

19th INTERNATIONAL CONFERENCE
19. MEĐUNARODNA KONFERENCIJA

LABORATORY COMPETENCE 2024
KOMPETENTNOST LABORATORIJA 2024

PROCEEDINGS
KNJIGA RADOVA

BRIJUNI, CROATIA

23rd - 25th of October 2024

23. - 25. listopada 2024.

Published by / Nakladnik
Croatian Laboratories CROLAB
Hrvatski laboratoriji CROLAB
Berislavićeva 6, Zagreb

For publisher / Za izdavača
Vjekoslav Živković

Reviewers / Recenzenti

Izv. prof. dr. sc. Hrvoje Juretić
Izv. prof. dr. sc. Danijel Šestan

Editorial board / Uređivački odbor
Mladenka Crneković

ISBN 978-953-7329-27-3

19th INTERNATIONAL CONFERENCE
19. MEĐUNARODNA KONFERENCIJA

LABORATORY COMPETENCE 2024
KOMPETENTNOST LABORATORIJA 2024

PROCEEDINGS
KNJIGA RADOVA

BRIJUNI, CROATIA

23rd – 25th of October 2024

23.- 25. listopada 2024.

Editors / Urednici

Marko Katić

Lovorka Grgec Bermanec

UNDER THE AUSPICES / POD POKROVITELJSTVOM

- MINISTRY OF SCIENCE AND EDUCATION / MINISTARSTVO ZNANOSTI I OBRAZOVANJA
- MINISTRY OF ECONOMY / MINISTARSTVO GOSPODARSTVA
- MINISTRY OF AGRICULTURE / MINISTARSTVO POLJOPRIVREDE
- CROATIAN CHAMBER OF ECONOMY / HRVATSKA GOSPODARSKA KOMORA
- STATE OFFICE FOR METROLOGY / DRŽAVNI ZAVOD ZA MJERITELJSTVO
- CROATIAN ACCREDITATION AGENCY / HRVATSKA AKREDITACIJSKA AGENCIJA
- CROATIAN METEOROLOGICAL AND HYDROLOGICAL SERVICE / DRŽAVNI HIDROMETEOROLOŠKI ZAVOD
- CROATIAN ENGINEERING ASSOCIATION / HRVATSKI INŽENJERSKI SAVEZ
- MINISTRY OF HEALTH / MINISTARSTVO ZDRAVSTVA

SPONSORS AND EXHIBITORS/ SPONZORI I IZLAGAČI

Pardus d.o.o. - Srebrni sponzor
Shimadzu d.o.o. – Srebrni sponzor
LabSense d.o.o. – Srebrni sponzor
SIQ Ljubljana – Brončani sponzor
C-pharm d.o.o. – Brončani sponzor
Altium International d.o.o.
Aparatura d.o.o.
Messer Croatia Plin d.o.o.
Mettler Toledo d.o.o.

DONORS / DONATORI

Hrvatska gospodarska komora
Koestlin d.d.
Obitelj Filipec
Eno expert d.o.o.

INTERNATIONAL PROGRAM COMMITTEE / MEĐUNARODNI PROGRAMSKI ODBOR

Izv. prof. dr. sc. V. Živković (ŠF) CRO President / predsjednik

Prof. dr. sc. Š. Cerjan Stefanović CRO Vicepresident / dopredsjednik

D. Štuhec, dipl. ing. CRO Vicepresident / dopredsjednik

E. Zobaj, struč. spec. ing. sec. (DHMZ) CRO Vicepresident / dopredsjednik

B. Abramović, dipl. ing. (Ekonerg) HR

MSc. G. Bajić (Zavod za metrologiju) MN

Prof. dr. sc. S. Babić (FKIT) HR

Č. Belić, dipl. ing. (DMDM) RS

I. Božićević, dipl. ing. (HZN) HR

M. Sc. S. Chokrevski (IARNM) RNM

S. Mihelic, spec. oec. (HGK) HR

Prof. dr. sc. L. Grgec Bermanec (FSB) HR

Prof. dr. sc. I. Jakaša (PBF) HR

D. Benčić Rudan, dipl. ing. (Županijska komora Pula) HR

Prof. dr. sc. M. Katić (FSB) HR

Dr. S. Kopač (SMI) SLO

Prof. dr.sc. O. Koprivnjak (MF Sveučilišta u Rijeci) HR

Prof. dr. sc. D. Kovačević (PBF, Osijek) HR

Prof. dr. sc. V. Krstelj (HIS) HR

Dr. sc. A. Krivohlavek (NZJZ Dr. A. Štampar) HR

I. Lasić, mag. phys. (DARNS) BiH

Dr. sc. T. Masten Milek (JU Zeleni prsten Zagrebačke županije) HR

Izv. prof. dr. sc. N. Mikulec (AF) HR

B. Novosel, dipl. oec. (DZM) HR

Mr. sc. V. Popijač (Podravka d.d.) HR

Mr. sc. D. Primorac (BATA) BiH

Prof. dr. sc. B. Runje (FSB) HR

I. Sabljak, mag. ing. techn. aliment., univ. spec. (Eurofins Croatiakontrola d.o.o.) HR

O. Štajdohar-Pađen, dipl. ing. HR

Dr. sc. R. Štimac (Hrvatski zavod za transfuzijsku medicinu) HR

Mr. sc. M. Trajkovska Trpevska (MAKLAB) MK

Dr. sc. M. Trkmić (HEP-Proizvodnja d.o.o.) HR

Prof. dr. sc. B. Vojnović (TTF) HR

Mr. sc. M. Zečević (HAA) HR

P. Moscatti (EUROLAB) I

Isabelle Vercruysee (EURACHEM) BE

ORGANIZING COMMITTEE / ORGANIZACIJSKI ODBOR

M. Povodnik, ing. (Mirta-Kontrol d.o.o.) CRO, President / predsjednik

Dr. sc. I. V. Petric (HAPIH) CRO, Vice President / dopredsjednik

Dr. sc. T. Jakovljević (HSI) CRO, Vice President / dopredsjednik

M. Mačković, dipl. ing. (Fiditas d.o.o.) CRO, Vice President / dopredsjednik

Z. Grgić, dipl. ing. (Infratech) HR

S. Kalšan, dipl. ing. (Koestlin d.d.) HR

Mr. sc. S. Ljubenko (HZJZ) HR

Dr. sc. P. Lepri (DHMZ) HR

R. Mertz, dipl. ing. HR

Mr. sc. S. Maričić Tarandek (Zvijezda d.d.) HR

Dr. sc. A. Rakić (ZZJZ Splitsko-dalmatinske županije) HR

I. Ivić, dipl. ing. (HZN) HR

Prof. dr. sc. Ž. Zgorelec (AF) HR

Izv. prof. dr. sc. D. Šestan (FSB) HR

Contents / Sadržaj:

| | |
|---|----|
| PREFACE / PREDGOVOR..... | 8 |
| KIBERNETIČKA SIGURNOST..... | 9 |
| D. Tuličić..... | 9 |
| THE COST OF WRONG DECISIONS | 16 |
| D. Božić ¹ , B. Runje ¹ , A. Razumić ² | 16 |
| DEVELOPMENT ACTIVITIES FOR ENSURING METROLOGICAL TRACEABILITY OF PRECISE LENGTH MEASUREMENTS IN INDUSTRY | 22 |
| B. Ačko, L. Čas, J. Tompa, R. Klobučar..... | 22 |
| ANTIBAKTERIJSKA AKTIVNOST KOLOIDNOG SREBRA SINTETIZIRANOG POMOĆU MEDA OD PRIMORSKOG VRISKA | 30 |
| M. Šutalo, A. Rakić ^{1,2} , D. Barbir ³ , P. Dabić ³ , P. Bohnert ¹ | 30 |
| ISPITIVANJA SPOSOBNOSTI U PODRUČJU VODOOPSKRBE I ODVODNJE..... | 35 |
| Z. Grgić..... | 35 |
| ULOGA LABORATORIJA U KRUŽNOM GOSPODARSTVU | 45 |
| O. Štajdohar-Pađen ¹ , I. Sabljak ² | 45 |
| ZNAČAJ I ULOGA SENZORSKIH OCJENJIVANJA U PROCJENI KVALITETE MLIJEČNIH PROIZVODA | 61 |
| N. Antunac, N. Mikulec, I. Horvat Kesić, Š. Zamberlin, J. Špoljarić..... | 61 |

PREFACE

You are reading the nineteenth anniversary Proceedings of CROLAB conference **LABORATORY COMPETENCE 2024**, held from October 23 to 25 on the Brijuni Islands.

The conference focused on enhancing the competence and competitiveness of Croatian laboratories in the region, with the goal of fostering cooperation and connections with laboratories from neighboring countries and future EU member states.

The program included lectures, poster presentations, and panel discussions on current and relevant topics. In addition to the professional segment, participants had the opportunity for discussions, club meetings (KIL, KAL, KUL, and KIC), and pleasant gatherings in Brijuni and Pula.

PREDGOVOR

Pred vama je zbornik radova s devetnaeste CROLAB-ove konferencije **KOMPETENTNOST LABORATORIJA 2024**, koja se održala od 23. do 25. listopada na Brijunima.

Savjetovanje je bilo posvećeno jačanju kompetentnosti i konkurentnosti hrvatskih laboratorija u regiji, s ciljem poticanja suradnje i povezivanja s laboratorijima susjednih zemalja te budućih članica Europske unije.

Program konferencije obuhvaćao je predavanja, poster-prezentacije i okrugle stolove s aktualnim i relevantnim temama. Osim stručnog dijela, sudionici su imali priliku za rasprave, sastanke klubova (KIL, KAL, KUL i KIC) te ugodna druženja u Brijunima i Puli.

Editors / Urednici

Marko Katić
Lovorka Grgec Bermanec

KIBERNETIČKA SIGURNOST

D. Tuličić

Katedra za informatičke tehnologije i računarstvo
Sveučilište u Zagrebu Fakultet organizacije i informatike
Pavlinska 2, Varaždin, Hrvatska
E-mail: domtulicic@foi.hr

Sažetak – Kibernetička sigurnost predstavlja ključni izazov u suvremenom digitalnom svijetu, gdje su organizacije, vlade i pojedinci svakodnevno izloženi raznim oblicima prijetnji u kibernetičkom prostoru. Digitalna transformacija društva je nezaobilazna te donosi brojne prednosti, ali isto tako i ozbiljne sigurnosne izazove. U ovom radu istražuju se temeljni čimbenici kibernetičke sigurnosti, počevši od definicije i osnovnih koncepata, te se objašnjavaju trenutno ključne prijetnje kao što su internetske prijevare, ucjenjivački softver i drugi oblici zlonamjernih napada. Prijetnje poput ucjenjivačkog softvera i phishinga dodatno su analizirane i opisane. Također, rad opisuje modele informacijske sigurnosti i enkripciju, autentifikaciju te kontrole pristupa, koji imaju ključnu ulogu u obrani protiv kibernetičkih napada. Poseban naglasak stavljen je na normizaciju, razvoj sigurnosnih strategija i upravljanje incidentima uključujući primjenu Zakona o kibernetičkoj sigurnosti, NIS2 direktive (EU 2022/2555), standarda ISO/IEC 27001, NIST kibernetičkog okvira i CIS kontrola, s ciljem smanjenja rizika i osiguravanja sigurnosti informacija i sustava.

I. UVOD

Fraza „Digital or Die“ danas se često spominje u poslovnim krugovima visoko pozicioniranih menadžera i njihovih savjetnika, kao imperativ koji ističe neizbježnost prilagodbe digitalnom dobu. Ta prilagodba, poznata i kao digitalna transformacija, postiže se integracijom računalnih tehnologija u sve aspekte poslovanja. Iako računalne tehnologije značajno unapređuju poslovne procese, one su također izvor sigurnosnih rizika koji proizlaze iz njihove primjene.

O sigurnosnim rizicima primjene računalnih tehnologija redovito se izvještava u medijima. U lipnju ove godine mediji su izvijestili o tzv. DDoS napadima na internetske stranice hrvatskih institucija, među kojima su Ministarstvo financija, Porezna uprava, HNB i Zagrebačka banka. Već sljedeći dan, nakon napada na internetske stranice hrvatskih institucija, uslijedio je napad zlonamjernim softverom za iznudu na Klinički bolnički centar Zagreb, pri čemu su podaci bolnice bili šifrirani, a napadači su tražili otkupninu. Samo mjesec dana kasnije, dogodio se napad softverom za iznudu i na splitsku zračnu luku.

Ovim napadima, koji se nazivaju kibernetički napadi, cilj je ostvariti financijsku dobit, ukrasti osjetljive informacije ili narušiti poslovni kontinuitet organizacije. Iz tog razloga, svaka organizacija mora poduzeti sve potrebne mjere za prevenciju – od tehnoloških, poput enkripcije, autentifikacije i kontrole pristupa, do implementacije strategija i upravljanja informacijskom/kibernetičkom sigurnošću.

U nastavku ovog rada, u drugom poglavlju, bit će definirani i razjašnjeni pojmovi kibernetičke i informacijske sigurnosti, uz objašnjenje razlika između tih pojmova. Također, bit će prikazana jasna razlika između koncepta kibernetičke sigurnosti i informacijske sigurnosti, koji se vrlo često koriste kao sinonimi. U trećem poglavlju bit će opisan najčešće korišten model informacijske sigurnosti, koji čini osnovu za razumijevanje ključnih pojmova kako u informacijskoj sigurnosti tako i u kibernetičkoj sigurnosti. Četvrto poglavlje bavi se najučestalijim vrstama napada kao što su distribuirani napadi uskraćivanja usluga, phishing i napadi korištenjem zlonamjernog softvera za iznudu kao i obranom od kibernetičkih prijetnji. Peto poglavlje obrađuje normizaciju i standardizaciju na području informacijske i kibernetičke sigurnosti, čija provedba ima za cilj smanjenje sigurnosnih rizika i

postizanje sigurnosti informacijskih sustava. Na kraju rada, u zaključku, bit će sažeti ključni rezultati i preporuke za smanjenje rizika te osiguranja sveobuhvatne zaštite informacijskih sustava.

II. TEMELJNI POJMOVI KIBERNETIČKE I INFORMACIJSKE SIGURNOSTI

U ovom poglavlju obrađuju se temeljni pojmovi korišteni u radu, uključujući kibernetičku sigurnost, informacijsku sigurnost, sigurnost informacijske i komunikacijske tehnologije (IKT sigurnost), kibernetička prijetnja i kibernetički kriminal. Također, opisan će se odnos između pojma kibernetička sigurnost i informacijska sigurnost.

Međutim, prije iznošenja osnovnih i opće prihvaćenih definicija, autor želi ukazati na isprepletenost pojmova kibernetička sigurnost i informacijska sigurnost. Premda se ti pojmovi razlikuju i nisu istoznačnice, mnogi stručnjaci u ovom području naglašavaju njihovu sličnost te ih ponekad tretiraju kao pojmovne sinonime. Iako to nije u potpunosti netočno, takav pristup proizlazi iz činjenice da se kibernetička i informacijska sigurnost često preklapaju u onom dijelu koji obuhvaća zaštitu informacija na informacijskim i komunikacijskim sustavima [1]. Dodatno, tome pridonosi i činjenica da termin kibernetička sigurnost nije uvijek bio precizno definiran [2].

A. Definicija ključnih pojmova kibernetičke i informacijske sigurnosti

Kroz ovo podpoglavlje obradit će se definicije kibernetičke sigurnosti, informacijske sigurnosti, sigurnosti informacijskih i komunikacijskih tehnologija, kibernetičkih napada, kibernetičke prijetnje i kibernetičkog kriminala. Definicije ovdje obrađene temeljene su na relevantnim izvorima kao što su Agencija za nacionalnu sigurnost SAD-a (NSA, National Security Agency), Nacionalni institut za standarde i tehnologiju SAD-a (NIST, National Institute of Standards and Technology), standard ISO/IEC 27000 te Uredba EU 2019/881 o Agenciji Europske unije za kibernetičku sigurnost (ENISA, European Union Agency for Cybersecurity).

Prema Rob Joyceu iz NSA, kibernetička sigurnost obuhvaća sve što rezultira zaštitom informacija i osnovne tehnologije od krađe, manipulacije i poremećaja. NIST definira kibernetičku sigurnost kao zaštitu internetski povezanih sustava poput hardvera, softvera i podataka od kiberprijetnji. U Uredbi (EU) 2019/881 kibernetička sigurnost ili kraće kibersigurnost odnosi se na aktivnosti nužne za zaštitu od kiberprijetnji mrežnih i informacijskih sustava, korisnika sustava i drugih osoba na koje one utječu.

Kiberprijetnja definirana u Uredbi (EU) 2019/881 označava svaku moguću okolnost, događaj ili djelovanje koji bi mogli oštetiti, poremetiti ili na drugi način negativno utjecati na mrežne i informacijske sustave, korisnike tih sustava i druge osobe.

Također, u dokumentima Europske unije može se pronaći definicija pojma kibernetički kriminal, koji označava kaznena djela počinjena uz pomoć mreže elektroničke komunikacije i informacijskih sustava ili protiv takvih mreža i sustava.

Informacijska sigurnost prema ISO/IEC 27000 standardu definirana je kao očuvanje povjerljivosti, dostupnosti i integriteta informacija.

Sigurnost informacijske i komunikacijske tehnologije (IKT sigurnost) je zaštita sustava zasnovanih na tehnologiji na kojoj se čuvaju i s kojom se prenose informacije [1].

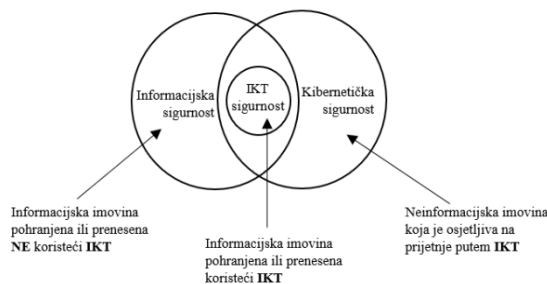
B. Odnos između kibernetičke, informacijske i IKT sigurnosti

Kao što je prethodno spomenuto, informacijska sigurnost i kibernetička sigurnost često se koriste kao sinonimi. Međutim, sve su češća mišljenja da takav pristup nije ispravan način razumijevanja tih pojmova.

U prilog tom razlikovanju pojmova ili područja sigurnosti dodatno pojašnjenje pruža Slika 1. Na navedenoj slici, informacijska sigurnost i kibernetička sigurnost vizualizirani su kao dva različita skupa koji imaju zajednički

element u svome presjeku. Zajednički element predstavlja IKT sigurnost. To znači da se kibernetička i informacijska imovina mogu promatrati u istom kontekstu samo kada je informacijska imovina pohranjena ili prenesena korištenjem IKT-a.

Također, prema Slici 1, informacijska imovina ne mora biti pohranjena ili prenesena putem IKT-a; može se nalaziti u sefovima ili sličnim spremištima te se fizički prenositi s jednog mjesta na drugo. S druge strane, kibernetička sigurnost obuhvaća, primjerice, industrijska postrojenja koja mogu biti ugrožena putem IKT-a. Industrijska postrojenja su neinformacijska imovina.



Sl. 1. Odnos između IKT sigurnosti, informacijske sigurnosti i kibernetičke sigurnosti (Izvor: From information security to cyber security)

III. MODEL INFORMACIJSKE/KIBERNETIČKE SIGURNOSTI

Općenito, modeli u znanosti i praksi koriste se kako bi se pojednostavilo razumijevanje složenih sustava ili pojava. Oni pružaju okvir koji omogućuje apstrakciju ključnih elemenata iz stvarnih sustava, čime se olakšava razumijevanje njihovih osnovnih karakteristika i međusobnih odnosa.

Model informacijske sigurnosti omogućuje konzistentnu terminologiju i koncepte na koje se može referirati kada se razvija strategija i implementira mjera sigurnosti u organizaciji. Najpoznatiji i najkorišteniji model informacijske sigurnosti je CIA model, prikazan na Slici 2. CIA predstavlja početna slova engleskih riječi: Confidentiality (hrv. povjerljivost), Integrity (hrv. integritet), Availability (hrv. dostupnost).

Povjerljivost je koncept koji je sličan ali ne isti kao koncept privatnosti. Povjerljivost je samo komponenta privatnosti, a cilj joj je da informacija bude dostupna samo onoj osobi koja ima ovlaštenu pristup, dakle cilj je zaštititi informaciju od neovlaštenih osoba. Napadači mogu narušiti povjerljivost informacija nadziranjem mreže, špijuniranjem preko ramena (shoulder surfing), krađom lozinki, razbijanjem enkripcije i socijalnim inženjeringom. S druge strane korisnici mogu namjerno ili nenamjerno otkriti osjetljive informacije te mogu biti žrtve socijalnog inženjeringa. Povjerljivost se postiže kriptiranjem, provođenjem kontrole pristupa te treniranjem zaposlenika u zaštiti podataka.

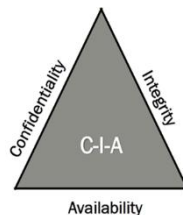
Integritet informacija odnosi se na mogućnost sprječavanja izmjene informacija bez odgovarajućeg ovlaštenja. Cilj je onemogućiti promjenu informacija od strane neovlaštenih osoba ili neovlaštenu promjenu od strane ovlaštenih korisnika. Integritet informacija mogu narušiti napadači koristeći viruse, logičke bombe ili skrivene ulaze u sustav (eng. back door). Integritet se postiže strogom kontrolom pristupa, detekcijom upada u sustav, korištenjem hash funkcija i ograničavanjem mogućnosti korisnika.

Dostupnost informacija odnosi se na njihovu raspoloživost kada su potrebni korisniku i vlasniku informacija. Cilj dostupnosti je osigurati stalnu i pravodobnu raspoloživost informacija. Dostupnost se može narušiti gubitkom napajanja, problemima s operativnim sustavom ili aplikacijama te distribuiranim napadima uskraćivanja usluga.

Sigurnost i funkcionalnost sustava također se temelji na dodatnim načelima koja se mogu smatrati dijelom CIA modela. To su: neporecivost, dokazivost, autentičnost i pouzdanost.

Neporecivost osigurava nemogućnost poricanja izvršene aktivnosti ili primitka informacije. Dokazivost osigurava da aktivnosti subjekta mogu biti praćene jedinstveno do samog subjekta. Autentičnost osigurava da je identitet subjekta zaista onaj za koji se tvrdi da jest. Pouzdanost podrazumijeva dosljedno, očekivano ponašanje i rezultate.

Dodatno, prilikom spominjanja i razgovora o modelu informacijske sigurnosti navode se i sljedeća načela sigurnosti relevantna za ovo područje: sigurnost je ekonomski problem, sigurnost se sastoji od slojeva obrane, apsolutna sigurnost ne postoji, sigurnost je u suprotnosti s praktičnošću. Svako od tih načela naglašava ključne aspekte upravljanja sigurnosnim rizicima te ističe izazove u postizanju ravnoteže između sigurnosti, učinkovitosti i troškova.



Sl. 2. CIA model (poznat i kao CIA trokut)

IV. VRSTE KIBERNETIČKIH NAPADA I MJERE OBRANE

Prije nego što se navedu i opišu vrste napada i tehničke mjere zaštite, identificirati će se izvori prijetnji. Najčešći način razmatranja izvora prijetnji jest njihova klasifikacija prema unutarnjim i vanjskim prijetnjama. Unutarnje prijetnje dolaze od osoba ili sustava unutar organizacije, dok vanjske prijetnje dolaze od izvora izvan organizacije, poput script kiddiesa (hrv. skriptne nezalce), hakera, haktivista, kriminalnih skupina ili država nacija [3].

Kriminalne skupine i države nacije smatraju se najopasnijim izvorima prijetnji i obično stoje iza naprednih trajnih prijetnji (eng. Advanced Persistent Threats, APT). Ovi napadi usmjereni su prema osjetljivim ciljevima poput državnih institucija, energetskih kompanija, financijskih ustanova, tehnoloških tvrtki ili vojnih sustava, odnosno općenitije rečeno, prema kritičnoj infrastrukturi. Zlonamjerne osobe unutar organizacije također predstavljaju ozbiljnu prijetnju te su često pokretane osobnim motivima poput želje za osvetom, osobnom koristi ili ideološkim razlozima.

