VZDRŽEVALEC

Številka 215-216, december 2025

Srečno 2026!



DRUŠTVO VZDRŽEVALCEV SLOVENIJE DVS

Kongres prihodnosti vzdrževanja
16.-17. april 2026

https://www.drustvo-dvs.si/



Osrednja tema:
NOVOSTI V VZDRŽEVANJU

- Pregled glavnih sprememb v SIST ISO 55001:2024
- Vzdrževanje sončnih elektrarn: Redno vzdrževanje in pregledi sončnih elektrarn zagotavljajo varno in zanesljivo obratovanje
- Vpliv čistoče hidravlične kapljevine na delovanje hidravličnih sistemov

- Vabilo na Kongres prihodnosti vzdrževanja
- Vabilo na redno skupščino DVS



31. TPVS
KONGRES PRIHODNOSTI VZDRŽEVANJA

16. in 17. april 2026

Izkoristite *ekskluzivno priložnost* in si zagotovite brezplačno vstopnico:

SKENIRAJ ME!

Mednarodni industrijski sejem

14.-17. APRIL 2026

Celjski sejem





DRUŠTVO VZDRŽEVALCEV SLOVENIJE
DVS

VZDRŽEVALEC 215–216
oktober–december 2025

ISSN 1318-2625

Vzdrževalec je revija Društva vzdrževalcev Slovenije.

Izhaja najmanj 2x in največ 4x letno.

Ustanovitelj in izdajatelj:
Društvo vzdrževalcev Slovenije
Stegne 21 c, 1000 Ljubljana

Naslov uredništva:
DVS, Stegne 21 c
1000 Ljubljana

Uredniški odbor:
Člani:
mag. Viktor Jemec, urednik
mag. Ivan Božič, član
Kamilo Domitrovič, član
dr. Matjaž Maletič, član
Helena Mladenović Jerman, članica
dr. Jože Pihler, član
Bojan Šinkovec, član

Tehnični urednik: Darko Cafuta

Lektoriranje:
Nuša Fujan, prof.

Oblikovanje in priprava za tisk:
Vanja Dolhar

Tisk:
SCHWARZ PRINT d. o. o.
Ljubljana

Naklada:
600 izvodov

Na podlagi Zakona o davku na dodano vrednost sodi revija med proizvode, za katere se obračunava in plačuje davek na dodano vrednost po stopnji 5 %.

Identifikacijska številka:
SI21189455

Transakcijski račun:
02017-0016297854

BESEDA UREDNIKA



Spoštovani člani društva in bralci!

Ko vstopamo v novo leto, je pred nami številka Vzdrževalca, ki najbolje odraža, kako široko, napredno in strateško pomembno je naše področje. Leto 2025 zaključujemo v trenutku, ko vzdrževanje in obvladovanje premoženja v Sloveniji dobivata nov zagon – strokovni, organizacijski in mednarodni. **To potrjuje tako prenovljeno, okrepljeno delovanje Društva vzdrževalcev Slovenije ob 50-letnici kot tudi izjemen uspeh: pridobitev organizacije EuroMaintenance 2028, ki bo prvič v zgodovini potekala v Sloveniji.**

Vzdrževanje postaja povezovalna, strateška in digitalno podprta dejavnost, ki zahteva celovit pogled, interdisciplinarno znanje in zrelost vseh deležnikov. Le s takšnim pristopom bomo kos izzivom prihodnosti.

V tej dvojni številki predstavljamo vrsto vsebin, ki dokazujejo, da se stroka razvija v koraku s svetovnimi trendi – in jih pogosto tudi soustvarja. **Posodobljeni standard SIST ISO 55001:2024 postavlja nove temelje obvladovanja premoženja, od podatkovne pismenosti do trajnosti.** Z njo se neposredno povezuje tudi prispevek o krožnem vzdrževanju, ki prikazuje, kako lahko prehod iz linearnih v regenerativne modele upravljanja prinese večjo odpornost, racionalnejšo rabo virov in konkurenčne prednosti. Prispevki o sončnih elektrarnah, sistemih STV, ESD-varnosti, čistoči hidravličnih kapljevin in orodjih z UI-termografijo kažejo, kako pomembne so varnost, zanesljivost in preventiva v okolju, kjer je tehnične sisteme vedno težje obvladovati brez poglobljenega znanja.

Številka prinaša tudi vse več poudarka digitalizaciji, umetni inteligenci in Industriji 5.0 – temam, ki so jih letos izpostavili na konferenci IRT Portorož, na MeditMaint 2025 in v evropskih projektih, kot je MORE4Sustainability. Vzdrževalec tako predstavlja presek tem, ki nas čakajo tudi v prihodnjih letih: zrelost v procesih, odgovorno ravnanje z viri, digitalno podprto odločanje in razvoj kompetenc vseh, ki delamo v vzdrževanju.

Ponosno predstavljamo tudi delo DVS v Sloveniji in tujini – od aktivnega sodelovanja v odborih EFNMS in GFMAM do priprave 31. TPVS ter izjemnega zagona prenovljenega društva, ki danes povezuje več kot 40 aktivnih članov v odborih, programskih skupinah in uredništvu. Leta 2026 nas čaka še več sodelovanja, novih programov, usposabljanj, mednarodnih aktivnosti in priložnosti za celotno stroko.

Vzdrževanje že dolgo ni več »tiha« funkcija. Je temelj varnosti, trajnosti, produktivnosti in konkurenčnosti. Je stroka, ki potrebuje znanje, povezovanje, izmenjavo izkušenj – in prav to želi nuditi Vzdrževalec. Naj nas še naprej povezuje želja po odličnosti in odgovornosti za stabilno, zanesljivo in trajnostno prihodnost.

Naslednja številka Vzdrževalca izide v aprilu kot zbornik **31. TPVS – »Kongres prihodnosti vzdrževanja«**. Avtorje vabimo, da nam čim prej pošljejo svoje prispevke na temo vzdrževanja (več v najavi).

Tej številki je priložen lepo oblikovan **koledar DVS 2026, ki vas bo vse leto vodil skozi vzdrževalska dela**.

Naj nas prijetno vzdušje med domačimi in prijatelji vodi v ponosno praznovanje dneva samostojnosti in božično-novoletne praznike ter zdravo v

Dobro,
Veselo in
Srečno 2026!

To vam želimo vodstvo društva, člani uredniškega odbora ter

urednik revije, mag. Viktor Jemec.

KAZALO

3 mag. Viktor Jemec
UVODNIK

8 dr. Viktor Lovrenčić
50 LET DVS – PRENOVA, POVEZOVANJE IN POGLED V PRIHODNOST VZDRŽEVANJA V SLOVENIJI

10 dr. Viktor Lovrenčić
VABILO NA REDNO SKUPŠČINO DVS

11 **NAJAVA 31. TEHNIŠKEGA POSVETOVANJA VZDRŽEVALCEV SLOVENIJE (TPVS), »KONGRES PRIHODNOSTI VZDRŽEVANJA«**

12 Helena Mladenović Jerman
RAZPIS ZA NAJ DIPLOMO IZ VZDRŽEVANJA

16 dr. Damjan Maletič in dr. Matjaž Maletič
SIST ISO 55001:2024 – PREGLED GLAVNIH SPREMEMB V DRUGI IZDAJI STANDARDA

20 Andraž Tancek
VAROVALNE ROKAVICE ZA VARILCE

26 dr. Viktor Lovrenčić, Milan Klemenc mag., Iztok Gornjak, Ana Lovrenčič mag. in Jernej Fijavž
REDNO VZDRŽEVANJE IN PREGLEDI SONČNIH ELEKTRARN ZAGOTAVLJAJO VARNO IN ZANESLJIVO OBRATOVANJE

38 dr. Hasan Avdić, mag. Viktor Jemec in Alma Avdić
KROŽNO (CIRKULARNO) VZDRŽEVANJE IN TRAJNOST

45 Bojan Šinkovec
JAPONSKA KULTURA VZDRŽEVANJA IN KAJ SE LAHKO IZ NJE NAUČIMO – BLOG, 18. 11. 2025

47 Uroš Korošec
SISTEM ZA NUJNI IZKLOP (ESD)

49 dr. Nika Brili
UPORABA TERMOGRAFIJE IN UI PRI OBRABI ORODIJ

54 dr. Peter Meža
OPTIMIZACIJA SISTEMOV SANITARNE TOPLE VODE (STV) ZA PREPREČEVANJE NASTANKA LEGIONELE V STANOVANJSKIH IN KOMERCIALNIH STAVBAH

60 Franc Majdič
VPLIV ČISTOČE HIDRAVLIČNE KAPLJEVINE NA DELOVANJE HIDRAVLIČNIH SISTEMOV

66 Dragan Kusić
NOVOSTI S PODROČJA BRIZGALNIH STROJEV

68 Miha Marušič
REPARATURNO VARJENJE ALUMINIJA – UPORABNOST V VZDRŽEVANJU

73 Kamilo Domitrovič
MENJAVA EKSPANZIJSKE POSODE

74 Dr. Viktor Lovrenčić, Janez Tomažin
POMEMBNA SESTANKA GENERALNE SKUPŠČINE EFNMS V VILNI IN ATENAH

77 mag. Andrej Androjna
PROJEKT MORE4SUSTAINABILITY: EVROPSKO SODELOVANJE NA PODROČJU VZDRŽEVANJA IN OBVLADOVANJA PREMOŽENJA ZA TRAJNOSTNO PRIHODNOST

78 mag. Andrej Androjna
GLOBALNO POVEZOVANJE STROKE: GFMAM, WPIAM IN KONFERENCA IPWC V SYDNEYJU

81 mag. Viktor Jemec
JUBILEJNO 30. MEDNARODNO STROKOVNO SREČANJE MEDITMAINT 2025

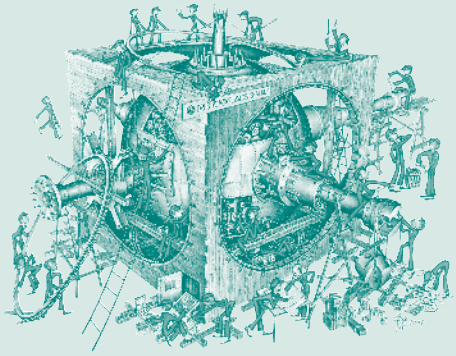
82 mag. Viktor Jemec
IRT PORTOROŽ 2025: INOVACIJE, INDUSTRIJA 5.0 IN NOVA VLOGA VZDRŽEVANJA V DIGITALNI DOBI

84 Boštjan Malavašič
POROČILO S TPVS (DAN VZDRŽEVANJA) – OKROGLA MIZA

86 Boštjan Malavašič
PRIHODNOST VZDRŽEVANJA

88 mag. Viktor Jemec
S PONOSOM NA PREHOJENO POT

92 Jaka Zavašnik
ČIŠČENJE BREZ ABRAZIJE: PRISTOP ZA OBČUTLJIVE POVRŠINE



NAVODILA AVTORJEM

Vsak članek naj bo po vsebini zaključena celota, tudi če je v nadaljevanjih, in naj ne presega osem tipkanih strani v urejevalniku teksta Word, stil Arial, font 11. Članke pošiljajte po elektronski pošti na uredništvo revije: tajnik@drustvo-dvs.si.

Vse skice, fotografije, načrte in ostalo slikovno gradivo lahko pošljete po pošti na naslov DVS, Stegne 21 c, 1000 Ljubljana. Zaradi možnih napak pri konverziji člankov, poslanih po elektronski pošti, priložite k slikovnemu gradivu tudi izpis članka na vašem tiskalniku. Vse fotografije in skice, ki jih imate vključene v urejevalniku, obvezno pošljite na CD-ju ali po elektronski pošti posebej.

Članki morajo biti v uredništvu vsaj 20 dni pred izdajo revije. Za vsebino, ki naj bo namenjena vzdrževalni stroki, odgovarjajo avtorji sami.

Članki morajo na začetku vsebovati naslov, navedbo ključnih besed in kratek povzetek (nekaj stavkov) v slovenskem in angleškem jeziku. Avtorji naj k članku priložijo tudi osebno fotografijo. Ob koncu članka naj obvezno navedejo strokovno literaturo, svoje ime in priimek ter podjetje, kjer so zaposleni. Navodila avtorjem so podrobno navedena tudi na http://www.drustvo-dvs.si/.

Za izplačilo honorarja preko avtorske agencije potrebujemo od avtorja še naslednje podatke: kraj bivališča, davčno številko, številko transakcijskega računa in banko, pri kateri je ta odprt, telefon in naslov elektronske pošte.

KONTAKTI DRUŠTVA

E-pošta: **tajnik@drustvo-dvs.si**
revija@drustvo-dvs.si

- Vsak dan na mobilni telefon **041 387 432**.
- Internet naslov: **http://www.drustvo-dvs.si/**.

POVZETKI ČLANKOV

Doc. dr. Damjan Maletič in doc. dr. Matjaž Maletič

SIST ISO 55001:2024 – PREGLED GLAVNIH SPREMEMB V DRUGI IZDAJI STANDARDA

Julija 2024 je bila objavljena druga izdaja mednarodnega standarda SIST ISO 55001:2024, ki določa zahteve za sistem vodenja za upravljanje premoženja. Ker je druga izdaja že nekaj časa v uporabi, je prav, da osvetlimo nekatere novosti, ki jih je prinesla. Druga izdaja prinaša pomembne spremembe glede na različico iz leta 2014 in odraža razvoj dobrih praks, nove zahteve poslovnega okolja ter večji poudarek na podatkovno podprtem odločanju, trajnosti in dolgoročni vrednosti premoženja. Članek predstavlja pregled ključnih sprememb, ki jih uvaja izdaja 2024, in njihov vpliv na organizacije, ki uporabljajo ali nameravajo uporabiti standard. Obstoječi imetniki certifikatov po standardu SIST ISO 55001:2014 bodo morali svoje sisteme uskladiti z novo izdajo do julija 2027.

Ključne besede: *obvladovanje premoženja, SIST ISO 55001:2024, novosti*

Članek št.: *1227*

Andraž Tancek

VAROVALNE ROKAVICE ZA VARILCE

Članek obravnava tveganja, ki nastajajo pri različnih postopkih varjenja, in vlogo osebne varovalne opreme, s posebnim poudarkom na zaščitnih rokavicah za varilce. Na kratko so predstavljena glavna tveganja (optična sevanja, vročina, staljena kovina, mehanske nevarnosti) ter pomen pravilno izbrane osebne varovalne opreme.

Osrednji del je namenjen varovalnim rokavicam: zakaj se pri varjenju skoraj izključno uporablja usnje, kakšne so zahteve glede vsebnosti Cr (VI) po EN ISO 21420 ter katere zahteve za toplotno in mehansko zaščito postavljajo standardi EN 388, EN 407 in EN 12477.

Pojasnjena je razlika med rokavicami tipa A in tipa B ter podane so praktične smernice za izbiro glede na postopek varjenja (MMA/REL, MIG/MAG, TIG, plamensko varjenje in rezanje).

V zaključku so izpostavljene najpogostejše napake pri izbiri rokavic iz uporabniške prakse ter kratek pregled, na kaj mora uporabnik vedno paziti pri nakupu in zamenjavi rokavic.

Članek se osredotoča izključno na zaščito rok; v prihodnjih prispevkih bodo podrobneje obravnavana še druga tveganja za varilce.

Ključne besede: *varovalne rokavice za varilce, osebna varovalna oprema, toplotna tveganja, mehanska tveganja, brizgi staljene kovine, usnjene rokavice, standard EN 12477, izbira ustrezne zaščite*

Članek št.: *1228*

dr. Viktor Lovrenčić, univ. dipl. inž. el., Milan Klemenc, mag., Iztok Gornjak, univ. dipl. gosp. inž. str., Ana Lovrenčič, mag. inž. el., Jernej Fijavž, univ. dipl. inž. el.

REDNO VZDRŽEVANJE IN PREGLEDI SONČNIH ELEKTRARN ZAGOTAVLJAJO VARNO IN ZANESLJIVO OBRATOVANJE

Primer poročila o stanju male sončne elektrarne na osnovni šoli

Številne objave in zapisi o varnosti obratovanja sončnih elektrarn, primer poročila o stanju male sončne elektrarne na osnovni šoli ter primer dobre prakse pregledov in čiščenja sončnih elektrarn v industrijskem okolju so spodbudili pripravo tega prispevka o pomembnosti in nujnosti rednega vzdrževanja ter pregledov sončnih elektrarn, ki zagotavljajo varno in zanesljivo obratovanje. Veliko prispevkov se osredotoča predvsem na požarno varnost sončnih elektrarn. Slovenska javnost je o tovrstnih dogodkih, zlasti požarih, redno obveščena, vendar pogosto brez celovitih informacij o vzrokih.

Strokovna javnost opozarja na pomen rednih pregledov in vzdrževanja fotonapetostnih sistemov, priključenih na omrežje, v skladu z zahtevami predpisov in standardov v Sloveniji (npr. članek v reviji Vzdrževalec, št. 211–212, januar–marec 2025). V nadaljevanju uporabljamo izraz sončna elektrarna namesto fotonapetostna oziroma fotovoltaična naprava ali sistem. Dodatna spodbuda za prispevek je konkretni primer slabega vzdrževanja sončne elektrarne in posledic za varnost, zanesljivost in ekonomičnost obratovanja, vključno z izpadi proizvodnje.

Izpostavljen je tudi pomemben vidik kompetenc vseh deležnikov v procesu načrtovanja, gradnje, obratovanja in vzdrževanja sončnih elektrarn ter vloge lastnikov oz. skrbnikov skozi celoten življenjski cikel naprav – še posebej ob zavedanju izjemno velikega števila nameščenih naprav. Ob koncu leta 2024 je bilo v Sloveniji na omrežje priključenih več kot 65.000 naprav, od tega nekaj več kot polovica v lasti fizičnih oseb. Številni lastniki, zlasti fizične osebe, se žal ne zavedajo, da morajo biti skladno z zakonodajo ustrezno poučeni oziroma usposobljeni za upravljanje male elektrarne.

Med predstavljenimi varnostnimi tveganji je tudi primer električnega udara v sončni elektrarni s hranilnikom, v katerem sta bila poškodovana dva monterja elektrodistribucije. Distribucijsko podjetje je izvedlo temeljito analizo vzrokov nezgode in uvedlo dodatne ukrepe za varnost in zdravje pri delu, zlasti glede tveganj električnega udara in električnega obloka. Prispevek poudarja potrebo po dosledni uporabi vseh petih varnostnih pravil za delo v breznapetostnem stanju ter po sistematičnem usposabljanju za delo pod napetostjo. V praksi je pri izvajalcih in vzdrževalcih sončnih elektrarn ocena tveganj zaradi nevarnosti električnega toka pogosto zanemarjena. Temu se pridružujejo še pomanjkljive prakse varovanja delavcev pri gradnji in vzdrževanju, saj gre skoraj vedno za delo na višini.

Ključne besede: *sončne elektrarne, varnost, kompetence, periodični pregledi, vzdrževanje*

Članek št.: *1229*

Dr. Hasan Avdić, mag. Viktor Jemec in Alma Avdić

KROŽNO (CIRKULARNO) VZDRŽEVANJE IN TRAJNOST

V tem članku prikazujemo raziskovanje integracije krožnega gospodarstva, upravljanja premoženja in krožnega vzdrževanja kot medsebojno povezanih konceptov, ki prispevajo k trajnosti tehničnih sistemov. S pomočjo teoretične analize, povezovalnih mehanizmov, motivatorjev ESG, omejitev in praktičnih implikacij je prikazana potreba po prehodu z linearnega na regenerativni model upravljanja premoženja.

Posebna pozornost je namenjena tehničnim, organizacijskim, standardizacijskim, sektorskim in strateškim vidikom izvajanja s pregledom izzivov in pogojnih dejavnikov, ki oblikujejo kontekst uporabe. Članek kaže, da vzdrževanje ni več le operativna funkcija, ampak strateško orodje za doseganje dolgoročne vrednosti, odpornosti in okoljske odgovornosti. Integracija teh konceptov predstavlja priložnost za preoblikovanje industrije v bolj trajnostno, na podatkih temelječe in konkurenčno poslovanje ob upoštevanju mednarodnih standardov in načel ESG.

Ključne besede: *krožno vzdrževanje, trajnost, krožno gospodarstvo, obvladovanje premoženja*

Članek št.: *1230*

CENE OGLASOV

Cenik oglaševanja v reviji Vzdrževalec velja od marca 2019 (vse cene so v EUR, brez DDV):

Pozicija in dimenzija oglasa	Cena
Naslovnica A4	580
Zadnja stran A4	365
Druga in predzadnja stran A4	320
Notranja stran A4	280
Notranja stran A5	200
Notranja stran 1/3	110
Reklamni članek A4	140
Reklamni članek A5	100
Vložni list v revijo (različne dimenzije)	300
Ostale oblike oglaševanja (po želji naročnika)	po dogovoru
Objava logotipa na koledarju (enojni, dvojni, trojni)	380 / 700 / 1.000
Cene veljajo v letu 2025.	

