreke između odloženog otpada i okoliša, ključni je element sigurnosti i trajnosti svakog odlagališta. Posebno su naglašene karakteristike materijala koji se u tu svrhu koriste, kao i tehnički uvjeti njihove ugradnje. Isto tako, spomenute su i metode kontrole primijenjenih materijala te izvedenih radova.

Ključne riječi: odlagalište, brtveni sustav, glineni brtveni sloj, geosintetici

Abstract: The paper deals with the construction of the sealing systems used in the sanitary landfill "Piškornica" near Koprivnica. Quality sealing i.e. making an impermeable barrier between the disposed waste and the environment, represents the key element of safety and durability for every landfill. Emphasis is given to the required characteristics of the materials used and to the technical conditions of their installation. Control methods for the applied materials and performed construction work are also stated.

Key words: landfill, sealing system, clay liner, geosynthetics

1. UVOD

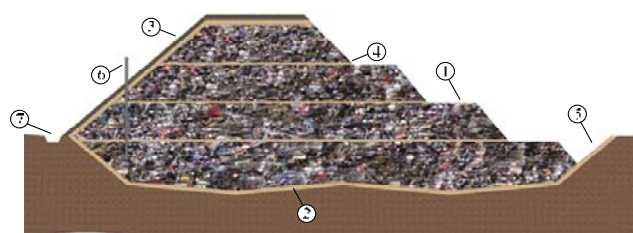
Odlagališta imaju zadatak da prije svega kontrolirano i trajno zbrinu odloženi otpad i sačuvaju okoliš od njegovog štetnog utjecaja. Suvremeno odlagalište otpada je zatvorena posuda u koju se odlaže otpad, a iz koje ništa ne može i ne smije nekontrolirano izaći. Dakle, osnovno pitanje kod odlaganja otpada je efikasno izoliranje tijela odlagališta od podzemnih i površinskih voda. Sprečavanje nekontroliranog otjecanja procjednih voda u okoliš, kao i prikupljanje površinskih voda koje nisu bile u kontaktu s otpadom, osnovna je zadaća brtvenog sustava.

2. OPĆENITO O BRTVENIM SUSTAVIMA

Kao što je spomenuto, brtveni sustavi su dijelovi odlagališta koji sprečavaju prodiranje oborinskih i drugih voda u tijelo odlagališta, te širenje filtrata iz odlagališta u okoliš. Dijeje se na:

- temeljni brtveni sustav koji sačinjava barijeru između odlagališta i prirodnog tla u podlozi

- pokrovni brtveni sustav koji pokriva otpad i sprečava prodor oborinskih voda u tijelo odlagališta



Legenda:

1 – otpad

2 – temeljni brtveni sustav

3 – pokrovni brtveni sustav

4 – međuetražni sloj

5 – bočni (temeljni) brtveni

sustav 6 – cijev za evakuaciju plina

7 – odvodni jarak

Slika 1. Presjek suvremenog odlagališta otpada

Potrebno je naglasiti da se brtveni sustavi ne sastoje samo od nepropusnih barijera već sadrže i propusne slojeve. Dok nepropusni dijelovi sprečavaju prodor filtrata prema temeljom tlu, propusni rasterećuju brtvene slojeve odvodnjom filtrata (temeljni brtveni sustav), odvodnjom procjedne vode i skupljanjem plinova (pokrovni brtveni sustav).

Za izgradnju brtvenih sustava najčešće se koristi kombinacija mineralnih i umjetnih materijala, a čija svojstva zadovoljavaju propisane tehničke karakteristike. Postoje različite varijante izvedbe brtvenih sustava koje se međusobno razlikuju prema načinu kombiniranja prirodnih i umjetnih komponenti, kao i po broju te debljini pojedinih sastavnih slojeva.

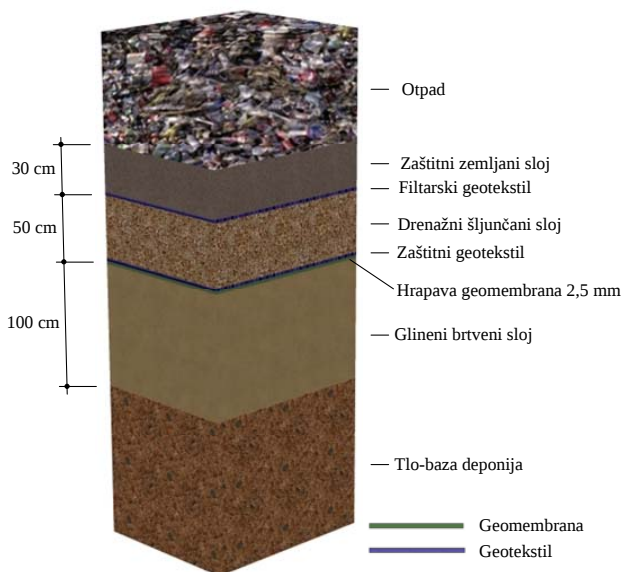
3. TEHNIČKI UVJETI IZGRADNJE I KONROLE KVALITETE BRTVENIH SUSTAVA

U nastavku će se prikazati rješenje brtvenih sustava primijenjeno na sanaciji odlagališta sanitarnog otpada "Piškornica", gdje se odlaže tehnološki i komunalni otpad grada Koprivnice i susjednih općina.

Detaljnije će se opisati tehnički zahtjevi vezani uz primijenjeni materijal te njegovu ugradnju i kontrolu izvedbe pojedinih slojeva u sastavu brtvenih sustava.

3.1. Temeljni brtveni sustav

Rješenje temeljnog brtvenog sustava s redoslijedom i debljinama pojedinih slojeva prikazano je na slici 2.



Slika 2. Temeljni brtveni sustav

3.1.1. Zemljana ispuna

Zemljana ispuna podrazumijeva materijal koji se ugrađuje i zbija zbog izvedbe odlagališnog obodnog nasipa. Zemljana ispuna je i materijal koji se koristi za podlogu ispod glinenog brtvenog sloja radi povišenja podloge na projektiranu razinu.

Materijal je definiran kao neorganski, čvrst i trajan. Podlogu od zemljane ispune potrebno je očistiti od vegetacije i drugih neprikladnih materijala, nakon čega se rasprostire u horizontalne slojeve jednake debljine pomoću buldožera ili drugih prikladnih sredstava. Debljina zemljane ispune ne prelazi 30 cm prije zbijanja koje se izvodi vibracijskim kompaktorom, valjkom s bodljama ili vibracijskim valjkom kako je prikazano na slici 3.



Slika 3. Prijelaz valjka preko zemljane ispune

Zemljanu ispunu treba zbiti na suhu gustoću koja iznosi najmanje 95% od maksimalne suhe gustoće, tako da su potrebna najmanje četiri prijelaza odabranog valjka. Za vrijeme ugradnje i zbijanja vlažnost materijala bi trebala biti održavana, a materijal koji je previše mokar odstraniti ili osušiti na određenu vlažnost.