Napadi započinju onda kada se utvrdi da ciljani sustav ima ranjivost (eng. vulnerability). Vremenski interval između otkrivanja ranjivosti i osmišljavanja načina za iskorištavanje može trajati od jednog dana do nekoliko mjeseci ili čak i duže. Ranjivosti se iskorištavaju korištenjem exploita, specifičnog softverskog alata ili tehnike koja omogućuje napadaču da preuzme kontrolu nad ciljanim sustavom ili pristupi osjetljivim podacima. Najopasniji oblik ranjivosti su ranjivosti nultog dana (eng. zero-day vulnerabilities), a njihova opasnost leži u tome što su otkrivene prije nego što ih je proizvođač softvera ili sustava uspio prepoznati i ukloniti. Zero-day exploit je metoda, alat ili tehnika kojom se iskorištavaju te ranjivosti. Postoji mnoštvo različitih metoda, tehnika i alata napada, a najučestaliji i najučinkovitiji su phishing, ransomware i DDoS napadi [4].

A. Phishing, ransomware i DDoS napadi

U ovom će podpoglavlju biti opisani neki od najučestalijih napada poput phishinga, ransomwarea i DDoS napada – tri od sedam najučestalijih napada u 2024. godini prema ENISA-i [4]. Posljedice ovih napada su bile značajne, što su mogli primijetiti i građani Republike Hrvatske tijekom lipnja i srpnja 2024. godine.

Phishing napadi se temelje na socijalnom inženjeringu. Socijalni inženjering je vještina manipulacije ljudima na način da se ljude navede na otkrivanje osjetljivih informacija ili izvršavanje radnji koje su u korist napadača, često pod krinkom legitimnih zahtjeva. Kroz lažne e-mailove, web-stranice ili poruke, napadači se predstavljaju kao pouzdane osobe ili institucije kako bi prevarili žrtve i pridobili pristup njihovim podacima.

Socijalni inženjering koristi ljudske emocije kako bi ljude motivirao i potaknuo na izvršavanje radnji u interesu napadača (manipulatora). Ključne emocije ili osjećaji koje često pokreću ljude na djelovanje uključuju strah, osjećaj hitnosti, pohlepu i radoznalost.

Phishing napad može se prepoznati ako je potencijalna žrtva oprezna pri primanju poruke. Phishing poruke često dolaze s nepoznatih ili neobičnih adresa koje ne odgovaraju legitimnim domenama. Linkovi u takvim porukama obično vode na lažne web-stranice, a same poruke često sadrže gramatičke greške. Osim toga, phishing poruke često stvaraju osjećaj hitnosti ili prijete negativnim posljedicama. Takve e-mail poruke mogu sadržavati privitke sa zlonamjernim softverom. Traženje osjetljivih podataka, poput PIN-ova, lozinki ili drugih privatnih informacija, također je pouzdan pokazatelj phishing napada.

Neke od poznatih vrsta phishing napada su spear phishing, whaling, vishing i smishing. Spear phishing su ciljani napadi usmjereni na specifične osobe ili organizacije. Napadači koriste personalizirane informacije kako bi izgledali uvjerljivije, kao što su ime ili funkcija unutar tvrtke. Whaling je vrsta spear phishinga koja cilja visoko pozicionirane pojedince unutar organizacije, poput izvršnih direktora i menadžera. Vishing (voice phishing) odvija se putem telefonskih poziva, gdje napadači imitiraju zaposlenike banaka, tehničke podrške ili drugih institucija kako bi prevarili žrtvu i dobili osjetljive informacije. Smishing (SMS phishing) koristi SMS poruke za navođenje žrtava na klikanje na zlonamjerne linkove ili otkrivanje osjetljivih podataka.

Ransomware napadi, poznati i kao napadi ucjenjivačkim softverom, koriste zlonamjerni računalni program za šifriranje podataka na zaraženom računalu, čime se korisniku onemogućuje pristup tim podacima. Nakon infekcije, na računalu se pojavljuje poruka kojom napadači traže od vlasnika plaćanje otkupnine kako bi im omogućili povratak pristupa podacima.

Ovi napadi danas predstavljaju rašireni oblik kibernetičke prijetnje koji ugrožava organizacije svih veličina, od malih poduzeća do velikih korporacija i javnih institucija. Napadi često uzrokuju značajne financijske gubitke i prekid poslovanja, a napadači nerijetko traže otkupnine u kriptovalutama kako bi otežali praćenje transakcija.

Kriminalci putem Darkneta nude tzv. Ransomware-as-a-Service (RaaS) kao poslovni model, omogućujući neiskusnim kiberkriminalcima izvršavanje ransomware napada. Poznato je da neke vrste ransomwarea koriste i 'pozivne centre', putem kojih žrtvama daju detaljne upute o tome kako platiti otkupninu [5].

DDoS (Distributed Denial of Service) napadi su oblik kibernetičkog napada koji ima za cilj preplaviti mrežu ili sustav velikim brojem zahtjeva, čime se onemogućava njegova dostupnost korisnicima. Napadači koriste distribuiranu mrežu zaraženih računala ili uređaja, poznatu kao botnet, kako bi poslali ogroman broj zahtjeva na ciljani server ili mrežu. Zbog preopterećenja, server ne može obraditi stvarne korisničke zahtjeve, što rezultira padom sustava ili usporavanjem njegove funkcionalnosti.

Ciljevi DDoS napada su obično web-stranice, mrežne usluge, financijske institucije ili pružatelji internetskih usluga, a motivi napada mogu varirati – od hakera koji žele izazvati kaos, do organiziranih kriminalnih skupina koje traže financijsku korist ili žele sabotirati konkurenciju. Ovi napadi često traju od nekoliko minuta do nekoliko dana, a u nekim slučajevima mogu rezultirati značajnim financijskim gubicima za ciljane organizacije.

B. Mjere obrane od kibernetičkih napada

Mjere obrane od kibernetičkih napada su skup tehničkih, organizacijskih i proceduralnih strategija koje se koriste za zaštitu informacijskih sustava i mreža od neovlaštenih napada. One uključuju tehničke mjere poput enkripcije, dvofaktorske autentifikacije i kontrole pristupa, ali i proceduralne mjere, kao što su sigurnosne politike, edukacija zaposlenika te redovite sigurnosne revizije i nadzor. U ovom radu bit će ukratko objašnjena i opisana svaka od navedenih tehničkih mjera zaštite.

Enkripcija je proces šifriranja podataka kako bi se osigurala njihova povjerljivost i zaštita od neovlaštenog pristupa. Podaci se šifriraju pomoću algoritma i ključa, pretvarajući ih u nečitljiv oblik koji se može dešifrirati samo uz ispravan ključ. Enkripcija se koristi za zaštitu podataka u prijenosu, poput komunikacije putem interneta, kao i za zaštitu pohranjenih podataka na računalima i serverima. Najčešće korišteni oblici enkripcije su simetrična (npr. AES) i asimetrična enkripcija (npr. RSA).

Dvofaktorska autentifikacija (2FA) je sigurnosna metoda koja zahtijeva dva različita faktora kako bi se potvrdio identitet korisnika prilikom prijave. Uz standardnu lozinku, korisnik mora pružiti dodatni faktor autentifikacije, poput jednokratnog koda poslanog na mobilni uređaj, biometrijskog skeniranja (npr. otiska prsta ili prepoznavanja

lica) ili fizičkog sigurnosnog ključa. Ova metoda značajno povećava sigurnost jer čak i ako napadač dođe do lozinke, ne može pristupiti računu bez dodatnog faktora.

Kontrola pristupa je sigurnosna mjera koja ograničava pristup resursima ili informacijama unutar sustava samo ovlaštenim korisnicima dok sprječava pristup neovlaštenim korisnicima. Temelji se na definiranju pravila i provjeri identiteta korisnika prije nego im se dopusti pristup određenim podacima, aplikacijama ili fizičkim prostorima. Kontrola pristupa može biti fizička (npr. korištenje kartica za ulaz u zgrade) ili logička (npr. korištenje lozinke, biometrijskih podataka, ili tokena za pristup računalnim sustavima).

V. PRAVNI OKVIR, NORMIZACIJA I STANDARDIZACIJA U KIBERNETIČKOJ I INFORMACIJSKOJ SIGURNOSTI

Kibernetička i informacijska sigurnost sve više postaju ključne komponente nacionalne i međunarodne regulative s ciljem zaštite kritične infrastrukture, poslovnih sustava i privatnih podataka. Normizacija i razvoj standarda, poput međunarodnih standarda iz serije ISO/IEC te NIST okvira u SAD-u, omogućuju organizacijama diljem svijeta primjenu najboljih praksi u području informacijske sigurnosti. Također, smjernice i okviri razvijeni unutar neprofitnih organizacija, poput Centra za internetsku sigurnost (eng. Center for Internet Security, CIS) sa svojim CIS Controls i CIS Benchmarks, pružaju organizacijama praktične alate za poboljšanje sigurnosti.

U Republici Hrvatskoj najvažniji dokument koji se odnosi na kibernetičku sigurnost je Zakon o kibernetičkoj sigurnosti. Ovaj zakon postavlja pravni okvir za postizanje visoke razine kibernetičke sigurnosti u zemlji. Njegova glavna svrha je zaštita kritične infrastrukture, organizacija i poduzeća od kibernetičkih prijetnji, kao i obveza izvještavanja o značajnim incidentima.

Osim lokalnih zakona, poput Zakona o kibernetičkoj sigurnosti u Hrvatskoj, međunarodni standardi iz serije ISO/IEC 27000 igraju ključnu ulogu u osiguranju konzistentnih praksi zaštite diljem svijeta. Ovi standardi pružaju okvir za uspostavu, primjenu i kontinuirano poboljšanje sustava upravljanja informacijskom sigurnošću, omogućujući organizacijama da osiguraju povjerljivost, integritet i dostupnost svojih informacija, bez obzira na industriju ili geografsku lokaciju. NIST okvir, iako specifičan za SAD, ima značajan utjecaj i na međunarodnoj razini te se koristi kao smjernica u mnogim organizacijama diljem svijeta.

VI. ZAKLJUČAK

Kibernetička sigurnost je multidisciplinarno područje koje obuhvaća tehničke discipline, poput računalnih znanosti, inženjerstva i matematike (posebno kriptografije), ali i društvene znanosti, uključujući psihologiju, pravo i sociologiju. Ova sinergija omogućuje sveobuhvatan pristup zaštiti sustava i podataka, uzimajući u obzir tehnološke, pravne, organizacijske i ljudske čimbenike. Upravo se ova karakteristika kibernetičke sigurnosti nastojala prikazati u ovom radu. U konačnici, budući razvoj kibernetičke sigurnosti zahtijevat će još snažniju integraciju tehničkih i društvenih aspekata kako bi se uspješno odgovaralo na sve složenije prijetnje u digitalnom svijetu. Tehnologije umjetne inteligencije, koje se smatraju ključnim za budućnost, iz temelja će promijeniti ljudsko društvo, što čini multidisciplinarni pristup kibernetičkoj sigurnosti još važnijim.

LITERATURA

- [1] R. von Solms and J. van Niekerk, "From information security to cyber security," *Computers & Security*, vol. 38, pp. 97-102, 2013, doi: 10.1016/j.cose.2013.04.004.
- [2] E. H. Spafford, L. Metcalf, and J. Dykstra, *Cybersecurity Myths and Misconceptions: Avoiding the Hazards and Pitfalls that Derail Us*. Boston: Addison-Wesley Professional, 2023.
- [3] D. Jacobson and J. Idziorek, *Computer Security Literacy: Staying Safe in a Digital World*. Boca Raton: CRC Press, 2012.
- [4] ENISA, *ENISA Threat Landscape 2024*. European Union Agency for Cybersecurity, Sep. 2024. [Online]. Available: <https://www.enisa.europa.eu>. Accessed: Oct. 24, 2024.
- [5] M. Brooks-Kempler, *Scams, Hacking, and Cybersecurity*, e-book, Kindle ed., Authority Publishing, 2024.

THE COST OF WRONG DECISIONS

D. Božić¹, B. Runje¹, A. Razumić²

¹Department of Quality

Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, University of Zagreb

Ivana Lučića 5, 10002 Zagreb, Croatia

²Department of Military Engineering

Dr. Franjo Tuđman Defense and Security University

Ilica 265b, Zagreb, Croatia

E-mail: dubravka.bozic@fsb.unizg.hr

Abstract – In the quality assessment process, it is assessed whether a product complies with the prescribed standards. The conformity assessment process involves measuring one or more characteristic properties of a particular product. It is assumed that the measured quantity falls within the specified tolerance interval. Due to the measurement uncertainty associated with the measured quantity, there is a risk of making wrong decisions during the product conformity assessment process. Accepting a product that fails to meet the standards entails a risk for the consumer and a potential expense for the producer due to the return of goods and a loss of credibility on the market. Furthermore, the rejection of a compliant product as non-compliant, to guarantee the quality of products, represents a risk and expense to the producer. Both types of wrong decisions contribute to the overall cost of production. The assessment of risks and costs was carried out during the process of production of the analog vernier calipers. The thickness of the lines on the basic millimetre scale of the analog vernier caliper was controlled. The risk assessment was conducted using a Bayesian approach and decision rule based on the guard band. To reduce the overall cost of production, a length of the guard band favourable to the producer was determined.

I. INTRODUCTION

A product's compliance with given specifications is assessed by measuring a characteristic quantity upon which the product's quality depends. The item of interest meets the specifications if the true value T_v of the measured characteristic lies within the specified tolerance interval $T_i=[T_L, T_U]$, where T_L and T_U represent the lower and upper limits of the tolerance interval. However, deciding about accepting or rejecting a product based solely on whether the measured value falls within the tolerance interval can lead to erroneous conclusions. The probability of making incorrect decisions is highest when the measured values are near the limits of the tolerance interval, and when the measurement uncertainty associated with the measured value exceeds the tolerance limits (Fig. 1) [1]



Fig. 1. The measured values, accompanied by measurement uncertainties, whose values exceed the tolerance interval's limits.

The rejection of a product that complies with the specifications poses a risk to the producer, while accepting a non-compliant product poses a risk to the consumer. To reduce the risk of making incorrect decisions, in addition to the tolerance interval, a conformity assessment process introduces an acceptance interval $A_i=[A_L, A_U]$ [2]. Here, A_L and A_U represent the lower and upper limits of the acceptance interval. The tolerance interval and the acceptance interval can exist in different relationships with each other [3]. If $T_i \subset A_i$, the model is referred to as the producer's risk minimization model (M_{Rp}). When $A_i \subset T_i$, it is referred to as the consumer risk minimization model (M_{Rc}). In both cases, the tolerance interval and the acceptance interval are separated by a guard band of length $w > 0$. Specifically, if $A_i = T_i$, the model is known as the shared risk model (M_{SR}). In that case, holds $w=0$ (Fig. 2) [4].

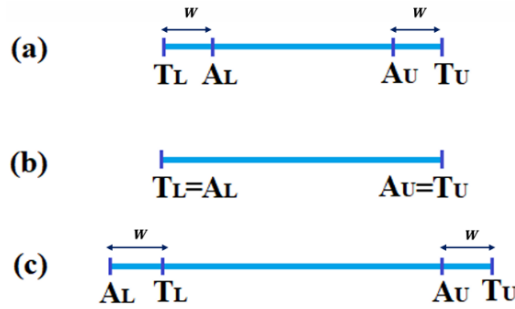


Fig. 2. (a) Model of the consumer's risk minimization; (b) Shared risk model; (c) Model of the producer's risk minimization.

II. BAYESIAN APPROACH TO RISK ASSESSMENT

It is assumed that the true value of the measurement T_V is unknown. Therefore, it is treated as a random variable, i.e., as a parameter that has a corresponding distribution. The distribution that is joined to the true value of the measurement T_V is called the prior and is denoted by $g_0(\eta)$. Values that the prior distribution can assume are marked with η . Prior parameters are determined based on historical data, previous measurements or the measurer's personal experience [5]. Depending on the available data, and following the principle of maximum entropy, the prior can be modelled using non-parametric, one-parameter, or two-parameter distributions [6,7]. In addition to the prior, the Bayesian approach to risk assessment also incorporates measurement data. Measured values M_V are modelled with the function $h(\eta_m|\eta)$ which is called likelihood of η given η_m . According to Bayes' theorem, the information about the prior and the likelihood function is sufficient to determine the posterior distribution $g(\eta|\eta_m)$. This relationship is given by the following expression:

$$g(\eta|\eta_m) = C g_0(\eta) h(\eta_m|\eta). \quad (1)$$

The constant C in equation (1) is determined such that the condition $\int_{-\infty}^{\infty} g(\eta|\eta_m) d\eta = 1$ holds. Posterior $g(\eta|\eta_m)$ is the integrand function in the expression for calculating the global producer's and consumer's risk. According to the guide JCGM 106:2012 [8], adopted by the *Joint Committee for Guides in Metrology*, the global consumer's risk R_c is calculated using the following expression:

$$R_c = \int_{-\infty}^{T_L} \int_{A_L}^{A_U} g(\eta|\eta_m) d\eta_m d\eta + \int_{T_U}^{\infty} \int_{A_L}^{A_U} g(\eta|\eta_m) d\eta_m d\eta. \quad (2)$$

The global producer's risk R_p is calculated from the equation:

$$R_p = \int_{-\infty}^{A_L} \int_{T_L}^{T_U} g(\eta|\eta_m) d\eta_m d\eta + \int_{A_U}^{\infty} \int_{T_L}^{T_U} g(\eta|\eta_m) d\eta_m d\eta. \quad (3)$$

When calculating the global consumer's risk R_C , it is assumed that the true value of the measurement T_V lies outside the tolerance interval T_i , whereas the measured value M_V lies within the acceptance interval A_i . The global producer's risk R_P is calculated by assuming that the true value T_V falls within the tolerance interval T_i , while the measured value M_V falls outside the acceptance interval A_i (Fig. 2) [8,9].

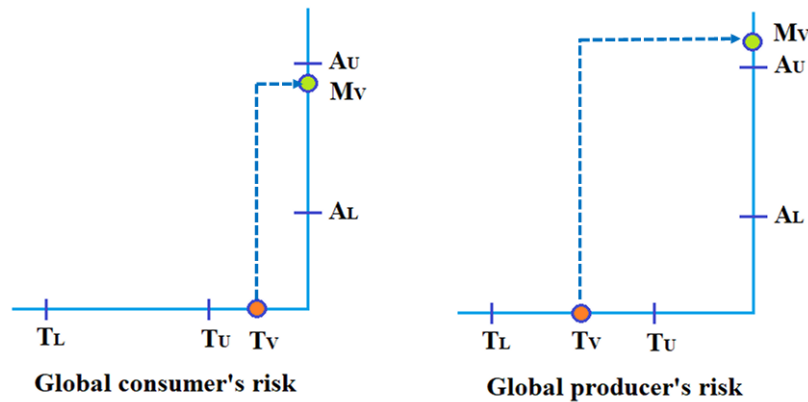


Fig. 3. The positions of the true value T_V and measured value M_V related to the tolerance interval, i.e., the acceptance interval for the global consumer's risk (left) and global producer's risk (right).

Double integrals in equations (2–3) can be reduced to single integrals by suitable substitutions [8,10]. Even after simplification, these integrals must still be solved numerically.

III. CHOOSING A PRIOR

When selecting a prior, it is necessary to consider the nature of the measured quantity. In this study, the risk assessment and the cost of incorrect decisions were carried out in the process of quality assessment, during the production of an analog vernier caliper, measuring a range of 0 to 150 mm with a resolution of 0.02 mm. The quality assessment of the analog vernier caliper was performed by controlling the thickness of the lines on the basic millimetre scale. Line thickness measurements were done with a universal microscope on a sample of 120 lines. According to the producer's specifications, the thickness of the lines should be within the limits of 80 μm to 130 μm .

As the thickness of the lines on the basic millimetre scale is a quantity that can take on only positive values during measurement, it is assumed that the prior for the thickness of the lines is a truncated normal distribution $g_0(y_t, s_t, a, b, \eta)$ with density:

$$g_0(y_t, s_t, a, b, \eta) = k \cdot \frac{1}{s_t \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\eta - y_t}{s_t} \right)^2}. \quad (4)$$

Prior parameters y_t and s_t are calculated based on parameters y_0 and u_0 [6,8,11]. The parameter y_0 represents the best estimate for the value of the thickness of the lines on the basic millimetre scale of the analog vernier caliper, while u_0 is the measurement uncertainty associated with the parameter y_0 . It is assumed that $y_0 = 105 \mu\text{m}$ and $u_0 = 14$

μ_m . The procedure for determining the values y_t and s_t is not straightforward [12]. Therefore, it is recommended to use ready-made software packages, such as those in the R programming language, to calculate these parameters [13]. The quantity k in equation (4) represents a constant, which can be calculated using the expression:

$$k = \frac{1}{\Phi\left(\frac{b - y_t}{s_t}\right) - \Phi\left(\frac{a - y_t}{s_t}\right)}, \quad (5)$$

while parameters a and b specify the truncation interval. For $a = 0$ and $b = \infty$, it is obtained that $y_t = 105 \mu\text{m}$ and $s_t = 14 \mu\text{m}$. Same is obtained if it is assumed that the interval $[a, b]$ is symmetric around y_0 , i.e., that $[a, b] = [0, 2y_0]$. Specifically, when it is assumed that the interval $[a, b]$ is symmetric about y_0 and has a width greater than five standard deviations on both sides of y_0 , it is obtained $y_t = y_0$ and $s_t = u_0$ [12]. In this particular instance, this applies if the width of the truncation interval $[a, b]$ exceeds the width of the interval $[35, 175] \mu\text{m}$. For the specified values of the interval $[a, b]$, the coefficient k in equation (5) has the value $k = 1$. By including the expression for the prior from equation (4) and the expression for the likelihood function:

$$h(\eta_m | \eta) = \frac{1}{u_m \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\eta_m - \eta}{u_m}\right)^2\right], \quad (6)$$

where $u_m = 5 \mu\text{m}$ is the measurement uncertainty obtained in the process of quality control of analog vernier caliper, into equations (2-3), with the simplification described in [10], and with the assumption that holds $k = 1$, $y_t = y_0$ and $s_t = u_0$, according to the [8], are obtained the expressions for calculating the global consumer's risk:

$$R_C = \int_{-\infty}^{\frac{T_L - y_0}{u_0}} \varphi_0(z) F(z) dz + \int_{\frac{T_U - y_0}{u_0}}^{\infty} \varphi_0(z) F(z) dz, \quad (7)$$

and the global producer's risk:

$$R_P = \int_{\frac{T_L - y_0}{u_0}}^{\frac{T_U - y_0}{u_0}} \varphi_0(z) (1 - F(z)) dz. \quad (8)$$

It should be noted that the same expressions for R_C and R_P would be obtained if the normal distribution $N(y_0, u_0)$ were used for the prior. Therefore, even if it starts with a truncated normal prior, it will end up with a normal prior. In expressions (7-8), φ_0 represents the density function of the standard normal distribution, and holds that [8]:

$$F(z) = \Phi\left(\frac{A_U - y_0 - zu_0}{u_m}\right) - \Phi\left(\frac{A_L - y_0 - zu_0}{u_m}\right). \quad (9)$$

IV. COST OF THE WRONG DECISIONS AND HOW TO REDUCE IT

The global risks of producers and consumers when calibrating an analog vernier caliper were determined for the tolerance interval $T_i = [80, 130] \mu\text{m}$ and for the acceptance intervals for the models of the minimization of the global consumer's risk M_{R_C} , the model of shared risk M_{SR} and the model of the minimization of the global producer's risk M_{R_P} . The acceptance interval for the M_{R_C} model is determined so that $A_i = 80\% T_i$ is valid, while for the M_{R_P} model it is valid that $T_i = 80\% A_i$. That is, the acceptance interval is set so that the length of the guard band is equal to $w = 5 \mu\text{m}$. From the expression (7-8) for the global producer's and consumer's risk, it is evident that the value of the risks, and consequently the producer's costs, are impacted by measurement uncertainties u_0 and u_m . The greater measurement uncertainties, the greater the global risks of producers and consumers [14]. Beyond the global producer's and consumer's risk, the percentage of true negative (TN) measurements and the percentage of true positive (TP) measurements affect the total cost, that is, the profit of the producer. A true negative measurement TN means a measurement in which the true value T_V of a measurand is outside the tolerance interval, and the measured value M_V is outside the acceptance interval. Conversely, a true positive value TP is one where the T_V is within the tolerance interval and the M_V is within the acceptance interval. The percentage of true positive

and true negative measurements can be calculated by considering the conformance probability p_c , i.e., the probability that the true value T_V falls within the tolerance interval range:

$$p_c = \int_{T_L}^{T_U} g_0(\eta) d\eta. \quad (10)$$

The conformance probability for all models has the same value, which is $p_c = 92.59\%$. When the conformance probability is known, according to the [6,10], the percentage of TP and TN measurements are calculated from the equations:

$$TP = p_c - R_P, \quad (11)$$

and

$$TN = 1 - p_c - R_C. \quad (12)$$

The producer's cost estimate was conducted for a sample of 1,000 pieces of the analog vernier calipers. With the price of the analog vernier caliper of €140, from which the calibration cost of €30 has been deducted, the manufacturer would earn €110,000 for 1,000 pieces. However, the cost of true negative measurements TN and the global producer's risk R_P should be deducted from this amount. The results of the assessment of the global consumer's and producer's risks as well as costs for the producer (*Cost*) that consider the values of TN and R_P are given in Table 1.