Vsem, ki bodo v letu 2025 v naši reviji objavili več kot en oglas, za objavo oglasa v dveh številkah revije ponujamo 10%, za letni zakup oglasnega prostora v vseh številkah pa 15% popusta!

Naročila za oglaševanje sprejemamo po mailu, telefonu ali osebno na zgoraj navedenih naslovih, 30 dni pred izdajo. Oglase v ustreznem formatu (.TIF, .JPG, .EPS, …) in ločljivosti najmanj 300 dpi sprejemamo do 15 dni pred objavo. Oglase vam lahko tudi oblikujemo; cena oblikovanja oglasa formata A4 je 126 €, formata A5 pa 85 €. Cene veljajo od 28. 3. 2019.

Uroš Korošec

SISTEM ZA NUJNI IZKLOP (ESD)

Sistem za nujni izklop (Emergency Shutdown System – ESD) je ena ključnih varnostnih zaščit vsake industrijske naprave. Gre za visoko zanesljiv nadzorni sistem, ki se vključi ob izrednih dogodkih in tako preprečuje gospodarske, okoljske ter obratovalne posledice, ki bi lahko bile usodne. V članku so prikazane njegove funkcije, ključni vidiki pri zasnovi in delovanju, način delovanja ESD-sistema in ključna vloga vzdrževalcev, da sistem ESD vedno deluje brezhibno. Sistem ESD je zadnja obrambna linija v primeru odpovedi drugih varnostnih plasti. Njegovo zanesljivo delovanje je življenjskega pomena.

Ključne besede: *sistem za nujni izklop, ESD, nadzorni sistem, VZD, varnost in zdravje pri delu*

Članek št.: *1232*

dr. Nika Brili

NAPREDNI SISTEM ZA SPREMLJANJE OBRABE REZALNIH ORODIJ Z UPORABO TERMOGRAFIJE IN UMETNE INTELIGENCE

Pri struženju je potrebno ves čas spremljati obrabo rezalnih orodij, da se obrabljeno ploščico pravočasno zamenja. To je ključno za zagotavljanje kakovosti izdelka. Vendar pa so odločitve operaterjev glede menjave orodij pogosto subjektivne (odvisne od znanja in izkušenj) in niso vedno optimalne. Zato smo si zadali cilj razviti avtomatski sistem, ki s pomočjo umetne inteligence določi stopnjo obrabe orodja. Predstavljeni sistem uporablja infrardečo kamero, s čimer spremlja proces in rezalno orodje. Naučen sistem nato sliko orodja razvršča v štiri kategorije obrabe (brez obrabe, nizka, srednja, visoka obraba). Takšen sistem omogoča spremljanje obrabe brez prekinitve struženja.

Eksperimentalni rezultati so pokazali, da je sistem dosegel več kot 99 % točnost pri prepoznavanju različnih stopenj obrabe. Raziskava dokazuje, da je ta metoda uspešna za natančno spremljanje obrabe.

Ključne besede: *Mehanska obdelava, obraba orodja, umetna inteligenca, globoko učenje, struženje, termografija*

Članek št.: *1233*

dr. Peter Meža

OPTIMIZACIJA SISTEMOV SANITARNE TOPLE VODE (STV) ZA PREPREČEVANJE NASTANKA LEGIONELE V STANOVANJSKIH IN KOMERCIALNIH STAVBAH

Kljub veliko pozornosti in izvajanju ukrepov za preprečevanje nastanka bakterije legionele v stanovanjskih in poslovnih stavbah, kot so hoteli, bolnišnice in večstanovanjske stavbe, se srečujemo z vedno novimi primeri okužb s smrtnimi primeri. Z učinkovito zasnovo sistema sanitarne tople vode (STV) in izvajanjem preventivnih ukrepov za preprečevanje nastanka in razmnoževanja bakterije legionele v inštalacijah STV lahko bistveno povečamo varnost in udobje uporabnikov, zmanjšamo stroške vzdrževanja in porabe energije. Cilj tega prispevka je predstaviti digitalno transformacijo sistemov sanitarne vode, ki temelji na metodi termičnega uravnoteženja in termične dezinfekcije cirkulacijskih vodov v stavbah.

Ključne besede: *legionela, pitna voda, vodovodno omrežje, hidravlično termično uravnoteženje, bolnišnične okužbe, pametne stavbe*

Članek št.: *1234*

Izr. prof. dr. Franc Majdič

VPLIV ČISTOČE HIDRAVLIČNE KAPLJEVINE NA DELOVANJE HIDRAVLIČNIH SISTEMOV

Onesnaženost hidravlične kapljevine z zrakom, vodo in trdimi delci močno vpliva na učinkovitost in življenjsko dobo hidravličnih sestavin. Zrak povzroča pregrevanje in slabše mazanje, voda korozijo in kavitacijo, trdi delci pa abrazijo drsnih površin, pri čemer so najnevarnejši delci manjši od velikosti rež. Tudi nova olja vsebujejo preveč delcev, zato jih je pred uporabo treba prefiltrirati. Čistoča se določa po standardu ISO 4406, z laboratorijskem testiranjem odvzetih vzorcev ali pa direktno na strojih z mobilnimi merilniki. Za vzdrževanje ustrezne čistoče so ključni kakovostni filtri (ustrezna ß-vrednost), pravilno vzorčenje ter redno spremljanje stanja olja. Ob preseženih vrednostih je treba preveriti vire nečistoč, izprati olje in zamenjati filtre. Sistematičen nadzor čistoče preprečuje okvare, podaljšuje življenjsko dobo komponent ter zmanjšuje tveganje dragih zastojev.

Ključne besede: *hidravlična kapljevina, nečistoče, obraba, korozija, ISO 4406, diagnostika*

Članek št.: *1235*

ABSTRACTS

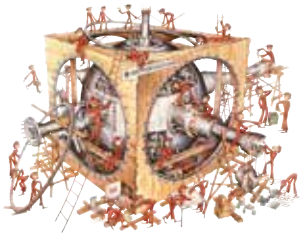
Doc. dr. Damjan Maletič in doc. dr. Matjaž Maletič

SIST ISO 55001:2024 – OVERVIEW OF THE MAIN CHANGES IN THE SECOND EDITION OF THE STANDARD

In July 2024, the second edition of the international standard ISO 55001:2024 was published, defining the requirements for an asset management system. Since the second edition has been in use for some time, it is appropriate to highlight some of the new features it has introduced. The second edition introduces significant updates compared to the 2014 version, reflecting the evolution of good practices, changes in the business environment, and a stronger focus on data-driven decision-making, sustainability, and long-term asset value. This article provides an overview of the key changes introduced in the 2024 edition and their implications for organizations that apply or intend to implement the standard. Existing certificate holders under ISO 55001:2014 are required to align their management systems with the new edition by July 2027.

Keywords: *asset management, ISO 55001:2024, SAMP, updates*

Article No: *1227*



Andraž Tancek

PROTECTIVE GLOVES FOR WELDERS

The article discusses the risks arising from different welding processes and the role of personal protective equipment, with a special focus on protective gloves for welders. It briefly presents the main hazards (optical radiation, heat, molten metal, mechanical risks) and the importance of correctly selected personal protective equipment.

The central part is dedicated to protective gloves: why leather is used almost exclusively for welding, what the requirements regarding Cr (VI) content under EN ISO 21420 are, and which requirements for thermal and mechanical protection are set by standards EN 388, EN 407 and EN 12477.

The difference between type A and type B gloves is explained, and practical guidelines are given for selection according to the welding process (MMA/Stick, MIG/MAG, TIG, oxy-fuel welding and cutting).

The conclusion highlights the most common mistakes in glove selection observed in user practice and provides a brief overview of what users should always pay attention to when purchasing and replacing gloves.

The article focuses exclusively on hand protection; future contributions will examine other risks for welders in more detail.

Keywords: *protective gloves for welders, personal protective equipment, thermal hazards, mechanical hazards, molten metal splashes, leather gloves, EN 12477 standard, selection of appropriate protection*

Article No: *1228*

dr. Viktor Lovrenčić, univ. dipl. inž. el., Milan Klemenc, mag., Iztok Gornjak, univ. dipl. gosp. inž. str., Ana Lovrenčič, mag. inž. el., Jernej Fijavž, univ. dipl. inž. el.

REGULAR MAINTENANCE AND INSPECTION OF SOLAR POWER PLANTS ENSURES SAFE AND RELIABLE OPERATION

Example of a condition report for a small solar power plant at an elementary school

Numerous publications and reports addressing the operational safety of solar power plants, together with a case study on the condition of a small solar installation at an elementary school and an example of best practice in inspection and cleaning of industrial rooftop PV systems, have prompted this article. Its purpose is to highlight the importance and necessity of regular maintenance and inspection of solar power plants to ensure safe and reliable operation.

Many publications focus primarily on fire safety aspects. The Slovenian public is regularly informed about such incidents—notably fires involving solar installations—although clear feedback on root causes is often missing. The professional community consistently emphasizes the need for periodic inspections and maintenance of grid-connected photovoltaic systems in accordance with Slovenian regulations and standards (for example, in Vzdrževalec magazine, issues No. 211–212, January–March 2025). Throughout this paper, the term solar power plant is used instead of photovoltaic device or system.

The article also presents a concrete case of poor maintenance and its consequences for safety, reliability,

and economic performance, including production losses. Another key aspect is the competence of all stakeholders involved in the planning, construction, operation, and maintenance of solar power plants, as well as the critical role of owners and operators throughout the entire life cycle of the installation—particularly in view of the exceptionally high number of systems in operation.

By the end of 2024, more than 65,000 solar units were connected to the Slovenian power grid, with slightly more than half owned by private individuals. Unfortunately, many owners — especially private individuals — are unaware that, under current legislation, they are required to receive adequate training or instruction in order to operate a small power plant in a safe and compliant manner.

Among the safety issues discussed is an electric shock incident at a solar power plant with an energy storage unit, which resulted in one minor and one serious occupational injury to two distribution technicians. The distribution company thoroughly investigated the causes and introduced additional occupational health and safety measures, particularly addressing electric shock and arc-flash risks.

The article stresses the importance of consistently applying the five safety rules for work in de-energized installations and underlines the growing need for systematic training in live working (work under voltage). In general, risk assessment related to electric shock hazards remains insufficient among contractors and maintenance providers working on solar power plants, and this is further exacerbated by inadequate worker protection practices — especially in tasks performed at height.

Keywords: *solar power plants, safety, competences, periodic inspections, maintenance*

Article No: *1229*

Dr. Hasan Avdić, mag. Viktor Jemec and Alma Avdić

CIRCULAR MAINTENANCE AND SUSTAINABILITY

This paper explores the integration of circular economy, asset management and circular maintenance as interrelated concepts that contribute to the sustainability of technical systems. Through theoretical analysis, linkage mechanisms, ESG motivators, constraints and practical implications, the need to move from a linear to a regenerative model of asset management is shown. A special focus is placed on technical, organizational, standardization, sectoral and strategic aspects of implementation, with a review of the challenges and contingent factors that shape the context of application. The paper shows that maintenance is no longer just an operational function, but a strategic tool for achieving long-term value, resilience and environmental responsibility. The integration of these concepts represents an opportunity to transform the industry towards a more sustainable, data-driven and competitive business, while complying with international standards and ESG principles.

Keywords: *Circular Maintenance, Sustainability, Circular Economy, Asset Management*

Article No: *1230*

Uroš Korošec

EMERGENCY SHUTDOWN SYSTEM OR ESD SYSTEM

The Emergency Shutdown System (ESD) is one of the key safety protections of any industrial device. It is a highly reliable control system that activates during extraordinary events, thereby preventing economic, environmental, and operational consequences that could be fatal. In the article, you will learn about its functions, key aspects of design and operation, the mode of operation of the ESD system, and the crucial role of maintenance personnel in ensuring that the ESD system always functions flawlessly. The ESD system is the last line of defense when other safety layers fail. Its reliable operation is of vital importance.

Keywords: *Emergency Shutdown System, ESD, control system, HAZOP, safety and health at work*

Article No: *1232*

dr. Nika Brili

ADVANCED SYSTEM FOR MONITORING CUTTING TOOL WEAR USING THERMOGRAPHY AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE

In turning, it is essential to continuously monitor the wear of cutting tools to ensure timely replacement of worn inserts, which is crucial for maintaining product quality. However, decisions regarding tool replacement are often subjective (dependent on knowledge and experience) and may not always be optimal. Therefore, the goal of this research was to develop an automatic system that uses artificial intelligence to determine the wear level of the tool. The presented system utilizes an infrared camera to monitor the process and the cutting tool. The trained system then classifies the tool image into four wear categories (no wear, low, medium, high wear). This system allows monitoring of tool wear without interrupting the turning process.

Experimental results showed that the system achieved more than 99% accuracy in recognizing various wear levels. The study demonstrates that this method is effective for accurate tool wear monitoring.

Keywords: *Machining, tool wear, artificial intelligence, deep learning, turning, thermography*

Article No: *1233*

dr. Peter Meža

OPTIMIZATION OF DOMESTIC HOT WATER (DHW) SYSTEMS FOR PREVENTING LEGIONELLA GROWTH IN RESIDENTIAL AND COMMERCIAL BUILDINGS

Despite significant attention and the implementation of measures to prevent the formation of Legionella bacteria in residential and commercial buildings - such as hotels, hospitals, and multi-apartment complexes—we continue to encounter new cases of infection, including fatalities. Through effective design of domestic hot water (DHW) systems and the application of preventive measures to inhibit the development and proliferation of Legionella bacteria within DHW installations, we can substantially improve user safety and comfort, while reducing maintenance costs and energy consumption.

The aim of this paper is to present the digital transformation of domestic water systems, based on the method of thermal balancing and thermal disinfection of circulation pipelines in buildings.

Keywords: *legionella, drinking water, water supply network, plumbing system, hydronic thermal balancing, hospital-acquired infections, smart buildings*

Article No: *1234*

Izr. prof. dr. Franc Majdič

THE IMPACT OF HYDRAULIC FLUID CLEANLINESS ON THE PERFORMANCE OF HYDRAULIC SYSTEMS

Contamination of hydraulic fluid with air, water, and solid particles significantly affects the efficiency and service life of hydraulic components. Air leads to overheating and poor lubrication, water causes corrosion and cavitation, and solid particles cause abrasion of sliding surfaces, with the most dangerous particles being smaller than the size of the gaps. Even new oils contain excessive particles, so they must be filtered before use. Cleanliness is determined according to the ISO 4406 standard, either by laboratory testing of samples or directly on machines with mobile meters. High-quality filters (with an appropriate ß-value), correct sampling, and regular monitoring of oil condition are essential for maintaining proper cleanliness. If values are exceeded, sources of impurities must be checked, the oil flushed, and filters replaced. Systematic cleanliness monitoring prevents failures, extends component service life, and reduces the risk of costly downtime.

Keywords: *hydraulic fluid, impurities, wear, corrosion, ISO 4406, diagnostics*

Article No: *1235*



KOLUMNA

Piše: **dr. Viktor Lovrenčić**, predsednik DVS



50 LET DVS – PRENOVA, POVEZOVANJE IN POGLED V PRIHODNOST VZDRŽEVANJA V SLOVENIJI

Spoštovane članice in člani Društva vzdrževalcev Slovenije (DVS), cenjeni pogodbeni partnerji ter vsi bodoči člani,

z velikim veseljem nagovarjam vse vas, ki ste s svojim strokovnim prispevkom že del našega pomembnega združenja Društva vzdrževalcev Slovenije (DVS), in vse, ki si želite sodelovati pri doseganju naših skupnih ciljev na področju vzdrževanja in obvladovanja premoženja.

Po skupščini DVS, ki je potekala 19. septembra 2024, je vodstvo DVS odprlo vrata novim pobudam in vizijam, ki bodo naše društvo v prihodnjih letih pripeljale na še višjo raven. Do konca leta 2024 smo oblikovali strategijo in načrt delovanja DVS za mandatno obdobje 2024–2028. Organi društva – Izvršni odbor (IO) DVS, Nadzorni odbor (NO) DVS in Disciplinska komisija (DK) DVS – imenovani na skupščini, so takoj aktivno začeli voditi in organizirati delo DVS, saj je bilo nujno ponovno promovirati naše društvo in obvestiti strokovno javnost, da želimo obuditi in okrepiti delovanje DVS.

Eden prvih korakov je bila prenova spletne strani **https://www.drustvo-dvs.si/**, na kateri redno objavljamo vse aktualne informacije o dejavnosti društva (vabila na predavanja, seminarje, TPVS), ter aktivacija prisotnosti na omrežju Linkedin (DVS). Oblikovali smo kontaktni imenik z več kot 600 elektronskimi naslovi strokovnjakov in predstavnikov podjetij, ki jih redno obveščamo o naših aktivnostih.

Novo vodstvo DVS je sestavljeno iz priznanih strokovnjakov iz različnih podjetij in organizacij – od manjših do velikih industrijskih družb, ki odločno stopajo po poti razvoja in prenove društva. V naše vrste smo vključili že več kot 40 aktivnih članov, ki delujejo v Programskem svetu, Uredniškem odboru revije *Vzdrževalec*, Odboru za izobraževanje in Odboru za spletno stran.

Naša vizija je usmerjena v še tesnejše povezovanje strokovnjakov, v širitev izobraževalnih priložnosti ter v prenos in širjenje znanja, ki bo v podporo vzdrževanju in obvladovanju premoženja (asset management) po vsej Sloveniji. Znotraj Programskega sveta smo oblikovali delovne skupine, ki programsko delujejo na področjih:

- Asset management (obstoječa skupina),
- vodenje in izvajanje vzdrževanja,
- varnost in zdravje pri delu (VZD) ter ravnanje z okoljem v vzdrževanju,
- inženirske tehnike vzdrževanja,
- podpora vzdrževanja,
- IT podpora in digitalna transformacija vzdrževanja.

Pri prenovi je DVS postavil temelje za bolj vključujočo organizacijo, ki želi povezovati strokovnjake s področja vzdrževanja in obvladovanja premoženja. Vzdrževanje ni več zgolj operativna funkcija, temveč ključen element uspešnega obvladovanja premoženja v podjetjih. Zato smo k sodelovanju povabili tudi strokovnjake s področja obvladovanja premoženja, saj vzdrževanje predstavlja integralni del širšega in kompleksnega procesa upravljanja s sredstvi oz. obvladovanja premoženja v podjetjih. Naš cilj je zagotavljati trajnostno podporo vsem, ki delujete na področju obvladovanja premoženja, saj je to v današnjem poslovnem okolju ključnega pomena za konkurenčnost in rast.

Letos je društvo obeležilo 50. obletnico svojega delovanja. Leta 1975 je bil DVS ustanovljen kot pionirsko združenje strokovnjakov na področju vzdrževanja, katerih vizija je bila povezati strokovne kadre in podjetja ter ustvariti močno skupnost za izmenjavo znanja in izkušenj. Današnje delovanje društva je še pomembnejše, saj vzdrževanje postaja osrednji element učinkovitega obvladovanja in optimizacije premoženja v podjetjih vseh velikosti.

Ob praznovanju te pomembne prelomnice smo predstavili dosežke in razvoj društva ter izpostavili strateški pomen vzdrževanja v sodobni industriji. Dogodek je bil odlična priložnost za povezovanje, izmenjavo dobrih praks in krepitev naših strokovnih ter osebnih vezi.

Z organizacijo 30. TPVS (Tehniško posvetovanje vzdrževalcev Slovenije) smo ponovno obudili strokovno razpravo in

mreženje vzdrževalcev. V sodelovanju s Celjskim sejmom smo 10. 4. 2025 na MIS (Mednarodni industrijski sejem) organizirali Dan vzdrževanja. Kljub zelo kratkemu času za pripravo in izvedbo je TPVS pritegnil več kot 100 strokovnjakov. Ob uvodni predstavitvi načrtov DVS za prihodnje obdobje smo pripravili 10 zanimivih strokovnih prispevkov s področja strojnega in elektro vzdrževanja ter obvladovanja premoženja, zelo dobro obiskana pa je bila tudi okrogla miza z naslovom »Pomen informacijske podpore v vzdrževanju«. Ob tej priložnosti smo izdali zbornik vseh člankov v reviji *Vzdrževalec* št. 213–214.
V okviru organizacije 30. TPVS aprila 2025 in v nadaljevanju leta je DVS pripravil več strokovnih predavanj, delavnic in seminarjev, ki so bili zelo dobro obiskani in jih bomo tudi v prihodnje nadgrajevali:

- Osnove vibrodiagnostike in kotalni ležaji – izbira, montaža in mazanje, 30. 1. 2025 v organizaciji pogodbenega partnerja (člana) TINEX,
- Certifikat o poznavanju obvladovanja premoženja AAMC (Awareness in Asset Management Certificate), 6. 2., 5. 3. (za HSE v DEM), 21. 10. in 25. 11. 2025,
- Delavnica »Umetna inteligenca in napovedno vzdrževanje + ChatGPT«, 12. 6. 2025,
- Delavnica »Poglobljeno usposabljanje s področja zahtev tehničnih predpisov (izjava o skladnosti) in IEC standardov (elektroinštalacije)«, ciklus petih predavanj, november 2025 v BELIMED,
- Strokovni seminar – PRIHODNOST VZDRŽEVANJA, 13.11. 2025,
- Nega in nadzor kakovosti hidravličnih tekočin, 4. 12. 2025 v TEŠ.