Kontrola zbijenosti provodi se za vrijeme građenja obodnog nasipa i područja ispod radne plohe da bi se utvrdilo zadovoljavaju li gustoća i količina vlage tehničke uvjete.

Kontrola ugrađenog materijala zemljane ispune u obodni nasip i područja ispod glinenog brtvenog sloja provodi se sljedećim laboratorijskim ispitivanjima:

- vlažnost i gustoća (ispituju se na neporemećenim uzorcima tla)
- Atterbergove granice plastičnosti
- granulometrijski sastav
- optimalna vlažnost i gustoća gline po Proctoru

3.1.2. Glineni brtveni sloj

Za ugradnju glinenog brtvenog sloja treba ispitati tlo koje mora zadovoljiti određene kriterije (tabela 1.)

Tabela 1. Kriteriji ispitnog tla

TESTIRANA KARAKTERISTIKA	TESTIRANA VRIJEDNOST
maksimalna pojedinačna veličina zrna	50 mm
minimalni postotak prolaza kroz sito 4,75 mm	50 %
maksimalni postotak prolaza kroz sito 4,75 mm	80 %
minimalna granica tečenja	35 %
minimalni indeks plastičnosti	10
maksimalni indeks plastičnosti	40
maksimalna hidraulička propusnost u kompaktiranom stanju	$1 \cdot 10^{-7}$ cm/s
stupanj zbijenosti	95 % standardnog Proctorovog pokusa
vlažnost	od wopt. -1 % do wopt. +3 %

Glina koja se ugrađuje u donji brtveni sloj mora u što većoj mjeri umanjiti prodiranje procjednih voda u podzemlje, a najmanja debljina sloja iznosi 1,0 m. Materijal glinenog brtvenog sloja ne bi smio sadržavati korijenje, krhotine, organske ili smrznute materijale.

U toku građenja glinenog brtvenog sloja treba glinu očistiti od pijeska i drugih neglinenih materijala, nakon čega se ugrađuje u odgovarajućoj debljini kako bi se postigla zadovoljavajuća zbijenost.

Glineni brtveni sloj mora biti kompaktn, pa treba najmanje pet prijelaza opreme za kompaktiranje preko svih područja svakog radnog sloja. Zadnji sloj treba glatko uvaljati s najmanje tri prijelaza s odgovarajućim glatkim čeličnim valjcima da bi se dobila glatka površina

bez izbočenja i udubina. Odabrani materijal za glineni brtveni sloj isto tako mora imati odgovarajuću posmičnu čvrstoću, kao što je prikazano u 2. i 3. tabeli.

Tabela 2. Triaksijalno ispitivanje nekonsolidiranog nedreniranog materijala

TLAK [kPa]	POSMIČNA ČVRSTOĆA [kPa]
50	12
300	72

Tabela 3. Triaksijalno ispitivanje konsolidiranog nedreniranog tla

TLAK [kPa]	POSMIČNA ČVRSTOĆA [kPa]
50	14
300	82

Laboratorijsko ispitivanje posmične čvrstoće glinenog brtvenog sloja izvodi se u triaksijalnom aparatu. Ispitivanja se izvode na materijalu koji je pripremljen tako da ima prosječnu vlažnost i gustoću kakva se zahtijeva u vrijeme ugradnje. Oba ispitivanja se provode u minimalno tri serije ispitivanja za svaku plohu.

Na mjestu iskopa gline kontrolira se kvaliteta materijala, dok se na mjestu ugradnje u brtvene slojeve uz kontrolu kvalitete materijala još kontroliraju izvedeni radovi. Kontrola kvalitete materijala i izvedenih radova provodi se vizualno te putem laboratorijskih ispitivanja. Laboratorijska kontrola obuhvaća ispitivanje poremećenih i neporemećenih uzoraka tla u geomehničkom laboratoriju i podrazumijeva:

- kontrolu materijala na mjestu iskopa
- kontrolu na mjestu ugradnje

Nasipavanje idućeg sloja glinom slijedi nakon dobivenih rezultata ispitivanja prethodno završenog sloja. Ako zbijenost sloja nije zadovoljavajuća, provodi se dodatno zbijanje i kontrola zbijenosti. Vrsnoća materijala i njegova podobnost za ugradnju u brtveni sloj mora se dokazati najmanje deset dana prije ugradnje na odlagalištu. Iskop uzoraka tla mora biti duž čitave visine etaže koja se namjerava kopati, a treba ispitati:

- prirodnu vlažnost na svakih 500 m³
- Atterbergove granice plastičnosti na svakih 2000 m³
- granulometrijski sastav na svakih 2000 m³
- optimalna vlažnost i masa suhog tla prema standardnom Proctoru na svakih 3000 m³
- vodopropusnost na svakih 3000 m³
- posmičnu čvrstoću na svakih 3000 m³

Dobra glina ugrađena u svaki pojedini sloj ispituje se laboratorijski i na terenu. Za laboratorijska ispitivanja uzimaju se poremećeni i neporemećeni uzorci koji se uzimaju iz svakog pojedinog sloja s određenim pomakom, tako da se ne uzimaju u istom profilu.

Za kontrolu ugađenog materijala provodi se sljedeće:

- vlažnost i gustoća: vlažnost i gustoća ugrađene gline kontroliraju se na neporemećenim uzorcima tla koji se vade u svakom pojedinom sloju. Broj uzoraka mora biti jedan na 150 m³ ugrađenog materijala. U svakom pojedinom sloju vade se najmanje tri uzorka. Gustoća svih ispitanih uzoraka treba zadovoljiti minimalne tražene uvjete iz projekta. Tolerira se da na deset ispitanih uzoraka jedan ne zadovoljava, pri čemu se moraju ponoviti kontrolna ispitivanja i to u zoni gdje je dobiven nezadovoljavajući rezultat. Ako ne zadovoljavaju dva ili sva tri uzorka, tada se taj dio ugrađenog sloja mora odstraniti. Vlažnost uzoraka treba biti unutar granica propisanih projektom.
- Atterbergove granice plastičnosti kontroliraju se na svakih 2000 m³ ugrađene gline, a svaki ispitani uzorak mora zadovoljiti uvjete iz projekta.
- granulometrijski sastav ispituje se na svakih 2000 m³ ugrađene gline, a svaki ispitani uzorak mora zadovoljiti uvjete iz projekta.
- optimalna vlažnost i gustoća gline po Proctoru: pokuse standardnog Proctora treba izvesti na svakih 500 m³ ugrađenog materijala ili 3 uzorka za svaku plohu.
- ispitivanje trenja na kontaktnim površinama: laboratorijska ispitivanja kontaktnog trenja treba provesti na sljedećim kontaktnim površinama:
 - o glineni brtveni sloj – hrapava geomembrana (2,5 mm debljine)
 - o hrapava geomembrana (2,5 mm de-bljine) – zaštitni geotekstil

3.1.3. Hrapava geomembrana

Geomembrana je vrlo slabo propusna sintetička membrana koja se u geotehničkim zahvatima koristi kao barijera za kontrolu migracije fluida u objektima ili određenim sustavima.