Table 1 Cost of wrong decisions, $w=5 \mu\text{m}$

| Model | Acceptance interval / μm | R_C / % | R_P / % | TP / % | TN / % | Cost / € |
|----------|-------------------------------------|-----------|-----------|--------|--------|----------|
| M_{Rc} | [85, 125] | 0.37 | 10.80 | 81.78 | 7.05 | 17851 |
| M_{SR} | [80, 130] | 1.58 | 3.43 | 89.15 | 5.83 | 9263 |
| M_{Rp} | [75, 135] | 3.70 | 0.65 | 91.94 | 3.71 | 4359 |

The producer can reduce his costs if the quality assessment process of the analog vernier calipers is carried out with less measurement uncertainty. But in that case, the expense of calibration increases. Then it is up to the producer to weigh up and decide what is in his best interest. In addition to reducing measurement uncertainty, the producer can influence costs by changing the length of the acceptance interval. Table 2 shows the cost results when the acceptance interval for the M_{Rc} model is $A_i=90\%T_i$, while for the M_{Rp} model it is $T_i=90\%A_i$. The length of the guard band is then $w=2.5 \mu\text{m}$.

Table 2 Cost of wrong decisions, $w=2.5 \mu\text{m}$

| Model | Acceptance interval / μm | R_C / % | R_P / % | TP / % | TN / % | Cost / € |
|----------|-------------------------------------|-----------|-----------|--------|--------|----------|
| M_{Rc} | [82.5, 127.5] | 0.83 | 6.43 | 86.15 | 6.58 | 13015 |
| M_{SR} | [80, 130] | 1.58 | 3.43 | 89.15 | 5.83 | 9263 |
| M_{Rp} | [77.5, 132.5] | 2.59 | 1.61 | 90.98 | 4.83 | 6434 |

As in the conformity assessment procedure, the quality assessment is mainly carried out for the consumer risk minimization model M_{Rc} , the reduction of costs for the producer with the reduction of the length of the guard band refers to this model. With the M_{SR} model, the costs remain the same, and with the M_{Rp} model, the costs for the producer increase with the reduction in the length of the guard band.

VI. CONCLUSION

In the conformity assessment procedure of a product with the given specifications, it is necessary to reach a compromise related to achieving a balance between the costs of the producer and the consumer. Although the objective of conformity assessment is to mitigate consumer risk and convince consumers of the product's quality, this frequently results in significant expenses for the producer due to scarp. Reducing measurement uncertainty or manipulation with the other parameters in the Bayesian approach to risk assessment based on the guard band can aid in reducing producer expenses while preserving a suitable level of product quality.

REFERENCES

- [1] F.R.S. Dias, F.R. Lourenço, Measurement uncertainty evaluation and risk of false conformity assessment for microbial enumeration tests, *J. Microbiol. Methods* **189** (2021) 106312.
- [2] B. Runje, A. Horvatić Novak, A. Razumić, P. Piljek, B. Štrbac, and M. Orošnjak, Evaluation of Consumer and Producer Risk in Conformity Assessment Decisions, Proceedings 30th DAAAM International Symposium, Zadar, Croatia, (2019) 54-58
- [3] EUROLAB Technical Report No.1/2017-Decision Rules Applied to Conformity Assessment. Available online: <https://www.eurolab.org/pubs-techreports>
- [4] D.B. Hibbert, E. Korte, U. Ömemark, Metrological and quality concepts in analytical chemistry (IUPAC Recommendations 2021), *Pure Appl. Chem.* **93**(9) (2021) 997-1048.
- [5] L. Separovic, M.L. de Godoy Bertanha, A.M. Saviano, F.R. Lourenço, Conformity Decisions Based on Measurement Uncertainty—A Case Study Applied to Agar Diffusion Microbiological Assay, *J. Pharm. Innov.* **15** (2020) 110–115.
- [6] D. Božić, B. Runje, Selection of an Appropriate Prior Distribution in Risk Assessment. Proceedings of the 33rd International DAAAM Virtual Symposium, Vienna, Austria, (2022) 26–27.
- [7] W. Toczek, J. Smulko, Risk Analysis by a Probabilistic Model of the Measurement Process, *Sens.* **21** (2021) 2053.
- [8] JCGM 106:2012 Evaluation of measurement data – The role of measurement uncertainty in conformity assessment, <https://www.bipm.org/en/committees/jc/jcgm/publications>
- [9] S. Puydarrieux, J.M. Pou, L. Leblond, N. Fischer, A. Allard, M. Feinberg, D. El Guennouni, Role of measurement uncertainty in conformity assessment. Proceedings 19th International Congress of Metrology (CIM2019), EDP Sciences, Paris, France (2019) 16003.
- [10] D. Božić, B. Runje, D. Lisjak, D. Kolar, Metrics Related to Confusion Matrix as Tools for Conformity Assessment Decisions, *Appl. Sci.* **13**(14) (2023) 8187.
- [11] D. Božić, B. Runje. Data Modelling in Risk Assessment. Proceedings of the Laboratory Competence-2022, Cavtat, Croatia (2022) 24-30.
- [12] J. Burkardt, The truncated normal distribution. Department of Scientific Computing Website, Florida State University, 1(35) (2014) 58.
- [13] O. Mersmann, H. Trautmann, D. Steuer, B. Bornkamp, M.O. Mersmann, M. O. (2018). Package ‘truncnorm’. R package version, 1-0.
- [14] D. Božić, M. Samardžija, M. Kurtela, Z. Keran, B. Runje, Risk Evaluation for Coating Thickness Conformity Assessment, *Mater.* **16**(2) (2023) 758.

DEVELOPMENT ACTIVITIES FOR ENSURING METROLOGICAL TRACEABILITY OF PRECISE LENGTH MEASUREMENTS IN INDUSTRY

B. Ačko, L. Čas, J. Tompa, R. Klobučar

Laboratory for Production Measurement

University of Maribor, Faculty of Mechanical Engineering

Smetanovaul. 17, Maribor, Slovenia

E-mail: bojan.acko@um.si

Abstract - As the requirements for the accuracy of certain products can reach sub-micrometre range with the development of modern precision machining technologies, the need for high-quality measuring devices is increasing. Considering that sensors as a measurement basis directly reflect changes in the measured components, the sensor signal is one of the main sources of measurement error. In order to obtain traceable measurements related to the SI unit (metre), it is therefore necessary to calibrate sensors with the measurement uncertainty that is at least five to ten times smaller than the permissible error of the sensor to be calibrated. In the Laboratory for Production Measurement at the University of Maribor, which is the holder of the national length standard, we ensure traceability of length measurements at the highest level in the country. The content of the development and research work is based on the results of analyses of metrology needs in all executive branches. The article presents the most precise calibration methods and procedures developed in the laboratory to meet the needs of Slovenian industry and accredited calibration laboratories. Special attention is paid to the latest method of calibrating precise displacement sensors currently being developed in the laboratory.

I. INTRODUCTION

The continuous improvement of the quality of production processes is an essential prerequisite for maintaining and improving the competitiveness and profitability of companies. Accurate and reliable measurements, both during the production process itself and during quality control, play an important role in achieving this goal. To achieve this, the metrological traceability of measuring instruments to the definition of the unit of metrological quantity must be ensured.

The latter is ensured by a continuous chain of comparisons or calibrations that establish the metrological properties of the measuring instrument or standard with a reference at a higher level [1]. The countries that are members of the global metrology system ensure metrological traceability through national institutes and accredited laboratories. As the holder of the national standard for length, the Laboratory for Production Measurement ensures the traceability of measurements at the highest level in the Republic of Slovenia.

The following section presents the laboratory and its equipment. It also presents the most precise calibration methods and procedures developed in the laboratory for the needs of Slovenian industry and accredited calibration laboratories. Finally, the laboratory's current project is presented, in which we are developing the latest method for calibrating precise displacement sensors.

II. LABORATORY PRESENTATION

The Laboratory for Production Measurement, hereinafter referred to as LPM, has been operating at the University of Maribor, Faculty of Mechanical Engineering, since 1998. The laboratory operates within the Slovenian decentralised metrology system under the coordination of the Metrology Office of the Republic of Slovenia (MIRS) and is the holder of the national standard for length.

A. History of LPM

LPM received its first accreditation certificate for calibration activities according to EN 45001 in 1997, granted simultaneously by the Slovenian accreditation body (SA) and the Dutch accreditation body (RvA). Originally, the laboratory was only accredited for the calibration of short planar gauge blocks (0.5 - 100) mm and comparators for gauge blocks (0.5 - 100) mm. The scope of accreditation has been extended several times over the years and now covers more than 40 calibration procedures for tangible dimensions and measuring instruments (in accordance with ISO 17025) [2].

B. LPM activities

In the field of scientific and industrial metrology, the main task of the laboratory is to maintain a national length standard and to ensure the traceability of measurements in Slovenian industry. The work of the LPM focuses on the development of new calibration methods and procedures, research into measurement uncertainty, the development of new measuring instruments and the development of software support for carrying out measurements and converting measurement data.

The laboratory also offers services in the fields of industrial and scientific metrology and quality management systems, including calibration and professional training. An important part of the laboratory's activities is also teaching, where we train students in undergraduate and postgraduate programmes within the Faculty of Mechanical Engineering [2].

Within the framework of EURAMET (European Association of Metrology Institutions) and EA (European Accreditation), the LPM participates in international intercomparisons, which aim to compare the measurement performance for a given quantity with other laboratories on an international level [2].

C. The most important LPM measuring equipment

Environmental parameters such as temperature, pressure and humidity are important factors that contribute to uncertainty in length measurement. In most cases, attempts are made to eliminate these by controlling the environmental conditions using temperature chambers. At LPM we have access to such chambers where the most accurate measurements are made. A chamber with an integrated heating and cooling system allows us to regulate the temperature within the desired range (± 0.1 °C) and control the humidity in the room.

Since the chamber is not an optimal solution in terms of capacity, as it still allows the air temperature to fluctuate within a certain range, in most cases we resort to the additional measurement of the air temperature and the material of the measurement object using TEMP 14 contact temperature sensors. These sensors enable more accurate temperature monitoring and thus the implementation of temperature compensation for material expansion. The extended calibration uncertainty of these sensors is 15 mK for material sensors and 50 mK for air sensors [3].

Most measurements and calibrations in the laboratory are performed using the Newport 2D numerically controlled multi-functional multi-axis manipulator (fig. 1) developed by Newport-micro controle for LPM [4]. The manipulator enables movement in 5 axes - 2 main and 3 auxiliary axes. Its core consists of a granite base on which a measuring table is placed that can be moved along the two main X and Y axes. The X-axis with a stroke of 1010 mm is driven by a linear motor and positioning is carried out via a built-in Heidenhain LIDA 403 linear incremental encoder. The Y-axis with a stroke of 350 mm is driven by two motors, each mounted on its own side of the granite

base and also equipped with a Heidenhain LIDA 403 incremental encoder. The manipulator also enables the measuring table to be rotated via the ZTT and THETA auxiliary axes, which are used to perform the rotation and determine the angle of inclination of the measuring table. Above the table there is a granite beam on which a movable pinola is mounted, which enables automatic movement of the sensor in the Z-axis [5].

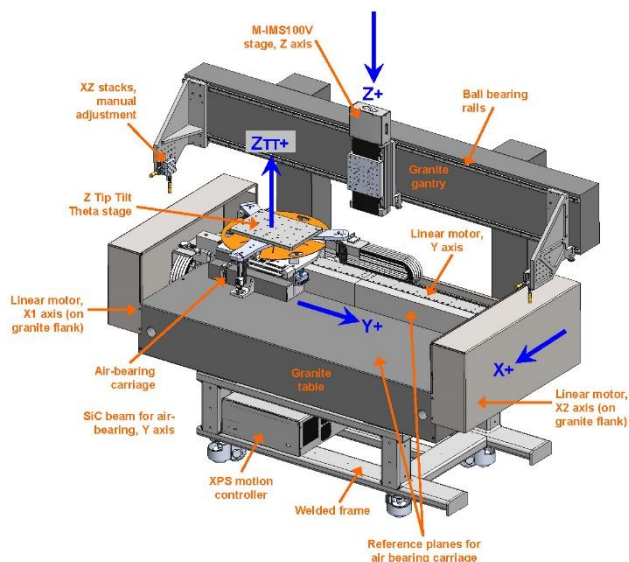


Fig. 1. Newport 2D

We use the HP 5528A laser system as a reference sensor for measuring the displacement in the LPM. It is based on laser interferometry, which is currently established as the most accurate method for precise length measurements [6]. It is a He-Ne laser interferometer, hereinafter referred to as LI, which consists of a laser head for generating the beam and interferometer optics. The latter consists of a semi-transparent mirror and a reflecting prism, which together form the fixed part of the interferometer. A movable part, consisting of a second reflecting prism, is mounted on the measuring device. The calibration of the LI described above is carried out in the LPM with a primary standard (frequency standard), which is recognised in the RS as a national length standard [3][5].

III. CALIBRATION METHODS AND PROCEDURES

Below you will find the most accurate calibration methods and procedures that LPM has developed to meet the needs of Slovenian industry and accredited calibration laboratories.

A. Calibration of gauge blocks

Gauge blocks or measuring discs represent a tangible measure of length between two parallel measuring surfaces and are considered the basic length standard in most industrial companies. In practise, mainly steel and ceramic discs are used, but there are also discs made of solid carbide.

The gauge blocks with a measuring range of (0.5 - 100) mm are calibrated with a Mahr 826 length comparator (fig. 2) using the mechanical comparison method. An inductive displacement sensor is used to measure the difference between the reference gauge block and the gauge block to be calibrated. The measuring range of the

inductive sensor is $\pm 2 \mu\text{m}$ and the resolution is $0,01 \mu\text{m}$. Before the start of each calibration, the flatness of the surfaces is also checked using a plane-parallel glass cylinder.

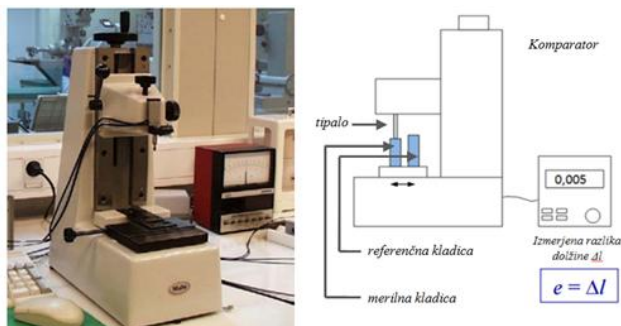


Fig. 2. Mahr 826 length comparator

The calibration of larger gauge blocks with a measuring range of (125 - 1000) mm is carried out according to a similar principle, but using the ULM 3000 comparator. As with the shorter gauge blocks, the evenness of the surfaces is checked first. The reference and calibrated gauge block is placed in the comparator, aligned vertically and horizontally in relation to the pivot point and then compared using an inductive sensor. During the measurement, the temperatures at both ends of the gauge blocks are measured continuously. If the temperature difference between the two standards exceeds a limit value of 0.1 K, the calibration is deemed invalid.

B. Calibration of 1D measuring devices

Single-coordinate measuring devices are all types of stationary (fixed) measuring devices (machines) for measuring in one coordinate.

Such devices are calibrated with a laser interferometer up to a length of 30 metres and with gauge blocks up to a length of 1 metre. These calibrations are practically always carried out at the user's premises, with the exception that smaller devices are also calibrated in the laboratory. The difference lies in the temperature stabilisation, which cannot be guaranteed in the field. The calibration is therefore carried out under the current conditions (temperature, pressure) and the measurement result is corrected to 20 °C.

Calibration is carried out using the absolute method, in which the measured position of the moving part is compared with the distance displayed by the laser interferometer. The best expanded measurement uncertainty (CMC) with the laser interferometer is:

$$U = \sqrt{(0,03 \mu\text{m})^2 + (3,5 \cdot 10^{-6} \cdot L)^2} \quad (1)$$

With gauge blocks:

$$U = \sqrt{(0,16 \mu\text{m})^2 + (4 \cdot 10^{-6} \cdot L)^2} \quad (2)$$

C. Calibration of line scales

Line scales are an important material measure used for accurate positioning or measurement or as a scale for calibrating optical measuring instruments. They are gauges made of glass, steel or other material on which the lengths are marked with lines.

They are most commonly used in industry and research laboratories as a calibration standard to ensure the traceability of optical measuring instruments such as microscopes, profile projectors and digital 2D measuring systems [7]. For the calibration of line measuring devices, a method was developed at the LPM with a vision system mounted on a Newport 2D device, which is designed for the calibration of precision measuring devices up to a length of 500 mm.

The calibration procedure is carried out by placing the measuring device on the measuring table of the Newport 2D manipulator, which is equipped with a monochrome industrial camera on the Z-axis, which must be pre-focussed on the measuring marks of the measuring device by moving the measuring table. Perpendicular to the camera, parallel and coaxial to the line scale, there is an LI, which stands alone and serves as a reference. The aim of the measurement is to determine the deviation between the centre of the graticule and the reference line generated by the interferometer data. The latter is determined using the LI value, and the centre of the line mark is located using the camera (fig. 3) and a programming algorithm created in the LabVIEW environment.

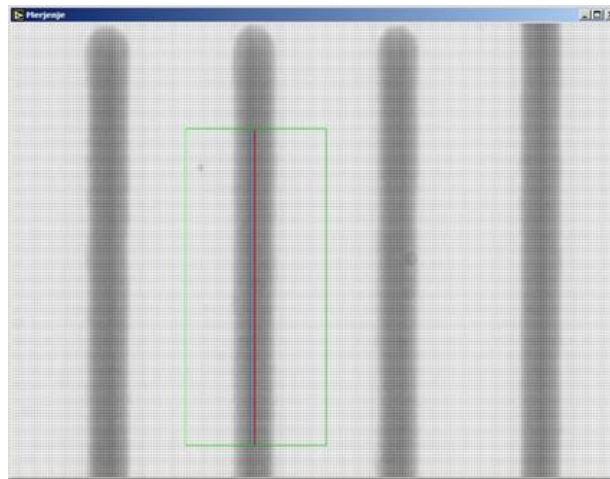


Fig. 3. Recognising the position of the line

The best expanded measurement uncertainty (CMC) is:

$$U = \sqrt{(90 \text{ nm})^2 + (1,1 \cdot 10^{-6} \cdot L)^2} \quad (3)$$

D. Calibration of step gauges

Step gauges are a tangible measure used to calibrate coordinate measuring machines (CMMs). They are large artefacts made of ceramic, steel or other materials that contain many measuring surfaces. Since modern CMMs can achieve uncertainties of less than 1 μm , step gauges must be calibrated with uncertainties that are at least five to ten times smaller than the expected measurement uncertainty of the CMM [3].

At LPM, we calibrate the step gauges with a Mahr 1320 double-sided inductive sensor attached to the Z-axis of a Newport 2D manipulator. The calibration process begins with the placement (fig. 4) and alignment of the step gauge on the Newport workbench. This is followed by the positioning of the interferometer optics and the alignment of the laser beam. Calibration is initiated by moving the table to bring the first surface of the table under the inductive sensor. This is lowered onto the surface of the area and then brought into contact with the area by incremental movements of the table (50 μm). On contact, the values of the interferometer and the sensor are

recorded, and the process is repeated for each step scale surface. The described procedure is fully automated, and the control and data acquisition are performed using the LabVIEW software environment.

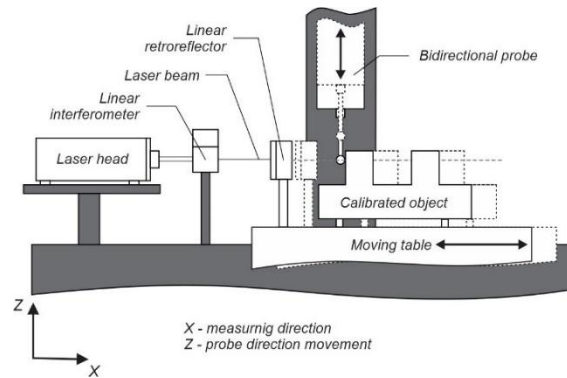


Fig. 4. Measurement setup for the calibration of step gauges

A special feature of the calibration of step gauges is the real-time compensation of the temperature expansion of the material. This is done with the help of additional temperature sensors that are attached to the measuring device. The temperature expansion is then calculated using a developed mathematical model and the measured temperatures.

The best expanded measurement uncertainty (CMC) is:

$$U = \sqrt{(0,1 \mu\text{m})^2 + (0,5 \cdot 10^{-6} \cdot L)^2} \quad (4)$$

IV. ONGOING PROJECT TO DEVELOP A MEASUREMENT METHOD AND AN INSTRUMENT FOR CALIBRATING PRECISE DISPLACEMENT SENSORS

Precise displacement sensors are increasingly used in industrial production and play an important role in all areas of dimensional metrology. Inductive, capacitive and incremental sensors are widely used in various areas of the manufacturing industry. They can be used individually as displacement sensors or integrated into measurement systems designed to measure various dimensional characteristics of products [8].

The starting point for the study is the need of Slovenian industry and especially Slovenian accredited calibration laboratories for high-precision calibration of electronic displacement sensors for measuring lengths up to 150 mm.

The LPM is already accredited to perform calibrations of precise displacement sensors, but due to the problems with the current design of the measuring device, we decided to build a new device and develop a new procedure.

One of the main problems is that the current calibration procedure is carried out with the Newport multipurpose device, which must be customised each time, and that Newport is not currently available for other measurements. Apart from being very time consuming, this procedure also has the disadvantage that the design required for alignment prior to measurement cannot be manipulated. The current design is also not automated and therefore requires the operator to manually manage and enter the results for each calibration point individually. There is also the problem of motor vibration, which requires the motor to be switched off for each measurement.

For these reasons, we set about developing a stand-alone measurement system. We came up with the design of the measuring system shown in fig. 5. The base consists of a linear moving micrometre station with a stepper

motor (1) mounted vertically on a base plate. Parallel to the station is a vertical translation beam (2) on which a micro positioner (3) is mounted, which enables micrometric translation movements in three axes. A gripper (4) is mounted on the latter, which enables the sensor to be rotated in three axes ($\pm 5^\circ$). A cylindrical bracket (5) with a bore is attached to this, into which the sensor (6) to be calibrated is clamped by means of a fastening screw.

The method is designed so that the sensor to be calibrated is mounted on a calibration platform that can be moved within the desired calibration range using a drive mechanism (1). When the sensor is moved, the detected displacement is recorded and the value of the reference sensor is read at the same time.