Naš ožji tim članov DVS že vrsto let aktivno deluje na mednarodni ravni v številnih organizacijah (EFNMS, GFMAM, WPiAM, CIGRE, CIRED, IEC, CEN in CENELEC itd.) in bo tako tudi v prihodnje neposredno prenašal bogate izkušnje, usmeritve in dobre prakse kot pomembno nadgradnjo našega delovanja. Izvršni odbor DVS se je odločil, da se na poziv EFNMS kandidira za organizacijo EuroMaintenance 2028. V sodelovanju in s podporo Celjskega sejma, Ministrstva za gospodarstvo, turizem in šport (MGTŠ), Gospodarske zbornice Slovenije (GZS) in Mestne občine Celje (MOC) smo 11. 10. 2025 v Atenah na generalni skupščini EFNMS dosegli izjemen uspeh – izmed 20 glasov smo jih prejeli 12, konkurenta Belgija 5 glasov in Španija 3 glasove. Obe konkurenčni organizaciji imata profesionalna vodstvena tima (Belgija ima na primer 8 zaposlenih in približno 1,5 mio EUR letnega prometa), medtem ko v DVS delujemo izključno prostovoljno in s trenutno skromnimi finančnimi sredstvi. Uspeh kandidature zato predstavlja še toliko večjo potrditev našega dela in zaupanja evropske strokovne skupnosti.

V okviru priprav na 31. TPVS (Dneva vzdrževanja), ki bo potekal na MIS 2026 na Celjskem sejmu kot dvodnevno posvetovanje, 15. in 16. 4. 2026, smo se že začeli tudi pripravljati na EuroMaintenance 2028, ki bo potekal prav tako na MIS – tridnevna mednarodna konferenca od 4. do 6. 4. 2028.

K sodelovanju pri oblikovanju programa vabimo sodelavce iz industrije in akademskega okolja, da sodelujete kot sooblikovalci vsebin, predavatelji in udeleženci. Vse članstvo pa vabimo k aktivnemu sodelovanju pri oglaševanju in sponzorstvu dogodkov.

V DVS želimo oblikovati tudi sekcijo mladih – študentov in na novo zaposlenih do 35 let, da bodo skupaj z nami odpirali nova obzorja delovanja DVS in prispevali sveže poglede na izzive vzdrževanja in obvladovanja premoženja.

Ob tej priložnosti bi se rad iskreno zahvalil vsem dolgoletnim članom, ki ste s svojim strokovnim prispevkom, predanostjo in podporo omogočili razvoj in rast društva. Vabimo tudi vse, ki ste bili nekoč naši člani, da se ponovno pridružite obnovljenemu društvu. Verjamemo, da boste ob vključitvi v prenovljeno organizacijo našli dodatne priložnosti za profesionalni razvoj in sodelovanje.

V DVS z veseljem vabimo tudi nove članice in člane (prijavnice so dostopne na spletni strani DVS). Prepričani smo, da lahko s svežimi idejami in novimi perspektivami še dodatno obogatimo delovanje društva. DVS je odprt za strokovnjake, ki delujete na področju vzdrževanja in obvladovanja premoženja, in za podjetja, ki želite svojim zaposlenim omogočiti dostop do najnovejših znanj, izmenjave izkušenj in mreženja z drugimi strokovnjaki. Z našimi programi, usposabljanji in srečanji boste imeli priložnost za izobraževanje in povezovanje na visoki strokovni ravni, kar bo prispevalo k vaši osebni rasti in k razvoju področja vzdrževanja v Sloveniji.

Članstvo in aktivno sodelovanje v društvu vam omogočata: povezovanje z drugimi strokovnjaki s področja vzdrževanja in obvladovanja premoženja,

- izmenjavo izkušenj in dobrih praks,
- vpogled v najnovejše trende, standarde in tehnologije,
- sodelovanje pri sooblikovanju strokovnega dogajanja v Sloveniji.

Vabim vas tudi, da k članstvu in sodelovanju povabite svoje sodelavce in poslovne partnerje, saj bomo tako skupaj zgradili še močnejšo organizacijo in utrdili DVS kot osrednjo točko za strokovnjake s področja vzdrževanja in obvladovanja premoženja v Sloveniji.

Hvala vam za vašo zvestobo, podporo in zaupanje v DVS. Veselim se nadaljnjega sodelovanja z vami in verjamem, da bomo skupaj dosegli zastavljene cilje. Leto 2026 je za DVS velika priložnost za še intenzivnejši razvoj in še vidnejšo prisotnost v slovenskem in evropskem prostoru.

Želimo vam uspešno, ustvarjalno in zdravja polno leto 2026.

S spoštovanjem dr. Viktor Lovrenčić, univ. dipl. inž. el.,
predsednik Društva vzdrževalcev Slovenije (DVS)

VABILO NA REDNO SKUPŠČINO DVS

Piše: **dr. Viktor Lovrenčić**, predsednik DVS



VABIMO NA REDNO SKUPŠČINO DVS

v sredo 25. marca 2026 ob 12. uri v Emona Efekte v zgradbi, v kateri je sedež DVS – 2. nadstropje (Stegne 21c, Ljubljana).

Spoštovani člani DVS,
v naši decembrski številki revije VZDRŽEVALEC najavljamo našo redno skupščino DVS. Na začetek volilne skupščine bomo umestili strokovno delavnico, ki bo vsebinsko odgovorila na sodobne izzive vzdrževanja in obvladovanja premoženja. Tako nadaljujemo s prakso strokovnega uvoda v skupščino, ki omogoča izvedbo skupščine z dodano vsebino, ki jo bodo predstavili vrhunski strokovnjaki.

Po strokovni delavnici in diskusiji bomo nadaljevali z izvedbo redne skupščine v skladu s predlaganim dnevnim redom v nadaljevanju.

Na podlagi statuta Društva vzdrževalcev Slovenije (DVS) Izvršilni odbor DVS sklicuje

REDNO SKUPŠČINO

Društva vzdrževalcev Slovenije v sredo 25. marca 2026 ob 12. uri v Emona Efekte v zgradbi, v kateri je sedež DVS – 2. nadstropje (Stegne 21c, Ljubljana).

Za sejo redne skupščine predlagamo naslednji dnevni red:

- Uvodno strokovno predavanje (najava sledi)
- Otvoritev skupščine, ugotovitev sklepčnosti in izvolitev delovnih teles skupščine
- Izvoli se predsednika skupščine, zapisnikarja, dva overovatelja zapisnika in tri člane verifikacijske komisije.
- Obravnava in sprejetje letnega poročila Društva vzdrževalcev za leto 2025
- Letno poročilo društva
- Poročilo Nadzornega odbora
- Poročilo Disciplinske komisije
- Sklep o seznanitvi z določitvijo članarine in naročnine revije za leto 2026
- Načrt dela in finančni načrt DVS za leto 2026
- Predstavitev izvedbe in vabilo na 31. TPVS »Kongres prihodnosti vzdrževanja«, ki bo na MIS 2026 v sodelovanju s Celjskim sejmom 16. in 17. 4. 2026
- Predstavitev priprav na izvedbo mednarodne konference EuroMaintenance 2028, ki bo na MIS 2028 v sodelovanju s Celjskim sejmom od 4. 4. do 6. 4. 2028
- Pobude in predlogi ter mreženje ob pogostitvi članov DVS

Vse gradivo je na razpolago na sedežu DVS, Stegne 21c v Ljubljani.
Vsi člani Društva vzdrževalcev Slovenije vljudno vabljeni!

Vse nadaljnje informacije bodo objavljene na spletni strani DVS **https://www.drustvo-dvs.si/**, na LinkedIn (DVS) ter posredovane na dostopne e-naslove članov.

Če skupščina ob napovedani uri ne bo sklepčna, nastopi polurni odmor, po katerem se skupščina zopet sestane. V tem primeru je skupščina sklepčna, če je prisotnih vsaj 15 članov.

Ljubljana, 19. 12. 2025
dr. Viktor Lovrenčić,
predsednik Društva vzdrževalcev Slovenije

DRUŠTVO VZDRŽEVALCEV SLOVENIJE
DVS

Celjski sejem

NAJAVA 31. TEHNIŠKEGA POSVETOVANJA VZDRŽEVALCEV SLOVENIJE (TPVS)

»KONGRES PRIHODNOSTI VZDRŽEVANJA«

16. in 17. april 2026 – Celjski sejem



Društvo vzdrževalcev Slovenije vabi vse strokovnjake s področja vzdrževanja, obvladovanja premoženja in sorodnih disciplin na **31. Tehniško posvetovanje vzdrževalcev Slovenije (TPVS)**, ki bo potekalo **16. in 17. aprila 2026** na **Celjskem sejmu**, vzporedno z **Mednarodnim industrijskim sejmom (MIS 2026)**, ki je vsaki dve leti posvečen vzdrževanju**.**

Gre za osrednji slovenski strokovni dogodek, namenjen izmenjavi znanja, dobrih praks in novih pristopov k razvoju vzdrževanja ter celostnemu obvladovanju premoženja (Asset Management). Dogodek povezuje industrijo, akademsko sfero in mlade strokovnjake, ki želijo soustvarjati prihodnost naše stroke.

Osrednje teme posvetovanja:

1. **Kadri in kompetence**
2. **Delovni nalog kot hrbtenica produktivnosti**
3. **Uporaba mednarodnih standardov za vzdrževanje in obvladovanje premoženja**
4. **Obvladovanje premoženja – kako sistem koristi vzdrževanju?**
5. **Merjenje uspešnosti – katere KPI uporabiti in zakaj?**
6. **Obvladovanje podatkov: od prediktive do napredne analitike in umetne inteligence**
7. **Prispevek vzdrževanja in obvladovanja premoženja k trajnosti in krožnemu gospodarstvu**

Dogodek je namenjen:

- **strokovnjakom in vodjem iz industrije, energetike, infrastrukture in javnih storitev,**
- **raziskovalcem, profesorjem in predstavnikom akademske sfere,**
- **študentom, ki jih zanima področje vzdrževanja, zanesljivosti in obvladovanja premoženja.**

Namen udeležbe:

- **Spoznavanje aktualnih trendov, orodij in standardov, ki oblikujejo sodobno vzdrževanje**
- **Povezava z domačimi in tujimi strokovnjaki**
- **Prispevek k razvoju stroke, ki ima ključno vlogo pri zanesljivosti, varnosti in trajnostni rasti organizacij**

Pričakovana udeležba:

- avtorjev in predavateljev izbranih tem (članki bodo objavljeni v zborniku DVS):
  - prijava povzetkov do 11. 1. 2026 na naslov DVS tajnik@drustvo-dvs.si,
  - oddaja člankov do 8. 2. 2026 na naslov DVS tajnik@drustvo-dvs.si.
- udeležencev po predhodni prijavi na spletni strani DVS (dobijo VIP vstopnice na MIS 2026),
- sponzorjev in donatorjev (ponudba bo naknadno oblikovana).

Vse ostale podrobnosti bodo objavljene na spletnih straneh DVS, na LinkedIn omrežju, po e-pošti bodo posredovane tudi vsem članom DVS.

https://www.drustvo-dvs.si/

31. TPVS
Organizacijski odbor

Piše: **Helena Mladenović Jerman**, univ. dipl. inž., Višja strokovna šola Ljubljana



RAZPIS ZA NAJ DIPLOMO IZ VZDRŽEVANJA

Študente višjih in visokih strokovnih šol ter njihove mentorje vabimo k sodelovanju v razpisu za Naj diplomsko delo, namenjeno spodbujanju strokovne odličnosti, inovativnih rešitev in trajnostnih pristopov na področju tehničnega izobraževanja in industrijske prakse. Razpis je namenjen diplomskim delom, ki obravnavajo enega ali več naslednjih vsebinskih sklopov:

- **vzdrževanje strojev in naprav,**
- **obnova oziroma modernizacija obstoječe tehnologije,**
- **obvladovanje premoženja (asset management),**
- **uporaba zelene in energetsko učinkovite tehnologije,**
- **ekološke izboljšave proizvodnih procesov in sistemov,**
- **zmanjševanje okoljskih vplivov v industriji,**
- **trajnostni pristopi v tehničnem upravljanju in vodenju proizvodnje.**

Pogoji sodelovanja:

Na razpis se lahko prijavijo študenti, ki so v tekočem študijskem letu uspešno zagovarjali diplomsko delo na višji ali visokošolski ustanovi v Republiki Sloveniji. Delo mora biti strokovno relevantno, praktično uporabno ter povezano s cilji trajnostnega razvoja in tehnološkega napredka.

Prijava mora vsebovati:

- izpolnjen prijavni obrazec,
- elektronsko verzijo diplomskega dela (PDF),
- povzetek diplomskega dela (do 1 strani),
- soglasje mentorja k prijavi.

Rok za oddajo:

Rok za oddajo prijav je **28. februar 2026**.
Strokovna komisija bo dela ocenjevala glede na:

- inovativnost in strokovno kakovost,
- uporabno vrednost za industrijo ali okolje,
- prispevek k trajnostnemu razvoju,
- jasnost in kakovost predstavitve rezultatov.

Za najboljša dela bodo avtorji prejeli **priznanja, najboljša naloga pa bo nagrajena z 200€**, prvi trije dobijo tudi brezplačno revijo Vzdrževalec za eno leto, izbrani avtorji pa bodo imeli možnost javne predstavitve svojega projekta na strokovnem dogodku DVS.

Prijave in dodatne informacije:

Prijave zbiramo na naslov:
tajnik@drustvo-dvs.si.

Veselimo se novih prispevkov in skupnega spodbujanja kakovosti, inovativnosti ter trajnostnega razvoja v tehniškem izobraževanju.

PRIJAVNI OBRAZEC

Razpis za NAJ DIPLOMSKO DELO

s področja vzdrževanja, obvladovanja premoženja (asset management), obnove strojev ali naprav, zelene tehnologije in ekoloških izboljšav proizvodnih sistemov

1. PODATKI O KANDIDATU

Ime in priimek: .....

Naslov stalnega prebivališča: .....

Poštna številka in kraj: .....

Telefon: .....

E-pošta: .....

2. PODATKI O IZOBRAŽEVALNI USTANOVI

Naziv višje ali visokošolske ustanove: .....

Študijski program: .....

Letnik/generacija: .....

Datum zagovora diplomskega dela: .....

3. PODATKI O DIPLOMSKEM DELU

Naslov diplomskega dela:

.....

Mentor (-ica): .....

Ključna področja (označite ustrezno):

- ☐ vzdrževanje strojev in naprav
- ☐ obvladovanje premoženja (asset management)
- ☐ obnova oz. modernizacija opreme
- ☐ zelene/energetsko učinkovite tehnologije
- ☐ ekološke izboljšave proizvodnih procesov
- ☐ trajnostni razvoj v industriji
- ☐ drugo: .....

4. POVZETEK DIPLOMSKEGA DELA

(kratek opis – največ 1 stran ali 2.000 znakov)

5. PRAKTIČNA UPORABNOST DELA

Na kratko opišite, kako je diplomsko delo uporabno v praksi (v industriji, podjetjih, izobraževanju, lokalnem okolju ipd.).

6. PRILOGE OB PRIJAVI

K prijavi priložim:

☐ celotno diplomsko delo v elektronski obliki (PDF)

☐ povzetek diplomskega dela (ločena priloga)

☐ soglasje mentorja k prijavi

7. IZJAVA KANDIDATA

S podpisom izjavljam, da:

- prijavljeno diplomsko delo predstavlja moje avtorsko delo,
- dovoljujem uporabo povzetkov in predstavitev za promocijo razpisa in strokovne dejavnosti,
- soglašam z obdelavo osebnih podatkov za namen izvedbe razpisa »Naj diplomsko delo« v skladu z veljavno zakonodajo.

Kraj in datum: .....

Podpis kandidata: .....

8. SOGLASJE MENTORJA

Spodaj podpisani mentor/mentorica potrjujem, da soglašam s prijavo navedenega diplomskega dela na razpis »Naj diplomsko delo«.

Ime in priimek mentorja: .....

Ustanova: .....

Podpis mentorja: .....

Datum: .....

Celjski sejem

Mednarodni industrijski sejem

14.-17. APRIL 2026 • Celje, Slovenija

Teme MIS 2026 :

- ***Pametno industrijsko vzdrževanje***
- *Industrijsko čiščenje*
- *Industrija prihodnosti: AI, digitalizacija, robotika in človek*
- *Prihodnost varjenja in rezanja*
- *Energetika v industriji*
- *Logistika in oskrbovalne verige*
- *Grafika, pakiranje in označevanje*
- *Reciklaža, trajnostni materiali in industrijski odpadki*
- *Industrijska elektronika, senzorika in avtomatizacija*





MIS 2025 v številkah

370+
RAZSTAVLJAVCEV
IZ **11** DRŽAV

1000+
BLAGOVNIH ZNAMK
IZ **36** DRŽAV

25.000 m²
RAZSTAVNEGA
PROSTORA

16.900
OBISKOVALCEV
IZ **24** DRŽAV



SKENIRAJ ME!

Izkoristite
ekskluzivno priložnost
in si zagotovite
brezplačno vstopnico!

OBVLADOVANJE PREMOŽENJA

Piše: **dr. Damjan Maletič**[1] in **dr. Matjaž Maletič**[1],
[1]Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Laboratorij za inženiring poslovnih in produkcijskih sistemov



SIST ISO 55001:2024 – PREGLED GLAVNIH SPREMEMB V DRUGI IZDAJI STANDARDA

Julija 2024 je bila objavljena druga izdaja mednarodnega standarda SIST ISO 55001:2024, ki določa zahteve za sistem vodenja za upravljanje premoženja. Ker je druga izdaja že nekaj časa v uporabi, je prav, da osvetlimo nekatere novosti, ki jih je prinesla. Druga izdaja prinaša pomembne spremembe glede na različico iz leta 2014 in odraža razvoj dobrih praks, nove zahteve poslovnega okolja ter večji poudarek na podatkovno podprtem odločanju, trajnosti in dolgoročni vrednosti premoženja. Članek predstavlja pregled ključnih sprememb, ki jih uvaja izdaja 2024, in njihov vpliv na organizacije, ki uporabljajo ali nameravajo uporabiti standard. Obstoječi imetniki certifikatov po standardu SIST ISO 55001:2014 bodo morali svoje sisteme uskladiti z novo izdajo do julija 2027.

Ključne besede: obvladovanje premoženja, SIST ISO 55001:2024, novosti

Predstavitev ključnih sprememb, ki jih je prinesla izdaja SIST ISO 55001:2024

Z letom 2024 je bil objavljen prenovljeni standard SIST ISO 55001:2024, ki določa zahteve za sistem vodenja za obvladovanje premoženja. Gre za pomembno posodobitev obstoječe verzije iz leta 2014, ki odraža razvoj dobrih praks, spremembe v poslovnem okolju ter večji poudarek na podatkovno podprtem odločanju, trajnosti in dolgoročni vrednosti premoženja. Ker je druga izdaja že nekaj časa v uporabi, je prav, da osvetlimo nekatere novosti, ki jih je prinesla. Standard ohranja svojo osrednjo vlogo pri omogočanju organizacijam, da sistematično upravljajo svoje premoženje v skladu s poslovnimi cilji. Druga izdaja standarda deset let po prvotni objavi standarda prinaša več sprememb. Te spremembe so pomembne za organizacije, ki so se odločile pridobiti certifikat ali uskladiti svoj sistem z zahtevami SIST ISO 55001, saj lahko zahtevajo spremembe v njihovem sistemu vodenja. Vendar pa so spremembe zanimive tudi širše, saj nakazujejo področja, na katera bi se morali upravljavci premoženja osredotočiti za izboljšanje svoje organizacije. Obstoječi imetniki certifikatov po standardu ISO 55001:2014 so dolžni prilagoditi svoje sisteme in izvesti prehod na novo izdajo standarda najkasneje do julija 2027, torej v treh letih od datuma objave nove različice.

Ena ključnih novosti je uvedba Harmonizirane strukture (HS), ki usklajuje SIST ISO 55001 z drugimi pomembnimi standardi sistemov vodenja, kot sta SIST EN ISO 9001 in SIST EN ISO 14001. Ta sprememba omogoča večjo poenotenost, lažjo integracijo z drugimi sistemi ter boljše razumevanje zahtev na različnih ravneh organizacije. Poleg tega so bile uvedene vsebinske razširitve, kot so prediktivni ukrepi, upravljanje znanja, kakovost podatkov in upoštevanje podnebnih sprememb.