U odlagalištima otpada najčešće se koriste polietilenske membrane visoke gustoće, a u ovim konstrukcijama im debljina varira od 0,5 mm do 2,5 mm, ovisno o funkciji geomembrane i tipu otpada. Za donji brtveni sustav koristi se 2,5 mm debela, fleksibilna membrana, hrapava na obje strane.

Materijale koji mogu oštetiti geomembranu treba ukloniti, a eventualne štete na geomembrani za vrijeme ugradnje moraju biti sanirane. Geomembrana se spaja metodom vrućeg spajanja, prekriva se zaštitnim getekstilom i drenažnim materijalom za skupljanje procjernih voda.

Potrebno je ugraditi 80 cm zemljanog materijala na geomembranu prije nego se po njoj počnu kretati ostali strojevi i oprema, a izvodi se barem jedno ispitivanje kontaktnog trenja geomembrane i gline po svakoj plohi odlagališta.

3.1.4. Zaštitni geotekstil

Zaštitni geotekstil koristi se kao zaštita geomembrane od mehaničkih oštećenja kod ugradnje drenažnih i filterskih slojeva te odlaganja i zbijanja otpada.

Geotekstil je netkani propusni proizvod od polimernog materijala oblikovan u mrežu. Osnovnom polimeru se prema potrebi dodaje stabilizator kako bi vlakna bila otporna na ultravioletno svjetlo, oksidaciju i izlaganje toplini.

Podloga ispod zaštitnog geotekstila je glatka, bez brazdi i izbočina, a polaže se vodoravno i jednolično da bi geotekstil bio u direktnom kontaktu s podlogom. Potrebno ga je zaštititi od opterećivanja, cijepanja i ostalih oštećenja sanirati zakrpom od geotekstila istog tipa koja prelazi najmanje 30 cm preko ruba oštećenja. Geotekstil treba zadovoljiti uvjete iz tabele 4.

Tabela 4. Fizička svojstva geotekstila

VOJSTVA	METODE ISPITIVANJA	JEDINICE	VELIČINE
Uzdužna vlačna čvrstoća	DIN 53857 DIN 53585	kN/m	49
MD-glavni smjer		kN/m	49
CD-poprečni smjer			
Produljenje pri maksimalnom opterećenju		%	80
MD-glavni smjer	DIN 54307	%	65
CD-poprečni smjer			
CBR otpor utiskivanju		N	9000
Pomak		mm	50
Debljina	DIN 53855	mm	7,2
2 kPa		mm	4,0
200 kPa	DIN 54307	g/m ²	1000
Masa			

3.1.5. Sustav skupljanja procjednih voda - drenažni materijal

Drenažni materijal je ekološki čist, čvrst i trajan. Najčešće se koristi lomljeni kamen ili šljunak, dok se grudasti materijal koji sadrži trosku, pepeo, led ili organske materijale ne upotrebljava. Kamen može biti poluzaobljen ili zaobljen, netopiv u vodi, uz zadovoljavajuće granulacijske zahtjeve prikazane u tabeli 5. Propusnost drenažnog materijala mora biti veća ili jednaka od 1×10^{-1} cm/s.

Tabela 5. Granulacija drenažnog kamena

POSTOTAK PROLASKA [%]	VELIČINA ČESTICA [mm]
100	60-63
85	20
50	7-15
10	0,6-2

Drenažni materijal ugrađuje se zajedno s postavljanjem sabirnih cijevi, a preko tog sloja postavlja se geotekstil. Vozila ne prelaze preko ugrađenih drenažnih cijevi sve dok se iznad njih ne položi adekvatan sloj materijala. U vrlo prometnim područjima debljina sloja je najmanje 90 cm, kako je prikazano u tabeli 6.

Tabela 6. Pokrivna debljina drenažnog materijala

PRITISAK OPREME NA TLO [kPa]	MINIMALNA DEBLJINA SLOJA [mm]
< 40	350
40-55	450
55-100	600
> 110	900

3.1.6. Filtracijski/separacijski geotekstil

Filtracijski/separacijski geotekstil je netkani propusni proizvod od polimernog materijala. Postavljanje geotekstila radi se usklađeno s izvedbom drenažnog sloja za prikupljanje procjednih voda i plinske drenaže (šljunak u prekrivnom sustavu). Svi spojevi izvode se šivanjem, a najmanji razmak od ruba filtracijskog/separacijskog geotekstila do linije šava iznosi 75 mm. Podloga koja je ispod filtracijskog/separacijskog geotekstila treba biti glatka, bez brazdi i izbočina koje bi ga mogle oštetiti.

3.1.7. Zaštitni zemljani sloj

Zaštitni zemljani sloj definira se kao pjeskoviti ili šljunkoviti materijal. Ispituje se laboratorijski da bi se odredio granulometrijski sastav, koeficijent vodo-propusnosti te kontaktna posmična čvrstoća. Propusnost zemljanog sloja je veća ili jednaka 1×10^{-3} cm/s, a ugrađuje se na osnovnu površinu radne plohe u jednom sloju. Treba prekontrolirati kvalitetu ugrađenog materijala, a granulometrijske analize provode se najmanje jednom na 1000 m³.

3.1.8. Perforirane cijevi, pune cijevi i okna od polietilena visoke gustoće

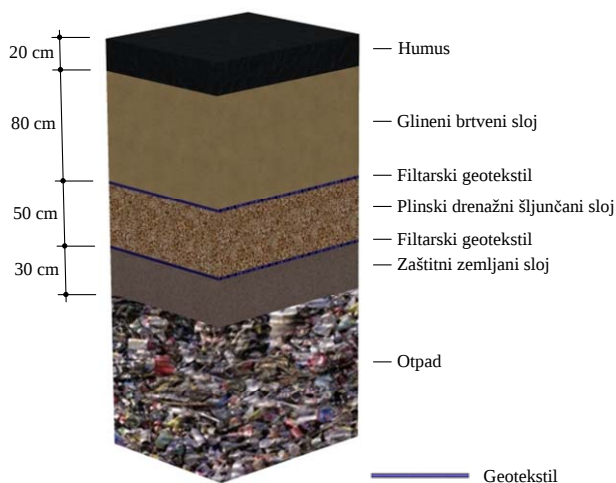
Riječ je o cijevima posebne kategorije otpornim na statičko, termičko i kemijsko opterećenje, perforirane su po čitavom opsegu, a veličina perforacija iznosi maksimalno 10 mm. Cijevi i pribor za montažu moraju biti zaštićeni od oštećenja ostrim predmetima kroz sve faze rada.