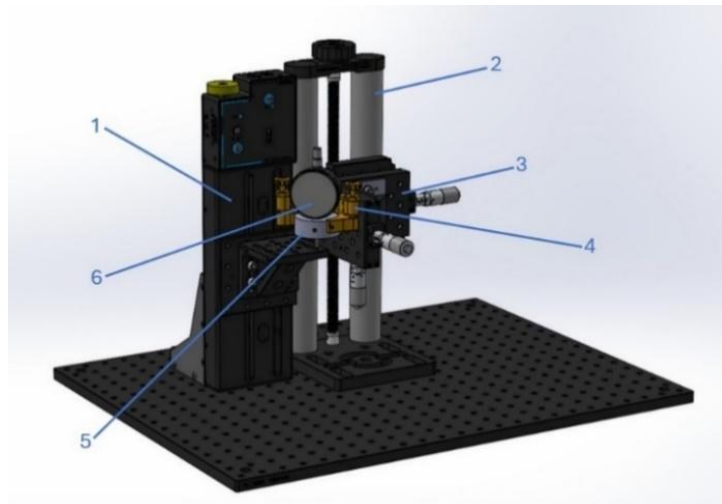


Fig. 5. CAD model of the planned setup

As most precision sensors (especially those with a larger measuring range) are designed to measure in a vertical position, the system is designed so that the sensors are mounted vertically. Calibration in the vertical position eliminates the influence of sensor deflection on the measurement result and the measurement uncertainty during calibration.

The reference sensor used is a three-channel diode laser interferometer from SmarAct, which is based on infrared light (1545 ± 15 nm) and was acquired by LPM as part of the RIUM project. It is a new, more compact and practical system compared to the He-Ne lasers currently used in the laboratory and is considered a kind of gold standard in the field of dimensional metrology. The main advantage of the laser system used is its ability to measure simultaneously in three axes and acquire data quickly. The already implemented interferometric optics are also an important advantage. This means that they do not need to be installed separately, avoiding possible errors that can occur when installing such a system. It should also be noted that this is a new, not yet established technology where traceability to a primary standard with frequency calibration cannot "yet" be guaranteed. With regard to the goal of having the laser as a reference standard in the measurement system, we will carry out a study in which we will focus on ensuring traceability using a benchmarking method.

The development of a system to reduce and validate the cosine error of the sensor and the experimental evaluation of the contributions to the measurement uncertainty will also form an important part of the research.

V. CONCLUSION

This article presents the development activities of the Laboratory for Production Measurement at the University of Maribor, as the body responsible for the national length standard to ensure the metrological traceability of precision length measurements in industry. Only the most precise methods and calibration procedures developed in the laboratory for the needs of Slovenian industry and accredited calibration laboratories are presented. Special attention is paid to the latest method for calibrating precision displacement sensors, which is currently being developed in the laboratory. The method integrates state-of-the-art measuring equipment acquired as part of the modernisation of RIUM's national research infrastructure.

LITERATURA

- [1] B. Ačko, *Meroslovje in kakovost*, Fakulteta za strojništvo, Maribor, 2011.
- [2] FS LTM, <https://ltm.fs.um.si/>.
- [3] J. Šafarič, *Razvojmetod in avtomatizacijapostopkovumerjanjastopničastihmerilteretalonskihobročev in trnov*, Fakulteta za strojništvo, Maribor, 2022.
- [4] Newport Corporation, *Air Bearing Solution Guide*, <https://www.newport.com/g/air-bearing-solution-selection-guide>.
- [5] R. Klobučar, B. Ačko, "Automatic high resolution measurement set-up for calibrating precise line scales", *Advances in Production Engineering & Management*, 2017.
- [6] S. Lagazzino, M. Simic, D. Dudkiewicz, "Development of a novel system for linear displacement sensor calibration", *Energy Procedia*, Vol. 160, 2018, str. 519–525, 2019.
- [7] R. Klobučar, B. Ačko, "Experimental evaluation of ball bar standard thermal properties by simulating real shop floor conditions", *International journal of simulation modelling*, Vol. 15, No. 3, str. 511-521, 2016.
- [8] G. Hermann, I. Rudas, "Calibration system for tactile measuring probes", *SISY 2015 - IEEE 13th Int. Symp. Intell. Syst. Informatics, Proc.*, pp. 145–148, 2015.

ANTIBAKTERIJSKA AKTIVNOST KOLOIDNOG SREBRA SINTETIZIRANOG POMOĆU MEDA OD PRIMORSKOG VRISKA

M. Šutalo, A. Rakić^{1,2}, D. Barbir³, P. Dabić³, P. Bohnert¹

¹Nastavni zavod za javno zdravstvo Splitsko-dalmatinske županije, Vukovarska 46, 21 000 Split

²Sveučilišni odjel zdravstvenih studija, Ruđera Boškovića 35, 21 000 Split

³Kemijsko-tehnološki fakultet, Zavod za anorgansku tehnologiju, Ruđera Boškovića 35, 21 000 Split

Sažetak – Ovim istraživanjem izvršena je sinteza nanočestica koloidnog srebra pomoću meda od primorskog vriska (*Satureja montana*) s dalmatinskog područja, te je određena antibakterijska aktivnost tog koloidnog srebra. Kao izvor srebra korišten je srebrov nitrat, a dokaz nastanka koloidnog srebra bilo je određivanje intenziteta Tyndallovega efekta.

Antibakterijska aktivnost koloidnog srebra testirana je bakterijom *Escherichia coli*. Istraživanjem je dokazano antimikrobno djelovanje koloidnog srebra na *Escherichia coli* do određene koncentracije.

Ključne riječi: koloidno srebro, med od primorskog vriska (*Satureja montana*), zelena sinteza, *Escherichia coli*

ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF COLLOIDAL SILVER SYNTHESIZED USING MOUNTAIN SAVORY (*Satureja montana*) HONEY

Abstract – In this work, the synthesis of colloidal silver nanoparticles using mountain savory (*Satureja montana*) honey from the Dalmatian region was studied, and the antibacterial value of the resulting colloidal silver was determined. Silver nitrate was used as a source of silver.

The first evidence of colloidal silver was the determination of the intensity of the Tyndall effect by passing a laser beam through the colloids.

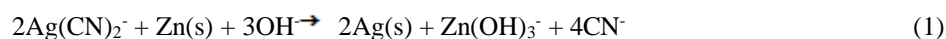
The antibacterial activity of colloidal silver was tested with the help of *Escherichia coli*. We have demonstrated the antimicrobial activity of colloidal silver obtained by using mountain savory (*Satureja montana*) honey for bacteria up to certain concentrations.

Keywords: colloidal silver, mountain savory (*Satureja montana*) honey, green synthesis, *Escherichia coli*

I. UVOD

Koloidno srebro je tekuća suspenzija mikroskopskih čestica srebra koje su dovoljno male da mogu proći kroz membrane stanica i lako se apsorbirati u tijelu. Zbog navedenih karakteristika ima široku primjenu i kao alternativni lijek. Koloidno srebro je vrlo alkalno i smatra se da jača imunološki sustav te djeluje kao prirodni antibiotik [1]. Suspenzija koloidnog srebra može djelovati na mnoge bakterije, viruse te je učinkovitou preventivi i/ili ublažavanju različitih zdravstvenih stanja.

Danas se najveći dio srebra (oko 80%) dobiva nakon preradbe olovnih i bakrenih ruda, a ostatak se dobiva iz samorodnog srebra ili njegovih ruda te iz sekundarnih sirovina. Za dobivanje srebra iz njegovih ruda koristi se cijanidni postupak, a da bi se dobilo srebro iz otopine cijanidnog kompleksa nužno je provesti redukciju s cinkom ili aluminijem u lužnatom mediju.



Postoji više metoda koje se koriste za dobivanje koloidnog srebra: kemijska, elektrokemijska i fizikalna metoda [2]. Najčešće se koristi redukcija srebrovih iona u otopini pomoću reducensa uz prisustvo stabilizatora.

Posljednjih godina za pripremu koloidnog srebra sve se više koristi „zelena kemija” koja je ekološki prihvatljivija jer ne koristi toksične kemikalijene zahtijevajući pri tom visoke temperature, tlakove i energiju.

Stoga se dosta istražuju metode zelene sinteze za redukciju srebrovih iona u otopini koriste prirodne spojeve kao reducense npr. med, bijeli šećer, ekstrakt mirisne metvice, šećer dobiven iz kukuruza, sericin dobiven iz dudovog svilca i dr. Autori Erdal i Güzel su dokazali da se dijelovi biljke kao što su korijen, stabljika, cvijet i lišće mogu koristiti za sintezu različitih metalnih nanočestica [3]. Na slici 1. prikazani su benefiti u primjeni zelene sinteze u cjelokupnom društvu [4].



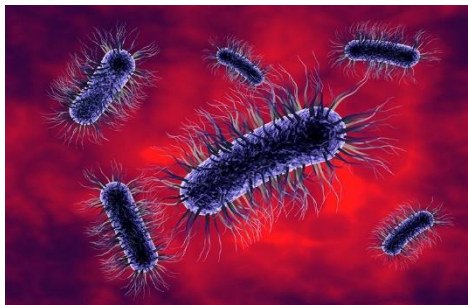
Slika 1. Benefiti primjene zelene sinteze

II. SINTEZA NANOČESTICA KOLOIDNOG SREBRA POMOĆU MEDA

Med je pogodan medij za sintezu koloidnog srebra te je predmet istraživanja brojnih znanstvenika. Korištenjem meda, jeftinog redukcijskog sredstva, mogu se producirati nanočestice koloidnog srebra zelenom sintezom bez prisutnosti opasnih i toksičnih otapala [5,6]. Koncentracija srebra u otopini označava sumu koncentracija koloidnih čestica srebra i iona srebra. Izražava se u ppm (parts per milion) što odgovara koncentraciji izraženoj kao miligram srebra po decimetru kubičnom (mg/dm^3). Osnovne karakteristike otopine koloidnog srebra su: zeta potencijal, Tyndallov efekt, veličina čestice, pH koloidne otopine i dr.

III. *ESCHERICHIA COLI*

Escherichia coli (*E. coli*) je gram–negativna štapičasta bakterija koja pripada porodici *Enterobacteriaceae*, slika 2. Duljina ove bakterije je 2-6 μm , a širina 1-3 μm . Pokretljivost joj omogućavaju bičevi i trepetljike na površini stanice, a zaštitu od nepovoljnih okolišnih uvjeta kapsula koja može i ne mora biti prisutna.



Slika 2. *Escherichia coli* [7]

Kao ljudski patogen najčešće se prenosi putem kontaminirane vode, nedovoljno opranog povrća, mliječnih proizvoda itd.

IV. METODOLOGIJA

Za sintezu otopine koloidnog srebra pripremljene su: otopina meda od vriska s dalmatinskog područja i otopina natrijeva karbonata za naknadno podešavanje pH vrijednosti otopine, otopina srebrova nitrata.

Otopina meda pripremljena je miješanjem 30,0501 g meda od vriska s 80 mL destilirane vode do ujednačenog sastava pri temperaturi od 20 °C. Potom su izmjerene vrijednosti elektroprovodljivosti koja je iznosila $272 \mu\text{Scm}^{-1}$, a pH vrijednost 3,53. Nakon toga su pripremljene otopine natrijeva karbonata i srebrova nitrata.

Priprema uzorka započela je miješanjem 80 mL otopine meda na magnetskoj miješalici te dokapavanjem 20 mL otopine srebrova nitrata. Početna pH vrijednost otopine meda iznosila je 3,53, a željena pH vrijednost (pH = 6) postignuta je dodavanjem kap po kap otopine natrijeva karbonata.

U ovome istraživanju kao dokaz nastanka koloidnog srebra u otopini određivao se Tyndallov efekta koji predstavlja optičko svojstvo koloida pri čemu snop svjetlosnih zraka prolazi kroz koloidnu otopinu u obliku propuštanja laserske zrake kroz koloide.

Nakon dokaza postajanja koloidnih čestica srebra Tyndallovim efektom, uzorak je pohranjen na tamno mjesto, a uslijedilo je određivanje njegove antibakterijske aktivnosti prema *Escherichia coli*. Kao testni mikroorganizam korišten je soj *Escherichia coli* NCTC 13216 iz međunarodne zbirke sojeva (slika 3).



Slika 3. Liofilizirane pelete *E. coli*, NCTC 13216

Za razrjeđivanje početne suspenzije mikroorganizama koristio se Mueller Hinton bujon, Condalab, Spain (MHB). MHB je kationski prilagođen za prisutnost iona kalcija, magnezija, mangana i cinka u mediju prema ISO 16782. U njegovom sastavu goveđi ekstrakt i kiseli kazein pepton osiguravaju dušik, vitamine, minerale i aminokiseline neophodne za rast mikroorganizama. Škrob u mediju djeluje kao čimbenik rasta na način da neutralizira toksične produkte koji nastaju tijekom razvoja organizama.

Na početku pripreme razrjeđenja najprije je pripremljena početna suspenzija mikroorganizma (*E. coli*) 0,5 McF koja odgovara broju 10^8 CFU/mL (colony-forming unit /mililitru) tj. broj nastalih bakterijskih kolonija po mililitru). Daljnja razrjeđenja testnog mikroorganizma provodila su se s MHB, adobivene koncentracije provjeravale su se na denzimatu.

Najveća koncentracija mikroorganizama je u prvoj jažici mikrotitarske pločice gdje je koncentracija mikroorganizma iznosila 10^8 CFU/mL, a daljnja razrjeđenja su se provodila do 10^3 CFU/mL u mikrotitarskoj pločici.

U mikrotitarske pločice sa svakim razrjeđenjem mikroorganizma dodavalo se i 100 μ L otopine koloidnog srebra pripremljene iz otopine $AgNO_3$ pomoću meda.

Potom su se mikrotitarske pločice stavljale na inkubaciju pri 37 °C 24h. Važno je navesti da je pozitivna kontrola bila bakterijska suspenzija bez antimikrobnog agensa, a negativna kontrola Mueller Hinton bujon bez bakterijske suspenzije i bez antimikrobnog agensa.

Nakon 24 h inkubacije, u jažice mikrotitarske pločice se dodavalo 40 μ L 0,02% TTC (2,3,5-trifeniltetrazolij klorid). Dodatkom te otopine, nakon pola sata od dodavanja dolazi do promjene boje u mikrotitarskoj pločici od intenzivno žute do crveno-rozu što predstavlja pozitivnu reakciju (+), dakle prisutnost *E. coli* pri toj koncentraciji. Također (+) reakcija se tumači i kroz stvaranje crvenih precipitata na dnu mikrotitarske pločice zamućenje bujona u njoj, slika 4.



Slika 4. Mikrotitarska pločica nakon dodatka TTC-a

V. REZULTATI I RASPRAVA

Nakon sinteze otopine koloidnog srebra određena je njegova antibakterijska aktivnost na *Escherichia coli*.

U tablici 1. prikazani su rezultati antimikrobnog djelovanja koloidnog srebra sintetiziranog iz otopine $AgNO_3$ pomoću meda od primorskog vriska na *E. coli*.

Tablica 1 Očitavanje rezultata antibakterijske aktivnosti koloidnog srebra sintetiziranog pomoću meda od primorskog vriska

| SUSPENZIJE MIKROORGANIZAMA | MHB | | | | | | | | <i>E. coli</i> |
|-------------------------------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|----------------|
| | + | 10^8 | 10^7 | 10^6 | 10^5 | 10^4 | 10^3 | - | |
| | kontrola | | | | | | | kontrola | NCTC |
| OTOPINA Ag | + | + | + | - | - | - | - | - | 13216 |

Koncentracija koloidnog srebra uvijek je bila ista, dok su se koncentracije bakterija mijenjale. Negativne označene vrijednosti (-) prikazuju da nema više prisutnosti bakterija, odnosno da je koloidno srebro dobiveno pomoću meda od primorskog vriska djelovalo na bakterije pri navedenim koncentracijama. Iz tablice 1 vidi se da je otopina koloidnog srebra djelovala na *E. coli* do koncentracije 10^6 što se uočava promjenom boje te vidljivom točkicom na dnu same jažice u mikrotitarskoj pločici. Ovime se dokazuje antimikrobno djelovanje koloidnog srebra sintetiziranog pomoću meda od primorskog vriska.

VI. ZAKLJUČAK

Biosinteza nanočestica koloidnog srebra prihvatljivija je zbog razvoja ekološki prihvatljivijih tehnologija pri sintezi otopina ili materijala. Istraživanja pokazuju da organizmi poput gljiva, biljaka, bakterija i biomase imaju velik utjecaj pri proizvodnji nanočestica metala, te su ključan čimbenik u današnjim suvremenim istraživanjima nanotehnologije [8].

Istraživanjem je dokazano da se korištenjem meda od primorskog vriska (*Satureja montana*), kao redukcijskog sredstva, mogu proizvesti nanočestice srebra zelenom metodom. Na taj način se izbjegava prisutnost opasnih i otrovnih otapala te nastajanje štetnog otpada po okoliš. Istraživanje je pokazalo da koloidno srebro sintetizirano iz otopine srebra pomoću meda od primorskog vriska (*Satureja montana*) ima antimikrobno djelovanje na *Escherichia coli* do koncentracije 10^6 CFU/mL.

LITERATURA

- [1] S. K. Srikar, D. D. Giri, D. B. Pal, P. K. Mishra, S. N. Upadhyay, Green Synthesis of Silver Nanoparticles: A Review, *Green and Sustainable Chemistry* 6 (2016) 34-56.
- [2] A. Šileikaite, J. Puišo, I. Prosyčevs, S. Tamulevičius, Investigation of Silver
- [3] G. Erdal, R. Güzel, Synthesis of silver nanoparticles, *Intech Open, Rijeka*, (2018).
- [4] J. Y. Song, and B. S. Kim, Rapid biological synthesis of silver nanoparticles using plant leaf extracts. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, (2009) 32(1), 79-84.
- [5] C. Vanlalveni, S. Lallianrawna, A. Biswas, M. Selvaraj, B. Changmai, S. L. Rokhum, (2021). Green synthesis of silver nanoparticles using plant extracts and their antimicrobial activities: a review of recent literature. *RSC Advances*, 11(2804-2837). <https://doi.org/10.1039/D0RA09941D>
- [6] J. M. Alvarez-Suarez, M. Gasparrini, T. Y. Forbes-Hernández, L. Mazzoni, and F. Giampieri, The Composition and Biological Activity of Honey: A Focus on
- [7] URL: <https://www.plivazdravlje.hr/aktualno/clanak/26315/Escherichia-coli.html> (25.4.2024.)
- [8] M.K. Alqadi, O.A. abo noqtah, F.Y. Alzoubi, J. Alzouby, K. Aljarrah, pH effect on the aggregation of silver nanoparticles synthesized by chemical reduction, *Materials Science-Poland*, 32(1), 2014, str. 107-111

ISPITIVANJA SPOSOBNOSTI U PODRUČJU VODOOPSKRBE I ODVODNJE

Z. Grgić

Inftatech d.o.o.

Bencek 22, Dugo Selo, Hrvatska

E mail: info@infratech.hr

Sažetak – U Hrvatskoj djeluje oko četrdeset akreditiranih laboratorija koji provode ispitivanja u području vodoopskrbe i odvodnje prema metodama opisanim u normama HRN EN 1610, HRN EN 1508, HRN EN 805 i HRN EN 13508-2. Ova su ispitivanja vrlo važna za zdravlje ljudi i očuvanje okoliša. Za ispitivanja prema navedenim metodama potrebno je putem međulaboratorijskih usporedbi dokazati valjanost rezultata ispitivanja kako bi se ispunio zahtjev norme HRN EN ISO/IEC 17025, prema kojoj djeluju akreditirani laboratoriji. Za metode ispitivanja prema normama HRN EN 1610, HRN EN 1508, HRN EN 805 i HRN EN 13508-2 razvijene su sheme ispitivanja sposobnosti i provedeni krugovi ispitivanja sposobnosti kako bi se stekao uvid u kvalitetu ispitivanja u području vodoopskrbe i odvodnje. Rezultati ispitivanja sposobnosti daju uvid u usporedivost rezultata ispitivanja akreditiranih laboratorija u ovom tehničkom području i potvrđuju uspješnost i sukladnost rada akreditiranih laboratorija prema HRN EN ISO/IEC 17025.

I. UVOD

Ispitivanja sposobnosti putem međulaboratorijskih usporedbi najbolji su alat za dokazivanje tehničke osposobljenosti laboratorija. Akreditirani laboratoriji, prema zahtjevu norme HRN EN ISO/IEC 17025:2017, moraju pratiti svoju izvedbu putem ispitivanja sposobnosti, gdje je dostupno i prikladno. Laboratoriji koji provode ispitivanja prema metodama opisanim u normama HRN EN 1610, HRN EN 1508, HRN EN 805 i HRN EN 13508-2 moraju se akreditirati jer je akreditacija je uvjet za stjecanje ovlaštenja prema *Pravilniku o posebnim uvjetima za obavljanje djelatnosti ispitivanja vodonepropusnosti građevina za odvodnju i pročišćavanje otpadnih voda* (NN 9/2020). Samo ovlašteni laboratoriji u Republici Hrvatskoj mogu provoditi ispitivanja prema ovim metodama i izdavati valjane ispitne izvještaje.

Vodonepropusnost kanalizacijskih sustava ispituje se metodama opisanim u normi HRN EN 1610, a razlikuju se metoda ispitivanja vodom, metoda ispitivanja zrakom i metoda ispitivanja pojedinačnih spojeva (koja se može provodi vodom ili zrakom).

Što se tiče vodonepropusnosti građevina odvodnje i vodoopskrbnih građevina (vodopreme, precrpne stanice, bazeni, separatori, mastolovi, tankvane, taložnice, itd.), oni se ispituju metodom HRN EN 1508. Za tlačno ispitivanje cjevovoda upotrebljava se metoda HRN EN 805.

CCTV (*closed circuit television*) inspekcija jedna je od najdjelotvornijih metoda za uvid u stanje sustava odvodnje. To stanje opisuje se odgovarajućim kôdovima. Sustav kôdiranja opisan je u normi HRN EN 13508-2.

Sheme ispitivanja sposobnosti za ispitivanja u području vodoopskrbe i odvodnje razvio je Infratech d.o.o. u suradnji s stručnjacima iz ovog tehničkog područja i ekspertnom skupinom Međimurskih voda d.o.o., a kod online sheme ispitivanja sposobnosti za metodu HRN EN 13508-2 sa stručnjacima tvrtke Vectrino d.o.o.

Ispitivanja sposobnosti temeljena na ovim shemama provode se od 2019. godine. U ovom radu prezentirani su rezultati međulaboratorijskih usporedbi u razdoblju od 2019. do 2024. godine.

II. SCHEME ISPITIVANJA SPOSOBNOSTI

Za ispitivanja prema metodama opisanim u normama HRN EN 1610, HRN EN 1508, HRN EN 805 i HRN EN 13508-2, razvijeno je nekoliko shema.

Za metodu ispitivanja prema HRN EN 13508-2 razvijene su dvije sheme: izravna shema i shema na daljinu („online shema“). Prikaz shema dan je u Tablici 3.

Scheme ispitivanja sposobnosti za ispitivanja prema normama HRN EN 1610, HRN EN 1508, HRN EN 805 su kvantitativne sheme i vrednovanje rezultata prema ovim shemama temelji se na z-vrijednosti, kako je navedeno u Tablici 1:

Tablica 1 Vrednovanje rezultata putem z vrijednosti

| z vrijednost | signal |
|-------------------|-------------------|
| $ z \leq 2,0$ | zadovoljavajuće |
| $2,0 < z < 3,0$ | upitno |
| $ z \geq 3,0$ | nezadovoljavajuće |

Dizajn sheme ne ovisi samo o vrsti procesa nego i o niz drugih elemenata kao što su osiguranje homogenog i stabilnog predmeta ispitivanja sposobnosti, raspodjelu tog predmeta, statistički dizajn te osiguravanje svih potrebnih informacija potrebnih da sudionici na ispravan način provedu potrebne aktivnosti. Budući da je CCTV inspekcija (HRN EN 13508-2) vizualna metoda, za nju je potrebno pripremiti takav predmet ispitivanja sposobnosti na kojem se jasno održavaju karakteristike koje je potrebno prepoznati. Te karakteristike norma HRN EN 13508-2 naziva kôdovima. Sustav kôdiranja opisan u normi HRN EN 13508-2 prilagođen je kanalizacijskim cijevima i oknima.