Prenovljeni standard dodatno poudarja pomen strateškega plana za obvladovanje premoženja (SAMP), ki je zdaj strukturiran kot samostojna zahteva z jasnejšimi določili glede vsebine, usklajenosti s cilji organizacije ter povezave z obvladovanjem tveganj in priložnosti.

Te novosti od organizacij zahtevajo bolj strukturiran pristop k obravnavi tveganj, priložnosti in vplivov na deležnike, kar še dodatno utrjuje vlogo obvladovanja premoženja kot ključnega elementa trajnostnega in uspešnega poslovanja. Razlike med SIST ISO 55001:2024 in SIST ISO 55001:2014 so precej obsežne, čeprav ima veliko od teh sprememb le manjši vpliv na organizacije, ki so že pridobile certifikat ali svoje delovanje uskladile z zahtevami različice iz leta 2014.

Obstaja preveč sprememb, da bi jih lahko našteli, poleg tega se zavedamo potrebe po spoštovanju avtorskih pravic ISO, zato jih tukaj ne bomo v celoti ponavljali. Vendar pa lahko izpostavimo dva primera področij, kjer so se spremenile formulacije:

Člen 4.1 – Razumevanje organizacije in njenega ?

V točki 4.1 je prejšnja različica standarda določala:

»The organization shall determine external and internal issues that are relevant to its purpose and that affect its ability to achieve the intended outcome(s) of its asset management system.«

To je bilo v SIST ISO 55001:2024 spremenjeno v:

»The organization shall determine external and internal issues that are relevant to its purpose and that affect its ability to achieve the intended result(s) of its asset management system.«

Kot je razvidno, ta sprememba v besedilu nima večjega ali sploh kakršnega koli vpliva na namen te točke, zato jo lahko organizacije, ki so že certificirane po SIST ISO 55001:2014, v praksi razumljivo prezrejo (Dunn, 2024).

Člen 4.2 – Razumevanje potreb in pričakovanj deležnikov

V točki 4.2 je prejšnja različica standarda delno določala:

»The organization shall determine:
a) the stakeholders that are relevant to the asset management system;
b) the requirements and expectations of these stakeholders with respect to asset management;«

To je bilo v ISO 55001:2024 spremenjeno v:

»The organization shall determine:
c) the stakeholders that are relevant to the asset management system;
d) the relevant requirements of these stakeholders;
e) which of these requirements will be addressed through the asset management system;«

Sprememba v formulaciji je sicer majhna, vendar ima namen poudariti, da ni treba, da organizacija naslovi vse zahteve deležnikov znotraj sistema za obvladovanje premoženja – organizacija lahko sama odloči, katere zahteve bodo dejansko vključene v sistem. V praksi to organizacijam omogoča neko stopnjo prožnosti pri določanju obsega sistema za obvladovanje premoženja, zlasti glede njegove usklajenosti s standardom (kar omogoča tudi točka 4.3) (Dunn, 2024).

Naslednji razdelki povzemajo ključne spremembe standarda SIST ISO 55001 od prve izdaje iz leta 2014 do druge izdaje iz leta 2024.

Člen 4.5 – Odločanje v obvladovanju premoženja in vrednost

Standard SIST ISO 55001:2024 uvaja novo točko 4.5. Ta točka vključuje nekatere smernice, ki so bile prej podane v standardu SIST ISO 55002:2018 v prilogi A (upoštevanje »vrednosti« pri obvladovanju premoženja) in prilogi D (odločanje v obvladovanju premoženja), zdaj pa postajajo izrecna zahteva v SIST ISO 55001. Med drugim vključuje zahtevo po »okviru za odločanje v obvladovanju premoženja«.

Poleg okvira za odločanje v obvladovanju premoženja (točka 4.5.1) morajo organizacije tudi:
- opredeliti merila, ki se bodo uporabljala pri odločanju v obvladovanju premoženja (točka 4.5.2), ter
- določiti ustrezne metode, procese in orodja za podporo odločanju (točka 4.5.3).

Člen 6.1 – Ukrepi za obravnavanje tveganj in priložnosti

V standardu SIST ISO 55001:2014 so bili »Ukrepi za obravnavanje tveganj in priložnosti« obravnavani skupaj v točki 6.1. V standardu SIST ISO 55001:2024 pa so ukrepi za obravnavanje tveganj (točka 6.1.2) in ukrepi za obravnavanje priložnosti (točka 6.1.3) obravnavani ločeno. To pomeni, da bodo morale organizacije vse pogosteje dokazovati, da imajo vzpostavljene strukturirane pristope za obravnavanje priložnosti (pozitivnih vplivov) poleg obstoječih procesov za obravnavanje tveganj (negativnih vplivov).

Čeprav so številne zahteve za načrtovanje glede tveganj in priložnosti enake, je očitno, da so avtorji standarda SIST ISO 55001:2024 želeli poudariti, da mora učinkovito obvladovanje obravnavati tako priložnosti kot tudi tveganja. Medtem ko mednarodni standard SIST ISO 31000 za obvladovanje tveganj opredeljuje tveganje kot »učinek negotovosti na cilje« in priznava, da lahko ta negotovost povzroči tako pozitivne kot negativne izide, novi poudarek v standardu SIST ISO 55001:2024 na načrtovanju priložnosti pomeni, da morajo organizacije razmisliti o vseh priložnostih, ne le o tistih, ki izhajajo iz negotovosti.

Člen 6.2.1 – Strateški plan obvladovanja premoženja (SAMP)

Standard SIST ISO 55001:2024 uvaja novo točko 6.2.1 »Strateški plan obvladovanja premoženja (SAMP)«, ki nadomešča in združuje sklice na SAMP, ki so se pojavljali v več točkah standarda SIST ISO 55001:2014. Ta nova točka v veliki meri usklajuje SIST ISO 55001 z navodili glede SAMP, ki so bila podana v SIST ISO 55002:2018, priloga C.

Vključitev te točke v SIST ISO 55001:2024 pojasnjuje vlogo SAMP kot strateškega plana v okviru obvladovanja premoženja. Organizacije morajo dokumentirati SAMP, ga uskladiti s cilji organizacije in vključiti ukrepe za obravnavo tveganj in priložnosti.

Zdaj je splošna zahteva za SAMP, da vsebuje strategije in pristope za odločanje ter za izvajanje in usklajevanje dejavnosti obvladovanja premoženja. To se razlikuje od zahteve v standardu SIST ISO 55001:2014, kjer je SAMP moral opredeliti, kako se organizacijski cilji pretvorijo v cilje obvladovanja premoženja, pristop k razvoju načrtov obvladovanja premoženja in vlogo sistema obvladovanja

premoženja pri podpori doseganja ciljev obvladovanja premoženja.

Posebej pomembno je, da mora SAMP zdaj vsebovati okvir za odločanje v obvladovanju premoženja, in ker mora biti SAMP hranjen kot »dokumentirana informacija«, pomeni, da mora biti tudi okvir za odločanje formalno dokumentiran, čeprav je dovoljeno, da je dokumentiran v več ločenih dokumentih.

Člen 7.2 – Kompetence

V ta člen je bila uvedena nova zahteva, da organizacije periodično izvajajo ocenjevanje kompetenc, da ocenijo, ali zahtevane kompetence še vedno veljajo in so na voljo. Mnoge organizacije lahko sicer preko pregledov uspešnosti, evidenc o usposabljanju itd. dokažejo, ali so kompetence na voljo. Vendar pa lahko izpolnjevanje zahteve po periodičnem pregledu potrebnih kompetenc zahteva, da nekatere organizacije uvedejo bolj formalen postopek za to.

Člen 7.6 – Podatki in informacije

Točka 7.6 »Podatki in informacije« v standardu SIST ISO 55001:2024 nadomešča točko 7.5 »Zahteve glede informacij« iz prejšnje izdaje. Namesto da bi, kot je bilo v primeru SIST ISO 55001:2014, obstajala splošna zahteva, da organizacija določi svoje informacijske zahteve za podporo svojim premoženjem, obvladovanju premoženja, sistemu obvladovanja premoženja in doseganju svojih organizacijskih ciljev, so zahteve veliko bolj specifične in vključujejo med drugim potrebo po:

- določitvi podatkov in informacij, potrebnih za podporo obvladovanju premoženja,
- vzpostavitvi specifikacij za podatke in informacije,
- razvoju načrta za zbiranje, integracijo, izboljšanje kakovosti in deljenje podatkov ter informacij.

Novi standard SIST ISO 55013:2024 Obvladovanje premoženja – Napotki za upravljanje podatkovnih sredstev vsebuje dodatne informacije, ki so pomembne za razumevanje te točke.

Člen 7.7 – Znanje

Standard SIST ISO 55001:2024 uvaja novo točko 7.7 »Znanje«. Ta točka priznava, da imajo vse organizacije in njihovi zaposleni obsežno znanje, ki je relevantno za obvladovanje premoženja – del tega znanja je dokumentirano, del pa je t. i. tiho (implicitno) znanje. To znanje ima vrednost za organizacijo in je zato samo po sebi premoženje, ki ga je treba ustrezno upravljati.
Ta točka zahteva, da organizacija vzpostavi procese, ki omogočajo:

- uporabo znanja,
- dostopnost znanja za potrebe odločanja,
- ohranjanje znanja,
- pridobivanje novega znanja ter
- odstranjevanje zastarelega znanja.

Ključne zahteve v tem členu so torej, da organizacija določi znanje, potrebno za delovanje sistema obvladovanja premoženja, ter da ima vzpostavljene procese za pridobivanje, ohranjanje in uporabo tega znanja.

Člen 8.2 – Upravljanje sprememb

Točka 8.2 standarda SIST ISO 55001:2014 je delno vključevala zahtevo po oceni tveganj, povezanih z vsako načrtovano spremembo, še preden je bila ta sprememba izvedena. Ta zahteva je zdaj premaknjena na bolj logično mesto – v razdelek planiranje – in je vključena v novo točko 6.3 standarda SIST ISO 55001:2024. Nova točka poleg tega vsebuje še zahtevo, da morajo biti spremembe, kadar je ugotovljena potreba po njih, izvedene na načrtovan način. V praksi te spremembe ne bi smele imeti bistvenega vpliva na organizacije, ki so že usklajene s standardom SIST ISO 55001:2014 ali certificirane v skladu z njim.

Člen 8.3 – Zunanje zagotovljeni procesi, proizvodi, tehnologije in storitve

V standardu SIST ISO 55001:2024 je bila točka 8.3 »Zunanje izvajanje (outsourcing)« preimenovana v »Zunanje zagotovljeni procesi, proizvodi, tehnologije in storitve«. Ta sprememba imena odraža dejstvo, da mora organizacija izvajati nadzor nad vsemi elementi sistema obvladovanja premoženja, ki jih zagotavljajo zunanji izvajalci – ne le nad pogodbeno delovno silo, kar je bilo pogosto enačeno z izrazom *outsourcing*.

Člen 10.3 – Prediktivni ukrep

Standard SIST ISO 55001:2014 je vseboval točko 10.1 »Neskladnost in korektivni ukrep« (zahteva po procesih za odzivanje na incidente in neskladnosti ter za preprečevanje njihove ponovitve) in točko 10.2 »Preventivni ukrep« (zahteva po procesih za preprečevanje morebitnih incidentov in neskladnosti).

V standardu SIST ISO 55001:2024 sta korektivni in preventivni ukrep združena v točko 10.2 »Neskladnost in korektivni ukrep«, uvedena pa je nova točka 10.3 »Prediktivni ukrep«. Standard SIST ISO 55000:2024 opredeljuje »prediktivni ukrep« kot *»ukrep, ki napoveduje prihodnje vedenje parametra, potrebnega za podporo odločanju«*, ter navaja več primerov takšnih ukrepov, kot so raziskave, preiskave, eksperimentiranje, modeliranje, testiranje in spremljanje.

Uvedba zahteve po prediktivnih ukrepih priznava, da je v manj gotovih poslovnih okoljih optimizacija ustvarjanja vrednosti mogoča le z robustnim razmislekom o različnih scenarijih – kar zahteva napovedne (prediktivne) zmogljivosti. Glede na pomembne globalne spremembe, ki so se zgodile v desetih letih od izdaje prve različice standarda ISO 55001, je vključitev te točke posebej ustrezna. Poudarek je na

proaktivnem odločanju, vključno z določanjem optimalnih točk za posege, kot so vzdrževanje, obnova, zamenjava in odstranitev premoženja.

Osredotočenost na rezultate

Pogosta kritika standarda SIIST ISO 55001:2014 je bila, da so zahteve preveč usmerjene na procese in premalo na rezultate oziroma dosežke (Dunn, 2024). Edina zahteva, da sistem obvladovanja premoženja doseže želene rezultate, je bila vsebovana v podčlenu znotraj člena 5.1 standarda SIST ISO 55001:2014. V standardu SIST ISO 55001:2024 ta isti podčlen (člen 5.1 (e)) še vedno obstaja, vendar so bile poleg tega dodane še druge zahteve na različnih mestih po celotnem standardu, ki od organizacije zahtevajo ne le izvedbo določenih ukrepov, ampak tudi oceno učinkovitosti teh ukrepov, da ugotovi, ali so ti ukrepi vodili do želenih rezultatov.

V členu 7.3 na primer, ki se nanaša na ozaveščenost, je zdaj zahteva, da organizacija ne le ukrepa ob zagotavljanju ozaveščenosti o obvladovanju premoženja znotraj organizacije, ampak tudi oceni učinkovitost teh ukrepov. Podobne zahteve obstajajo tudi glede komuniciranja in okvira odločanja.

Zaključek

Članek predstavlja ključne spremembe, uvedene v standardu SIST ISO 55001:2024. Druga izdaja tega standarda, ki je na trgu že eno leto, nudi bolj zrelo specifikacijo zahtev za sistem obvladovanja premoženja in krepi standard na številnih področjih. To vključuje:

- sprejemanje odločitev,
- strateško načrtovanje v okviru obvladovanja premoženja in
- upravljanje podatkov in informacij o obvladovanju premoženja.

Nova zahteva glede preventivnih ukrepov bo preizkusila, kako dobro organizacije njihove napovedne sposobnosti obravnavajo kot celoten spekter relevantnih vprašanj ter v kolikšni meri so ti procesi učinkoviti pri obveščanju o sprejemanju odločitev.

LITERATURA:

[1] Dunn, S. (2024). ISO 55001:2024 vs ISO 55001:2014 – A Comparison. Dosegljivo na: https://www.assetivity.com.au/articles/asset-management/iso-550012024-vs-iso-550012014-a-comparison/?srsltid=AfmBOorzLMHOKg4N9Qwrw6nzlw0yKNy0HMjWLwKolkSvCS3fa5D8woz_

[2] ISO 55001, 2024. Asset management — Management systems — Requirements. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization (ISO).

ABSTRACT

SIST ISO 55001:2024 – OVERVIEW OF THE MAIN CHANGES IN THE SECOND EDITION OF THE STANDARD

In July 2024, the second edition of the international standard ISO 55001:2024 was published, defining the requirements for an asset management system. Since the second edition has been in use for some time, it is appropriate to highlight some of the new features it has introduced. The second edition introduces significant updates compared to the 2014 version, reflecting the evolution of good practices, changes in the business environment, and a stronger focus on data-driven decision-making, sustainability, and long-term asset value. This article provides an overview of the key changes introduced in the 2024 edition and their implications for organizations that apply or intend to implement the standard. Existing certificate holders under ISO 55001:2014 are required to align their management systems with the new edition by July 2027.

Keywords: asset management, ISO 55001:2024, SAMP, updates



VARNOST VARILCEV

Piše: **Andraž Tancek**, elektrotehnik telekomunikacij, vodja LPM, ZVD d. o. o., Ljubljana



VAROVALNE ROKAVICE ZA VARILCE

Članek obravnava tveganja, ki nastajajo pri različnih postopkih varjenja, in vlogo osebne varovalne opreme, s posebnim poudarkom na zaščitnih rokavicah za varilce. Na kratko so predstavljena glavna tveganja (optična sevanja, vročina, staljena kovina, mehanske nevarnosti) ter pomen pravilno izbrane osebne varovalne opreme.
Osrednji del je namenjen varovalnim rokavicam: zakaj se pri varjenju skoraj izključno uporablja usnje, kakšne so zahteve glede vsebnosti Cr (VI) po EN ISO 21420 ter katere zahteve za toplotno in mehansko zaščito postavljajo standardi EN 388, EN 407 in EN 12477.
Pojasnjena je razlika med rokavicami tipa A in tipa B ter podane so praktične smernice za izbiro glede na postopek varjenja (MMA/REL, MIG/MAG, TIG, plamensko varjenje in rezanje).
V zaključku so izpostavljene najpogostejše napake pri izbiri rokavic iz uporabniške prakse ter kratek pregled, na kaj mora uporabnik vedno paziti pri nakupu in zamenjavi rokavic.
Članek se osredotoča izključno na zaščito rok; v prihodnjih prispevkih bodo podrobneje obravnavana še druga tveganja za varilce.

Ključne besede: varovalne rokavice za varilce, osebna varovalna oprema, toplotna tveganja, mehanska tveganja, brizgi staljene kovine, usnjene rokavice, standard EN 12477, izbira ustrezne zaščite

1. Uvod: delo varilcev in tveganja

V kovinski industriji je varjenje eden najbolj razširjenih postopkov obdelave kovin. Varjenje je postopek, pri katerem se zaradi visoke vročine zlijeta skupaj dve kovinski ploskvi, pri čemer nastane zvar, ki ploskvi trdno poveže. Zaradi svoje praktičnosti je postopek zelo razširjen in pogosto uporabljen. Sam postopek pa predstavlja tudi veliko tveganje, saj se – ne glede na vrsto varjenja – pojavi cela vrsta tveganj za varilca, osebje, ki pri varjenju sodeluje, pa tudi za delavce, ki v procesu ne sodelujejo, se pa v času izvajanja varjenja nahajajo v bližini in so v dosegu vplivnega območja varjenja.

Tveganja, ki jih lahko identificiramo ob procesu varjenja, razčlenimo na naslednje skupine:

- elektromagnetna polja nizkih frekvenc
- umetna optična sevanja
    - UV – ultravijolična svetloba (UV-B in UV-A, od 200 nm do 400 nm)
    - vidna svetloba (izredno močna svetloba v vidnem delu spektra, od 400 nm do 800 nm)
    - IR – infrardeča svetloba / toplota (od 800 nm do 3 mm)
- plamen in vroči plini, ki izhajajo ob taljenju kovine
- mehanske nevarnosti (abrazija, rezanje, trganje, prebadanje)
- termična tveganja (širjenje plamena, kontaktna toplota – ob dotiku, konvekcijska toplota, majhne kapljice staljene kovine

Omenjena tveganja lahko razdelimo na dve skupini, in sicer na vidna in nevidna tveganja.

- **Vidna tveganja:** močna vidna svetloba obloka/plamena, **vročina** (plamen, vroče površine, konvekcija), **iskre in kapljice staljene kovine**, brizgi/robovi obdelovancev.
- **Nevidna tveganja: ultravijolična (UV)** in **infrardeča (IR)** svetloba, **elektromagnetna sevanja nizkih frekvenc**, **strupeni in dražeči hlapi/pare** (oksidi kovin, ozon, dušikovi oksidi ipd.)

Kot vidimo, je tveganj res veliko, zato je tudi pristop k varovanju pred škodljivimi učinki varjenja na varilca zelo širok in zahteven proces.

Za zaščito varilca je najpogosteje in tudi najbolj efektivno uporabljati primerno osebno varovalno opremo.

Varilec potrebuje naslednjo osebno varovalno opremo:

- za zaščito oči in obraza (varilna maska)
- za zaščito dihal (dihalna maska, dihalni aparat)
- za zaščito telesa (delovna obleka in usnjen predpasnik)
- za zaščito nog (delovna obutev z zaščitno kapico)
- za zaščito rok (varovane rokavice za varilce)

Pri uporabi osebne varovalne opreme se je treba zavedati, da medtem ko varilca osebna varovalna oprema varuje, mu hkrati otežuje gibanje, omejuje vidno polje in zmanjšuje uporabnost prijema ter občutka v prstih.

Ker obleka varilca pokriva njegovo celo telo, je to še posebej nepraktično pri delu na vročih deloviščih ali poleti. Prav tako ga varovalna oprema lahko ovira pri delu v ozkih ali drugače utesnjenih prostorih.

Poleg ustrezne osebne varovalne opreme pa varilec za varno delo potrebuje tudi:

- čisto in urejeno delovno okolje;
- ustrezno varilno mizo, ki omogoča enostavno manipulacijo z obdelovanci;
- lokalno odsesavanje strupenih plinov, ki izhajajo iz postopka taljenja kovin;
- ustrezno ograjeno varilno kletko, ki omogoča zaščito delavcev, ki v procesu varjenja ne sodelujejo, se pa nahajajo v bližini in so lahko izpostavljeni direktnemu ali indirektnemu snopu elektromagnetnega ali optičnega sevanja.
- Še prav posebno pozornost je treba nameniti delu varilcev, ki delajo na višini ali pa opravljajo varjenje "nad glavo", saj so pri takem načinu dela še dodatno izpostavljeni delcem staljene kovine, vročini in neugodnemu položaju med varjenjem.