Kolektorske cijevi kojima se povezuju pojedina okna moraju zadovoljiti zahtjev za apsolutnom nepropusnošću, posebno na spojevima. Revizijska okna se proizvode s dvostrukim stijenkama i moraju imati sifon da ne ulaze plinovi.

Drenažne cijevi, revizijska okna u sustavu odvodnje procjednih voda te svi prateći dodatni elementi izrađuju se od sintetskih materijala od polietilena visoke gustoće.

3.2. Pokrovni brtveni sustav

Rješenje pokrovnog brtvenog sustava s redoslijedom i debljinama pojedinih slojeva prikazano je na slici 7.



Slika 7. Gornji brtveni sloj

3.2.1. Glineni brtveni sloj

Gornji glineni brtveni sloj ima propusnost manju ili jednaku 1×10^{-7} cm/s. Potreban je detaljan plan rukovanja materijalom u kojem se precizno navodi vrsta materijala, težina i kritične dimenzije opreme koja se koristi za rasprostiranje i kompaktiranje, metode zaštite gornjeg glinenog brtvenog sloja od zagađenja, kao i promjena u količini vlage.

Potreban je izvještaj o procjeni izvorišta gline koji sadrži sljedeće: lokaciju svakog pojedinog izvorišta, tlocrt i procijenjene količine materijala, laboratorijske rezultate testiranja, hidrauličku propusnost za svaku pojedinu vrstu materijala ili za kombinaciju više vrsta materijala. Debljina brtvenog sloja iznosi najmanje 80 cm. Kvaliteta materijala i njegova podobnost za ugradnju u brtveni sloj određuje se sljedećim ispitivanjima:

- prirodna valžnost na svakih 500 m³
- Atterbergove granice plastičnosti na svakih 2000 m³
- granulometrijski sastav na svakih 2000 m³
- optimalna vlažnost i masa suhog tla po standardnom Proctoru na svakih 3000 m³
- vodopropusnost na svakih 3000 m³

Glineni brtveni sloj postavlja se u rastresitom stanju u sloju koji ne smije imati debljinu veću od 30 cm, a u područjima gdje se moraju upotrijebiti ručni kompaktori, rastresiti sloj nije deblji od 15 cm. Potrebno je spriječiti smrzavanje i isušivanje gornjeg glinenog brtvenog sloja i nadoknaditi štetu nastalu erozijom. Popravci se dokumentiraju, uključujući podatke o volumenu, količini oštećenog tla i rezultatima ponovnih ispitivanja.

Kvaliteta gline ugrađene u svaki pojedini sloj gornjeg i donjeg brtvenog sloja i njezina zbijenost mora se

kontrolirati određenim vrstama laboratorijskih ispitivanja i pomoću kontrolnih ispitivanja na terenu. Po završetku izrade brtvenih slojeva i kontrolnih ispitivanja treba izraditi izvještaj o kontroli izvedbe, a koji sadrži:

- kratak opis građevine
- osnovni podaci o iskopu
- način iskopa
- osnovne karakteristike strojeva za iskop
- podaci o osnovnim osobinama gline
- priprema površina prethodno izvedenih slojeva
- eventualno miješanje, usitnjavanje i vlaženje materijala na mjestu ugradnje
- osnovne karakteristike strojeva korištenih pri ugradnji i zbijanju materijala
- zbijanje pojedinih slojeva
- rezultati pojedinih laboratorijskih ispitivanja na mjestu iskopa te kontrolnih ispitivanja ugrađenog materijala
- statistička obrada svih laboratorijskih i "in situ" ispitivanja
- opis aktivnosti prilikom rada, zapaženih prilikom vizualne kontrole

3.2.2. Prirodni materijali sustava za otplinjavanje

Materijal plinskog drenažnog sloja u završnom sustavu prekrivanja odlagališta treba biti čisto, zdravo, nekohezijsko pjeskovito ili šljunkovito tlo. Za ugradnju u plinske zdence koristi se krupno šljunkovito tlo, a osim šljunka mogu se koristiti krhotine lomljenog stakla. Šljunak u sustavu otplinjavanja pribavlja se s prirodno čistog izvora, potrebna su ispitivanja tla kojima se dokazuje granulometrijski sastav, koeficijent vodopropusnosti, sadržaj karbonata i kontaktna posmična čvrstoća između dvaju geosintetika i geosintetika tla.

Debljina materijala se dokazuje pomoću visinskih provjera početne i konačne površine sloja za otplinjavanje, a prihvatljiva vertikalna tolerancija je 50 mm. Materijal se ugrađuje tako da se ne stvaraju valovi i nabori na geosinteticima. Granulometrijska analiza provodi se najmanje na svakih 1000 m³.

3.2.3. Zaštita pokosa humusnim materijalom i travnatom vegetacijom

Humusnim materijalom i travnatom vegetacijom zaštićuju se površine koje su izložene eroziji zbog malih količina površinskih voda. Nestabilni pokosi na kojima su se pojavila plitka površinska klizanja ili pokosi erodirani vodom saniraju se na odgovarajući način prije polaganja zaštite.

Zbog što boljeg prilagođavanja toka površinskih voda niz kosinu, odnosno s kosine na teren, potrebno je zaobliti gornji rub pokosa. Ispod trave stavlja se podloga od aktivnog humusnog materijala koji ne sadrži dodatke kao što su pijesak, šljunak, kamen, korijenje, granje i sl., a nanosi se u jednom sloju, ne tanjem od 10 cm. Naneseni humus se lagano zbija lakim nabijačem, lopatom i sl., a na uređenu podlogu od humusa sije se trava koja se odabire s obzirom na vrstu tla i vlažnost koja se očekuje.

4. ZAKLJUČAK

Potreba za zaštitom okoliša sve se više potiče u svijetu pa tako i u našoj zemlji. Djelotvorni sustavi za brtvljenje s očekivanim dugotrajnim vijekom trajanja postaju nužni za zaštitu i očuvanje podzemnih i površinskih voda, tla i zraka.

Ispravno i trajno funkcioniranje brtvenih sustava odlagališta otpada ovisi o svim elementima i sudionicima u procesu njegove izgradnje, od projekta do izvedbe. Izbor odgovarajućih materijala i preciznost u samoj izgradnji brtvenih sustava od presudne su važnosti za njihovu efikasnost i trajnost. Kontrola kvalitete pojedinih materijala i izvedenih radova provodi se vizualno i putem laboratorijskih ispitivanja, a brojnost samih metoda te učestalosti njihove primjene, kako prije tako i nakon ugradnje na lokaciji odlagališta, ukazuju na složenost problematike izgradnje brtvenih sustava.