Izravna shema zahtijeva dolazak laboratorija, sudionika sheme ispitivanja sposobnosti, na mjesto gdje je postavljen poligon s točno određenim karakteristikama koje su poznate organizatoru. Laboratorij dolazi s opremom, osobljem i iskustvom te provodi ispitivanja na poligonu kako to uobičajeno radi na bilo kojem kanalizacijskom sustavu.

Shema na daljinu osmišljena je da olakša pristup ispitivanju sposobnosti, utoliko što nije potrebno da se laboratoriji okupljaju oko poligona da bi proveli snimanje i kodiranje, nego kodiranje provode na temelju videozapisa dostupnog online. Cilj metode je utvrditi kôdove, budući da je metoda vizualna, i ti kôdovi su rezultat ispitivanja, neovisno o tome je li laboratorij sam snimio stanje kanalizacijskog sustava ili je videosnimku dobio sa zadatkom da utvrdi kôdove prema HRN EN 13508-2.

Vrednovanje rezultata ispitivanja sposobnosti u slučaju obje sheme ispitivanja za metodu prema HRN EN 13508-2 provodi se s obzirom na postotak ostvarenih bodova na temelju utvrđenih zapažanja i usuglašeno je sa stručnjacima iz područja CCTV inspekcije. Broj bodova je ovisan o premetu ispitivanja sposobnosti, tj. o broju ispravnih zapažanja. Bodovni sustav vrednovanja opisan je u Tablici 2.

Tablica 2 Vrednovanje rezultata na temelju postotka ostvarenih bodova

| Ostvareni postotak | Rezultat |
|--------------------|--------------------------|
| 70-100 % | zadovoljavajuće |
| 50-70 % | upitno |
| < 50 % | nezadovoljavajuće |

Sheme ispitivanja sposobnosti prilagođene su vrstama ispitivanja koja laboratoriji provode kako bi dobio najbolji uvid u valjanost ispitivanja koja provode sudjelujući laboratoriji. Sve sheme razvijene su u skladu sa zahtjevima norme HRN EN ISO/IEC 17043.

Tablica 3 Informacije o shemama ispitivanja sposobnosti

| Vrsta ispitivanja | Shema ispitivanja sposobnosti | |
|-----------------------|-------------------------------|------------|
| HRN EN 1610, toč.13.3 | NFR-P2T-01 | izravna |
| HRN EN 1610, toč.13.2 | NFR-P2T-02 | izravna |
| HRN EN 1508, toč.8.3 | NFR-P2T-03 | izravna |
| HRN EN 805, toč.11 | NFR-P2T-04 | izravna |
| HRN EN 13508-2 | NFR-P1T-01 | izravna |
| | NFR-P1T-02 | na daljinu |

Za sve navedene vrste ispitivanja u Tablici 3 u razdoblju od 2019-2024. proveden je najmanje jedan krug ispitivanja sposobnosti.

III. ISPITIVANJE VODONEPROPUSNOSTI PREMA HRN EN 1610, metoda V

Ispitivanje sposobnosti prema HRN EN 1610, toč. 13.3 (metoda ispitivanja vodom) provedeno je 2021. godine u dva kruga: 30.3.2021. godine i 27.7.2021. godine.

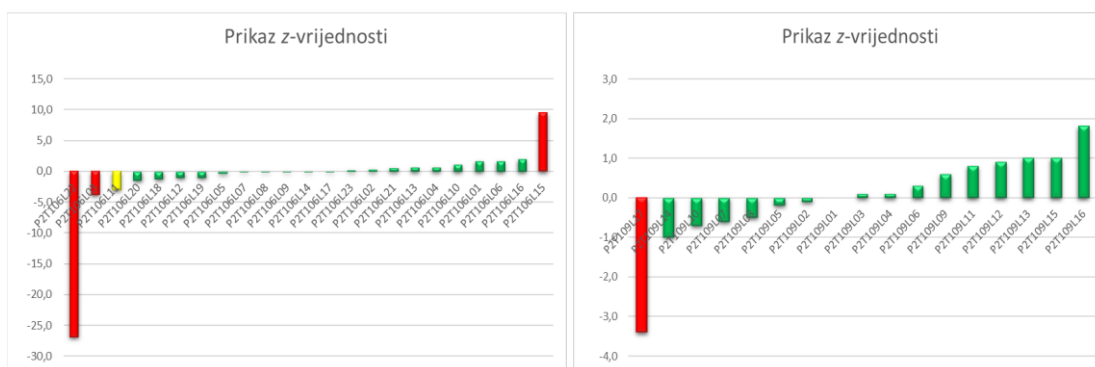
Tablica 4 Informacije o krugovima ispitivanja sposobnosti NFR-P2T-01

| # | Krug ispitivanja sposobnosti | |
|--------------------------|------------------------------|------------|
| | 1. | 2. |
| <i>Datum provedbe</i> | 30.3.2021. | 27.7.2021. |
| <i>Broj sudionika</i> | 23 | 17 |
| <i>Zadovoljavajuće</i> | 19 | 16 |
| <i>Upitno</i> | 1 | 0 |
| <i>Nezadovoljavajuće</i> | 3 | 1 |

Ispitivanje sposobnosti provedeno je sukladno protokolu ispitivanja sposobnosti NFR-P2T-01, *Ispitivanje vodonepropusnosti prema HRN EN 1610, metoda V*. Cilj je bio izmjeriti volumen mjerenjem pada razine vode putem sastavnica volumena ili mjerenjem volumena dodane vode. Predmet ispitivanja sposobnosti bile su dvije dionice od kojih svaku čine dva betonska okna proizvodnog profila DN 800 međusobno povezana profilom cijevi DN 160. Na ovaj način osigurano je da istovremeno u istim uvjetima ispitivanja provode četiri laboratorija.



Sl. 1. Predmet ispitivanja sposobnosti prema shemi NFR-P2T-01.



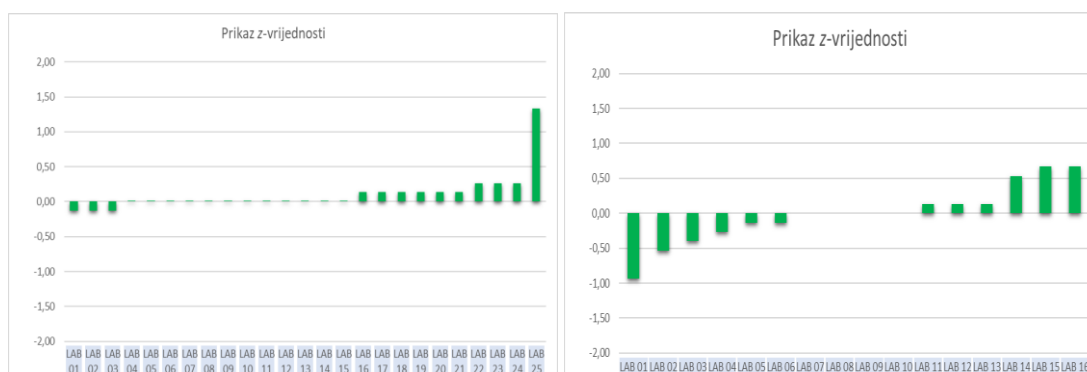
Tablica 5 Informacije o krugovima ispitivanja sposobnosti NFR-P2T-02

| # | Krug ispitivanja sposobnosti | |
|--------------------------|------------------------------|-------------|
| | 1. | 2. |
| <i>Datum provedbe</i> | 7.6.2023. | 17.11.2023. |
| <i>Broj sudionika</i> | 25 | 16 |
| <i>Zadovoljavajuće</i> | 25 | 16 |
| <i>Upitno</i> | 0 | 0 |
| <i>Nezadovoljavajuće</i> | 0 | 0 |

Ispitivanje sposobnosti provedeno je sukladno protokolu ispitivanja sposobnosti NFR-P2T-02, *Ispitivanje vodonepropusnosti prema HRN EN 1610, metoda Z*. Cilj je bio izmjeriti promjenu tlaka na predmetu ispitivanja sposobnosti. Predmet ispitivanja je dionica koju čine dvije betonske cijevi proizvodnog profila DN 300. Na ovaj način osigurano je da istovremeno u istim uvjetima ispitivanja provode četiri laboratorija.



Sl. 3. Predmet ispitivanja sposobnosti prema shemi NFR-P2T-01.



Sl. 4. Prikaz z vrijednosti u krugovima ispitivanja sposobnosti prema shemi NFR-P2T-02.

U dva kruga ispitivanja prema HRN EN 1610, metoda Z, sudjelovao je ukupno 41 laboratorij. Zadovoljavajući rezultat postigli svi laboratoriji (100 %) što je izvrstan rezultat.

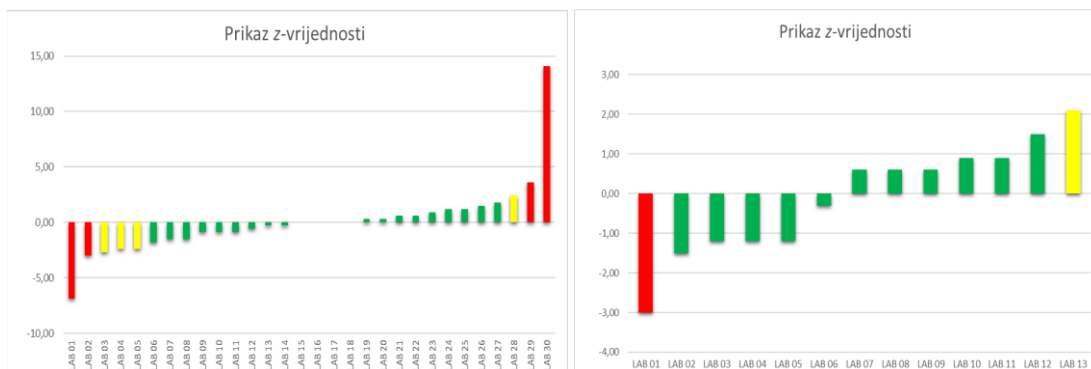
V. ISPITIVANJE VODONEPROPUSNOSTI PREMA HRN EN 1508

Ispitivanje sposobnosti prema HRN EN 1508, toč. 8.3, provedeno je 2022. godine u dva kruga: 15.6.2022. godine i 20.10.2022. godine.

Tablica 6 Informacije o krugovima ispitivanja sposobnosti NFR-P2T-03

| # | Krug ispitivanja sposobnosti | |
|--------------------------|------------------------------|-------------|
| | 1. | 2. |
| <i>Datum provedbe</i> | 15.6.2022. | 20.10.2022. |
| <i>Broj sudionika</i> | 30 | 13 |
| <i>Zadovoljavajuće</i> | 22 | 11 |
| <i>Upitno</i> | 4 | 1 |
| <i>Nezadovoljavajuće</i> | 4 | 1 |

Ispitivanje sposobnosti provedeno je sukladno protokolu ispitivanja sposobnosti NFR-P2T-03, *Ispitivanje vodonepropusnosti prema HRN EN 1508*. Cilj je bio izmjeriti pada razine vodnog lica. Predmet ispitivanja sposobnosti bile su dvije dionice od kojih svaku čine dva betonska okna proizvodnog profila DN 800 međusobno povezana profilom cijevi DN 160. Na ovaj način osigurano je da istovremeno u istim uvjetima ispitivanja provode četiri laboratorija. Predmet ispitivanja sposobnosti sličan je predmetu ispitivanja sposobnosti za provedbu sheme NFR-P2T-01, prikazan sa Slici 1.



Sl. 5. Prikaz z-vrijednosti u krugovima ispitivanja sposobnosti prema shemi NFR-P2T-03.

U dva kruga ispitivanja prema HRN EN 1508, sudjelovalo je ukupno 43 laboratorija. Zadovoljavajući rezultat postiglo je 33 laboratorija (76,7 %) što je priličan rezultat.

VI. TLAČNO ISPITIVANJE CJEVOVODA PREMA HRN EN 805

Ispitivanje sposobnosti prema HRN EN 805, toč. 11, provedeno je 2024. godine. Krug ispitivanja sposobnosti proveden je 3.4.2024. godine. Drugi krug ispitivanja sposobnosti za tlačna ispitivanja planira se provesti do kraja 2024. godine.

Tablica 7 Informacije o krugu ispitivanja sposobnosti NFR-P2T-04

| # | Krug ispitivanja sposobnosti |
|--------------------------|------------------------------|
| <i>Datum provedbe</i> | 3.4.2024. |
| <i>Broj sudionika</i> | 18 |
| <i>Zadovoljavajuće</i> | 18 |
| <i>Upitno</i> | 0 |
| <i>Nezadovoljavajuće</i> | 0 |

Ispitivanje sposobnosti provedeno je sukladno protokolu ispitivanja sposobnosti NFR-P2T-04, *Tlačno ispitivanje cijevi prema HRN EN 805*. Cilj je bio izmjeriti promjenu tlaka na predmetu ispitivanja sposobnosti. Predmet ispitivanja je cjevovod, izgrađen od duktilnih željeznih cijevi odnosno spojnih dijelova, proizvodnog profila DN 100, na koju su istovremeno priključeni svi sudionici ispitivanja. Osigurano je da istovremeno u istim uvjetima ispitivanja provode četiri laboratorija.



Sl. 6. Predmet ispitivanja sposobnosti prema shemi NFR-P2T-04.



Sl. 7. Prikaz z vrijednosti u krugovima ispitivanja sposobnosti prema shemi NFR-P2T-04.

U krugu ispitivanja prema HRN EN 805, sudjelovao je ukupno 18 laboratorija. Zadovoljavajući rezultat postigli svi laboratoriji (100 %), što je izvrstan rezultat.

VII. CCTV INSPEKCIJA PREMA HRN EN 13508-2

Ispitivanja sposobnosti prema HRN EN 13508-2 provedena su 2019. godine i 2021. godine u četiri kruga. Krug ispitivanja sposobnosti u 2019. godini proveden je izravnom shemom ispitivanja sposobnosti, a krugovi ispitivanja sposobnosti provedeni u 2021. godini shemom na daljinu.

Izravna shema zahtijeva dolazak laboratorija, sudionika sheme ispitivanja sposobnosti, na mjesto gdje je postavljen poligon s točno određenim karakteristikama koje su poznate organizatoru. Laboratorij dolazi s opremom, osobljem i iskustvom te provodi ispitivanja na unaprijed pripremljeni poligon za ispitivanja. Kod izravne metode ispitivanja predmet ispitivanja sposobnosti je poligon, bilo da je riječ o kanalizacijskoj cijevi s točno pripremljenim karakteristikama ili oknu. Karakteristike su simulirane na prepoznatljiv način kako je to opisano u normi HRN EN 13508-2 i postavljeno ih je ograničen broj. Laboratoriji provode snimanja na poligonu u vremenu od 30 minuta te nakon toga obrađuju snimke i izvještaj s kôdovima predaju organizatoru na vrednovanje.

U prvom krugu ispitivanja sposobnosti izravnom metodom cilj je bio da svi sudionici provedu proces ispitivanja i vizualnog kodiranja, od pripreme, primjene resursa, znanja, provedbe snimanja, prepoznavanja kodova i ispravnog prikazivanja rezultata kodiranja sa svojim ljudskim resursima i opremom koju posjeduju. Na temelju utvrđenih informacija, tijekom provedenog kruga ispitivanja sposobnosti sudionici su trebali donijeti ukupno 101 odluku s obzirom na glavne kodove, karakterizaciju, kvantifikaciju, obodni položaj i spojeve kodirajući predmet ispitivanja sposobnosti sukladno normi HRN EN 13508-2:2011. Sustav bodovanja osmišljen je tako da su se za određene informacije dodjeljivala 2 boda, 1 bod ili 0,5 boda. Ukupan broj bodova bio je 109,5. Rezultat svakog sudionika obrađen je usporedbom s utvrđenom etalonskom vrijednosti i temeljem toga vrednovan.

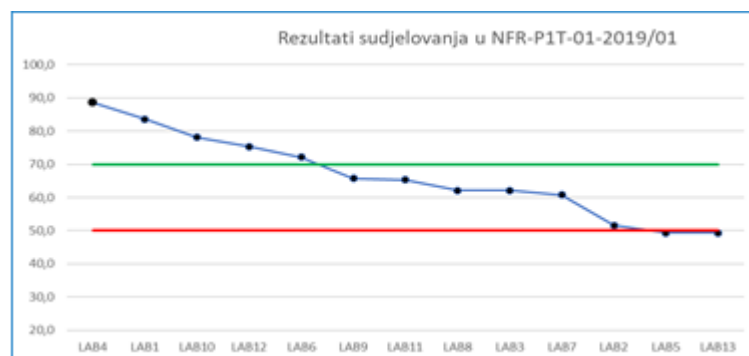
Shema na daljinu je osmišljena da olakša pristup ispitivanju sposobnosti, utoliko što nije potrebno da se laboratoriji okupljaju oko poligona da bi proveli snimanje i kodiranje, nego kodiranje provode na temelju videozapisa dostupnog *online*, putem *youtube* kanala. Cilj metode je utvrditi kôdove, budući da je metoda vizualna, i ti kôdovi su rezultat ispitivanja, neovisno o tome je li laboratorij sam snimio stanje kanalizacijskog sustava ili je videosnimku dobio sa zadatkom da utvrdi kôdove prema HRN EN 13508-2.

Dok izravna shema ispitivanja sposobnosti zahtijeva poligon te potrebu da se svi laboratoriji sa svojim osobljem i opremom pojave na tom poligonu, online shema temelji se na kodiranju videozapisa koji je postavljen na internetskom kanalu, bez potrebe za osoblje laboratorija napušta svoje prostorije, svoj grad i da provede pripremu opreme. Ovime se željelo olakšati laboratorijima, i vremenski i financijski, a da bi se postigao isti cilj ispitivanja sposobnosti. Dakle, kod izravne sheme predmet ispitivanja sposobnosti je poligon koji je smješten na određenoj lokaciji, a u online shemi predmet ispitivanja sposobnosti praktički je već kreiran videozapis.

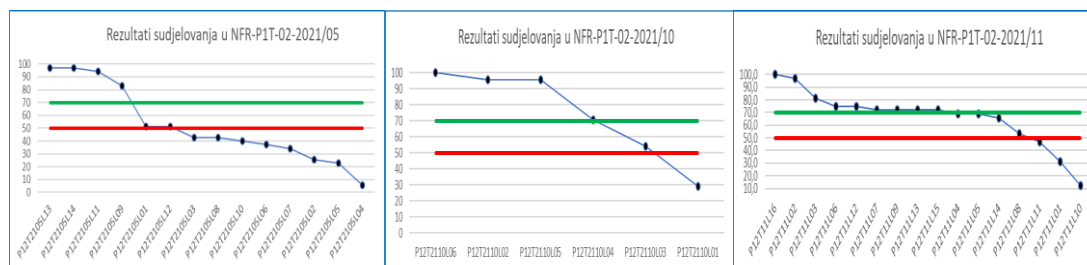
Tablica 8 Informacije o krugovima ispitivanja sposobnosti NFR-P2T-02

| # | Krug ispitivanja sposobnosti | | | |
|--------------------------|------------------------------|------------|------------|------------|
| | 1. | 2. | 3. | 4. |
| <i>Datum provedbe</i> | 28.6.2019. | 8.3.2021. | 23.7.2021. | 1.10.2021. |
| <i>Broj sudionika</i> | 13 | 14 | 6 | 16 |
| <i>Zadovoljavajuće</i> | 5 | 4 | 4 | 9 |
| <i>Upitno</i> | 6 | 2 | 1 | 4 |
| <i>Nezadovoljavajuće</i> | 2 | 8 | 1 | 3 |
| <i>Vrsta sheme</i> | Izravno | Na daljinu | Na daljinu | Na daljinu |

Ispitivanje sposobnosti provedeno je sukladno protokolima ispitivanja sposobnosti NFR-P1T-01, *CCTV Inspekcija prema HRN EN 13508-2* i NFR-P1T-02, *Kodiranje prema HRN EN 13508-2:2011*. Kod izravne sheme ispitivanja predmet ispitivanja bio je pripremljeni kanalizacijski cjevovod, a kod sheme na daljinu videosnimci okana. Cilj je bio prepoznati i utvrditi odgovarajuće karakteristike (oštećenja, nedostaci, stanje) na predmetu ispitivanja sposobnosti te im dodijeliti odgovarajuće glavne kodove, karakterizacije, kvantifikacije i orijentaciju (obodni položaj).



Sl. 8. Rezultati ispitivanja sposobnosti prema shemi NFR-P1T-01.



Sl. 9. Rezultati krugova ispitivanja sposobnosti prema shemi NFR-P1T-02.

U četiri kruga ispitivanja prema HRN EN 13508-2 sudjelovalo je ukupno 49 laboratorija. Zadovoljavajući rezultat postiglo je 22 laboratorija (45,9 %), što je upitan rezultat.

Ispitivanje prema HRN EN 13508-2 ima u fokusu operatera, jer operater je taj koji mora svladati sve pojedinosti i provesti niz snimanja kako bi se izvještavao u pravilnom načinu kodiranja prema navedenoj normi. Većina operatera se oslanja na programsku podršku (softver) koja dolazi uz CCTV kameru ne razumijevajući na što se ta podrška oslanja i tako izostaju znanja po normi. Otežavajuća okolnost za operatere je i ta što norma HRN EN 13508-2 nije prevedena na hrvatski jezik i time se stvaraju dodatni napori da se ona približi operateru i laboratorijima koji rade po toj normi.

Provedeni krugovi ispitivanja sposobnosti bili su poučni i značajni za laboratorije koji provode ispitivanja prema HRN EN 13508-2, a prepoznati su i trendovi poboljšavanja znanja operatera u kasnijim krugovima ispitivanja sposobnosti što je jasan dokaz da je svaki krug ispitivanja sposobnosti dodatna vrijednost za laboratorij.

VII. ZAKLJUČAK

Ispitivanja sposobnosti međulaboratorijskim usporedbama važan su alat kojim laboratoriji mogu dokazati svoju sposobnost kupcima, akreditacijskom tijelu ili drugim zainteresiranim stranama. Laboratorij iz sudjelovanja u nekom krugu ispitivanja sposobnosti dobije višestruke koristi: potvrdu njegove tehničke osposobljenosti, naznaku postojanja potencijalnih problema koje je potrebno ispraviti, prilike da se utvrde mogućnosti za poboljšanja, izobrazbu i unapređenje rada laboratorija u njegovom uskom tehničkom području.

Osmišljene sheme ispitivanja sposobnosti za metode ispitivanja prema normama HRN EN 1610, HRN EN 1508, HRN EN 805 i HRN EN 13508-2 pokazale su se korisnima za utvrđivanje tehničke osposobljenosti laboratorija kao i značajna pomoć laboratorijima za poboljšaju svoj rad i valjanost rezultata, osobito za laboratorije koji se bave ispitivanjima prema HRN EN 13508-2, gdje je rezultat ispitivanja izravno ovisan o znanju i vještinama operatera koji provodi CCTV inspekciju.

LITERATURA

- [1] HRN EN ISO/IEC 17025:2017, Opći zahtjevi za osposobljenost ispitnih i umjernih laboratorija (ISO/IEC 17025:2017; EN ISO/IEC 17025:2017)
- [2] HRN EN ISO/IEC 17043:2023, Ocjenjivanje sukladnosti - Opći zahtjevi za osposobljenost organizatora ispitivanja sposobnosti (ISO/IEC 17043:2023; EN ISO/IEC 17043:2023)
- [3] HRN EN 13508-2:2011, Investigation and assessment of drain and sewer systems outside building -- Part 2: Visual Inspection coding system (EN 13508-2:2003+A1:2011)
- [4] HRN EN 1610:2015, Polaganje i ispitivanje odvoda i kanalizacijskih cijevi (EN 1610:2015)
- [5] HRN EN 1508:2007, Opskrba vodom - Zahtjevi za sustave i dijelove sustava za pohranu vode (EN 1508:1998)
- [6] HRN EN 805:2005, Opskrba vodom - Zahtjevi za sustave i dijelove izvan zgrada (EN 805:2000)
- [7] HAA-Pr-2/12, Pravila za akreditaciju ispitivanja vodoopskrbnih i odvodnih sustava, Hrvatska akreditacijska agencija izd.3, rujna 2023.)