2. Varovalne rokavice za zaščito varilcev

Roke varilca so zaradi bližine mestu varjenja med najbolj izpostavljenimi deli telesa varilca med postopkom varjenja, zato je zaščiti rok posvečene zelo veliko pozornosti.

Rokavice morajo zagotavljati celovito toplotno zaščito (gorenje, kontakt, konvekcija) in odpornost na kapljice staljene kovine po celotni površini (dlan, hrbet, manšeta). Hkrati pa morajo varilcu dopuščati dovolj svobode, ročnosti in občutka v rokah in prstih, da lahko varno rokuje z varilnim aparatom in obdelovanci.

Vsake rokavice, ki so narejene za zaščito varilcev, morajo biti izdelane skladno z direktivo o osebni varovalni opremi (EU) 2016/425. Skladnost z direktivo pa dokazujejo z izpolnjevanjem zahtev standarda EN 12477.

Rokavice za varilce so zelo pogosto (če ne kar izključno) narejene iz usnja. Razlogov za to je več. Usnje ima ravno tiste lastnosti, ki jih pri varjenju najbolj potrebujemo:

- **dobro prenašanje toplote in isker**
  Usnje se pri toploti ne stopi, kot bi se plastika ali veliko sintetičnih materialov, ampak se prej začne žgati/ogljiti. Zato je bolj varno, ko letijo iskre in majhni brizgi staljene kovine.
- **zaščito pred brizgi staljene kovine in plamenom**
  Debelejše usnje dobro ustavi majhne kapljice staljene kovine in kratek stik z ognjem, kar je ravno to, kar varilec potrebuje pri vsakdanjem delu.
- **mehansko odpornost**
  Usnje je trpežno – dobro prenaša drgnjenje, prijemanje ostrih ali grobih predmetov, robov pločevine, orodja … Rokavice se zato ne strgajo tako hitro.
- **izolacijo in udobje**
  Usnje je naraven material, ki daje dobro toplotno izolacijo, hkrati pa je bolj udobno in "dihajoče" kot marsikateri debel sintetični material. Roke se manj potijo kot v plastiki.
- **dober oprijem**
  Hrapava stran usnja (t. i. brušeno ali "semiš" usnje) daje dober oprijem orodja, kar je pomembno za varno delo.
- **razmerje med ceno in zaščito**
  Usnje (npr. goveje, kozje, svinjsko) je relativno dostopno, hkrati pa ponuja zelo dobro kombinacijo zaščite, trajnosti in udobja – zato je praktična in logična izbira.

Zato standardi za rokavice za varilce (kot EN 12477) v praksi skoraj vedno vodijo do usnjenih rokavic – drugi materiali se sicer lahko uporabljajo, a usnje je še vedno "zlati standard" za varjenje.

Usnje in Cr (VI) (EN ISO 21420 – splošne zahteve)

Usnje, iz katerega so narejene rokavice, je pogosto **strojeno z uporabo kroma**. Pri tem se uporablja predvsem **krom(III)**, ki je v teh pogojih relativno stabilen. Če je postopek strojenja ali kasnejše skladiščenje/obdelava napačna, se lahko del kroma(III) pretvori v **krom(VI)**, ki pa je:

- **močan alergent** – lahko povzroča kontaktni dermatitis in alergijske reakcije na koži,
- **toksičen in kancerogen** pri dolgotrajni izpostavljenosti.

Zato standard EN ISO 21420 vsebuje posebne zahteve glede **"neškodljivosti materialov" (innocuousness)**.

Kaj zahteva EN ISO 21420 za usnje?

EN ISO 21420 določa, da morajo zaščitne rokavice iz usnja izpolnjevati naslednje:

- vse usnje v rokavicah (ne le dlan, tudi hrbtna stran, manšete ipd.) morajo imeti vsebnost **Cr (VI) manj kot 3 mg/kg usnja**.

To je mejna vrednost, pri kateri naj bi bila nevarnost za zdravje pri običajni uporabi minimalna.

V praksi to pomeni, da mora proizvajalec:

- uporabljati primerne postopke strojenja in barvanja,
- narediti laboratorijski preizkus usnja (po ustrezni ISO metodi) za določitev Cr (VI),
- dokazati, da vse serije usnjenih rokavic ostajajo pod mejo 3 mg/kg.

Kaj to pomeni za rokavice za varilce?

Rokavice ne smejo zagotavljati samo dobre **toplotne in mehanske zaščite**, ampak morajo biti tudi **"koži prijazne"** – brez prekomerne vsebnosti Cr (VI) v usnju.

3. Varjenje

Ročno obločno varjenje z oplaščenimi elektrodami (MMA / REL)

Pri tem postopku varilec uporablja **oplaščeno elektrodo**, med elektrodo in kovino gori **električni oblok**. Nastajajo **močne iskre in brizgi staljene kovine**, zvar in elektroda sta zelo vroča. Zato so potrebne **debele usnjene rokavice**, ki ščitijo pred brizgi, toploto in žlindro.

Varjenje z žico v zaščitnem plinu – MIG/MAG

Tu se iz gorilnika neprekinjeno podaja **kovinska žica**, okrog je **zaščitni plin**. Postopek je hiter, zato je **taline in brizgov še več** kot pri ročnem obločnem varjenju. Rokavice morajo dobro ščititi pred:

- majhnimi kapljicami staljene kovine,
- kontaktno toploto gorilnika in zvara,
- mehanskimi obremenitvami pri rokovanju z materialom.

Varjenje z netaljivo elektrodo – TIG

Pri TIG varjenju se uporablja **volframova elektroda**, dodajni material pa se dodaja ročno (žička/palica). Brizgov je manj, je pa še vedno prisotna **visoka toplota zvara** in **UV-sevanje** iz obloka. Zato se uporabljajo **tanjše varilske rokavice**, ki:

- še vedno ščitijo pred toploto in manjšimi brizgi,
- hkrati pa omogočajo boljšo občutljivost prstov za natančno delo.

Plamensko varjenje in rezanje

Pri teh postopkih plamen in staljena kovina **direktno segrevata** obdelovanec in okolico. Pojavljajo se **kapljice staljene kovine**, žareči delci in vroč zrak. Rokavice morajo zato ščititi predvsem pred:

- konvekcijsko toploto (vroč zrak, plamen),
- kontaktno toploto (vroča kovina, orodje),
- brizgi staljene kovine.

4. Standard EN 12477

Standard SIST EN 12477 : 2002 – Varovalne rokavice za varilce (EN 12477 : 2001 – Protective gloves for welders) je bil napisan z namenom postaviti minimalne zahteve za rokavice, ki so namenjene varilcem. Pri tem so v tehničnem komiteju CEN/TC 162 upoštevali takrat veljavne standarde in dobro prakso. Že kar nekaj let je v pripravi prenovljeni standard EN 21477 (prEN je izšel 2021), vendar pa do dokončne izdaje kljub veliko napovedim še ni prišlo.

Zamujanje pri izdaji novega standarda pa ni tako nedolžno, saj je večina standardov, ki so bili uporabljeni pri izdelavi EN 12477 leta 2001, sedaj še nadomeščenih z novimi in pri nekaterih je prišlo do bistvenih sprememb. Akreditirani laboratoriji za preskušanje lastnosti rokavic so se medtem že prilagodili na nove različice standardov, zato tudi preskušanje rokavic za varilce poteka po novih standardih, čeprav zanje še vedno velja standard, ki se sklicuje na stare – neveljavne standarde. V ta namen so priglašeni organi (za izdajo EU certifikatov o skladnosti tipa) sprejeli RfU (recommendation for use), ki priglašenim organom daje napotke, kako se odločati v takšnih primerih.

Standard vsebuje:

- zahteve (kaj morajo rokavice zdržati) in
- preskusne metode – kako to preverimo.

Rokavice morajo ščititi predvsem pred:

- majhnimi brizgi staljene kovine,
- kratkotrajnim stikom z ognjem (omejen plamen,)
- toploto iz zraka (konvekcijska toplota),
- toploto pri stiku (vroče površine),
- UV-sevanjem iz varilnega obloka.

Poleg tega morajo zagotavljati tudi zaščito pred mehanskimi tveganji (odrgnine, prerezi ipd.).

5. Tip A in tip B

Standard deli rokavice na dva tipa, in sicer tip A in tip B. Glede na zmogljivost (zaščita vsebuje - ? gibljivost prstov), standard deli rokavice za varilce na dva tipa:

- **Tip A**
  - slabša gibljivost prstov (težje je delati drobne, natančne stvari),
  - **boljša zaščita** pred toploto, brizgi ipd.
- **Tip B**
  - boljša gibljivost prstov (lažje natančno delo),
  - **nekoliko slabša zaščita** v primerjavi s tipom A.

5.1. Izbira varilne rokavice glede na postopek varjenja:

- **Ročno obločno varjenje (MMA / REL)**
  - Veliko brizgov staljene kovine, žlindra, visoki tokovi.
  - Priporočeno: predvsem tip A.
  - Tip B le pri lažjih delih/znižanih tokovih, kjer je fin prijem pomembnejši od maksimalne zaščite.

- **Primer lastnosti rokavic za REL / MMA** (ročni elektrooblok) – "težko" varjenje
  - EN 12477: tip A
  - Primer EN 407 (toplota): 4 1 3 X 4 X
  - Primer EN 388 (mehansko): 3 1 3 2 X

- **MIG/MAG varjenje**
  - Hitro varjenje, veliko drobnih brizgov, visoka toplota gorilnika in zvara.
  - Priporočeno: večinoma tip A (industrijsko varjenje, konstrukcije, debelejše pločevine).
  - Tip B je lahko primeren pri tanjši pločevini / karoserijah, kjer je več rokovanja in finega dela.

- **Primer lastnosti rokavic za MIG/MAG** – debelejša pločevina, konstrukcije
  - EN 12477: tip A
  - Primer EN 407: 3 1 2 X 3 X
  - Primer EN 388: 3 1 3 2 X

- **Primer lastnosti rokavic za MIG/MAG** – tanjša pločevina, karoserija, natančnejše delo. Manj toka, več "finih prijemov" → lahko pride v poštev tip B (več občutka v prstih).
  - EN 12477: tip B
  - Primer EN 407: 3 1 X X 2 X
  - Primer EN 388: 2 1 2 1 X

- **TIG varjenje**
  - Malo brizgov, a visoka toplota in močno UV-sevanje; varilec mora natančno dozirati žičko/palico.
  - Priporočeno: pretežno tip B (večja občutljivost, boljši prijem, tanjše usnje).
  - Tip A se uporablja redkeje, predvsem če so prisotne še druge grobe operacije.

- **Primer lastnosti rokavic za TIG varjenje**
  - EN 12477: tip B
  - Primer EN 407: 2 1 X X 2 X
  - Primer EN 388: 2 1 2 1 X

- **Plamensko varjenje in plamensko rezanje**
  - Plamen, vroč zrak, staljena kovina, žareči delci.
  - Pri rezanju, ogrevanju, težjih delih: bolj smiseln tip A (večja toplotna zaščita).
  - Pri finih plamenskih delih / lotanju: lahko tudi tip B, če je toplota manj ekstremna in je spretnost pomembna.

- **Primer lastnosti rokavic za Plamensko varjenje / plamensko rezanje**
  - EN 12477: tip A
  - Primer EN 407: 3 1 2 X 3 X
  - Primer EN 388: 3 1 3 2 X

6. Preskusne metode

- Kakovost zaščite varovalnih rokavic za varilce preverimo s preskusnimi metodami, ki jih standard EN 12477 povzema po drugih standardih za zaščito pred mehanskimi nevarnostmi (EN 388) in za zaščito pred termičnimi učinki – vročina in ogenj (EN 407). Kot vse druge rokavice pa morajo tudi rokavice za varilce zagotavljati skladnost s standardom EN ISO 21420 – splošne zahteve oz. s standardom EN 420 (ki je bil v veljavi v času izida standarda EN 12477 leta 2001).
  - Velikost rokavic
  - Rokavice morajo ščititi uporabnika v povečanem obsegu v zapestnem delu, zato standard podaja dolžine rokavic, ki so večje od prepisanih v splošnem standardu.
  - Dolžina rokavic glede na velikost:

Tabela povzeta po EN 12477 : 2001

Velikost	6	7	8	9	10	11	12
Najmanjša dolžina (mm)	300	310	320	330	340	350	360

  - Posebne zahteve glede zaščite pred različnimi tveganji glede na tip A in tip B

Tabela povzeta po EN 12477 : 2001

- * Zahteva je bila postavljena naknadno v dodatku A1 k standardu, dodatek je izšel 2005 EN 12477:2002/A1:2005, rokavice morajo biti zasnovane tako, da med zunanjim in notranjim delom ni električno prevodne povezave, npr.

Tabela povzeta po EN 12477 : 2001

Zahteve	**Standard**	**Tip A**	**Tip B**
Odpornost na abrazijo	EN 388	2 (500 ciklov)	1 (100 ciklov)
Odpornost na rezanje z nožem	EN 388	1 (indeks 1,2)	1 (indeks 1,2)
Odpornost na trganje	EN 388	2 (25 N)	1 (10 N)
Odpornost na prebadanje	EN 388	2 (60 N)	1 (20 N)
Obnašanje pri gorenju	EN 407	3	2
Odpornost proti kontaktni toploti	EN 407	1 (kontaktna T 100°C)	1 (kontaktna T 100°C)
Odpornost proti konvekcijski toploti	EN 407	2 (HTI ≥ 7)	-
Majhni brizgi staljene kovine	EN 407	3 (25 kapljic)	2 (15 kapljic)
Uporabnost	EN 420	1 (najmanjši premer 11 mm)	4 (najmanjši premer 6.5 mm)
Vertikalna upornost (samo za obločno varjenje)*	EN 1149-2	> 10^5 Ω T=(20±2)°C, H=(85±3)%	> 10^5 Ω T=(20±2)°C, H=(85±3)%



Slika: Primer rokavice za varilce z oznakami

preko kovinskih delov, kot so zakovice. Navpična električna upornost za rokavice tipa A in B mora biti > 10^5 Ω.

- Označevanje rokavic za varilce
- Označevanje rokavic mora biti skladno z zahtevami EN ISO 21420 (EN 420), vsebovati mora vse standardne elemente:
- identifikacijo proizvajalca,
- identifikacijo modela,
- velikost rokavice,
- piktogram mehansko odporne rokavice,
- piktogram odpornosti proti vročini in ognju,
- identifikacijo po EN 12477, tip A ali tip B,
- datum proizvodnje (najmanj leto in četrtletje),
- CE-znak,
- Znak (knjižica z informacijami), ki nakazuje, da so rokavicam priložena navodila za uporabo.

7. Zaščita pred termičnimi vplivi in ognjem

- Zaščita pred termičnimi vplivi in ognjem pomeni, da roke v povečanem obsegu zaščitimo pred toploto in plamenom, ki nastajata pri varjenju, rezanju ali delu z vročimi materiali. Rokavice za takšna dela morajo zdržati kratek stik z ognjem, vročimi površinami in vročim zrakom ter odbijati iskre in brizge staljene kovine, ne da bi se preluknjale ali stopile.
- Hkrati zmanjšajo tudi nevarnost opeklin zaradi žarečih delcev in toplote, ki se prenaša skozi material. Pomembno je, da so rokavice prave velikosti, dovolj dolge, da pokrijejo zapestje, in da so primernega tipa – bolj »okorne« za močnejšo zaščito ali tanjše za natančnejše delo.
- Tako izbrana in preizkušena zaščitna oprema pomaga, da toplota in ogenj ostaneta na zunanji strani, koža pa ostane nepoškodovana.
- Lastnosti rokavic glede zaščite pred termičnimi vplivi preskušamo z naslednjimi preskusi:
- Omejeno širjenje plamena (limited flame spread)
  - Kaj meri: kako hitro se plamen širi po materialu in ali material gori/žari še naprej, ko plamen odstranimo.
  - Deli rokavice: preskusi se cela rokavica (komplet), pri rokavicah z visoko toplotno odpornostjo pa tudi vsi zunanji materiali, vključno z večjimi dodatki in šivi.
- Kontaktna toplota (contact heat)
  - Kaj meri: kako dobro material ščiti pri direktnem stiku z vročo površino (npr. vroča kovina, orodje).
  - Deli rokavice: obvezno se testira dlan, dodatno pa vsi drugi deli, ki so namenjeni dotiku vročih predmetov (npr. notranja stran prstov), če so iz drugega materiala.
- Konvekcijska toplota (convective heat)
  - Kaj meri: zaščito pred toplim plamenom/vročim zrakom, ki segreva rokavico skozi zrak.
  - Deli rokavice: vzorci se vzamejo z dlani in s hrbtne strani rokavice, če sta iz različnih materialov.
- Majhni brizgi staljene kovine (small splashes of molten metal)
  - Kaj meri: koliko kapljic staljene kovine material prenese, preden postane nevarno za kožo.
  - Deli rokavice: vzorci se jemljejo z dlani, hrbtne strani in manšete, če so ti deli iz različnih materialov ali drugače izdelani.

8. Najpogostejše napake pri izbiri rokavic in kako se jim izogniti

Uporabniki rokavic za varjenje pogosto zaupamo oznakam "varilske rokavice" in ceni, ne pa dejanskim lastnostim. Rezultat so rokavice, ki so premalo odporne na toploto, se prehitro prežgejo ali ne ustrezajo načinu varjenja. Spodaj je nekaj tipičnih napak z vidika uporabnika.

- **Gledamo samo napis, ne pa standardov**
  Rokavice so označene kot "varilske", v resnici pa niso preskušene po EN 12477 in EN 407. Vedno preveri oznaki EN 12477 (tip A/B) in EN ISO 21420 na rokavici ali v navodilih.
- **Ne razumemo razlik med tipom A in B**
  Za težko varjenje (MMA, močan MIG/MAG) vzamemo preveč tanke rokavice (tip B) ali pa za TIG in natančno delo uporabljamo "okorne" tip A. Za močno toploto in brizge izberi tip A, za natančno delo (TIG, fino MIG/MAG) pa raje tip B.
- **Pozornost namenimo samo dlani, ne tudi hrbtu in manšeti**
  Pri varjenju zaščita ni pomembna le na dlani. Brizgi in staljena kovina pogosto pristanejo tudi na hrbtni strani in manšeti. Rokavica naj bo iz primernega materiala in dovolj dolga, da zaščiti tudi zapestje in spodnji del podlakti.
- **Ne opazimo šivov in niti**
  Poceni rokavice imajo lahko šive iz običajne sintetične niti, ki se pri varjenju hitro stopi ali prežge, čeprav je usnje še v redu. Če se ti šivi hitro uničijo ali stopijo, je to znak, da rokavica ni primerna za varjenje.

- **Zanašamo se na ikone za elektriko**
  Nekateri piktogrami in marketinški napisi dajejo vtis, da rokavica ščiti tudi pred električnim tokom. Rokavice za varilce niso izolacijske rokavice za delo pod napetostjo. Za električna dela vedno uporabi posebne električno izolacijske rokavice, nikoli samo varilskih.
- **Kupujemo "na pamet" in brez dokumentacije**
  Rokavice naročimo po spletu ali preko več posrednikov, ne da bi videli navodila, izjavo o skladnosti ali vsaj osnovne podatke o razredih toplote in reza. Pri nabavi vedno zahtevaj navodila v slovenščini in deklarirane ravni zaščite (npr. po EN 407). Če tega ni, rokavice niso primerne.

Hitri nasveti za uporabnike:

- preveri, ali so rokavice označene z EN 12477 (tip A/B) in EN 407,
- izberi tip A ali B glede na postopek varjenja in potrebno spretnost,
- rokavice zamenjaj, ko so prežgane, preluknjane ali imajo poškodovane šive – takrat ne ščitijo več dovolj.

9. Zaključna misel

Zaščitne rokavice za varilce niso le "potrošni material", ampak ključni del osebne varovalne opreme. V praksi varjenja pogosto hitrost in rutina prehitro potisneta varnost na stranski tir, rokavicam pa posvečamo premalo pozornosti – dokler ne pride do poškodb. Pravilna izbira glede na postopek varjenja, raven toplotne obremenitve in potrebne spretnosti (tip A ali tip B) bistveno zmanjša tveganje za opekline in mehanske poškodbe rok.

Standardi, kot so EN ISO 21420, EN 388, EN 407 in EN 12477, pri tem niso sami sebi namen, temveč orodje, ki pomaga povezati zahteve varnosti, udobja in zdravja pri delu.
Dobro izbrane, ustrezno označene in pravilno vzdrževane rokavice so ena najpreprostejših, a tudi najučinkovitejših investicij v varnejše varjenje.

V tem članku smo se osredotočili izključno na osebno varovalno opremo za zaščito rok; v prihodnjih prispevkih bomo obravnavali še druga tveganja, povezana z varjenjem, in z njimi povezano osebno varovalno opremo.