5. LITERATURA

- [1] IGH d.d., (2004), Glavni projekt uređenja postojećeg odlagališta otpada "Piškornica" - Koprivnica, Zagreb
- [2] Kvasnička P., Gjetvaj G., Verić F., Matešić L., (1996), Svrhovitost ispitivanja fizikalnih svojstava mineralnih brtvenih i drenažnih slojeva kod odlagališta otpada, IV. Međunarodni simpozij: Gospodarenje otpadom - Zagreb '96, Zagreb, Tectus d.o.o., Zagreb, pp 308-322
- [3] Milanović Z., (1992), Deponij - trajno odlaganje otpada, Javno poduzeće "Zbrinjavanje gradskog otpada", Zagreb
- [4] Mulabdić, M., Sesar, S., (2000), Principi kontrole i osiguranja kvalitete u izvedbi brtvenih sustava odlagališta otpada, VI. Međunarodni simpozij: Gospodarenje otpadom - Zagreb 2000, Zagreb, Mtg-topograf d.o.o., Zagreb, pp 351-360

ELEMENTI EMOCIONALNE INTELIGENCIJE KAO SASTAVNICA NASTAVE ENGLSKOGA JEZIKA NA STRUČNIM TEHNIČKIM STUDIJIMA

Jurković I.¹

¹Visoka tehnička škola u Bjelovaru, Bjelovar, Hrvatska

Sažetak: U ovom članku prikazani su primjeri implementacije metoda i sadržaja usmjerenih prema razvijanju kompetencija vezanih za elemente emocionalne inteligencije u nastavi engleskoga jezika kao jezika struke. Klasična podjela elemenata učenja stranoga jezika na četiri vještine (čitanje, pisanje, govor, slušanje) te na gramatiku i vokabular ne zadovoljava sve složenije zahtjeve današnjih dinamičnih kretanja na tržištu rada. Uz poznavanje temeljnih gramatičkih struktura i stručnog vokabulara, inženjeri danas na stranom jeziku moraju prepoznati razine formalnosti u različitim komunikacijskim situacijama i koristiti izraze koji se pritom koriste. Ovaj rad prikazuje nekoliko metoda pomoću kojih studenti mogu jačati svoje komunikacijske vještine, a da se pritom ne gubi previše vremena na samoj nastavi stranoga jezika.

Ključne riječi: emocionalna inteligencija, engleski jezik, jezik struke, nastavne metode, tehnički studij

Abstract: This article presents examples of implementing methods and contents aimed at the development of competences related to emotional intelligence elements into professional English classes. The classic way of dividing the elements of acquiring a second language into four skills (reading, writing, speaking, listening), grammar and vocabulary does not completely meet the complex requirements dictated by the contemporary labor market. Besides knowing grammar basics and professional language vocabulary, engineers must be able to recognize formality levels in various situations and use appropriate expressions. This paper presents a few methods that can be used for allowing students to develop their communication skills without losing too much classroom time.

Key words: emotional intelligence, English, professional language, teaching methods, technical studies

1. UVOD

Na početku predavanja i vježbi iz engleskoga jezika studente se obično pita što očekuju od nastave ovoga jezika kao jezika buduće struke. Odgovor često uključuje

stručnu terminologiju, osnovne gramatičke strukture te vježbe pisanja i govora. Studenti vrlo često zaboravljaju da je engleski postao međunarodni jezik kojim komuniciraju mnoge tvrtke s inozemstvom, bilo da se radi o partnerima iz SAD-a ili Velike Britanije gdje je engleski službeni jezik ili da se engleskim služe za sporazumijevanje s partnerima iz drugih zemalja u kojima je engleski također strani jezik. Bitno je osim samih gramatičkih struktura i vokabulara poznavati i kulturu zemlje iz koje dolazi sugovornik s kojim komuniciramo da bismo izbjegli nesporazum. Tako je u sklopu nastave stranoga jezika studente potrebno usmjeravati i na segment učenja stranoga jezika povezanog s elementima emocionalne inteligencije. Jednom prilikom studenti su zamoljeni da na engleskom jeziku napišu što više pojmova koje povezuju s emocionalnom inteligencijom. Pojmovi koji su se našli na većini njihovih „brain-storming“ listi su sljedeći: asertivnost, empatija, radost, optimizam, samosvjesnost, sposobnost kvalitetnog upravljanja timom, organizacijske vještine, samopouzdanje, želja za napretkom, inicijativa, vjera u sebe, točna procjena vlastitih sposobnosti te uspješno svladavanje stresnih situacija. Morali su izdvojiti one pojmove za koje smatraju da su potrebni i u učenju stranoga jezika, odnosno one za koje smatraju da trebaju razvijati i na stranom jeziku. Rezultati su u prosjeku bili sljedeći: asertivnost, sposobnost kvalitetnog upravljanja timom, organizacijske vještine, samopouzdanje, želja za napretkom, inicijativa. Vidljivo je da su studenti na tom primjeru prepoznali da nije dovoljno znati samo gramatiku i osnovni tehnički vokabular na engleskom jeziku, već da na istom tom jeziku moraju asertivno izražavati, voditi tim ljudi (možda će netko od studenata jednoga dana raditi kao voditelj heterogenog stručnog tima u međunarodnoj kompaniji), iskazati vlastite organizacijske vještine, samopouzdanje, inicijativu i želju za napretkom.

S obzirom na to da većina studenata stručnih studija nakon završetka istih kreće u potragu za radnim mjestom, glavni cilj svakog nositelja stručnih studija je osposobiti studente za samostalan početak rada. U većini zemalja zapadne Europe, posebno u Njemačkoj i Austriji, tehnička veleučilišta i tehničke visoke škole vrlo cijene

budući studenti kao i njihovi potencijalni poslodavci jer su programi koncipirani tako da jamče visoku osposobljenost budućih kadrova. Sličan trend se počeo pojavljivati i u Republici Hrvatskoj. Sve više studenata odlučuje se za stručne studije na veleučilištima (prema podacima Državnog zavoda za statistiku (www.dzs.hr): od ukupnog broja studenata koji su diplomirali u 2004. godini 8,9% ih je diplomiralo na veleučilištima, dok ih je u 2010. godini bilo 10,3%). Osim potrebe da se studentima osigura dobra nastava iz stručnih predmeta na kojima se temelje njihove buduće kompetencije, praksa pokazuje i sve veću potrebu da se kod njih razvijaju kompetencije u smislu poznavanja stranih jezika te komunikacijske vještine i vještine vezane za kulturu ophođenja u poslovnom okruženju. Zbog globalizacije i poticanja međudržavne suradnje poznavanje stranih jezika poslodavci više ne promatraju kao prednost, već kao nužni preduvjet pri zapošljavanju. Kao posljedica toga sve više stručno osposobljenih kadrova sukobljeno je s učenjem jednoga, a ponekad i više stranih jezika kako bi zadržali radno mjesto. Jasno je da se intenzivnom učenju stranoga jezika treba pristupiti što ranije, a najkasnije tijekom studija.