ULOGA LABORATORIJA U KRUŽNOM GOSPODARSTVU

O. Štajdohar-Pađen¹, I. Sabljak²

¹CROLAB

Berislavićeva 6, Zagreb

E mail: olga.stajdohar@gmail.com

²Eurofins Croatiakontrola d.o.o.

Karlovačka cesta 4L, Zagreb

Sažetak – Kao jedan od odgovora na goruće probleme današnjeg svijeta, zagađenje, klimatske promjene, prekomjerno trošenje prirodnih resursa, neodgovarajuće zbrinjavanje otpada i sl. sve se više govori o kružnoj ekonomiji. Za razliku od linearne ekonomije u kojoj se prirodni resursi nakon završetka korištenja predmeta pretvaraju u otpad i ekonomije recikliranja kod koje se tek djelomično uspijeva smanjiti otpad, u kružnoj ekonomiji u idealnom slučaju otpad nikad ne bi trebao nastati.

Potrebna nam je promjena paradigme, drugačiji pogled na to koja su naša prava u raspolaganju planetom Zemljom kao cjelinom. Potrebno nam je odgovorno trošenje i odgovorna proizvodnja. Svatko mora krenuti od sebe, a to što ne možemo spasiti cijeli svijet ne bismo trebali koristiti kao izgovor da ne poduzimamo baš ništa.

U ovom se radu prikazuju osnovne razlike između ovih ekonomija, stanje normizacije u tom području, pristupe i tehnike koji se zagovaraju u postizanju kružnog gospodarenja te neki sasvim konkretni prijedlozi koje bi svatko od nas mogao primijeniti u svom poslovnom i privatnom životu.

Dodatno, analizirano je gdje će sve biti potrebe za uključivanjem laboratorija u području kružne ekonomije, a prikazano je i jedno istraživanje korištenja otpadaka iz proizvodnje hrane koje se provodi u Hrvatskoj.

Ključne riječi: kružna ekonomija, održivost, kompetentnost laboratorija, normizacija, otpad od hrane

THE ROLE OF LABORATORIES IN CIRCULAR ECONOMY

Abstract – As one of the answers to the urgent problems of today's world, pollution, climate change, excessive consumption of natural resources, inappropriate disposal of waste, etc., the circular economy is being talked about more and more. In contrast to the linear economy, in which natural resources are turned into waste after the end of the use of the object, and the recycling economy, in which it is only partially possible to reduce waste, in the circular economy, ideally, waste should never be created.

We need a paradigm shift, a different view of what our rights are in using the planet Earth as a whole. We need responsible spending and responsible production. Everyone must begin from him self, and we shouldn't use the fact that we can't save the whole world as an excuse to do nothing at all.

This paper presents the basic differences between these economies, the state of standardization in that area, approaches and techniques that are advocated in achieving circular management, and some very specific proposals that each of us could apply in our business and private lives.

In addition, it was analyzed where there will be a need for the inclusion of laboratories in the area of the circular economy, and a research on the use of waste from food production, which is carried out in Croatia, was also presented.

Key words: circular economy, sustainability laboratory competence, standardization, food waste

I. UVOD

Kao jedan od odgovora na goruće probleme današnjeg svijeta, sve veće zagađenje, neželjene klimatske promjene, prekomjerno trošenje prirodnih resursa, neodgovarajuće zbrinjavanje otpada i sl. sve se više govori o kružnoj ekonomiji. Za razliku od linearne ekonomije u kojoj se prirodni resursi nakon završetka korištenja predmeta pretvaraju u otpad i ekonomije recikliranja kod koje se tek djelomično uspijeva smanjiti otpad, u kružnoj ekonomiji u idealnom slučaju otpad nikad ne bi trebao nastati.

Još 1987. godine UN-ov odbor *Commission on Environment and Development* je održivi razvoj definirao kao razvoj koji omogućuje sadašnjim generacijama da zadovolje svoje potrebe, a da ne ugrožavaju mogućnost budućim generacijama da one zadovolje svoje potrebe. Ono što ne treba zaboraviti je da se u ovoj definiciji govori o ljudskim potrebama, a ne o čovjekovim željama niti pohlepi. Kad pogledamo koje su to čovjekove potrebe koje zadovoljava iz prirode, to su u osnovi čist zrak, čista voda, dovoljno topline, dovoljno hrane, energija i mogućnost transporta.

S obzirom na sadašnji čovjekov negativni utjecaj na naš planet, moguće je da UN-ova definicija održivog razvoja nije dovoljna. Moguće je da ćemo je trebati modificirati u na primjer: *Održivi razvoj znači da današnje generacije poduzimaju sve što je potrebno da bi sljedećoj generaciji predale ovu našu jedinstvenu biosferu u boljem stanju nego što su je preuzele od prethodnih generacija.*

A to znači da je možda došlo vrijeme kada se voziti samo sebe osobnim automobilom teškim dvije tone svakodnevno s posla i na posao može smatrati sasvim nepristojnim.

U nastavku se govori o osnovnim razlikama između linearne ekonomije, ekonomije recikliranja i kružne ekonomije, stanju normizacije u ovom području, pristupima i tehnikama koji stoje na raspolaganju u postizanju kružnog gospodarenja, daju se neki prijedlozi za primjenu te je analizirano gdje se laboratoriji mogu sa svojim radom uključiti. Dodatno, prikazano je jedno istraživanje korištenja ostataka iz proizvodnje hrane koje se provodi u Hrvatskoj.

II. RAZLIKE IZMEĐU LINEARNE EKONOMIJE, EKONOMIJE RECIKLIRANJA I KRUŽNE EKONOMIJE

Linearna ekonomija

U linearnoj ekonomiji, u kojoj dobrim dijelom još uvijek živimo, stvari idu ovako (*Slika 1.* to ilustrira):

Iz prirode uzmemo što nam treba, na primjer rude, sirovine, materijale, zrak, vodu, plodno tlo, energiju i slično i onda od toga napravimo neki predmet koji nam treba (ili mislimo da nam treba). Odjeću, obuću, hranu, namještaj, automobil, mobitel, kuću... Taj predmet koristimo dok možemo (ili želimo), i onda ga odbacimo kao neupotrebljivi otpad.

To je najstrašnji scenarij korištenja prirodnih resursa i trebalo bi ga sasvim napustiti. Čovječanstvo si takav pristup jednostavno više ne može priuštiti. Netko će reći, *ali ja platim da netko preuzme moj otpad i nekako ga negdje zbrine.*

Istina je, proizvođači otpada plate njegovo zbrinjavanje, ali kad se gleda planet Zemlja u cjelini, kad se gleda čovjekov utjecaj na okoliš i što mi to ostavljamo u naslijeđe svojim potomcima, jednostavno ne postoji primjerena cijena za proizvodnju otpada. Nema tih novaca kojima možemo nadoknaditi štetu. Ovo ne treba posebno elaborirati. Dovoljno je sjetiti se prizora otoka plastike koji kruže oceanima.

LINEARNA EKONOMIJA



Slika 1. Grafički prikaz slijeda aktivnosti u linearnoj ekonomiji (izvor: vlastita arhiva)

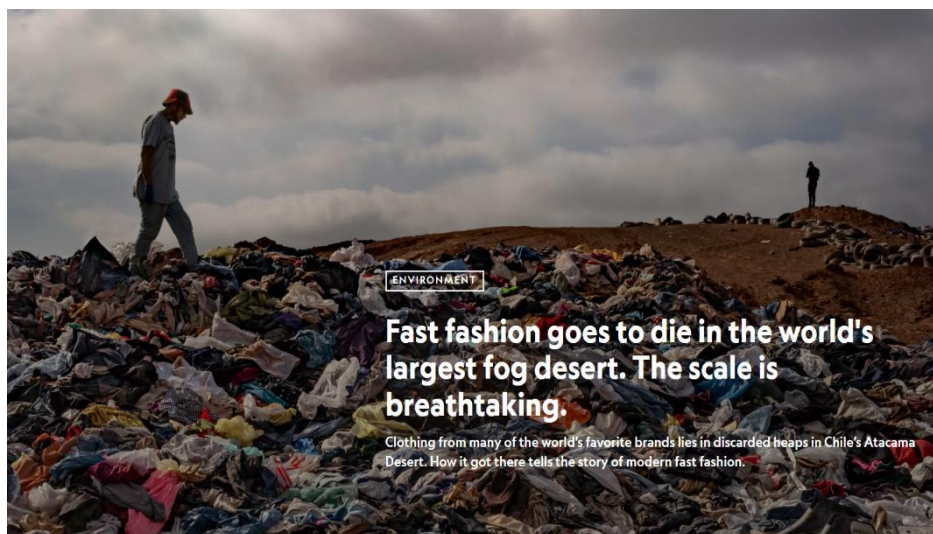
O *Velikom Pacifičkom otoku smeća* počelo se govoriti 1997. godine (iako se za njega znalo i prije), a danas se njegova veličina procjenjuje na 1,6 milijuna kvadratnih kilometara [1]. Koliko je to tih 1,6 milijuna kvadratnih kilometara? Evo kako si to možemo predočiti. Kopnena površina Hrvatske je 56.594 kvadratna kilometra. I cijela bi bila prekrivena smećem. I bila bi samo kap u moru ovog otoka plastike. Pogledamo li na zemljopisnoj karti na primjer kolika je Francuska i onda joj dodamo još dvije takve Francuske, eto toliki je taj otok smeća. A nije jedini. Navodno postoje još četiri. Nije li to strašno?



Slika 2. Prikaz položaja i izgleda velikog pacifičkog otoka plastike [2]

Primjera ima još. Kupci odjeće nikad se ne pitaju gdje završi sva ona neprodana odjeća iz trgovina? Dobar dio završi u najsušoj pustinji na svijetu. U pustinji Atacama u Južnoj Americi svakodnevno rastu brda sačinjena od odjevnih predmeta. Ti odjevni predmeti nisu biorazgradivi, sadrže umjetna vlakna i razne štetne boje, a proizvedeni su u siromašnim dijelovima svijeta gdje slabo plaćeni ljudi rade u uvjetima upitne zaštite na radu i još upitnije zaštite okoliša. Teško je o tome na taj način razmišljati, ali proizlazi da svaki put kad kupimo neku jeftinu majicu, pomogli smo da se praksa jeftine i brze mode održava i dalje.

Linearna ekonomija je nešto što uistinu više ne bi trebalo postojati.



Slika 3. Planine otpadnog tekstila u pustinji Atacama u Čileu [3]

Ekonomija recikliranja

Sljedeću mogućnost koju imamo na raspolaganju je ekonomija recikliranja. *Slika 4.* to ilustrira.

U ekonomiji recikliranja o kojoj se toliko priča i koju se toliko zagovora, stvari su tek nešto malo bolje od onih u linearnoj ekonomiji.

I tu iz prirode uzmemo resurse i od toga napravimo ono što nam treba, a kad to više ne možemo ili ne želimo koristiti, rastavimo na neke sastavne dijelove i recikliramo ih, to jest od njih napravimo to isto (staklena ili plastična boca, reciklirani papir i slično) ili nešto drugo.

Kako i koliko to u praksi funkcionira veliko je pitanje. Mnogi materijali se ne mogu reciklirati, ili je njihovo recikliranje izuzetno skupo, ili prilikom tog recikliranja nastaje više štete nego koristi, ili reciklirani materijal više nema toliko upotrebljiva svojstva kao što je to imao izvorni materijal...

Dobar primjer su vjetroelektrane koje se čine kao poželjan, ekološki prihvatljiv izvor energije. U velikoj mjeri i jesu. Međutim, zbog atmosferilija i radnih uvjeta kojima su izložene, vijek trajanja lopatica vjetroagregata je svega petnaestak godina i nakon toga imate i po stotinu metara dugačke komade tvrde stakloplastike koju za sada nije moguće učinkovito reciklirati. Završavaju na odlagalištima prekrivene tankim slojem zemlje. Srećom, i to će se uskoro promijeniti, odlaganje ili spaljivanje u cementarama više nije opcija jer EU svojim politikama nastoji provesti zabranu odlaganja na odlagalištima od 2025. godine.

U današnje vrijeme moramo biti svjesni činjenice da oslanjati se na ideju „nema veze što i kako radimo, budemo mi to reciklirali“ više nije dovoljno. Moramo promijeniti pristup i način razmišljanja i prijeći na kružno gospodarstvo.

EKONOMIJA RECIKLIRANJA



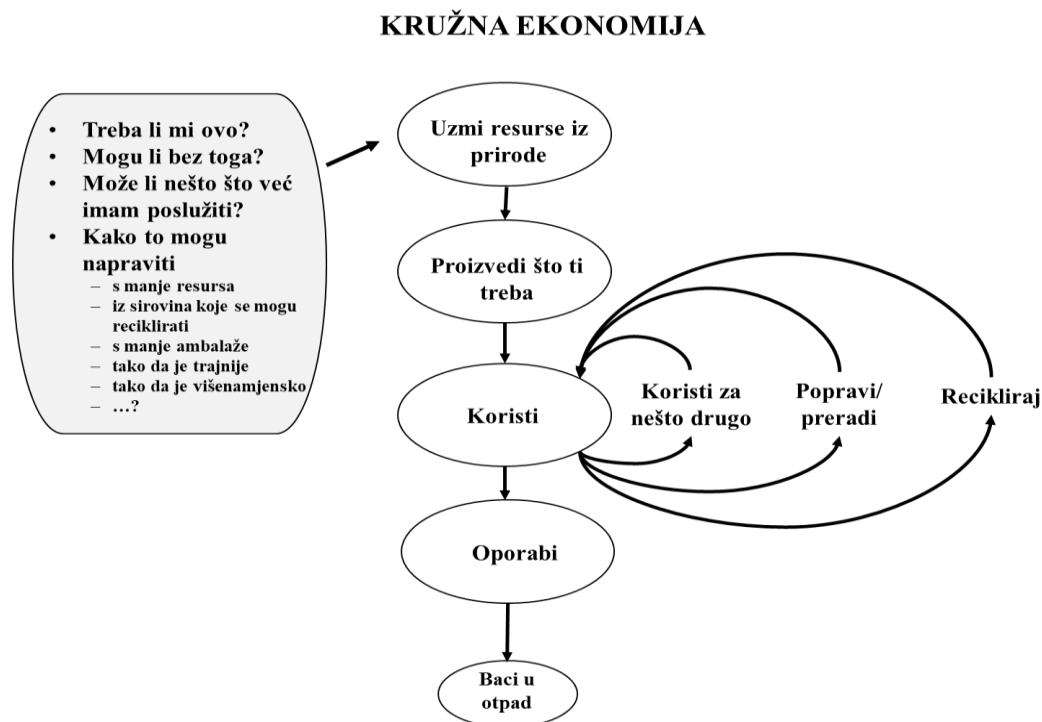
Slika 4. Grafički prikaz slijeda aktivnosti u ekonomiji recikliranja – stvari su tek nešto malo bolje nekog u linearnoj ekonomiji (izvor: vlastita arhiva)



Slika 5. Oznaka na spremniku za odvojeno prikupljanje staklene ambalaže u Austriji. Valja uočiti da je ovaj spremnik predviđen samo za prozirno staklo (jer se od šarenog stakla više ne može dobiti prozirno), a s obzirom da ubacivanje staklenih predmeta proizvodi buku, dodatna je molba da ih se ubacuje od 7 sati ujutro do 8 sati navečer, što je svakako dobrodošao izraz ljubaznosti prema susjedima (izvor: vlastita arhiva)

Kružna ekonomija

U kružnom gospodarenju sve bi trebalo najprije osmišljavati, a onda proizvoditi, upotrebljavati i zbrinjavati tako da stvari nikad ne postanu otpad, da se uvijek mogu u nekom obliku ponovno upotrijebiti. Prikaz toga dan je na Slici 6.



Slika 6. Grafički prikaz slijeda aktivnosti u kružnom gospodarenju resursima i stvarima – cilj je da što manje toga završi kao otpad (izvor: vlastita arhiva)

Kružno gospodarenje nije novi koncept. U prirodi, kružno gospodarenje postoji oduvijek, svi procesi izmjene stvari u prirodi odvijaju se na kružni način. Što se čovjeka tiče, na taj način su stvari funkcionirale skoro pa do nedavno. Kad promotrimo seosko dvorište od prije stotinu godina, ili i manje, u njemu nije bilo otpada. Sve se je koristilo i sve se je iskoristilo do krajnjih granica, a kad je postalo sasvim neupotrebljivo, vraćeno je prirodi da ona to ponovno upotrijebi.

Kako stvari stoje, morat ćemo se vratiti na ekonomiju seoskog dvorišta. Naravno, ne doslovno već po principima - ništa se ne proizvodi ako nije nužno, ništa se ne baca ako nije postalo sasvim neupotrebljivo.

Evo nekih **pristupa kružnog gospodarstva i održivosti** koji su usvojeni u svijetu:

- Proizvodnja na zahtjev, onda kad za proizvodom postoji potreba. Ovime se izbjegava skladištenje i odbacivanje neprodanih predmeta
- Digitalizacija svega što se digitalizirati može. Ovime se izbjegavaju fizičke arhive, papir, police, spisi – iako ovdje treba biti oprezan i sagledati čuvanje podataka u digitalnom obliku u cjelini. Da bismo mogli pohranjivati ogromne količine digitaliziranih podataka potrebni su ogromni podatkovni centri za koje je potrebno utrošiti materijal iz prirode i koji troše ogromne količine električne energije
- Produženi vijek trajanja proizvoda, a ne da prvi kvarovi počnu čim istekne garancija

- Olakšana ponovna upotreba (pomoću popravaka, poboljšanja na proizvodu, ovo je moguće na primjer za namještaj, informatičku opremu, strojeve i alate)
- Proizvodi modularnog dizajna tako da se pojedini dijelovi mogu zamijeniti istima ili boljima te da se pojedini moduli mogu koristiti u više različitih proizvoda
- Osmišljavanje proizvoda na način da sadrže manje materijala, da sadrže manje vrsta materijala, da se za njihovu proizvodnju, korištenje, održavanje i zbrinjavanje troši manje vode i manje energije
- Najam umjesto posjedovanja (automobila, kampera, jedrilice, prikolice za prijevoju robe)
- Ekonomija dijeljenja za ono što ne koristimo stalno, automobil, poljoprivredni strojevi, roštilj, kosilica za travu, haljina i odijelo za svečanu prigodu ...

III. NORMIZACIJA U PODRUČJU KRUŽNE EKONOMIJE

Za svako područje ljudske djelatnosti za koje se nađe dovoljno zainteresiranih strana, međunarodna organizacija za normizaciju ISO ili druge (na primjer za područje elektrotehnike IEC Međunarodno elektrotehničko povjerenstvo, za područje telekomunikacija ITU Međunarodna telekomunikacijska zajednica) osnuju tehnički odbor koji će se tim područjem baviti i koji će donositi međunarodno priznate norme i druge dokumente, tehničke izvještaje, dogovore s međunarodnih radionica i sl., a sve u skladu s poznatim ciljevima normizacije

- povećanja razine sigurnosti proizvoda i procesa
- čuvanja zdravlja i života ljudi te zaštite okoliša
- promicanja kvalitete proizvoda, procesa i usluga
- osiguranja svrsishodne uporabe rada, materijala i energije
- poboljšanja proizvodne učinkovitosti
- ograničenja raznolikosti, osiguranja spojivosti i zamjenjivosti te
- otklanjanja tehničkih zapreka u međunarodnoj trgovini,

te u skladu s načelima normizacije: konsenzus, uključivanje svim zainteresiranih strana, javnost rada, stupanj razvoja tehnike te koherentnost zbirke norma [6].

U području kružnog gospodarstva *British Standards Institution* je 2017. objavio dokument BS 8001 Framework for implementing the principles of circular economy in organizations - Guide (*Okvir za primjenu principa kružnog gospodarstva u organizacijama – Vodič*) u kojem je sustavno prikazana ova problematika i dani konkretni postupci i koraci koje neka organizacija može slijediti kako bi poboljšala svoje djelovanje što se tiče kružnosti.

Osnivanje i rad ISO/TC 323 Circular economy

Na međunarodnoj razini, prepoznavši važnost održivog razvoja i kružnog gospodarenja ISO je 2019. godine osnovao tehnički odbor

TC 323 Circular economy s opsegom rada [4] Standardization in the field of Circular Economy to develop frameworks, guidance, supporting tools and requirements for the implementation of activities of all involved organizations, to maximize the contribution to Sustainable Development

(*Normizacija u području kružnoga gospodarstva s ciljem razvoja okvira, uputa, pratećih alata i zahtjeva za provedbu aktivnosti svih uključenih organizacija kako bi se postigao najveći mogući doprinos održivom razvoju, [5]*).

Četiri godine prije toga, u rujnu 2015. godine, Opća skupština Ujedinjenih naroda prihvatila je plan održivog razvoja do 2030. godine, poznat pod nazivom **2030 Agenda for Sustainable Development**. Prepoznato je sedamnaest održivih ciljeva, *Sustainable Development Goals (SDGs)*, a temeljni princip je nikoga ne izostaviti,

odnosno postići održivi razvoj za sve ljude svijeta. Ciljevi su usmjereni na dokidanje siromaštva, postizanje ravnopravnosti i zaustavljanje klimatskih promjena.

Zamišljeno je da ovi ciljevi vrijede za sve zemlje, bogate i siromašne, a od svake zemlje članice Ujedinjenih naroda očekuje se da pripremi svoj nacionalni program za njihovo provođenje. U ostvarivanje nacionalnih programa moraju biti uključeni znanstvenici, institucije, ministarstva, agencije, ali i udruge i sami građani.

Sve zemlje članice UN-a, razvijene zemlje kao i zemlje u razvoju, imaju zajedničku odgovornost ostvariti te ciljeve, a zemlje EU-a bi trebale raditi svaka za sebe, svaka bi trebala razvijati svoje prioritetne ciljeve, pod ciljeve i indikatore za praćenje ostvarenoga. Istovremeno, očekuje se da zemlje potiču jedna drugu, tako da se može govoriti i o ideji globalnog partnerstva.

Evo i o kojih se to sedamnaest ciljeva radi [7]:

- | | |
|---|---------------------------------------|
| 1. Dokinuti siromaštvo | 10. Smanjenje neravnopravnosti |
| 2. Dokinuti glad | 11. Održivi gradove i zajednice |
| 3. Dobro zdravlje i blagostanje | 12. Odgovornu potrošnju i proizvodnju |
| 4. Kvaliteto obrazovanje | 13. Akcije vezane uz klimu |
| 5. Ravnopravnost spolova | 14. Život ispod vode |
| 6. Čista voda i provođenje zdravstvenih mjera | 15. Život na tlu |
| 7. Dostupna i čista energija | 16. Mir, pravda i jake institucije |
| 8. Dostojan rad i gospodarski rast | 17. Partnerstvo za postizanje ciljeva |
| 9. Industrija, inovacije i infrastruktura | |



Slika 7. Grafički prikaz UN-ovih ciljeva održivog razvoja [7]

Zanimljivo je da od tih sedamnaest UN ciljeva, tehnički odbor ISO TC 323 Circular economy smatra da svojim radom podupire njih prvih šesnaest.

Zatim je 2023. na razini Europske unije osnovan je tehnički odbor CEN/TC 473 Circular economy koji će, kako je razvidno iz programa rada tog obora, ne samo preuzimati norme iz rada ISO/TC 323, već i modificirati ih kako bi bile u skladu s europskim zakonodavstvom u ovom području.