VIRI:

[1] UREDBA (EU) 2016/425 EVROPSKEGA PARLAMENTA IN SVETA z dne 9. marca 2016 o osebni varovalni opremi in razveljavitvi Direktive Sveta 89/686/EGS
[2] EN ISO 21420 : 2020 + A1 : 2024 - Varovalne rokavice - Splošne zahteve in preskusne metode
[3] EN 388 : 2016 + A1 : 2018 - Rokavice za zaščito pred mehanskimi tveganji
[4] EN 407 : 2020 - Varovalne rokavice in druga oprema za zaščito rok pred toplotnimi tveganji (toplote in/ali ognja)
[5] EN 511 : 2006 - Rokavice za zaščito pred mrazom
[6] EN 12477 : 2001 + A1 : 2005 - Varovalne rokavice za varilce

ABSTRACT

PROTECTIVE GLOVES FOR WELDERS

The article discusses the risks arising from different welding processes and the role of personal protective equipment, with a special focus on protective gloves for welders. It briefly presents the main hazards (optical radiation, heat, molten metal, mechanical risks) and the importance of correctly selected personal protective equipment.

The central part is dedicated to protective gloves: why leather is used almost exclusively for welding, what the requirements regarding Cr (VI) content under EN ISO 21420 are, and which requirements for thermal and mechanical protection are set by standards EN 388, EN 407 and EN 12477.

The difference between type A and type B gloves is explained, and practical guidelines are given for selection according to the welding process (MMA/Stick, MIG/MAG, TIG, oxy-fuel welding and cutting).

The conclusion highlights the most common mistakes in glove selection observed in user practice and provides a brief overview of what users should always pay attention to when purchasing and replacing gloves. The article focuses exclusively on hand protection; future contributions will examine other risks for welders in more detail.

Keywords: protective gloves for welders, personal protective equipment, thermal hazards, mechanical hazards, molten metal splashes, leather gloves, EN 12477 standard, selection of appropriate protection

www.drustvo-dvs.si

VZDRŽEVANJE SONČNIH ELEKTRARN

Piše: **dr. Viktor Lovrenčić**, univ. dipl. inž. el.[1], **Milan Klemenc, mag.**[2], **Iztok Gornjak**, univ. dipl. gosp. inž. str.[3], **Ana Lovrenčič, mag.** inž. el.[1], **Jernej Fijavž**, univ. dipl. inž. el.[4]
[1] – C&G d.o.o. Ljubljana,[2] – LEA Spodnje Podravje,[3] – Borzen d.o.o.,
[4] – Papirnica Vevče d.o.o.



Primer poročila o stanju male sončne elektrarne na osnovni šoli

REDNO VZDRŽEVANJE IN PREGLEDI SONČNIH ELEKTRARN ZAGOTAVLJAJO VARNO IN ZANESLJIVO OBRATOVANJE

Številne objave in zapisi o varnosti obratovanja sončnih elektrarn, primer poročila o stanju male sončne elektrarne na osnovni šoli ter primer dobre prakse pregledov in čiščenja sončnih elektrarn v industrijskem okolju so spodbudili pripravo tega prispevka o pomembnosti in nujnosti rednega vzdrževanja ter pregledov sončnih elektrarn, ki zagotavljajo varno in zanesljivo obratovanje. Veliko prispevkov se osredotoča predvsem na požarno varnost sončnih elektrarn. Slovenska javnost je o tovrstnih dogodkih, zlasti požarih, redno obveščena, vendar pogosto brez celovitih informacij o vzrokih.

Strokovna javnost opozarja na pomen rednih pregledov in vzdrževanja fotonapetostnih sistemov, priključenih na omrežje, v skladu z zahtevami predpisov in standardov v Sloveniji (npr. članek v reviji Vzdrževalec, št. 211–212, januar–marec 2025). V nadaljevanju uporabljamo izraz sončna elektrarna namesto fotonapetostna oziroma fotovoltaična naprava ali sistem. Dodatna spodbuda za prispevek je konkretni primer slabega vzdrževanja sončne elektrarne in posledic za varnost, zanesljivost in ekonomičnost obratovanja, vključno z izpadi proizvodnje. Izpostavljen je tudi pomemben vidik kompetenc vseh deležnikov v procesu načrtovanja, gradnje, obratovanja in vzdrževanja sončnih elektrarn ter vloge lastnikov oz. skrbnikov skozi celoten življenjski cikel naprav – še posebej ob zavedanju izjemno velikega števila nameščenih naprav. Ob koncu leta 2024 je bilo v Sloveniji na omrežje priključenih več kot 65.000 naprav, od tega nekaj več kot polovica v lasti fizičnih oseb. Številni lastniki, zlasti fizične osebe, se žal ne zavedajo, da morajo biti skladno z zakonodajo ustrezno poučeni oziroma usposobljeni za upravljanje male elektrarne.

Med predstavljenimi varnostnimi tveganji je tudi primer električnega udara v sončni elektrarni s hranilnikom, v katerem sta bila poškodovana dva monterja elektrodistribucije. Distribucijsko podjetje je izvedlo temeljito analizo vzrokov nezgode in uvedlo dodatne ukrepe za varnost in zdravje pri delu, zlasti glede tveganj električnega udara in električnega obloka. Prispevek poudarja potrebo po dosledni uporabi vseh petih varnostnih pravil za delo v breznapetostnem stanju ter po sistematičnem usposabljanju za delo pod napetostjo. V praksi je pri izvajalcih in vzdrževalcih sončnih elektrarn ocena tveganj zaradi nevarnosti električnega toka pogosto zanemarjena. Temu se pridružujejo še pomanjkljive prakse varovanja delavcev pri gradnji in vzdrževanju, saj gre skoraj vedno za delo na višini.

Ključne besede: sončne elektrarne, varnost, kompetence, periodični pregledi, vzdrževanje

1. Uvod

Strokovna javnost redno opozarja na pomen rednih pregledov in vzdrževanja sončnih elektrarn, priključenih na omrežje, skladno z zahtevami predpisov in standardov v Sloveniji. Društvo vzdrževalcev Slovenije s svojimi aktivnostmi in objavami spodbuja strokovno javnost, investitorje in odločevalce, da sledijo dobri praksi, kot je opredeljena v številnih EN in SIST standardih [1]. Kljub temu predpisi in praksa pogosto ne sledijo dovolj hitro sodobnim trendom varnosti in zanesljivosti obratovanja ter vzdrževanja sončnih elektrarn.

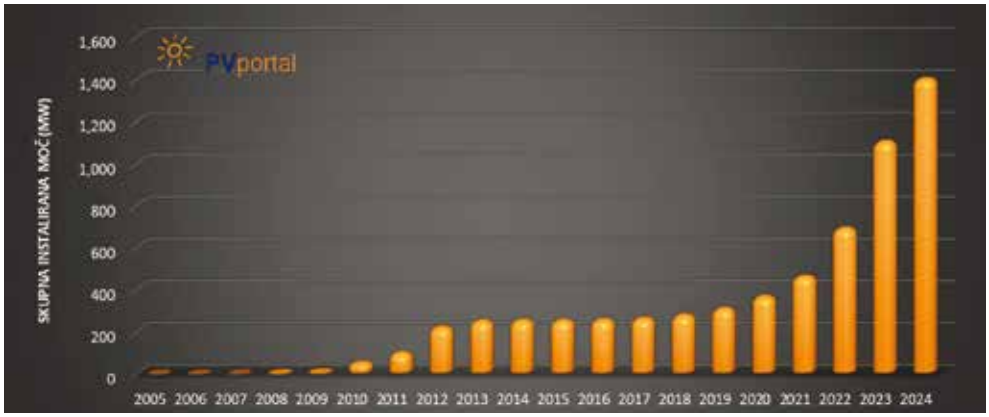
Za razumevanje izzivov je ključno poznavanje obsega in rasti sončnih elektrarn v Sloveniji [2], kot prikazujeta Slika 1 in Slika 2. Dosežen obseg, zlasti v zadnjih letih, vzbuja skrb glede kompetenc vseh deležnikov, ki morajo zagotavljati varno obratovanje in vzdrževanje teh naprav

Če pogledamo zgolj rast v zadnjih treh letih (statistika se nekoliko razlikuje od vira do vira – za prikaz so uporabljeni podatki portala **http://pv.fe.uni-lj.si/sl/**), in sicer v letu 2022 (164 MW, 12.231 naprav oz. skupaj 692 MW, 30.557 naprav), 2023 (486 MW, 17.278 naprav 1.122 MW, 48.021 naprav) in 2024 (299 MW, 15.417 naprav oz. skupaj 1.404 MW, 64.536 naprav), mora biti izražena skrb za kakovost graditve in obratovanja ob vprašanju kompetenc ključnih deležnikov, ki so [1]:

1. **projektant**, ki pripravi ustrezno in pravilno projektno dokumentacijo;
2. **izvajalec**, ki pravilno izvede inštalacijo in povezave v skladu s projektno dokumentacijo;
3. **nadzornik**, ki zagotovi, da je delo izvedeno skladno s tehničnimi rešitvami;
4. **preglednik**, ki preveri ustreznost tehnoloških rešitev po veljavni zakonodaji.

K tem deležnikom lahko dodamo vprašanje zmožnosti inšpekcijskih služb, da bi obvladovale nadzor, saj je konec leta 2024 obseg dosegel že približno **65.000 naprav** skupne inštalirane moči okrog **1.400 MW** [2]. Nujno je prepoznati, da se je od leta 2005 (Slika 2) do danes dogodilo veliko razvojnih in komercialnih sprememb pri vseh elementih sončnih elektrarn, kar se kaže v težavnem obvladovanju varnosti na terenu deležnikov, kot so vzdrževalci in soglasodajalci oz. skrbniki javnega elektrodistribucijskega omrežja. Raznolikost tehničnih rešitev oz. sestavnih elementov, še posebej priključnih omaric skozi leta, danes ogroža varno delo s stališča zagotavljanja varnosti pred nevarnostjo električnega toka. Zgovorno je število zaposlenih oseb [2] na področju fotovoltaike v Sloveniji (leta 2022 = 500– 800 delavcev v 100 podjetjih in leta 2023 = oz. skupaj 1.000 delavcev v 150 podjetjih ter leta 2024 = več kot 2.000 delavcev v 200 podjetjih), ki opozarja na izjemno dinamiko zaposlovanja ter vključenih podjetij kot odziv na povečan obseg graditev sončnih elektrarn. Ali z gotovostjo lahko trdimo, da imajo vsa podjetja in vsi zaposleni na vseh področjih kompetence za kakovostno, varno in zanesljivo gradnjo sončnih elektrarn? Kaj pa številni podizvajalci, ki so sodelovali pri montaži panelov in kabelskih povezav na strehah?

Ob predstavljenih podatkih je prisotna skrb za dejanske kompetence deležnikov (projektanti, izvajalci – montažerji, nadzorniki in pregledniki) tako na področju tehnične izvedbe, od načrtovanja do montaže, kot tudi na zagonu sončnih elektrarn. Ali so vsi elementi naprav z izjavami o skladnosti = varnost in zanesljivost? Ali imajo vse naprave celovito kakovostno projektno dokumentacijo, ki jo običajno imajo elektrarne v obliki vsebine dokazila o zanesljivosti objekta vključno z meritvami kvalificiranih preglednikov nizkonapetostnih inštalacij in strelovodov, če jih imajo? Kako so se projektanti odločali, da je večina samooskrbnih sončnih elektrarn brez strelovodov?



Slika 1: Rast obsega sončnih elektrarn v Sloveniji od leta 2022 (632 MW) do 2024 (1.404 MW) [2]



Slika 2: Letna rast obsega sončnih elektrarn v Sloveniji [2]

Za pridobitev kompetenc so nujni poznavanje predpisov in standardov, primeri dobre prakse, način zagotavljanja varnega in zanesljivega obratovanja ter vzdrževanje v življenjskem ciklu sončne elektrarne ob zagotovitvi požarne varnosti ter varnosti in zdravja pri delu vseh deležnikov v obdobju gradnje in vzdrževanja.

2. Predpisi in standardi

Celovit pregled zahtev glede pregledov in vzdrževanja sončnih elektrarn, priključenih na omrežje, skladno z veljavnimi predpisi in standardi v Sloveniji, je predstavljen v članku [1]. V obdobju po letu 2005, ko so se začele intenzivneje graditi prve sončne elektrarne, so se tako predpisi kot standardi večkrat posodabljali, vendar praksa razvoja in vgradnje novih tehnologij ter številne spremembe pogosto prehitevajo možnosti sprememb predpisov. Posledično imamo v približno dvajsetih letih širok spekter tehničnih rešitev, ki se razlikujejo po kakovosti, sledljivosti in ravni varnosti, kar zahteva posebno pozornost pri pregledih in vzdrževanju obstoječih naprav.

Še posebej pomembno je vprašanje samooskrbnih sončnih elektrarn, ki predstavljajo večinski delež med več kot 65.000 napravami skupne instalirane moči približno 1.400 MW ob koncu leta 2024 [2]. Ocenjuje se, da pomemben del te moči predstavljajo manjše samooskrbne elektrarne, kar odpira resna vprašanja glede kompetenc lastnikov (skrbnikov) ter njihovega razumevanja zakonskih obveznosti, odgovornosti in varnostnih zahtev.

2.1. Komence skrbnikov (lastnikov) samooskrbnih sončnih elektrarn

Ključno vprašanje je, v kolikšni meri skrbniki samooskrbnih sončnih elektrarn poznajo zahteve 3. člena Pravilnika o strokovnem usposabljanju in preizkusu znanja za upravljalca energetskih naprav (Uradni list RS, št. 92/15, 175/20, 63/23 in 38/24 – EZ-2), ki določa, da morajo biti delavci, ki upravljajo in vzdržujejo energetske naprave, za katere ni predpisano formalno usposabljanje, poučeni z navodili za tehnično pravilno in varno obratovanje, s tehničnimi predpisi ter ukrepi za učinkovito rabo energije.

Domnevamo lahko, da skrbniki večjih sončnih elektrarn bolje poznajo zahteve 4. člena pravilnika, ki za naziv upravljavec male elektrarne (npr. sončne elektrarne z nazivno močjo nad 300 kW) predpisuje obvezno strokovno usposabljanje in preizkus znanja. Veliko manj jasno je stanje pri napravah z nazivno močjo do 300 kW, kjer so lastniki pogosto fizične osebe ali manjši subjekti, pri katerih je težje preveriti, ali so bili ustrezno poučeni in ali razumejo naravo svoje odgovornosti. Na podlagi podatkov enega od ponudnikov usposabljanj (Agencija POTI), ki že več kot deset let izvaja programe poučenosti za skrbnike malih elektrarn, lahko grobo ocenimo, da je bilo usposobljenih največ 1.000 skrbnikov. V primerjavi s številom instaliranih naprav gre za približno 2–3 % populacije, kar kaže na izrazito veliko vrzel med normativnimi zahtevami in dejanskim stanjem na terenu. Del odgovornosti se prenaša na zunanje izvajalce vzdrževanja in skrbništva, vendar teh razmerij ni mogoče zanesljivo oceniti.

Uporaben je preprost prikaz analogije: upravljanje sončne elektrarne je v smislu odgovornosti lahko primerljivo z upravljanjem osebnega vozila. Voznik potrebuje vozniško dovoljenje in tehnično brezhibno vozilo z urejeno dokumentacijo. Podobno bi morali skrbniki sončnih elektrarn razumeti potrebo po poučenosti za upravljanje naprave, po ustrezni tehnični dokumentaciji (projekt, izjave o skladnosti, meritve, zapisniki o pregledih, vzdrževalni zapisi) ter po spoštovanju pravil, saj je naprava priključena na javno elektroenergetsko omrežje. Torej potrebujejo »vozniško« kot tudi »prometno« dovoljenje za »vožnjo – upravljanje« sončne elektrarne. Iz številnih stikov z lastniki samooskrbnih sončnih elektrarn izhaja, da te odgovornosti pogosto niso prepoznane ali se podcenjujejo, kar dodatno povečuje tveganja za varnost in zanesljivost obratovanja.

Energetski inšpektorat ima v skladu s 123. členom Energetskega zakona (EZ-2) pristojnost nadzora nad strokovnostjo in usposobljenostjo delavcev, ki upravljajo energetske naprave, ter nad izvajanjem tehničnih zahtev pri gradnji, vzdrževanju, obratovanju in uporabi energetskih objektov. Ali obstoječe število energetskih inšpektorjev omogoča tudi tovrstni nadzor?

2.2. Zahtevne nizkonapetostne inštalacije – sončne elektrarne

Nekaj poudarkov iz članka [1] – povzetek:

Za sončne elektrarne je potrebno zagotavljati ustrezen nivo varnosti obratovanja na osnovi novih pravilnikov in tehničnih smernic (TSG) ter standardov s področja nizkonapetostnih inštalacij, zaščite pred delovanjem strele ter požarne varnosti objektov.

Ravno zaradi hitro rastočega trga novogradenj fotonapetostnih elektrarn (FNE) so bile za ustrezno in tehnično primerno gradnjo FNE, kakor tudi za obratovanje in vzdrževanje, nujne spremembe na področju predpisov za projektiranje, gradnjo, obratovanje in vzdrževanje tovrstnih postrojenj. Zaradi spremenjenih razmer, zakonodajnih zahtev in precejšnjih sprememb na področju nizkonapetostnih električnih inštalacij, kamor sodijo v pretežni meri tudi FNE, še posebej glede na zadnje stanje tehnike na tem področju in strokovne trende ter potrebe uporabnikov, je bil v letu 2021 sprejet Pravilnik o zahtevah za nizkonapetostne električne inštalacije v stavbah (Uradni list RS, št. 41/09 in 2/12) in pripadajoča tehnična smernica TSG-N-002:2013 Nizkonapetostne električne inštalacije, ki so v svoje vsebine vključile zahteve za projektiranje in gradnjo FNE (kot novejše tehnologije) in tudi za samo preverjanje in dokumentacijo. Spremenjeno zakonodajo na tem področju so pogojevale tudi spremenjene razmere v elektroener-

getskem sistemu, ki so skozi sprejem nove zakonodaje s tega področja postale stalnica uvajanja sprememb na področju nizkonapetostnih električnih inštalacij, saj uvajanje novih tehnologij zahteva nove koncepte načrtovanja in obratovanja nizkonapetostnih inštalacij in omrežij ter s tem posledično nove tehnološke rešitve tako z vidika načrtovanja kakor tudi obratovanja. FNE namreč pred zagoni in med samim obratovanjem potrebujejo redna preverjanja in vzdrževanje skladno z veljavnimi predpisi in standardi.

Pravilnik prinaša kar nekaj sprememb, med drugim določa zahtevnost električnih inštalacij, opredeli področje preverjanja izvedenih električnih inštalacij in podaja zahtevo po obveznem preverjanju izdelane projektne dokumentacije za izvedbo, če niso bili pri projektiranju upoštevani ukrepi, navedeni v pripadajoči tehnični smernici. Pomembna novost, ki je predpisana v pravilniku, je obveza investitorja, da mora pred pričetkom izvajanja zagotoviti imenovanje izvajalca preverjanja.

Pravilnik že takoj v 1. členu, ki govori o vsebini in uporabi pravilnika, podaja prvo pomembno spremembo, da pravilnik določa zahteve in načine, s katerimi se zagotavlja varnost nizkonapetostnih električnih inštalacij in trajno vgrajenih naprav. Te namreč s tehnološkim razvojem postajajo neločljivi del objekta oz. stavbe, kar pa bistveno spremeni pogled na načrtovanje električnih inštalacij.

V pravilniku je jasno opredeljeno, da so stavbe z napravo za proizvodnjo ali pretvorbo električne energije stavbe, v katerih so trajno priključene električne inštalacije, v posredni povezavi z omrežjem s proizvodnim virom električne energije, namenjenem za lastno potrošnjo ali oddajanje energije v električno omrežje in sodijo med zahtevne nizkonapetostne inštalacije.