Većina studenata stručnih tehničkih studija nakon fakulteta zapošljava se u privatnim, nerijetko stranim poduzećima, gdje se od njih, osim poznavanja struke, rada na računalu i stranih jezika, traži visoka razina emocionalne inteligencije, pismenosti i kulture ophođenja. Brojni stručnjaci se ne uspiju održati u dinamičnom poslovnom svijetu upravo zbog nedostatka takvih vještina. Očito je da se studentima tijekom studija kroz različite oblike nastave treba ukazati i na te vrlo važne vještine kako bi nakon diplome uistinu bili konkurentni na tržištu rada.

Komunikacijske vještine kao i kompetencije kulturnog ophođenja elementi su emocionalne inteligencije, pojma o kojem se sve češće govori. Za razliku od kvocijenta inteligencije koji je tijekom života više-manje konstantan, emocionalna inteligencija se može razvijati. Mnoga su istraživanja dokazala da zrelost pojedinca utječe na njegove sposobnosti ciljanog razvijanja iste.

U ovom radu predstavljeni su prijedlozi razvijanja spomenutih vještina u sklopu nastave engleskoga jezika kao jezika tehničke struke. Metode prikazane u radu isprobane su u nastavi engleskoga jezika na stručnom studiju mehatronike na Visokoj tehničkoj školi u Bjelovaru, na uzorku od 30 studenata podijeljenih u dvije grupe. Prva grupa uključivala je redovne, a druga grupa izvanredne studente. Starosna dob studenata bila je od 17 do 39 godina, a stupanj predznanja engleskoga jezika u prosjeku je procijenjen na razinu B1 zajedničkog europskog referentnog okvira za jezike.

2. VAŽNOST IMPLEMENTACIJE ELEMENATA EMOCIONALNE INTELIGENCIJE U NASTAVU ENGLESKOGA JEZIKA KAO JEZIKA STRUKE NA TEHNIČKIM STUDIJIMA

Elemente emocionalne inteligencije moguće je u nastavu stranoga jezika uklopiti pomoću više nastavnih metoda, a najbolje pomoću praktičnih metoda.

„Nastavne metode su putovi ili načini zajedničkog rada nastavnika i učenika u nastavnom procesu pomoću kojih učenici stječu nova znanja i razvijaju psihofizičke sposobnosti“ (Piršl, E., 23.11.2011.). U ovom radu su opisane dvije iskušane metode pomoću kojih se, uz minimalan utrošak vremena na nastavi, ciljano jačaju komunikacijske kompetencije studenata. Riječ je o sljedećim metodama: (1) Poslovno pismo i poslovni e-mail na engleskom jeziku kao metoda usavršavanja asertivnosti i komunikacijskih vještina studenata na stručnim tehničkim studijima; (2) Projektni timski rad kao metoda poticanja inicijative, timske suradnje i želje za napretkom, te kao metoda usavršavanja organizacijskih vještina, sposobnosti dobrog upravljanja timom i asertivnog načina komunikacije.

2.1. Razvoj istraživanja emocionalne inteligencije

U sve brojnijim izvorima koji se bave emocionalnom inteligencijom mogu se pronaći razne definicije tog pojma. Sam pojam (emotional intelligence) dali su Salovey i Mayer 1990. godine. Emocionalnu inteligenciju opisali su kao „oblik socijalne inteligencije koja uključuje sposobnost praćenja vlastitih i tuđih osjećaja i emocija, razlikovanja istih te korištenja tih informacija pri usmjeravanju vlastitog razmišljanja i djelovanja“ (Salovey i Mayer, 1990., vlastiti prijevod). Peter Salovey u priručniku „Emotionale Intelligenz“ definira emocionalnu inteligenciju kao „skup vještina koje se međusobno isprepliću“, pa njegova definicija emocionalne inteligencije „uključuje kako sposobnost razumnog prosuđivanja vlastitih emocija, tako i vještinu korištenja emocija u svrhu podupiranja razumnog razmišljanja. Emocionalna inteligencija sadrži sposobnosti: a) točnu identifikaciju vlastitih i tuđih emocija; b) razumijevanje emocija i jezika koji se koristi pod utjecajem različitih emocija; c) upravljanje vlastitim i tuđim emocijama; d) korištenje emocija u svrhu poticanja kognitivnih aktivnosti i motiviranja prilagođenog ponašanja.“ (Schulze R., et al., 2006., vlastiti prijevod).

Zanimljivo je primijetiti da se shvaćanje emocionalne inteligencije s vremenom mijenjalo. Tako i Salovey u

početku kaže da je emocionalna inteligencija oblik socijalne inteligencije, dok u svom kasnijem radu dijeli emocionalnu inteligenciju od svih drugih pojmova koje nalazimo u psihologiji, pa tako i od pojma ličnosti i socijalne kompetencije. On prihvaća i zastupa povezanost emocionalne inteligencije s prije spomenutim pojmovima, ali razmatra emocionalnu inteligenciju kao zaseban fenomen u psihološkim istraživanjima.

Svaki autor postavlja svoju definiciju, no sve one sadrže ključne elemente poput prepoznavanja, shvaćanja, reguliranja i kontroliranja vlastitih emocija, te razumijevanja i upravljanja tuđim emocijama. Pritom se pod upravljanjem tuđim emocijama ne podrazumijeva manipuliranje istima (iako i ta mogućnost postoji, ali se ne smatra pozitivnim načinom djelovanja), već se to ogleda u empatiji i djelovanju u skladu s emocijama drugih osoba, a posebno zato da se riješi sukob ili da se uklone neželjeni oblici ponašanja.

2.2. Važnost razvijanja emocionalne inteligencije – primjeri iz međunarodne prakse

1. Američka vojska je koristila EQ u odabiru osoblja, pa je dokazano da su najuspješniji kandidati pokazali iznimno visok stupanj asertivnosti, empatije, sreće i emocionalne samosvjesnosti. Kandidate su birali prema kvocijentu emocionalne inteligencije.

2. Analiza više od 300 vrhunskih poslovođa iz 15 globalnih tvrtki pokazala je da šest emocionalnih kompetencija razlikuje „zvijezde od prosjeka“, a to su utjecaj, vođenje tima, organizacija, samopouzdanje, nagon za napretkom i vodstvo“ (Spencer L. M., Spencer S., 1997.).

3. „Jedan od temelja emocionalne kompetencije – točna predodžba o samome sebi – povezan je s vrhunskim rezultatima nekoliko stotina menedžera iz 12 različitih organizacija“ (Boyatzis R. E., 1982., vlastiti prijevod).