Što se hrvatske normizacije tiče, pri Hrvatskom zavodu za norme je 2021. godine, osnovan tehnički odbor pod oznakom HZN TO 323 Kružno gospodarstvo, a on prati rad međunarodnih tehničkih odbora i ISO/TC 323 i CEN/TC 473. S obzirom da je Hrvatska članica Europske unije, ovaj tehnički odbor će svakako preuzimati norme koje je pripremio CEN/TC 473.

U vrijeme pisanja ovog rada, tehnički odbor *ISO/TC 323 Circular economy* je objavio tri norme i jedan tehnički izvještaj:

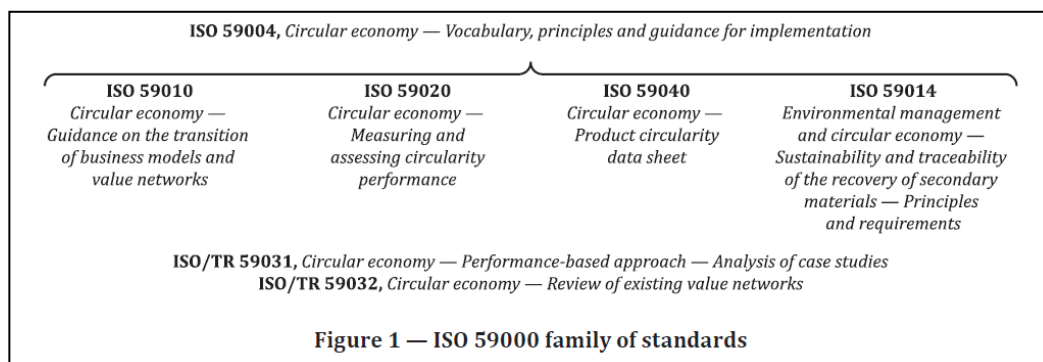
- ISO 59004:2024 Circular economy – Vocabulary. Principles and guidance for implementation (*Kružno gospodarstvo – Rječnik. Principi i upute za primjenu*)
- ISO 59010:2024 Circular economy – Guidance on the transition of business models and value networks (*Kružno gospodarstvo – Upute za prijelaz poslovnih modela i vrijednosnih mreža*)
- ISO59020:2024 Circular economy – Measuring and assessing circularity performance (*Kružno gospodarstvo – Mjerenje i ocjenjivanje postignute kružnosti*)
- ISO/TR 59032:2024 Circular economy – Review of existing value network (*Kružno gospodarstvo – Pregled postojećih vrijednosnih mreža*)

Sljedeći dokumenti su bili u fazi pripreme:

- ISO/CD TR 59031 Circular economy – Performance-based approach – Analysis and case studies (*Kružno gospodarstvo – Pristup zasnovan na rezultatima – Analiza i studije slučajeva*)
- ISO/DIS 59040 Circular economy – Product circularity data sheet (*Kružno gospodarstvo – List proizvoda s podacima o kružnosti*)

Dodatno, pred objavom je i norma ISO 59014 Environmental management and circular economy — Sustainability and traceability of the recovery of secondary materials — Principles, requirements and guidance (*Okolišno upravljanje i kružno gospodarstvo – Održivost i sljedivost oporavka sekundarnih materijala – Principi, zahtjevi i uputstva*) koju zajednički pripremaju tehnički odbor za kružnu ekonomiju i ISO/TC 207 Environmental management.

ISO/TC 323 Circular economy razmatra i mogućnost izrade norme ISO 59001 koja bi govorila o sustavu upravljanja u kružnoj ekonomiji o čemu je 5. srpnja 2024. Ovaj odbor održao radionicu za svoje članove. Pitanja koja se postavljaju su treba li raditi još jednu normu koja govori o sustavima upravljanja ili su postojeće norme iz tog područja dovoljne i primjenjive i u području kružne ekonomije.



Slika 8. Grafički prikaz povezanosti pojedinih normi u ISO 59000 nizu [8]

Već iz naslova svih ovih dokumenata vidljivo je da će u njihovoj primjeni laboratoriji sigurno imati svoje mjesto, posebice vezano uz:

- ISO 59020:2024 Circular economy – Measuring and assessing circularity performance (*Kružno gospodarstvo – Mjerenje i ocjenjivanje postignute kružnosti*)
- ISO/DIS 59040 Circular economy – Product circularity data sheet (*Kružno gospodarstvo – List proizvoda s podacima o kružnosti*)
- ISO 59014 Environmental management and circular economy — Sustainability and traceability of the recovery of secondary materials — Principles, requirements and guidance (*Okolišno upravljanje i kružno gospodarstvo – Održivost i sljedivost oporavka sekundarnih materijala – Principi, zahtjevi i uputstva*)

IV. KAKO SE LABORATORIJI MOGU UKLJUČITI

Laboratoriji se u pitanja kružnog gospodarstva mogu uključiti na dvije razine. Osobnoj i poslovnoj.

Osobna razina

Prva je razina ona osobna razina koja se tiče pojedinaca koji rade u laboratoriju i laboratorija kao organizacije.

Naime, svaki pojedinac i svaka organizacija kupci su raznih proizvoda i usluga, imaju kontakte s javnošću, izloženi su pogledima javnosti pa onda imaju i utjecaj na tu javnost. A kupci su ti koji drže novčanik u rukama i odlučuju kako će ga upotrijebiti. Birajući koje i kakve proizvode će kupovati kupci imaju moć usmjeravati proizvođače kakve proizvode da im ponude.



Slika 9. Primjer kako se ambalaža može smanjiti za istu količinu sadržaja, a to bi potrošači trebali prepoznati i nagraditi kupovinom proizvoda koji manje nepotrebno troši resurse.

Proizvođači bi trebali prepoznati da ušteda u količini ambalaže nije samo u samom materijalu koji se koristi već i u transportnim i skladišnim troškovima (izvor: vlastita arhiva)

Laboratoriji kao i svaka druga organizacija trebaju krenuti od sebe. Promotriti što rade, gdje to rade i kako to rade. Zatim tražiti načine kako trošiti manje stvari, manje energije, manje vode i proizvoditi manje otpada.

Primijeniti se mogu oni poznati 5R. Radi se o refuse („ne hvala, ne trebam plastičnu vrećicu“), reduce („ne hvala, ovo nam je dovoljna količina“), reuse („ne hvala, ne trebam plastičnu vrećicu, imam svoju koju ću ponovno upotrijebiti“), repurpose („ovaj stolac će nam sada biti stalak za cvijeće“) i recycle, odnosno „odbij, smanji, ponovno upotrijebi, prenamijeni i naposljetku recikliraj“.

Laboratorij treba promotriti u kakvom prostoru radi, kakvu rasvjetu ima, postoje li gubici vode iz slavina i vodokotlića, jesu li prozori dovoljno zabrtvljeni da se nepotrebno ne gubi energija za grijanje prostora, postoje li sjenila za zaštitu od sunca i smanjenje potrebe za hlađenjem prostora.

Nadalje, treba analizirati koliko papira i drugog uredskog troši i koji dio bi se mogao izbjeći. Jednom riječju, laboratorij treba proći kroz sve svoje poslovne procese, ukinuti nepotrebne tokove informacija, nepotrebna arhiviranja, digitalizirati ono što može.

I na osobnoj razini onih koji rade u laboratoriju može se puno toga napraviti. Naručuju li se obroci u ured? Od kuda dolaze ti obroci, možda iz drugog dijela grada, pri čemu dostavljač potroši previše goriva, zagadi zrak i napravi gužvu u prometu, a mogli bi se naručiti iz zalogajnice preko puta i sami otići po ručak? U čemu dolaze ti gotovi obroci i što se događa s tom ambalažom? Kamo odložiti stiroporne i plastične posudice? Na godišnjoj razini nisu to male količine. Možda bi se moglo dogovoriti dostavu u vlastitoj ambalaži koju se može oprati i ponovno upotrijebiti?

Kako općenito funkcionira nabava u laboratoriju, može li se orijentirati više na lokalne proizvođače, kakve poslovne poklone laboratorij dijeli svojim suradnicima i poslovnim partnerima? Ima li tu prostora za kreativnija rješenja?

Ovo su bili samo neki primjeri i samo neke ideje, a dodatna vrijednost ovakvog pristupa je i što se time mogu postići i značajne financijske uštede što je dobro za poslovanje laboratorija.

Poslovna razina

Sve prethodno navedeno su važni aspekti kojima bi se svaki pojedinac, svaka obitelj i svaka organizacija trebali pozabaviti, ali razumljivo je da je laboratorijima kao pravnim osobama posebno zanimljivo sve što je povezano s onim što je njihova osnovna djelatnost i njihov osnovni izvor prihoda, a to je ispitivanje.

Promotrimo li ponovno norme koje je do sada izdao ili ih priprema tehnički odbor ISO TC 323 Circular economy, laboratoriji sigurno imaju svoje mjesto i presudnu važnost u primjeni ovih normi:

- ISO59020:2024 Circular economy – Measuring and assessing circularity performance (*Kružno gospodarstvo – Mjerenje i ocjenjivanje postignute kružnosti*)
- ISO/DIS 59040 Circular economy – Product circularity data sheet (*Kružno gospodarstvo – List proizvoda s podacima o kružnosti*)
- ISO 59014 (*pred objavom*) Environmental management and circular economy — **Sustainability and traceability of the recovery of secondary materials** — Principles, requirements and guidance (*Okolišno upravljanje i kružno gospodarstvo – Održivost i sljedivost oporavka sekundarnih materijala – Principi, zahtjevi i uputstva*)

Naime, budući dokument naziva *Product circularity data sheet (List proizvoda s podacima o kružnosti)* sadrži mnoštvo podataka i informacija do kojih se dolazi isključivo mjerenjima i ispitivanjima te se na osnovi njih dalje rade propisani proračuni.

Također se među gornjim normama posebno ističe norma ISO 59020 Measuring and assessing circularity performance (*Kružno gospodarstvo – Mjerenje i ocjenjivanje postignute kružnosti*) jer ocjenjivanja uspješnosti kružnog gospodarenja neće biti bez puno mjerenja i ispitivanja.

Već sada na tržištu postoji prilično certifikacijskih znakova kojima se želi istaknuti prikladnost proizvoda za okoliš, a za očekivati je da će ih biti i više. Kao što kaže naslov na ovom prikazu na *Slici 10.*, održivo je novo normalno, a dodjele niti jednog od ovih certifikacijskih znakova ne bi trebalo biti bez uporišta u pouzdanim mjerenjima i ispitivanjima. Laboratoriji su ti koji će provjeriti je li nešto izrađeno od recikliranih materijala, od certificiranog organskog pamuka, od održivih vlakana, uz manju potrošnju vode i sl.



Slika 10. Prikaz certifikacijskih znakova vezano uz održivost na zidu jednog trgovačkog centra (izvor: vlastita arhiva)

V. PRIMJER ISTRAŽIVANJA U PODRUČJU KRUŽNOSTI U HRVATSKOJ

U nastavku se opisuje istraživanje koje provodi laboratorij tvrtke Eurofins Croatiakontrola d.o.o. i proizvođač hrane Naturala d.o.o vezano uz korištenje otpadaka iz proizvodnje cikla, posebice kore cikla nastale kao nusproizvod u proizvodnji pasteriziranog povrća.

Detalji ovog opsežnog istraživanja nadilaze opseg ovog članka te se ovdje iznose samo osnovne informacije kojima se može steći uvid u količinu laboratorijskog rada koja je nužna da bi se postigla poboljšanja, smanjila količina nusproizvoda i dokazale koristi od njegovog korištenje u osmišljavanju i proizvodnji novih nutritivno vrijednih prehrambenih proizvoda.

Otpad koji se pojavljuje u proizvodnji hrane

Agencija za prehranu i poljoprivredu (engl. Food and Agriculture organization, FAO) je iznijela zabrinjavajući podatak kako se godišnje na svjetskoj razini otprilike jedna trećina proizvedene hrane baca. To odgovara ugrubo 1,3 milijarde tona hrane. Od toga se samo u Europi godišnje proizvede otprilike 90 milijuna tona hranidbenog otpada, a to pak odgovara 170 milijuna tona ekvivalenta CO₂ emitiranog u okoliš na godišnjoj razini. Emisije CO₂ za proizvođače predstavljaju dodatni financijski teret te su motivirani raditi na njihovom smanjenju.

Prehrambena industrija je odgovorna za čak 60% od ukupnog gubitka hrane tijekom same proizvodnje, distribucije i prodaje ([9], [10], [11]). A jedna od industrija s najvećim postotkom otpada i nusproizvoda jest industrija prerade voća i povrća.

Krajnji prehrambeni proizvod, to jest onaj koji dođe do potrošača i bude konzumiran često predstavlja i manje od 50 % početne sirovine, što znači da u procesu proizvodnje hrane istovremeno proizvodimo istu količinu i hrane

i otpada. Otpad od hrane koji završi na otvorenim odlagalištima prirodnim procesima koji slijede razgrađuje se te emitira značajne količine stakleničkih plinova.

Iz tog razloga rastu potrebe za pretvorbom nusproizvoda voća i povrća u komercijalno vrijedne proizvode, prvenstveno izvore bioaktivnih spojeva i prehrambenih vlakana.

Održivo gospodarenje otpadom voća i povrća stoga je imperativ, kao i razvoj novih tehnika kojima bi se omogućila njihova učinkovita reciklaža i ponovno korištenje u svrhu proizvodnje hrane dodane vrijednosti ([11]).

Dodatno, korištenje održivih tehnologija temeljenih na principu nisko temperaturnih režima obrade (kao što je primjerice ultrazvučna ekstrakcija) istovremeno smanjuju i potrošnju energenata, utječu na očuvanje izvornih nutritivnih vrijednosti sirovina, poboljšavaju bioraspoloživost nutrijenata uz očuvanje senzorskih svojstava.

Razvoj inovativnih metoda obrade hrane može povećati konkurentnost prehrambene industrije zbog poboljšanja kvalitete proizvoda, uvođenja novih proizvoda na tržište i smanjenja troškova proizvodnje.

Cikla i njeni nusproizvodi u kružnom gospodarstvu

Cikla se godinama u otprilike 90% slučajeva konzumirala kao povrće koje je minimalno procesirano. Međutim, uslijed mnogobrojnih spoznaja o njenom korisnom sastavu i potencijalu korištenja ne samo pulpe već i ostalih pripadajućih dijelova kao i njezinih pojedinih komponenti, cikla se u zadnje vrijeme koristi u razvitku i proizvodnji raznovrsnih prehrambenih proizvoda s blagotvornim učinkom na ljudski organizam. U svim slučajevima, procesiranje cikle stvara dostatnu količinu nusproizvoda i otpada kojeg, ovisno o situaciji, čine plodovi cikle koju se premali ili preveliki za namjeravanu upotrebu, kora cikle, pulpa, komina, lišće i stabljike, što znači da se, uz znatno povećanje količina cikle koja se uzgaja očekuje i znatno povećanje stvaranja procesnog otpada i nusproizvoda.

Pojedini nusproizvodi procesiranja cikle, kao što je njena kora, imaju značajan potencijal ponovnog korištenja u svrhu obogaćivanja pojedinih prehrambenih proizvoda. Kora predstavlja neiskorišteni otpad koji nastaje gotovo svakim postupkom prerade cikle, a u osnovi je dobrog nutritivnog sastava. Kora cikle sadrži 2 do 33% vlakana, 4 do 18 % proteina, te 10 do 12% minerala (ovisno o ekstrakcijskoj tehnici), od kojih je najbogatija kalijem.

Isto tako, sve se više istražuje njezin antioksidativni i općenito bioaktivni potencijal budući da je prepoznata kao bogata polifenolima i antioksidansima [12], [13].

Istraživanje

Cilj istraživanja koje provode tvrtke Eurofins Croatiakontrola d.o.o. i Naturala d.o.o. je procijeniti sveukupni potencijal korištenja kore cikle nastale kao nusproizvod u proizvodnji pasteriziranog povrća prethodno obrađenog pulsirajućim električnim poljem, i to, primjenom ultrazvučne i konvencionalne ekstrakcije betaina i vlakana iz kore cikle, te razvoj novih visokovrijednih proizvoda. Procijeniti će se životni ciklus procesa i proizvoda, kao i njihov utjecaj na okoliš.

U istraživanju se koriste dvije berbe cikle kako bi se procijenio utjecaj klimatskih promjena (količina oborina i temperaturni ciklusi) na prinos cikle (utjecaj korištenja gnojiva, sredstva za zaštitu bilja i navodnjavanja) te posljedično i na prinos betaina i prehrambenih vlakana.



Slika 11. Cikla nakon predtretmana pulsirajućim električnim poljem (izvor: vlastita arhiva)

Prva berba cikle podvrgnuta je predtretmanu s pulsirajućim električnim poljem u tvrtki Elea Technology GmbH u Quakenbrücku (Njemačka) u laboratorijskim uvjetima. Nakon toga provelo se povećanje kapaciteta predtretmana cikla u industrijskim mjerilima, te se druga berba cikla podvrgnula predtretmanu s pulsirajućim električnim poljem u tvornici Kanaan d.o.o. u Donjem Miholjcu.

Svrha provođenja predtretmana s pulsirajućim električnim poljem (PEP) najprije u laboratorijskim, a onda u industrijskim uvjetima je smanjenje nusproizvoda tj. kore iz prerade cikla. PEP je često korišten zbog poboljšanja prinosa ekstrakcije poželjnih komponenti iz različitih prirodnih materija. Naime, dobiveni učinci i reverzibilnog i ireverzibilnog elektromehaničkog raspada stanične membrane imaju mnoge primjene u prehrambenoj industriji, poglavito jer se smatra kako ne mijenjaju senzorska svojstva hrane te ne denaturiraju bjelančevine i većinu enzima.



Slika 12. Postupak odvajanja kore kao nusproizvoda (lijevo) i pripremljeni uzorak kore cikla postavljen u kućište ultrazvučnog aparata (desno) (izvor: vlastita arhiva)

Betain i prehrambena vlakna su se ekstrahirala na dva načina, pomoću ultrazvuka visoke snage i klasičnom toplinskom ekstrakcijom. Za ekstrakciju je odabrano zeleno otapalo etanol i voda. U ekstraktu je određen sadržaja

betaina, a u ekstrakcijskom ostatku određen je sadržaj ukupnih prehrambenih vlakana. Ekstrakt bogat betainom i ekstrakcijski ostatak bogat ukupnim prehrambenim vlaknima koristiti će se za kreiranje visokovrijednih proizvoda obogaćenih dodatkom betaina i prehrambenih vlakana.

Istraživanje je u tijeku, a preliminarni rezultati pokazuju da je prinos betaina i prehrambenih vlakana veći nakon ultrazvučne ekstrakcije u odnosu na klasičnu toplinsku ekstrakciju.

V. ZAKLJUČAK

Gorući problemi današnjeg svijeta, zagađenje, klimatske promjene, prekomjerno trošenje prirodnih resursa, neodgovarajuće zbrinjavanje otpada i sl. su neosporni, a kružna ekonomija predstavlja jedan od odgovora na njih. Dosljednom primjenom načela kružne ekonomije u idealnom slučaju otpad nikad ne nastaje.

Pri tome je potrebna promjena načina razmišljanja, čovječanstvo mora prihvatiti činjenicu da je vrijeme slobodnog trošenja prirodnih resursa i bezbrižnog odbacivanja svega neželjenog u prirodu prošlo. Osnove poslovnog upravljanja nalažu da se u donošenju poslovnih odluka uzimaju u obzir interesi svih dionika, kupaca, zaposlenih, dioničara, investitora i društvene zajednice, a na taj popis mora se dodati i priroda.

Potrebno je maknuti se od nastojanja prilagodbe prirode čovjeku na štetu te prirode jer to dugoročno gledano neizbježno znači činiti štetu i čovjeku.

Normizacija u području postizanja i dokazivanja kružnosti odvija se na međunarodnoj razini i donesen je niz normi kojima se definiraju osnovni pojmovi, predlažu dobre poslovne prakse te određuju načini mjerenja, praćenja i izvještavanja. Na svima nama je zadatak da se to ne pretvori u formalizam i prekomjerno dokumentiranje, izvještavanje je dobro, ali stvarna poboljšanja su ono što ima smisla.

Laboratoriji su oduvijek imali neizostavnu ulogu u razvoju novih i poboljšanju postojećih proizvoda, a zasigurno je imaju i u istraživanju i dokazivanju kružnosti. Postojeći i svi budući certifikacijski znakovi u ovom području moraju imati svoje uporište upravo i ispitnim rezultatima do kojih su došli kompetentni laboratoriji. Za očekivati je da će laboratoriji u ovom području sudjelovati sve više.

Ljudi kao pojedinci mogu postati obeshrabreni opsegom problema i količinom posla koji je pred nama, ali svatko bi trebao napraviti ono što može. To što ne možemo spasiti cijeli svijet ne bismo trebali koristiti kao izgovor da ne poduzimamo baš ništa.

LITERATURA

- [1] Great Pacific garbage patch (https://en.wikipedia.org/wiki/Great_Pacific_garbage_patch, 16.08.2024)
- [2] Great Pacific garbage patch (<https://gnosisnetwork.org/blog/repair-recycle-and-re-use-the-innovative-and-symbiotic-worlds-of-in-orbit-servicing-ios-and-space-surveillance-and-tracking-sst/>, 16.08.2024.)
- [3] Odlagalište tekstila u pustinji Atacama u Čileu (<https://www.nationalgeographic.com/environment/article/chile-fashion-pollution>, 16.08.2024.)
- [4] Tehnički odbor ISO/TC 323 Circular economy (<https://www.iso.org/committee/7203984.html>)
- [5] Tehnički odbor HZN/TO 323 Kružno gospodarstvo (<http://31.45.242.218/HZN/Adresar.nsf/wFrameset2?OpenFrameSet&Frame=Down&Src=%2FHZN%2FAdresar.nsf%2Fe7bef617b24c2dfac1256cba003aaa53%2Fb513431d2376ce0cc12587b9003938ea%3FOpenDocument%26AutoFramed>)
- [6] Kako nastaju i kome trebaju hrvatske norme. // Plivati s ISO-om i ostati živ – što je kvaliteta i kako njome upravljati u poslovnom i privatnom životu / Olga Štajdohar-Pađen, Zagreb, Kigen, 2009., str. 35-41
- [7] UN ciljevi održivog razvoja <https://www.un.org/development/desa/disabilities/about-us/sustainable.development-goals-sdgs-and-disability.html>
- [8] Norma ISO 59020:2024 Circular economy – Measuring and assessing circularity performance

- [9] Fernando, G.S.N., Wood, K., Papaioannou, E.H., Marshall, L.J., Sergeeva, N.N., Boesch, C. (2021) Application of an Ultrasound Assisted Extraction Method to Recover Betalains and Polyphenols from Red Beetroot Waste. *ACS Sustainable Chem. Eng.* 9, 8736-8747. doi:10.1021/acssuschemeng.1c01203
- [10] Fidelis, M., de Moura, C., Kabbas Junior, T., Pap, N., Mattila, P., Mäkinen, S., Putnik, P., Bursać Kovačević, D., Tian, Y., Yang, B., Granato, D. (2019) Fruit Seeds as Sources of Bioactive Compounds: Sustainable Production of High Value-Added Ingredients from By-Products within Circular Economy. *Molecules* 24, 3854. doi:10.3390/molecules24213854
- [11] Hussain, Z., Mishra, J. and Vanacore, E. (2020) Waste to energy and circular economy: the case of anaerobic digestion. *J. Enterp. Inf. Manag.*, 33, 817-838. doi:10.1108/JEIM-02-2019-0049
- [12] Ceclu, L., Nistor, O.V. (2020) Red Beetroot: Composition and Health Effects - A Review. *J Nutri Med Diet Care* 6. doi:10.23937/2572-3278.1510043
- [13] Shuaibu, B.S., Aremu, M.O., Kalifa, U.J. (2021) Chemical Composition and Antioxidant Activities of Beetroot Peel. *African Journal of Engineering and Environment Research* 2, 62-73. 14. Wen, L., Zhang, Z., Zhao, M., Senthamaraikannan, R., Padamati, R.B., Sun, D.W., Tiwari, B.K. (2020) Extraction of soluble dietary fibre from coffee silverskin: impact of ultrasound/microwave-assisted extraction. *Int. J. Food Sci. Techn.* 55, 2242-2250. doi:10.1111/ijfs.14477

ZNAČAJ I ULOGA SENZORSKIH OCJENJIVANJA U PROCJENI KVALITETE MLIJEČNIH PROIZVODA

N. Antunac, N. Mikulec, I. Horvat Kesić, Š. Zamberlin, J. Špoljarić

Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet

Zavod za mljekarstvo

Svetošimunska 25, Zagreb, Hrvatska

E-mail: antunac@agr.hr

Sažetak – Sensorika je relativno mlada znanstvena disciplina što se može zaključiti na osnovu povijesnog pregleda važnijih događaja (izdavanje publikacija i ISO normi, razvoj i primjena analitičkih metoda, ocjenjivanje senzorske kvalitete proizvoda itd.). Ljudi svoja osjetila koriste za procjenu kvalitete hrane tisućama godina. U procjeni ukupne kvalitete prehrambenih pa tako i mliječnih proizvoda, senzorske analize imaju značajnu ulogu. Na osnovu senzorskih svojstava vanjskog izgleda, boje, mirisa, okusa i teksture a u manjoj mjeri i dodira, može se zaključiti je li neka hrana dobra (jestiva) ili nije za konzumaciju (toksična). Za zapažanje senzorskih svojstava proizvoda potrebni su osjetilni organi a svaki od njih putem centralnog živčanog sustava prenosi informacije za određeni raspon podražaja u mozak, u kojem se interpretira dolazeća informacija u percepciju, koja se pretvara u odgovor od strane pojedinca. Cilj rada je ukazati na značaj i ulogu senzorskih ocjenjivanja mliječnih proizvoda. Na primjeru senzorske ocjene sira, istaknuti će se svi važniji propisani zahtjevi o kojima treba voditi računa, od pripreme uzoraka, laboratorijskog prostora, ocjenjivača, pribora i opreme.