V pravilniku je tudi jasno opredeljeno preverjanje električnih inštalacij v stavbah (kakor tudi posledično na fotonapetostnih napravah), ki zajema vizualni pregled, preskuse in meritve električnih inštalacij. Izjemno pomembna novost v pravilniku je imenovanje izvajalca preverjanja, kjer je v 11. členu pravilnika določeno, da mora investitor pred pričetkom izvajanja del zagotoviti imenovanje izvajalca preverjanja. Tega se morajo zavedati tudi nadzorni inženirji pri gradnji objektov, kajti le-ti so dolžni sodelovati s preglednikom, pri tem pa so dolžni tudi preveriti raven pridobljene poklicne kvalifikacije. To obvezo preglednik seveda lahko pogodbeno prenese na izvajalca gradnje, pri tem pa to ne zmanjša njegove obveznosti. To določilo je v pravilnik dodano zaradi nevključevanja elektrotehniške stroke v začetna gradbena dela, kar pa je žal še vedno kar pogosta praksa na gradbiščih. Preverjanje se deli na prvo, redno (periodiko) in izredno. Podrobno so posamezne aktivnosti opisane v tehnični smernici. Izrecno je predpisano, da se izredno preverjanje opravi po priključitvi novih naprav za proizvodnjo in hranjenje električne energije, ki lahko vplivajo na varnost. Opravi se na električno zaključnih celotah električnih inštalacij, na katerih je bil poseg izveden. Pri vseh teh preverjanjih se preveri varnost električnih inštalacij in sestavi zapisnik v obsegu in na način, kot je to določeno v tehnični smernici in pripadajočih standardih. Fotonapetostne naprave na objektih ali ob njih sodijo med zahtevne NN-inštalacije, zato preverjanje zahtevnih nizkonapetostnih električnih inštalacij in fotonapetostnih sistemov lahko opravljajo le posamezniki (običajno v rokih do 8 let), ki so pridobili poklicno kvalifikacijo NPK za preglednika zahtevnih električnih inštalacij in inštalacij zaščite pred delovanjem strele.

Kadar ima fotonapetostna naprava vgrajeno zaščito pred udarom strele, je treba preverjanje električnih inštalacij opraviti v rokih, ki so predpisani s pravilnikom, na podlagi katerega je izdana tehnična smernica; v rokih, določenih za preverjanje zaščite pred udarom strele pa preverjanje zaščite pred električnim udarom z električno inštalacijo povezanega sistema za zaščito pred delovanjem strele (običajno v rokih do 4 leta).

V tehnični smernici je poudarjeno, da je električne inštalacije fotonapetostne naprave treba redno preverjati, saj tudi standard SIST HD 60364-6 podaja naslednje razloge za redno preverjanje električne inštalacije (fotonapetostnega sistema AC del) brez razklapljanja ali delnega razklapljanja, da se zagotovi:

- varnost ljudi in živali pred učinki električnega udara in opeklinami,
- zaščita pred škodo na lastnini, ki jo povzročita ogenj in vročina zaradi napake na električni inštalaciji,
- potrditev, da so pravilno izbrane in nastavljene naprave za zaščito pred električnim udarom,
- potrditev, da so pravilno izbrane in nastavljene naprave za nadzorovanje,
- potrditev, da inštalacija ni poškodovana ali poslabšana in s tem zmanjšana njena varnost,
- identifikacija poškodb inštalacije in neskladnosti z zahtevami drugih standardov, ki se nanašajo na električne inštalacije, kar lahko poveča nevarnost,
- potrditev, da so pravilno izbrane in nastavljene zaščitne naprave.

Posebej nas smernica usmerja na standard SIST EN 62446-1: Osnovne minimalne zahteve za sistemsko dokumentacijo, prevzemne preskuse in nadzor, katerega vsebina je premalo prepoznana in se v praksi skoraj ne uporablja, še posebej ne pri manjših samooskrbnih fotonapetostnih napravah. Ta standard v dveh delih podaja zahteve za:

- dokumentacijo sistema, ki mora uporabniku podati informacije o fotonapetostnem sistemu, priključenem na omrežje;
- preverjanje (pregled in preskušanje) z informacijami, pričakovanimi za prvo (ali periodično) preverjanje nameščenega sistema.

Zahteve za dokumentacijo sistema obsegajo minimalno dokumentacijo, ki naj se zagotovi po namestitvi na omrežje priključenega sistema, in so ključni podatki uporabniku, vzdrževalcu in pregledniku o sistemu, ki morajo biti podani v navodilih za obratovanje in vzdrževanje. Več o tem v nadaljevanju tega prispevka.

Vsi ti zakoni in podzakonski akti imajo v posameznih členih zapisane zahteve, ki jih morajo upoštevati tako naročnik kot projektant in izvajalec pri vključevanju novih tehnologij v nizkonapetostne električne inštalacije, kakor tudi pri samem vzdrževanju.

Tako je na primer v 9. členu Uredbe o samooskrbi z električno energijo iz obnovljivih virov energije (Uradni list RS, 43/22) podana zahteva glede priključevanja v povezavi s preverjanji: » Uporabnik sistema distribucijskemu operaterju v najkrajšem možnem času dostavi zapisnik o pregledu, preizkusu in meritvah vgrajenih inštalacij skladno s predpisi, ki urejajo zahteve za nizkonapetostne električne inštalacije v stavbah, ter izjavo izvajalca preverjanja, da je vgrajena oprema enaka opremi, navedeni v vlogi.« Pri tem velja opozoriti, da preglednik, ki bo izvedel prvo preverjanje skladno z zahtevami pravilnika in po postopkih, zapisanih v tehnični smernici in standardih, potrebuje ustrezno projektno dokumentacijo, ki je pa v praksi pogosto zelo pomanjkljiva in ni narejena skladno z zahtevami Pravil stroke (IZS), kar se v nadaljevanju kaže kot problem pri obratovanju in vzdrževanju.

Za projektiranje in gradnjo novih električnih inštalacij se vedno upošteva zadnje stanje tehnike, ki je zapisano v zadnji verziji standardov, kar mora biti tudi navedeno v projektni dokumentaciji. Odstopanja od zahtev pravilnika, njemu pripadajoče smernice oz. standardov, morajo biti potrjena in dokumentirana.

Zaradi varnosti vzdrževalcev, inšpektorjev, distributerjev, gasilcev in reševalcev je v smernici poudarjeno bistveno, da je na objektih označena prisotnost fotonapetostne inštalacije v stavbi. Tako so v smernici opredeljeni oblika znaka, velikost znaka in lokacija namestitve.

Po končani izvedbi električnih inštalacij ter namestitvi električne opreme, ki je sestavni del fotonapetostne naprave, kakor tudi po spremembah, obnovah, popravilih in občasno (po predpisani periodiki) je treba opraviti preverjanje ustreznosti in kakovosti električnih inštalacij fotonapetostne naprave, njihovih lastnosti, varnosti, zanesljivosti in funkcionalnosti ter uporabe ustreznih proizvodov, ki sestavljajo napravo. Skladno s pravilnikom preverjanje zajema vizualni pregled, preskuse in meritve.

2.3. Požarna varnost sončnih elektrarn

Veliko je zapisov o zahtevah in priporočilih projektantom, izvajalcem ter preglednikom in vzdrževalcem oz. skrbnikom (lastnikom) sončnih elektrarn v zvezi s požarno varnostjo pri izvedbi ter kasneje v obratovanju in vzdrževanju.

Tabela: Periodika vzdrževanja sočnih elektrarn (SZPV 512)

Kdaj	Kje	Kaj	Kdo	Opomba
Dnevno	razsmernik	kontrola delovanja	lastnik	druga možnost je namestitev aktivnega nadzora napak, ki napake avtomatsko sporoča lastniku
	spremljanje podatkov (sistem)	daljinski nadzor delovanja za zagotavljanje požarne varnosti je potrebno posebno pozornost nameniti okvaram izolacije	lastnik/strokovnjak	
		analiza sporočil o napakah in ustrezni ukrepi	strokovnjak	
Mesečno	spremljanje proizvodnje	spremljanje donosa: redno spremljanje odčitkov in analiza (ta ni potrebna pri avtomatskem zajemu in analiziranju)	lastnik/strokovnjak	
	površina sončne elektrarne	vizualno preverjanje, ali obstajajo hujše očitne pomanjkljivosti, kot so viseči moduli, slabi in razrahljani kontakti, montažni deli okvirja in inštalacij	lastnik	
Periodično	celotna sončna elektrarna	ponovitev meritev in pregledov, kot je predvideno ob zagonu, v časovnih presledkih, predvidenih z zakonodajo	strokovnjak	

Zelo pomembna je smernica o požarni varnosti sončnih elektrarn SZPV 512 [3], ki vsebinsko vodi vse deležnike udeleženih v celotnem življenjskem ciklu, od načrtovanja do razgradnje, skozi navodila in nasvete skrbnikom sončnih elektrarn. Smernica kompleksno predstavi osnove načrtovanja in izvedbe sončne elektrarne na stavbi s stališča požarne varnosti, posebne in dodatne zahteve s stališča požarne varnosti in potrjevanje ustreznosti izvedbe sončne elektrarne z vidika požarne varnosti.

Priporoča se podrobna seznanitev s SZPV 512 [3], v kateri je med ostalim v toč. 4.5. VZDRŽEVANJE ob zahtevi, da je treba za sončno elektrarno izdelati navodila za uporabo in vzdrževanje, podana tudi spodnja tabela »Pregled zahtev glede vzdrževanja«.

Žal so, odkar se uporablja sončna energija, lahko naprave vzrok požarom oz. udeležene v požarih. Posamezne države skrbno vodijo statistiko o požarih na sončnih elektrarnah. Tudi v Sloveniji je zabeleženih nekaj odmevnih požarov na sončnih elektrarnah (žal ni dosegljiv celovit pregled dogodkov). Dosegljivo je kar nekaj novinarskih prispevkov [4–8] o vprašanjih in poročanjih z dogodki povezanimi s požari na sončnih elektrarnah.

Na vprašanje, koliko je dejansko požarov na sončnih elektrarnah, skuša odgovoriti [4] s citatom: »Danec Jens Steemann Kristensen je lani poleti končal raziskavo glede varnosti fotovoltaičnih sistemov na Univerzi v Edinburgu, ki jo na svojih straneh citira tudi novičarski portal Siol. Študija je pokazala v povprečju 29 požarov na gigavat nameščene moči sončnih elektrarn in ugotovitev, da je za večino požarov na sončni elektrarni kriva človeška napaka. Nekaj več kot polovico požarov povzroči okvara katere od tehničnih komponent, večinoma zaradi nepravilnosti pri vgradnji. Največkrat gre za napako pri sami montaži ali posledico zanemarjanja vzdrževanja. Začetek oz. vzrok požara so največkrat pregrevanje razsmernika, slabi stiki na konektorjih ali poškodovani kabelski vodniki.«Ali je možno sklepati, da je lahko v Sloveniji ob 1,4 MW inštalirane moči mogoče pričakovati več kot 40 požarov?

Vir [5] navaja: »Da je požar zaradi sončne elektrarne izredno redek, potrjuje tudi neodvisna analiza Urada za energetsko učinkovitost in obnovljive vire v ZDA, dostopna na: Urad za energetsko učinkovitost in obnovljive vire energije, ZDA. Čeprav uradnih statističnih podatkov za tveganje vžiga sončnih panelov ni, pa naj bi jih bilo na podlagi raziskave Fraunhoferjevega inštituta za sončne energetske sisteme ISE približno 0,006 %. Še enkrat poudarjamo, da je ključnega pomena vsekakor pravilna izgradnja elektrarne ter redno vzdrževanje in servisiranje.«

V zadnjem obdobju je bilo v Sloveniji kar nekaj večjih požarov na sončnih elektrarnah, nameščenih na strehah objektov. Septembra 2023 je pogorel hlev v vasi Zavrh pod Šmarno goro pri Ljubljani, ki je bil prekrit s solarnimi paneli (Slika 3).

Oktobra 2023 se je nato podoben dogodek zgodil v zaselku Desinec v Beli krajini, kjer je pogorelo gospodarsko poslopje z delovnimi stroji. Maja 2024 je zagorela sončna elektrarna na strehi trgovskega centra v Celju. V začetku junija 2024 je denimo zagorela sončna elektrarna na strehi osnovne šole v Bistrici pri Tržiču (Slika 4) [6].

Izvleček [7]: »Po petkovem (18. 4. 2025) požaru na strehi Osnovne šole Beltinci (Slika 5) pouk poteka le za učence predmetne stopnje, medtem ko so učenci razredne stopnje ostali doma. V delu šole, kjer poteka pouk, prostori namreč niso bili poškodovani. Po ugotovitvah policije je zagorelo v elektro omarici sončne elektrarne. Policija je v petek in



Slika 3: Požar v Zavrhu pod Šmarno goro, september 2023 (Foto: Občina Medvode/FB) [6]



Slika 4: Gašenje požara na šoli (Foto: PGD Bistrica pri Tržiču) [6]

soboto skupaj s strokovnjakom nacionalnega forenzičnega laboratorija opravila ogled pogorišča na Osnovni šoli Beltinci. Priporočila za gasilce so dokument, ki daje osnovne informacije o varni izvedbi intervencije v stavbi s sončno elektrarno [8] in je narejen po prvih primerih požarov v Sloveniji. Z dokumentom se želi gasilce opozoriti na nevarnosti, ki so povezane s sončnimi elektrarnami, in da je kljub nevarnostim v stavbah s sončnimi elektrarnami mogoče varno intervenirati le, če se intervencijske ekipe zavedajo nevarnosti, ki jim pretijo, kar pomeni, da morajo biti seznanjene s stavbo ter ustrezno usposobljene in opremljene. Temeljni ukrep, ki bi ga morali gasilci upoštevati, je seznanitev s sončnimi elektrarnami na območju njihovega gasilskega okoliša.

Upravljalci sončnih elektrarn, ki so vključene v javno električno omrežje, so v skladu z veljavnimi predpisi pristojni gasilski enoti dolžni predložiti požarni načrt za sončno elektrarno. Gasilci naj se ob prevzemu požarnega načrta sončne elektrarne ob sodelovanju graditelja seznanijo z njenimi značilnostmi [8].

3. Poročilo o stanju sončne elektrarne na osnovni šoli

Aktualna obvestila o požarih sončnih elektrarn oz. na strehah javnih ustanov, kot sta osnovni šoli v Bistrici pri Tržiču in Beltincih, so sprožila resen razmislek o varnosti in zanesljivosti teh naprav. Še posebej je to aktualno vprašanje ob sprejetih usmeritvah, da se na strehah javnih ustanov, zavodih, šolah in vrtcih gradijo sončne elektrarne.

Zanimivi so primeri, ko so strehe oddane v najem tretjim investitorjem, ki morajo v skladu z zakonodajo strokovno skrbeti za varnost naprave v obdobju obratovanja. Ali je to tudi v praksi tako?

Javnost mora biti še posebej pazljiva, ko gre za naprave na objektih, šolah in vrtcih, kjer se zadržujejo otroci, saj gre za populacijo posebne družbene skrbi.

Upoštevajoč ta izhodišča so v nadaljevanju predstavljeni deli poročila o stanju male sončne elektrarne na osnovni šoli, konkretno MFE na osnovni šoli Franja Žgeča Dornava [9]. Občina Dornava je naročila celovit pregled male fotonapetostne elektrarne (MFE), nameščene na strehi Osnovne šole Franja Žgeča v Dornavi. Ta odločitev je bila sprejeta na podlagi več dejavnikov, ki so vzbudili skrb glede delovanja, varnosti in skladnosti sistema z veljavnimi predpisi [9].

Prvi in ključni razlog za naročilo pregleda je zmanjšana proizvodnja električne energije. V zadnjem obdobju so bile zaznane nepravilnosti v delovanju elektrarne, kar se odraža v nižjih količinah proizvedene električne energije v primerjavi



Slika 5: Požar na Osnovni šoli Beltinci (FOTO: Vestnik Jure Kljajić) [7]

s preteklimi leti in prvotnimi pričakovanji. MFE je pomemben vir za zmanjšanje stroškov električne energije v šoli ter prispeva k trajnostnemu razvoju, zato je bilo nujno ugotoviti vzroke za to zmanjšanje in predlagati morebitne rešitve za optimizacijo delovanja [9].

Poleg tega so se pojavile skrbi glede potencialnih varnostnih tveganj. Kot javni objekt, ki vsakodnevno gosti veliko število otrok in zaposlenih, mora Osnovna šola Franja Žgeča izpolnjevati najvišje varnostne standarde. V primeru poškodb ali okvar na fotonapetostnem sistemu lahko pride do nevarnosti električnega udara, požarne ogroženosti ali drugih tveganj, ki bi lahko ogrozila varnost uporabnikov šole. Celovit pregled je omogočil identifikacijo morebitnih pomanjkljivosti in zagotovil, da sistem deluje v skladu z varnostnimi smernicami [9].
Občina je pregled naročila tudi zaradi pravnih obveznosti, ki izhajajo iz zakonodaje in predpisov, povezanih z javnimi objekti. Ustrezno vzdrževanje in redni pregledi električnih sistemov so ključni za zagotavljanje skladnosti z zakonodajnimi zahtevami ter preprečevanje morebitnih sankcij ali odgovornosti v primeru neskladnosti. Šolski objekti so specifični, saj gre za ustanove, kjer se zadržujejo otroci in osebje, zato so varnostni standardi še posebej strogi [9].

Na podlagi veljavne Pogodbe o najemu strehe Osnovne šole dr. Franja Žgeča Dornava, sklenjene med Občino Dornava kot lastnikom nepremičnine in najemnikom, ki upravlja MFE, je Lokalna energetska agentura Spodnje Podravje v sodelovanju s podizvajalci, Univerzo v Ljubljani, Fakulteto za elektrotehniko, Laboratorijem za fotovoltaiko in optoelektroniko, Adesco d.o.o. in Onedrone d.o.o., pripravila podrobno analizo stanja MFE [9].

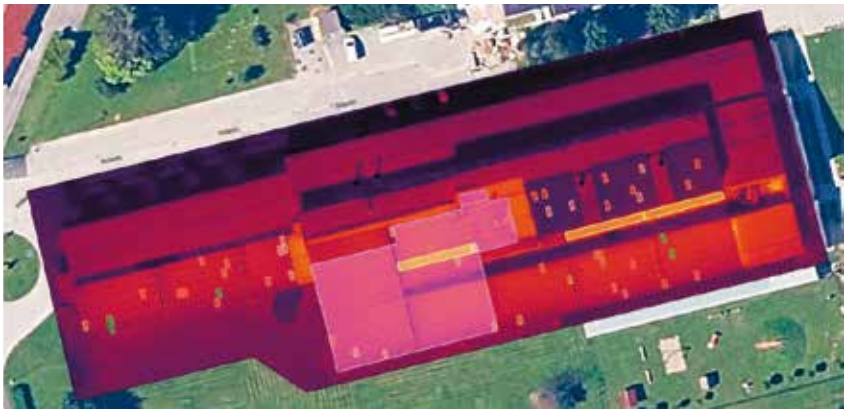
3.1. Osnovni podatki MFE na osnovni šoli Franja Žgeča v Dornavi [9]

Sončna elektrarna na Osnovni šoli Franja Žgeča v Dornavi je nameščena na strehi šolske stavbe, ima skupno moč 253,82 kW in je bila zgrajena v dveh fazah (2010: 206,7 kW; 2014: 47,12 kW). Lokacija MFE je predstavljena na Sliki 6.

V letu 2023 je proizvodnja dosegla le 150 MWh namesto pričakovanih 257 MWh



Slika 6: Posnetek strehe OŠ Franja Žgeča Dornava z nameščeno fotnapetostno elektrarno [9]



Slika 7: Temperaturni prikaz MFE OŠ Franja Žgeča Dornava [9]



Slika 6: Označene napake na MFE OŠ Franja Žgeča Dornava [9]

(41,6 % manj), v prvi polovici leta 2024 pa je padla na 24,24 MWh namesto 128,5 MWh (81 % manj). Namen pregleda je oceniti tehnično stanje, pravno skladnost in požarno varnost sistema, saj gre za javni objekt, kjer so prisotni otroci in osebje.

3.2. Povzetek ugotovitev o stanju MFE na osnovni šoli Franja Žgeča v Dornavi [9]

Analiza Fakultete za elektrotehniko, Laboratorija za fotovoltaiko in optoelektroniko, Univerze v Ljubljani temelji na vremenskih podatkih ARSO in dejanskih podatkih Petrola in potrjuje, da naravna degradacija modulov (0,85–1,00 %/leto) ne more pojasniti tako velikega upada proizvodnje (41,6 %–81,00 %). Sistem je v stanju, ki na podlagi znanih podatkov zahteva ukrepanje za obnovitev učinkovitosti in zagotovitev varnosti.

Osnova za analizo so posnetki fotonapetostne elektrarne z brezpilotnim zrakoplovom. Na Sliki 7 je predstavljen temperaturni prikaz, na Sliki 8 pa so označene napake, ki so detajlno predstavljene in pojasnjene v poročilu (presega obseg članka – dostopno pri LEA).

Vzroki za zmanjšano učinkovitost MFE OŠ Franja Žgeča Dornava:

1. **Tehnične okvare:** Termografska analiza z brezpilotnim zrakoplovom DJI Matrice 4T je identificirala 52 anomalij, ki vplivajo na delovanje elektrarne. Anomalija #52 onemogoča delovanje 438 modulov (~33 % nazivne moči), kar pojasnjuje strm padec proizvodnje januarja 2024 (padec faktorja realizacije iz 47 % na 10 %). Druga kritična anomalija #20 (Multi hotspot) kaže temperaturno razliko 36,5 °C (maks. 56,9 °C), kar nakazuje pregrevanje in potencialno odpoved komponent. Poleg tega so bile zaznane mehanske poškodbe, in sicer zlomljeno steklo na modulih #7 in #49, kar dodatno zmanjšuje učinkovitost.