4. Sljedeći opis uspješne osobe otkriva koliko određene emocionalne kompetencije odlučuju o tome hoće li ona biti ili neće biti uspješna. Michael Iem radio je u tvrtki Tandem Computers, gdje je postao svjestan novih trendova na tržištu kompjuterske opreme. Tu se pokazala njegova orijentacija prema kupcu, odnosno pružanju što bolje usluge. Iem je shvatio da će kupci na proizvode njegove tvrtke ubrzo početi gledati kao na zastarjelu tehnologiju (pokazao je inicijativu i inovativno razmišljanje). Morao je uvjeriti vodstvo tvrtke da što prije uvede novu tehnologiju (vještina utjecanja na druge ljude), a potom je morao razviti sustav nove tehnologije (vodstvo, poticanje promjena). Četiri je godine pokazivao novi sustav kupcima i prodajnom osoblju u svojoj tvrtki, dok nije prihvaćena nova tehnologija

(samopouzdanje, samokontrola, nagon za napredovanjem). Svi ti faktori ukazuju na to koliko je emocionalna inteligencija važna u uspješnosti osobe i izdvajanju uspješnih pojedinaca od prosjeka (prema Richman L. S., 1994.)

Ovakve primjere često susrećemo u poslovnom okruženju, a ista pravila vrijede i u privatnom životu. Pokazalo se da pojedinci koji su uspješni na radnom mjestu također razvijaju dobre privatne odnose za razliku od onih koji su manje uspješni. Jednako kao što će nam samopouzdanje, samokontrola, želja za napredovanjem ili empatija pomoći u poslovnoj uspješnosti, tako će nam te iste karakteristike biti od velike važnosti i u uspostavljanju boljih veza sa članovima obitelji, prijateljima i poznanicima. Kao i u svemu drugome, nekim ljudima su te karakteristike već urođene, no dobra je vijest da sve više stručnjaka tvrdi i kroz praksu dokazuje da se emocionalna inteligencija u određenoj mjeri može razvijati i vježbati, a isto tako i stjecati iskustvom. Iznimno je važno znati prepoznati ključne elemente emocionalne inteligencije koji nam mogu pomoći u postizanju uspjeha, te ih svakim danom pokušavati razvijati i oplemenjivati. Studenti zato u sklopu nastave engleskoga jezika kao jezika struke, uz gramatiku, vokabular, vještine pisanja, čitanja, govora i slušanja, razvijaju i njeguju vlastitu emocionalnu inteligenciju, odnosno one njene elemente od kojih će na radnom mjestu imati najviše koristi i pomoću kojih će se izdvojiti iz mase ostalih inženjera koji će im konkurirati na tržištu rada.

Kao što je već spomenuto, studenti su prepoznali da im za uspješnu komunikaciju na stranom jeziku nisu dovoljne isključivo gramatičke strukture, vokabular i četiri vještine, već i elementi emocionalne inteligencije koje je potrebno njegovati na materinskom i na stranom jeziku. Studenti su kao iznimno važne naveli sljedeće elemente emocionalne inteligencije: asertivnost, empatija, optimizam, sposobnost kvalitetnog upravljanja timom, organizacijske vještine, samopouzdanje, želja za napretkom, inicijativa. Upravo će im ti elementi emocionalne inteligencije biti važni i tijekom studija i u budućnosti na radnom mjestu. Uzmemo li u obzir spomenuto, treba u nastavu engleskoga jezika kao jezika tehničke struke uključiti metode pomoću kojih će studenti uz ostale sastavnice učenja jezika usavršavati i kompetencije poput asertivnosti, sposobnosti kvalitetnog upravljanja timom, organizacijskih vještina, samopouzdanja, želje za napretkom i inicijative. Koje se to metode i sadržaji mogu integrirati u nastavu engleskoga jezika kao jezika tehničke struke, a koji pridonose usavršavanju navedenih kompetencija?

3. METODE RAZVIJANJA ELEMENATA EMOCIONALNE INTELIGENCIJE U NASTAVI ENGLESKOGA JEZIKA KAO JEZIKA STRUKE NA TEHNIČKIM STUDIJIMA

3.1. Poslovno pismo i poslovni e-mail na engleskom jeziku kao metoda usavršavanja asertivnosti i komunikacijskih vještina studenata na stručnim tehničkim studijima

„Poslovno pismo na engleskom jeziku omogućuje neposredno stvaranje poslovnih veza često zamjenjujući osobni kontakt, osigurava kontinuiranost informiranja, racionalno poslovanje i unaprjeđuje međusobnu suradnju“ (Jagrić, M., 2011.). S obzirom na to da će se većina studenata nakon studija zaposliti u državnim ili privatnim poduzećima, morat će na asertivan i produktivan način, pismeno i usmeno, komunicirati s kolegama, nadređenima, dobavljačima, partnerima te prije svega s klijentima. Korektno sastavljanje poslovnih dopisa, pisama i elektronskih poruka više nije ograničeno isključivo na direktore i njihove asistente, već se zbog užurbanosti poslovanja ustalilo kao element poslovnog bontona svakog zaposlenika, neovisno o odjelu u kojem radi. Suradnja s inozemstvom zahtijeva korespondenciju na stranom, a ponajviše na engleskom jeziku. Zbog toga studente treba adekvatno osposobiti za pisanje poslovnih pisama i e-mailova. Važno je da oni prepoznaju činjenicu da nije dovoljno samo znati što žele napisati na engleskom jeziku, već da znaju i kako to napisati. Također je važno da na prikladan način znaju početi i zaključiti službeni e-mail ili dopis, odnosno da aktivno usvoje izraze koji se pritom koriste. Iskušane metode koje se mogu uključiti u nastavu engleskoga jezika, a koje su usmjerene prema usavršavanju komuniciranja poslovnim pismima i e-mailovima su sljedeće:

- Simulacija poslovnog dopisivanja e-mailom između dva ili više studenata, pri čemu se prethodno definiraju uloge svakog studenta uključenog u simulaciju i tema simuliranog poslovnog dopisivanja. Studenti se međusobno dopisuju dok se definirani problem ne riješi, a potom „lanac“ e-mailova prosljede predavaču koji evaluira koliko su uspješno usvojili uobičajene izraze i razinu formalnosti pisanja i odgovaranja na poslovne e-mailove. Aktivnost je zamišljena kao jednotjedni projekt koji studenti rade kod kuće i povratnu informaciju profesora također primaju e-mailom, čime se štedi vrijeme na nastavi.
- Korekcija primjera iz prakse. Studenti se raspoređuju u manje grupe. Svaka grupa dobije

primjer e-maila koji sadrži pogreške vezane uz strukturu, razinu formalnosti i izraze, te mora u što kraćem roku ispraviti sve pogreške. Grupa koja prva uspješno korigira sve pogreške, nagrađuje se dodatnim bodovima ili oslobođenjem od jedne od obaveza.

- Predaja jedne ili više zadaća e-mailom. Predavač od studenata može zatražiti da jednu od zadaća službeno na engleskom jeziku predaju e-mailom, poštujući pritom razinu formalnosti i korištenjem uobičajenih izraza i pozdrava, te upućivanja na zadaću koja se nalazi u privitku e-maila. E-mail se može vrednovati kao sastavni dio zadaće poslane u privitku.