Ključne riječi: senzorska kvaliteta; senzorsko ocjenjivanje; laboratorij; sir

I. UVOD

Ocjena kvalitete mliječnih proizvoda temelji se na ocjeni fizikalno-kemijskih, mikrobioloških analiza i analiza zdravstvene ispravnosti proizvoda te senzorskih svojstava. U procjeni kvalitete proizvoda senzorske analize imaju značajnu ulogu. Ljudi koriste svoja osjetila za procjenu hrane već dugi niz godina. Već na osnovu izgleda, mirisa i okusa a u manjoj mjeri i dodira, može se zaključiti da li je neka hrana dobra (jestiva) ili nije za konzumaciju (toksična). Pod senzorskom kvalitetom podrazumijeva se skup senzorskih svojstava određenog proizvoda, koja uključuju vanjski izgled, boju, miris, konzistenciju i okus, a koja su maksimalno prihvatljiva za potrošača. Važniji događaji koji su obilježili početak senzorskih ocjenjivanja prehrambenih proizvoda (hrane) zabilježeni su u SAD-u 1913. g. izdavanjem normativnih standarda za maslac dok je natjecanje u senzorskoj kvaliteti mliječnih proizvoda (mlijeko i sir Cheddar) održano 1917. g. Godine 1957. objavljena je prva knjiga o senzornim analizama na poljskom jeziku (*Autor: Tilgner, D.J.*). U razdoblju od 1977. do 1982. objavljena su izdanja vezana uz terminologiju i određivanje okusa (ISO 5492:1977, ISO 5492:1979, ISO 5492:1981, ISO 5492:1982, ISO 3972:1979), dok su u Hrvatskoj te iste ISO norme prihvaćene kao HRN ISO 2010., 2014. i 2017. godine.

Važno je istaknuti otkriće kromatografskih metoda 1944. g., tekućinske kromatografije visoke djelotvornosti (HPLC) 1960. g., plinske kromatografije (GC) 1970. g. Od 1960.-1969. g. uvodi se metoda vezanog sustava plinske kromatografije-masene spektrometrije (GC-MS), koja se i danas smatra jednom od prikladnijih metoda u istraživanju okusa mliječnih proizvoda. Razdoblje od 1980. do 1990. g., obilježile su deskriptivne senzorske metode, koje su imale sve veći značaj u ocjeni kvalitete mliječnih proizvoda. Godine 1994. započela je u SAD-u primjena elektronskog nosa-instrumenta za identifikaciju mirisa u mliječnim proizvodima.

ZNAČAJ SENZORSKIH ANALIZA

Senzorskim analizama mliječnih proizvoda provodi se kritičko ocjenjivanje i interpretiranje osnovnih senzorskih svojstava koje ima neki proizvod. Na osnovu provedenih senzorskih analiza može se ocijeniti kvaliteta i ujednačenost mliječnih proizvoda. Na senzorsku ocjenu kvalitete proizvoda utječu uz čovjeka još i proizvod, okolišni uvjeti i primijenjene metode. Senzorska analiza ima nekoliko prednosti a to su: jednostavnost, relativno niski troškovi i rano otkrivanje nedostataka / pogrešaka određenog mliječnog proizvoda. Upravo su to razlozi zbog kojih nalazi sve veću primjenu u poboljšanju kvalitete postojećih proizvoda, u razvoju novih proizvoda te procjeni kvalitete proizvoda tijekom pohrane (skladištenja). Senzorska analiza mora biti objektivna, precizna i vjerodostojna. Nedostatak analize pripisuje se velikoj subjektivnosti te razlikama pri interpretaciji rezultata. U senzorsku analizu proizvoda uključen je veći broj stručnih ljudi (panel), a prednosti takvog načina ocjenjivanja su veća vjerojatnost donošenja objektivnih ocjena, bolja ponovljivost ocjenjivanja i izbjegavanje odstupanja ocjena u slučaju bolesti, umora, dekoncentracije i sl. Senzorska analiza nekog proizvoda može se provoditi i instrumentalnim metodama koje imaju određenih prednosti ali i nedostataka, budući niti jedna instrumentalna metoda ne može nadoknaditi čovjekova osjetila, razlikovanje mirisa, okusa i drugih osjećaja. Optimalna informacija o kvaliteti prehrambenog proizvoda rezultat je kombinacije senzorskih i instrumentalnih analiza.

FIZIOLOGIJA OSJETILNIH ZAPAŽANJA I SENZORSKA OSJETILA

Oči se koriste za ocjenu vanjskog izgleda (površine) i boje proizvoda. Od svih ljudskih osjetila, vid se najduže i najdetaljnije istražuje. Vidom se registriraju: vanjski izgled (površinu), pakiranje, proizvod u ambalaži i izvan ambalaže, masa i volumen proizvoda, boja, tekstura, ujednačenost kvalitete, eventualne pogreške (nedostatci). Vanjski izgled je u pravilu prvo svojstvo koje konzument percipira a često puta i odlučujući čimbenik prilikom kupovine proizvoda.

Nos se koristi za identifikaciju mirisa. Procjenjuje se da ljudi mogu prepoznati i procijeniti 10.000 mirisa. Receptori mirisa su *Schultz-ove* stanice smještene u gornjoj šupljini nosa. Podražaj mirisa stvaraju kemijske molekule koje isparavaju iz pojedinih tvari a da bi se mogle detektirati, moraju biti hlapljive kako bi mogle doprijeti do osjetilnih stanica u nosu. Nos je najosjetljiviji alat za detektiranje mirisnih tvari i u prednosti je pred instrumentalnim otkrivanjem različitih mirisa. Ljudski nos je od 10-100 puta osjetljiviji od različitih izvedbi instrumenata, tako da je istaknuti značaj senzorske ocjene u procjeni mirisa. Na osjet mirisa utječu: izloženost mirisu, koncentracija mirisne tvari, zdravstveno stanje osobe. Osjet mirisa je ograničen s velikom prisutnošću komponenata prisutnih u mješavini mirisa. Ljudi mogu registrirati u većoj mjeri miris kao cjeloviti uzorak nego kao individualnu komponentu.

Jezikom se percipira okus. Postoje četiri osnovna okusa: slatko, kiselo, gorko i slano. Receptori za njihovu percepciju nalaze se u osjetnim pupoljcima na jeziku (ima ih oko 10.000) a u jednom pupoljku od 4-20 receptornih stanica za okus. Okusne stanice žive samo jedan do dva tjedna, a zatim odumiru i zamjenjuju ih nove. Osjetilo mirisa i okusa su nerazdvojno povezani. Osjetilo okusa može varirati, ovisno o uvjetima pod kojima se konzumira hrana. Ako je osoba prehladna, ima začepljen nos, neće moći dobro osjetiti mirise, uslijed čega se može i promijeniti okus hrane. To potvrđuje pravilo da su miris i okus usko povezana osjetila. Vrlo je važna i temperatura hrane pa konzumacijom hrane u hladnom stanju okus se u znatnoj mjeri razlikuje nego kada je ona zagrijana. Viša temperatura pojačava okus slatkog, a hladnoća naglašava gorčinu. Prevruća hrana uništava okusne stanice, ali se one obnavljaju nakon nekoliko tjedana. Jačina osjetila okusa najjača je u djetinjstvu, a sa starenjem ona slabi. Osjetljivost okusa je najizraženija između 30 i 50. godine života dok je nakon 60. godine u značajnoj mjeri umanjena. Žene imaju osjetljiviji okus od muškaraca.

Preko kože se može identificirati dodir. Osjetila za dodir nalaze se na površini epitela usana, nepca, desni i jezika. Tekstura se odnosi na krutu hranu, viskoznost na homogenu, tekuću hranu a konzistencija na nehomogenu, tekuću hranu. Dodir se može procijeniti rukama, prstima, napravama, jezikom, ustima,

Ušima se otkriva mogućí slušni efekt. Zvuk hrane tijekom konzumacije može često puta biti važno u procjeni kvalitete. Zvukovi nastaju kada se hrana žvače, grize a predstavljaju odraz teksture namirnice (*npr. sir škripavac*). Slušne stanice primaju zvučne podražaje i pretvaraju ih u impulse.

Za zapažanje senzorskih svojstava proizvoda potrebni su osjetilni organi. Svaki osjetilni organ putem centralnog živčanog sustava prenosi informacije za određeni raspon podražaja u mozak. Mozak interpretira dolazeću informaciju u percepciju, koja se pretvara u odgovor od strane pojedinca. Lanac senzorskih zapažanja

može se prikazati na slijedeći način: *Stimulans* → *Osjećaj* → *Percepcija* → *Odgovor*. Stimulans šalje odgovor putem živčanih vlakana u mozak. Specifična mjesta u mozgu stimulirana su sa početnim unosom i mozak interpretira dolazeću informaciju u percepciju. Ova percepcija se pretvara u odgovor od strane pojedinca.

Senzorska osjetila u ljudi su različite osjetljivosti prema podražajima. Senzorske sposobnosti ocjenjivača mogu se provjeriti standardiziranim testovima identifikacije okusa i mirisa te razlikovanjem graničnih razlika. Testovi se provode sa standardnim otopinama u koncentracijama višim od praga osjetljivosti prosječnog čovjeka. Danas su dostupni detaljni postupci pripreme standardnih otopina za identifikaciju pojedinih nuzokusa (kiseli, gorak, po kuhanom, vodenast, po luku i češnjaku, metalan/oksidiran, užegnuti, po hrani, voćni, zagorjeli, karameliziran).

Ocjena senzorske kvalitete mliječnih proizvoda bazira se na osjetilima okusa, mirisa, vida, dodira, sluha. Ocjenjivači svojim osjetilima percipiraju određeni proizvod, kritički ga ocjenjuju tražeći njegove nedostatke (mane, pogreške) te interpretiraju njegova senzorska svojstva. Senzorska osjetila ljudi su različite osjetljivosti prema podražajima.

PRIPREMA UZORAKA I PROSTOR ZA OCJENJIVANJE

Priprema uzoraka mliječnih proizvoda obuhvaća niz radnji koje treba provesti na propisan način, što uključuje: uzorkovanje od strane organizatora ocjenjivanja ili stručnog povjerenstva, transport uzoraka u prijenosnim hladnjacima pod odgovarajućim temperaturnim uvjetima koji se razlikuju ovisno o vrsti proizvoda. Broj uzoraka ovisi o broju članova ocjenjivačkog povjerenstva, budući svaki član mora dobiti originalni uzorak u originalnom pakovanju. Također, broj uzoraka ovisi i o broju svojstava koje treba analizirati, vrsti odabranog testa, iskustvu ocjenjivača, motiviranosti ocjenjivača. Prostor za pripremu uzoraka i za samo senzorsko ocjenjivanje propisan je u normi HRN EN ISO 8589 (2010) *Senzorske analize- Opće uputstvo za projektiranje prostorija za ispitivanje*. Prostor za pripremu uzoraka mora biti opremljen s različitom opremom (perilica posuđa, električna oprema za pohranu i pripremu uzoraka, vage, mikser, mikrovalna peć, itd). Osvjetljenje prostora mora biti jakosti od 1.000 do 1.500 Luxa i što sličnije dnevnom osvjetljenju. Svjetlo mora biti izravno usmjereno na površinu uzorka. Linija promatranja ocjenjivača mora biti pod kutem od 45° u odnosu na površinu. Prostor mora biti zaštićen od buke i stranih mirisa s osiguranom temperaturom radnog prostora od 21 do 22°C i relativnom vlažnosti zraka od 60-70%. Pripremljeni uzorci za ocjenjivanje moraju biti šifrirani kako bi se spriječila eventualna pristranost pri samom ocjenjivanju. Uzorci se moraju prezentirati ocjenjivačima u rastućem nizu intenziteta okusa i mirisa. Između analiziranja dva uzorka, ocjenjivači mogu koristiti sredstva za neutralizaciju okusa (voda mineralna i prirodna, kruh, badem, jabuka, vino...) odnosno kava u zrnju za neutralizaciju mirisa. Uz prostorije za senzorsko ocjenjivanje proizvoda, mogu se nalaziti dvorana za sastanke, ured, prostor za rad ocjenjivačkog povjerenstva, kabine za ocjenjivače, prostor za pripremu i pohranu uzoraka. Kabine za ocjenjivače mogu biti postavljene u nizu odnosno po sistemu „riblja kost“. Radna površina u kabini mora biti min. široka 0,9 m, duboka min. 0,6 m i visine 0,75 m od poda.

Ocjenjivači moraju imati izraženu oštrinu osjetila, moraju biti motivirani, skloni timskom radu i argumentirano obrazložiti svoju ocjenu u slučaju veće bodovne razlike od dozvoljene. Odabir ocjenjivača provodi se na osnovu zainteresiranosti, motiviranosti, urođenih ili naknadno stečenih senzorskih sposobnosti što se provjerava standardiziranim testovima, na osnovu identifikacije različitih koncentracija okusa i mirisa. Na senzorsku analizu mogu utjecati: očekivana pogreška, poticajna pogreška, logička pogreška, pogreška ublažavanja, učinak sugestije, motiviranost ocjenjivača itd. Razlikuju se stručni ocjenjivači koji moraju biti obučeni za ocjenjivanje i koji moraju imati određeno iskustvo, senzoričari moraju uz teoretska znanja imati i praktična znanja. Optimalan broj ocjenjivača je 5, minimalan 3 a maksimalan 7 (u pravilu je neparan). Ocjenjivanjem rukovodi voditelj, osoba s velikim teoretskim znanjem i praktičnim iskustvom u tom području. Preporuča se da ocjenjivači koriste termine koji definiraju senzorska svojstva pojedinih proizvoda. Cilj ocjenjivanja je postići standardnu kvalitetu finalnog proizvoda. Broj potencijalnih ocjenjivača na početku odabira mora biti 3-4 puta veći od konačnog broja ocjenjivača. Opći zahtjevi za odabir, praćenje odabranih ispitivača i stručnih senzorskih ispitivača propisani su standardom norme HRN EN ISO 8586:2014. Redoslijed serviranja proizvoda mora biti unaprijed planiran. Ocjenjivači ne smiju znati naziv proizvoda i ime proizvođača, moraju biti upoznati s deklaracijom proizvoda. Od senzorskih svojstava ocjenjuju se: vanjski izgled, boja, konzistencija, struktura sirnog tijesta i prerez (ako se radi o siru), miris, okus.

Priprema uzoraka uključuje odmrzavanje, pripremu, zagrijavanje (kuhanje). Uzorci se moraju servirati pri temperaturi pri kojoj se oni uobičajeno konzumiraju. Tijekom ocjenjivanja temperatura mora ostati ujednačena,

kako bi rezultati mogli biti usporedivi. Uzorak mora biti jednoličan, homogen i reprezentativan. Količina i temperatura uzorka može utjecati na ponovljivost rezultata. Količina npr. vina, mlijeka, fermentiranih tekućih mlijeka, puni se do 1/3 volumena čaše, količina meda mora biti min. 10 g, omjer volumena meda i praznog dijela u čaši mora iznositi 1:5. Broj uzoraka koji se može u jednom danu ocijeniti je limitiran zbog zamora osjetila. Preporuka je ocijeniti u jednom danu max. 30 mliječnih proizvoda, 15 uzoraka meda, 40 uzoraka vina, 12 uzoraka maslinovog ulja.

Pribor, čaše za ocjenjivanje npr. vina moraju udovoljavati standardima propisanim u normi HRN ISO 3591:1999 odnosno u normi HRN ISO 16657:2007 za maslinovo ulje. Oblik, veličina i materijal od kojega su čaše izrađene, mora omogućiti koncentriranje mirisa pri vrhu čaše. Korištenjem pribora standardiziranog oblika, veličine i materijala, izbjegava se utjecaj brojnih izvora varijabilnosti koji mogu utjecati na rezultat ocjenjivanja.

OCJENJIVANJE SENZORSKE KVALITETE SIRA

Danas se u svijetu proizvodi veliki broj različitih vrsta sireva (>2000). Svaki pojedini sir ima specifična senzorska svojstva. Sir je kvalitetan kada svojim fizikalno-kemijskim sastavom, mikrobiološkom i senzorskom kvalitetom te zdravstvenom ispravnošću zadovoljava propisane zahtjeve. Senzorska kvaliteta sira važna je kako za proizvođača tako i za potrošača kao krajnjeg konzumenta. Rezultat je pojedinih senzorskih svojstava (vanjski izgled, boja, prerez, konzistencija/tekstura, miris, okus). Senzorska svojstva sira određuju njegovu kvalitetu, koje postajemo svjesni preko osjetila tijekom konzumacije. Različita senzorska svojstva sira rezultat su kemijskih i mikrobioloških svojstava sirovog mlijeka, specifičnih faza u tehnološkom procesu proizvodnje pojedinog sira i vanjskih utjecaja tijekom zrenja. Uvjeti proizvodnje sira određuju tijek biokemijskih procesa, koji pridonose razvoju različitih senzorskih svojstava. Vanjski izgled sira je prvo svojstvo koje ocjenjivači ocjenjuju. Preko vida stječu doživljaj oblika sira, izgleda kore sira, prisutnosti sirnih očiju i njihove veličine i raspoređenosti na prerezu. Vizualni izgled sira može često puta utjecati na doživljaj drugih svojstava. Većina danas poznatih vrsta sireva je standardizirana, što znači da je poznati opis sira kao i kemijski sastav sira (udio masti u suhoj tvari i minimalni udio suhe tvari), aditivi koji se mogu koristiti u proizvodnji (njihova oznaka, naziv i maksimalna količina). Ocjenjivači koji ocjenjuju senzorsku kvalitetu sira, morali bi biti upoznati sa senzorskim svojstvima sira, koja su karakteristična za svaku pojedinu vrstu sira. Svako odstupanje od idealnog svojstva smatra se pogreškom (nedostatkom ili manom). Pogreške vanjskog izgleda mogu biti previsoki ili prenizak sir, neravni rubovi, neodgovarajuće dimenzije, deformiran sir, nečista površina, nedovoljna njega sira itd. Vanjski izgled sira uključuje i promjene izgleda kore sira (tanka, debela, raspucana, hrapava, sluzava, vlažna), crvenkaste mrlje na površini, razvoj plijesni i dr. Drugo svojstvo koje se ocjenjuje je boja sira. Sirevi proizvedeni od kravljeg mlijeka žućkaste su boje različitog intenziteta dok su sirevi proizvedeni od kozjeg mlijeka izrazito bijele boje i to se ne smatra pogreškom. Pogreške boje su: neujednačena boja, bijele mrlje na kori, izbijeljena površina, prošaran ili prugast, blijeda boja i dr. Na osnovu prereza sira može se zaključiti o kakvoj kvaliteti sira se radi. Pogreške prereza su: nepravilni raspored i veličina sirnih očiju, spužvasti prerez sira, rano nadimanje sira i dr. Konzistencija sirnog tijesta je važno svojstvo koju ocjenjivač doživljava osjetilima dodira i izgleda. Termini koji se odnose na konzistenciju sira su: suha, pjeskovita, mrvičasta, zrnasta, lomljiva, gruba, gumasta, žilava, tvrda, elastična, mekana i dr. Na kraju ocjenjuje se okus sira koji je za konzumenta u konačnici i najvažnije svojstvo. Okus sira potječe od pojedinih sastojaka mlijeka a razvija se tijekom zrenja. Najčešće pogreške okusa sira su: kiseli, gorak, užegnuti, nečisti, po kvascima, po hrani, metalan, atipični, voćni okus.

II. ZAKLJUČAK

Senzorska svojstva (vanjski izgled, boja, tekstura/konzistencija, miris i okus) vrlo su važna u određivanju prihvatljivosti određenog proizvoda za konzumaciju. Iz toga razloga provode se senzorske analize kojima se procjenjuju senzorska svojstva hrane općenito pa tako i mliječnih proizvoda, s osjetilima vida, dodira, sluha, okusa i mirisa. Svoju primjenu imaju kod prerađivača (pri razvoju novih proizvoda, tijekom proizvodnje i pohrane odnosno skladištenja) i potrošača (pri kupovini i tijekom konzumiranja). Senzorska ocjenjivanja mliječnih proizvoda (sireva) provode se u pravilu nakon provedenih fizikalno-kemijskih i mikrobioloških analiza odnosno nakon utvrđene zdravstvene ispravnosti proizvoda.

LITERATURA

- [1] N. Antunac, N. Mikulec, *Senzorska svojstva mlijeka i mliječnih proizvoda*, Priručnik Sveučilišta u Zagrebu Agronomskog fakulteta. Zagreb, 2018.
- [2] S. Clark, M. Costello, M. Drake, F. Bodyfelt, *The sensory Evaluation of Dairy Products*, Second edition, Springer, USA, 2009.
- [3] FIL-IDF *Sensory evaluation of dairy products by scoring – reference method*, No. 99C, International Dairy Federation, Brussels, Belgium, 1997.
- [4] HRN ISO *Senzorske analize – Čaše za kušanje vina*, Broj 3591, Hrvatski zavod za norme, Zagreb, 1999.
- [5] HRN ISO *Senzorske analize – Čaše za kušanje maslinovog ulja*, Broj 16657, Hrvatski zavod za norme, Zagreb, 2007.
- [6] HRN EN ISO *Senzorske analize - Opće uputstvo za projektiranje prostorija za ispitivanje*, Broj 8589, Hrvatski zavod za norme, Zagreb, 2010.
- [7] HRN EN ISO *Senzorske analize - Opće upute za odabir, izobrazbu i praćenje odabranih ispitivača i stručnih senzorski ispitivača*, Broj 8586, Hrvatski zavod za norme, Zagreb, 2014.
- [8] HRN EN ISO *Senzorske analize – Opće upute za odabir, izobrazbu i praćenje odabranih ispitivača i stručnih senzorskih ispitivača*, Broj 8586, Hrvatski zavod za norme, Zagreb, 2014.
- [9] *Pravilnik o sirevima i proizvodima od sireva*, Narodne novine, Broj 141, Ministarstvo poljoprivrede. Zagreb, 2013.
- [10] Sabadoš, D. (1970). *Tehnologija mlijeka i mliječnih proizvoda*. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet. Zagreb.



CROATIAN LABORATORIES CROLAB
HRVATSKI LABORATORIJI CROLAB