3.2. Projektni timski rad kao metoda poticanja inicijative, timske suradnje i želje za napretkom te kao metoda usavršavanja organizacijskih vještina, sposobnosti kvalitetnog upravljanja timom i asertivnog načina komunikacije

Projektni timski rad na nastavi engleskoga jezika kao jezika struke zamišljen je kao simulacija poslovnog projekta u međunarodnom okruženju. Studenti preuzimaju zadane uloge u svrhu ispunjenja zadanog projekta. Oni na projektu rade u grupama po četiri člana. Svaka grupa dobiva drukčiji projekt, a svaki student unutar grupe preuzima ulogu drukčiju od ostalih članova svoje grupe. Predavač na početku daje detaljne upute i opis aktivnosti svakog člana grupe (slika 1.) te definira koji studenti čine određeni tim. Također se postavlja rok unutar kojega svi koraci projekta moraju biti dovršeni. Konačna ocjena iz projekta se dodjeljuje timu, a ne pojedincima, tj. ukupna ocjena tima je istodobno ocjena svakog pojedinca u timu. Cilj ovakve podjele rada i ovakvog načina vrednovanja je da se studenti uče timskoj suradnji kojoj će često biti izloženi na radnom mjestu, a pri kojoj nije važan samo njihov osobni angažman, već angažman i rezultati tima kao cjeline.



Slika 1. Uloge pojedinih članova tima

Nakon što dobiju osnovne upute, studenti imaju nekoliko dana da se unutar svoga tima dogovore tko će preuzeti koju ulogu, a zatim zajedno dolaze na konzultacije kod predavača koji im daje daljnje upute. Cilj je da studenti međusobno rasprave tko bi od njih bio najbolji za koju ulogu. Npr., najkomunikativnija osoba u grupi će se vjerojatno ponuditi da preuzme ulogu predstavnika grupe u komunikaciji s predavačem. Osoba koja više voli samostalan rad odlučit će se za pretraživanje literature. Najsamopouzdanija osoba, odnosno ona osoba koja ima najmanje straha od javnog nastupa prihvatit će ulogu izlagača prezentacije, a najsystematičniji član tima odlučit će se za sastavljanje konačne verzije projektnog rada. Jasno je da postoji mogućnost da više osoba želi preuzeti istu ulogu i upravo je dogovor među njima u takvoj situaciji jedan od ciljeva ove nastavne aktivnosti. Studenti će tijekom definiranog vremena raditi na projektu, a pri tome će svaki od njih morati dati sve od sebe kako bi konačna ocjena tima bila zadovoljavajuća za sve članove. Tijekom rada na projektu jačat će timsku suradnju, pravodobno izmjenjivanje informacija, vještinu upravljanja vremenom i organizacijske vještine te vještine asertivnog komuniciranja. Samo jedan član tima smije e-mailom i usmeno o projektu komunicirati s predavačem i on je dužan primljene informacije pravodobno i točno, u pismenom obliku, prenijeti ostalim članovima tima. Također se mora pobrinuti za to da od ostalih članova tima dobije povratnu informaciju o tome da su oni te podatke primili, te da mu redovito šalju informacije o napretku projekta koje on mora proslijediti predavaču barem jednom tjedno. Osoba zadužena za pretragu literature mora pronaći dovoljan, unaprijed definirani broj literature koja će poslužiti kao osnova projektnog rada. Svi članovi zajedno trebaju razraditi plan i sadržaj rada, nakon čega osoba zadužena za pismeno sastavljanje piše rad. Svi članovi prihvaćaju konačnu verziju rada, a potom osoba izlagač priprema svoju prezentaciju. Projektni rad se smatra završenim kada su odrađeni svi koraci i kada je rad usmeno prezentiran. Predavač tada pregledava kompletnu korespondenciju e-mailom, konačnu pismenu verziju rada te evaluira usmenu prezentaciju. Iz te tri komponente proizlazi ukupna ocjena projekta.

4. ZAKLJUČAK

Iako se spomenuti primjeri na prvi pogled mogu učiniti složenima i za predavača i za studente, njihove koristi su višestruke. Samo kroz jedan projektni rad moguće je na praktičnom primjeru vježbati više različitih kompetencija na stranom jeziku. Istodobno se većina aktivnosti odvija izvan nastave, čime se ostvaruje efekt da se kroz nastavu stigne obraditi i, što je još važnije, produbiti znatno više gradiva nego što bi to bilo moguće kroz klasične metode

rada. Studenti su također kroz rad u grupama suočeni sa stvarnom situacijom iz poslovnog svijeta u kojoj se njihova individualna ostvarenja ne vrednuju kao takva, već kao dio ukupnog ostvarenja njihova tima.

Osobne kompetencije emocionalno inteligentnih osoba su samosvjesnost, samokontrola i unutrašnja motivacija. Osobe kod kojih su te osobine vrlo razvijene dobro prepoznaju svoje i tuđe osjećaje i njihove posljedice, prepoznaju vlastite prednosti i nedostatke, sigurne su u svoje sposobnosti, dobro upravljaju trenutnim osjećajima, ne reagiraju impulzivno, ostaju usredotočene čak i pod stresom, održavaju visoke standarde poštenja i etičnosti, preuzimaju odgovornost za vlastite postupke, fleksibilne su pri uvođenju promjena, otvorene su prema novim idejama, trude se ostvariti standarde izvrsnosti, predane su onome što rade, prepoznaju dobre prilike, uporne su u ostvarivanju ciljeva. Ovim primjerima pokazano je da se i u nastavi stranog jezika na tehničkim studijima može i mora raditi na razvijanju tih vještina.

5. LITERATURA

Boyatzis R.E., (1982), *The Competent Manager: A Model for Effective Performance*, John Wiley and Sons, New York

Jagrić M., (2011), Struktura i stil poslovnog pisma na engleskom jeziku, *Praktični menadžment*, Vol. No. II, br. 2, 128-132

Piršl, E.,
www.ffpu.hr/fileadmin/Dokumenti/Nastavne_metode.ppt, 23.11.2011.

Richman L. S., (1994), How to get ahead in America, *Fortune*, 46-54

Salovey P., Mayer J., (1990), Emotional Intelligence, *Imagination, cognition and personality*, Vol. No. 9(3), 185-211

Schulze R., et al. (2006). Emotionale Intelligenz – Ein internationales Handbuch, Hogrefe, Göttingen

Spencer L. M., Jr., Spencer S., (1993), *Competence at Work: Models for Superior Performance*, John Wiley and Sons, New York

www.nsz.hr/vijesti/statisticki-podaci-o-broju-studenata, 23.11.2011.

www.dzs.hr/Hrv_Eng/publication/2011/08-01-06_01_2011.htm, 23.11.2011.