2. **Požarna tveganja:** Višje temperature (npr. #20: 56,9 °C; #52: 40,1 °C) se približujejo varnostnim mejam standarda IEC 61730 (70–85 °C) ali jih presegajo, kar povečuje verjetnost vžiga ali kratkega stika. Ugotovljeno je bilo, da manjkajo požarni načrt, študija požarne ogroženosti in zaščita pred strelo (SIST EN 62305), kar lahko kaže na kršitve Zakona o varstvu pred požarom (ZVPoz, 23. člen), Pravilnika o požarni varnosti (10. člen) in smernice SZPV 512, kar bi lahko ogrožalo varnost otrok in zaposlenih ter varnost šolskega objekta.

3. **Vzdrževanje, opustitev nadzora in nedostopnost dokumentacije:** Lastnik elektrarne kljub pozivom občine ni predložil tehničnih specifikacij, certifikatov (npr. IEC 61730, IEC 62109), evidenc vzdrževanja ali statične presoje strehe. To krši Zakon o varstvu pred požarom (ZVPoz, 24. člen) in Gradbeni zakon (GZ-1, 11. člen), saj občina kot upravljavec objekta nima vpogleda v zgodovino vzdrževanja ali skladnost sistema z zakonodajo. Pomanjkanje rednega vzdrževanja je očitno tudi iz mehanskih poškodb in tehničnih okvar, ki niso bile pravočasno sanirane.

Posledice ugotovljenega stanja:

- **Finančne:** Upad proizvodnje se odraža v zmanjšanju variabilnega dela najemnine, ki je po pogodbi 5 % neto prometa. Ta je padel iz 481,59 € (v prvi polovici 2022) na 0,00 € (v prvi polovici 2024), kar zmanjšuje prihodke iz naslova najemnin.
- **Varnostne:** Potencialno požarno tveganje, povezano s pregrevanjem in pomanjkanjem zaščitnih ukrepov, ogroža življenja otrok, zaposlenih in infrastrukturo šole. Visoka DC-napetost (600–700 V) lahko ostane aktivna tudi ob izklopu AC, kar otežuje intervencijo gasilcev.
- **Pravne:** Neskladnost z zakonodajo (ZVPoz, GZ-1, Pravilnik o nizkonapetostnih inštalacijah) povečuje pravno odgovornost občine, še posebej zaradi javne narave objekta. Ne predložitev dokumentacije MFE s strani lastnika dodatno otežuje zagotavljanje transparentnosti in skladnosti.

Priporočila poročevalcev:

- **Sanacija anomalij:** Popravilo prekinjenih nizov (#1–3), zbirne omarice (#52) in pregretih celic (#20) za zmanjšanje požarnega tveganja in obnovo 33 % izgubljene moči.
- **Zamenjava komponent:** Zamenjava zlomljenih modulov (#7, #49) za preprečitev nadaljnjih okvar in zagotovitev skladnosti s Pravilnikom o nizkonapetostnih inštalacijah.
- Vzdrževanje: Diagnostika razsmernikov (sum odpovedi januarja 2024) in pregled spojev (#13, #26, #44) za identifikacijo vzrokov upada.
- **Požarna varnost:** Izdelava požarnega načrta, preverba nosilnosti strehe (150 kg/m^2) in študija požarne ogroženosti za skladnost z ZVPoz in SZPV 512.
- **Dokumentacija:** Pridobitev specifikacij, certifikatov in evidenc vzdrževanja od lastnika za zagotovitev pravne skladnosti (GZ-1, ZVPoz).
- **Monitoring:** Uvedba SCADA sistema in letnih termografskih pregledov (IEC 62446-3) za preprečevanje prihodnjih okvar.

Sončna elektrarna na Osnovni šoli Franja Žgeča zahteva nujno sanacijo zaradi kritičnega stanja, ki ga povzročajo tehnične okvare, požarna tveganja in pomanjkljivo vzdrževanje. Brez takojšnjega posredovanja je ogrožena varnost otrok, kršena skladnost z zakonodajo in negativni učinek na prihodek iz naslova najemnin. Priporočila za celovit pristop k sanaciji predstavljajo rešitve, ki bodo sanirale delovanje elektrarne in zagotovile njeno varno obratovanje v prihodnje.

4. Primer dobre prakse – čiščenje panelov

Negovanje in vzdrževanje solarnih panelov sta ključni za maksimiranje njihove učinkovitosti in podaljšanje življenjske dobe. Študije kažejo, da lahko zanemarjeni solarnih paneli utrpijo izgubo učinkovitosti do 25 %, kar neposredno vpliva na zmanjšanje proizvodnje električne energije in posledično na višje stroške za končne uporabnike. Za zagotovitev optimalnega delovanja solarnih panelov je priporočena uporaba naprednih metod in tehnologij vzdrževanja, vključno z uporabo posebej zasnovanih krtač (npr. SOLA-TECS C800), deionizirane vode in probiotičnih čistilnih sredstev. Te metode ne samo da zmanjšujejo izgubo učinkovitosti, temveč lahko tudi preprečijo nadaljnje poškodbe in obrabo panelov. Vlaganje v pravilno vzdrževanje solarnih panelov je tako ključno, ne samo za izboljšanje njihove učinkovitosti, ampak tudi za zagotavljanje dolgoročne trajnosti [12].

Primer dobre prakse je predstavljen pri čiščenju sončnih elektrarn skupne moči 998 kWp v Papirnici Vevče, ki je izvedena v treh delih (567 kWp + 306 kWp + 125 kWp).

Papirnica Vevče je letos sklenila pogodbo in izvedla prvič čiščenje solarnih panelov s profesionalno krtačo SOLA-TECS C800, probiotičnimi čistili in deionizirano vodo.



Slika 7: Primer krtače za čiščenje sončnih energijskih sistemov [12]

Krtača SOLA-TECS C800 je natančno zasnovana z namenom optimiziranja čiščenja sončnih energijskih sistemov (Slika 7). Z uporabo posebej razvitih mehkih ščetin ta napredno oblikovana krtača zagotavlja učinkovito odstranjevanje umazanije in ostankov brez nevarnosti poškodb na površini panelov. Njena ergonomska oblika in prilagodljivost omogočata brezhibno čiščenje tudi najtežje dostopnih območij, kar zagotavlja temeljito odstranjevanje vseh nečistoč [12].

Uporabljena je deionizirana voda, prosta vseh mineralov, ki zagotavlja, da po čiščenju na solarnih panelih ne ostanejo madeži ali sledi vodnega kamna. To je ključnega pomena za ohranjanje optimalne učinkovitosti panelov, saj celo najmanjše obloge lahko vplivajo na zmožnost panela za pretvorbo sončne svetlobe. Ta metoda čiščenja je zato nepogrešljiva za vse, ki si prizadevajo za najvišjo možno stopnjo izkoristka svojega sončnega sistema [12].

Ob tem probiotična čistila, ki uporabljajo moč koristnih bakterij za odstranjevanje umazanije s solarnih panelov, predstavljajo inovativno rešitev za vzdrževanje sončnih elektrarn. Ta čistila ne samo da temeljito čistijo, temveč tudi ustvarjajo zaščitno biološko plast, ki preprečuje prihodnje onesnaženje, s čimer se zmanjša potreba po pogostem čiščenju in s tem povezani stroški. Varstvo okolja je še ena od ključnih prednosti, saj probiotična čistila ne vsebujejo agresivnih kemikalij in so popolnoma biorazgradljiva, kar zmanjšuje njihov vpliv na okolje. Poleg tega so varna za uporabnike in ne poškodujejo površin solarnih panelov [12]. Uporabljena kombinacija krtače SOLA-TECS C800, deionizirane vode in probiotičnih čistil predstavlja primerno rešitev za vzdrževanje solarnih panelov. Ta metoda ne zagotavlja le temeljitega čiščenja, ampak tudi zmanjšuje potrebo po pogostem vzdrževanju, kar podaljšuje življenjsko dobo panelov in ohranja njihovo maksimalno učinkovitost [12].
Redno in pravilno čiščenje solarnih panelov je ključnega pomena za njihovo dolgoročno učinkovitost. Statistika kaže, da lahko redno čiščenje poveča proizvodnjo energije do 25 %, vlaganje v pravilno čiščenje pa je investicija v prihodnost sončnega sistema [12].

5. Primer delovne nezgode, povezane s sončno elektrarno

Sončne elektrarne ob tveganju zaradi požara predstavljajo tudi nevarnosti pri delu zaradi električnega toka, udara in eklektičnega obloka.
Vprašanje je, koliko deležnikov še posebej v času obratovanja in vzdrževanja sončnih elektrarn prepoznava tveganje zaradi električnega toka. Takoj ko je panel oz. fotovoltaični modul osvetljen, na izhodu daje enosmerno napetost, kar lahko povzroči udar toka ali ob kratkem stiku oblok.

Ali se deležniki zavedajo, da je 50 V izmenične napetosti in 120 V enosmerne napetosti nevarno oz. da se pri tej vrednosti napetosti zahtevajo posebni pogoji dela pod napetostjo?
Pravilnik o varstvu pri delu pred nevarnostjo električnega toka (Uradni list RS, št. 29/92, 56/99 – ZVZD in 43/11 – ZVZD-1) v 87. členu določa »Dela pod napetostjo nad 50 V izmenične napetosti in 120 V enosmerne napetosti do 1000 V so dovoljena v izjemnih primerih in po enakih kriterijih, kot je to navedeno v 54. členu tega pravilnika.« Pri tem v 54. členu določa »Delo na delih elektroenergetskih objektov, elektroenergetskih postrojev, električnih napravah oziroma opremi pod napetostjo so dovoljena v izjemnih primerih, kar mora biti opredeljeno in utemeljeno ter podrobno obdelano v internih predpisih.« Interni predpis mora torej obvezno vsebovati podrobna določila za varno delo pod napetostjo.
Ni pregleda ali statistike, koliko je bilo lažjih ali težjih nezgod zaradi sončnih elektrarn. Prepoznati je potrebno, da ob serijskih povezavah modulov napetost lahko doseže tudi 1.000 V. To je nevaren nivo napetosti, ki lahko ogrozi življenje vzdrževalca.

Ali so vsi vzdrževalci sončnih elektrarn elektrotehniške strokovne osebe?

Na delavnici strokovnjakov, ki izvajajo delo pod napetostjo, so predstavljeni vzroki in posledice delovne nezgode pri vzdrževanju DV 20 kV ter spremembe in dopolnitve Varnostnih pravil za delo na elektroenergetskih postrojih.

Nezgoda se je zgodila v dopoldanskem času (21. 3. 2025) na območju Elektra Maribor na 20 kV omrežju pri izvajanju vzdrževalnih del na DV 20 kV Grajena na območju Ptuja.
Med delom oz. odvezovanjem tokovnih lokov na odcepnem A-drogu sta elektromonterja opozorila skupinovodji, da ju nekaj »ščemi«, kar jim je dalo slutiti, da je morda v vodnikih prisotna napetost. Skupini sta prenehali z delom in še enkrat preverili breznapetostno stanje in s preizkusom breznapetostnega stanja potrdili, da DV 20 kV ni pod napetostjo, ter nadaljevali z delom. Med demontažo zadnjega vodnika na SM-17 je elektromonter v avtokošari doživel udar električnega toka. Skupinovodja je takoj začel z reševanjem, obveščanjem in oživljanjem. Na pomoč so poklicali reševalce, ki so jim dajali navodila ter organizirali helikopterski prevoz.

Udar je bil posledica napetosti iz 0,4 kV omrežja zaradi večjega hranilnika napetosti s hibridnim razsmernikom, ki se je približno vsakih 50 sekund poskušal sinhronizirati z omrežjem in povzročil napetost preko transformatorja 20/0,4 kV v del izklopljenega 20 kV omrežja. Pregled odločb in soglasij je razkril, da je sončna elektrarna s hranilnikom priključena na elektroenergetsko omrežje brez ustreznega soglasja.

To je zahtevalo strokovno analizo dogodka, pregled obstoječih varnostnih pravil in dopolnitve obstoječih pravil z dodatnimi ukrepi, tako tehničnimi kot organizacijskimi. Dogodek je opozoril monterje v distribuciji na veliko nevarnost zaradi povratne napetosti ob dejstvu, da je več kot 65.000 tovrstnih naprav priključenih na distribucijsko nizkonapetostno omrežje. Monter praktično ne more prepoznati vseh objektov s sončnimi elektrarnami na terenu, na katerem opravlja dela, še posebej v primeru, ko so le-te priključene brez soglasja. Ta primer nezgode naj bo opozorilo vsem deležnikom, ki so vključeni v obratovanje in vzdrževanje sončnih elektrarn, saj so tveganja pred električnim tokom prisotna.

6. Priporočila – zaključek

Soočiti se moramo, da ob tako velikem številu sončnih elektrarn v zadnjih nekaj letih ob pritisku na pravočasno zaključevanje gradenj še posebej zaradi zakonsko postavljenih rokov v zvezi s samooskrbnimi elektrarnami in »net meteringom« na omejenem trgu ni bilo možno vedno zagotavljati odličnih izvajalcev. Na žalost se ob poplavi nepreverjenih ponudnikov in izvajalcev vse večkrat pozabi na varno izvedbo, saj je cena največkrat odločujoč faktor pri investitorjih. Po drugi strani so večinoma investitorji nevešči nadzora za njih zahtevne montaže in zagona naprav.

Ob pomanjkanju kompetenc vključenih deležnikov je prav, da se predstavijo priporočila lastnikom že zgrajenih več kot 65.000 naprav. V zaključku povzemimo nekatera dosegljiva priporočila.

Preventivni ukrepi za varno in zanesljivo obratovanje ter pred tveganjem za požar na sončni elektrarni [10]:

- **Pravilna izgradnja:** Sončna elektrarna mora biti zgrajena v skladu s predpisi, ki urejajo požarno varnost, kar vključuje pravilno namestitev komponent (izjava o skladnosti), kot so sončni moduli, optimizatorji, inverterji in električni vodi. Izvajalci morajo upoštevati smernice za požarno varnost in varnostne predpise pri izgradnji elektrarne.
- **Redno vzdrževanje:** Redni pregledi in vzdrževanje sončnih elektrarn so ključnega pomena za ohranjanje njihove varnosti. Izvajati je treba redne preglede električnih komponent, preverjati stanje stikal, kablov in inverterjev ter odpravljati morebitne težave ali okvare.
- **Usposabljanje servisnega osebja:** Osebje, ki skrbi za sončno elektrarno, mora biti ustrezno usposobljeno za ravnanje v nujnih primerih, kot so požari ali električne okvare. Usposabljanje osebja je ključno za hitro in učinkovito ukrepanje v primeru težav.
- **Zaščita pred strelo:** Glede na izpostavljenost vremenskim vplivom, kot so udari strele, je pomembno zagotoviti ustrezno zaščito pred strelo, kar vključuje primerna namestitev ali prilagoditev strelovodov in primerna povezava vseh kovinskih delov nanje in drugih zaščitnih ukrepov.
- **Upoštevanje smernic:** Smernice SZPV-512 in drugi ustrezni predpisi morajo biti dosledno upoštevani pri namestitvi, vzdrževanju in obratovanju sončne elektrarne.
- **Načrtovanje za nujne primere:** Imeti morate načrt za ravnanje v nujnih primerih, ki vključuje ukrepe za evakuacijo, klicanje gasilcev in izklapljanje elektrarne v primeru požara ali drugih nevarnosti.

Za učinkovito zagotavljanje varnosti in zanesljivosti ter preprečevanje požarov na sončnih elektrarnah je ključno upoštevati naslednje ukrepe oz. priporočila [11]:

- **Uporaba optimizatorjev moči:** Optimizatorji omogočajo nadzor posameznih sončnih modulov, zmanjšujejo možnost pregrevanja in pomagajo hitro odkriti nepravilnosti.
- **Prisilni izklop:** Hitri izklop elektrarne v primeru nevarnosti je ključen za zmanjšanje škode in zagotavljanje varnosti gasilcev.
- **Redno vzdrževanje:** Redni pregledi električne napeljave in panelov pomagajo zgodaj odkriti morebitne tehnične težave, ki lahko povzročijo požar.
- **Upoštevanje zakonodaje:** Dosledno izvajanje tehničnih smernic (kot so TSG-1-001:2019 in SZPV 512) ter drugih zakonskih zahtev zagotavlja višjo stopnjo varnosti.

Na področju varnosti in zdravja pri delu pred nevarnostjo električnega toka je nujno uveljaviti prakso ocene tveganja pred vsakim posegom pri vzdrževanju sončnih elektrarn ter poskrbeti, da so vzdrževalci usposobljene elektrotehniško strokovne osebe (poseben program usposabljanja za delo pod napetostjo), opremljene z izoliranim orodjem in osebno varovalno opremo.

REFERENCE:

[1] PAVLIČ D. in MEŽA B.: Pregledi in vzdrževanje fotonapetostnih sistemov, priključenih na omrežje v skladu z zahtevami predpisov in standardov v RS. Vzdrževalec: revija Društva vzdrževalcev Slovenije, 211/212, ISSN 1318-2625, 33-30.

[2] PV portal.: Pregled fotovoltaičnega trga v Sloveniji: Porčilo za leto 2022, 2023 in 2024. Dostopno na http://pv.fe.uni-lj.si/sl/podatki/porocila/.

[3] SZPV 512.: Smernica o požarni varnosti sončnih elektrarn. Slovensko združenje za požarno varstvo. September 2016.

[4] TERMO SHOP.: Požari na sončnih elektrarnah – 6 najpogostejših vprašanj, 4.9.2024. Dostopno na Požari na sončnih elektrarnah – 6 najpogostejših vprašanj | Termo Shop.

[5] SONCE.: Kako varne so sončne elektrarne pred požari? Dostopno na https://sonce.com/kako-varne-so-sonc-ne-elektrarne-pred-pozari/.

[6] ZGONIK S.: Sončna elektrarna zveča tako verjetnost požara na strehi kot njegove posledice. 30.6.2024
[7] 24ur (avtor STA, D.L.).: Požar na OŠ Beltinci: zagorelo v elektro omarici sončne elektrarne. Beltinci, 22.4.2025. Dostopno na https://www.24ur.com/novice/slovenija/na-os-beltinci-po-pozaru-pouk-le-za-predmetno-stopnjo.html.
[8] MARCELJA M.: Intervencija v stavbi s sončno elektrarno. Priporočila za gasilce. Gasilska zveza Slovenije, Slovensko združenje za požarno varstvo ter Uprava RS za zaščito in reševanje. 19.12.2011.
[9] LEA Spodnje Podravje.: Poročilo o stanju male fotonapetostne elektrarne (MFE) Osnovna šola Franja Žgeča Dornava. Lokalna energetska agentura Spodnje Podravje. Ptuj, marec 2025.
[10] ZUPAN Š.: Kako poskrbeti za požarno varno sončno elektrarno?, 19.2.2024. https://cekin.si/novice/zeleno/kako-poskrbeti-za-pozarno-varno-soncno-elektrarno.html
[11] SIOL.NET.: Kako najbolje zaščititi sončno elektrarno pred požarom? Koliko požarov povzročijo sončne elektrarne?, 14.5.2025. Dostopno na Koliko požarov povzročijo sončne elektrarne? - siol.net.
[12] JAVORNIK A. IN SUŠNIK J.: Napredne tehnike čiščenja za povečanje učinkovitosti solarnih panelov. SOLUX d.o.o., maj 2025.
[13] KORITNIK V.: Predstavitev vzrokov in posledic delovne nezgode pri vzdrževanju DV 20 kV ter spremembe in dopolnitve Varnostnih pravil za delo na EE postrojih (vpliv na DPN na NN). 7. delavnica izvajanje DPN na NN in SN v slovenski distribuciji, C&G d.o.o.Ljubljana, Šempeter v Savinjski dolini, 9.10.2025.

ABSTRACT

REGULAR MAINTENANCE AND INSPECTION OF SOLAR POWER PLANTS ENSURES SAFE AND RELIABLE OPERATION

Example of a condition report for a small solar power plant at an elementary school

Numerous publications and reports addressing the operational safety of solar power plants, together with a case study on the condition of a small solar installation at an elementary school and an example of best practice in inspection and cleaning of industrial rooftop PV systems, have prompted this article. Its purpose is to highlight the importance and necessity of regular maintenance and inspection of solar power plants to ensure safe and reliable operation.

Many publications focus primarily on fire safety aspects. The Slovenian public is regularly informed about such incidents—notably fires involving solar installations—although clear feedback on root causes is often missing. The professional community consistently emphasizes the need for periodic inspections and maintenance of grid-connected photovoltaic systems in accordance with Slovenian regulations and standards (for example, in Vzdrževalec magazine, issues No. 211–212, January–March 2025). Throughout this paper, the term solar power plant is used instead of photovoltaic device or system.

The article also presents a concrete case of poor maintenance and its consequences for safety, reliability, and economic performance, including production losses. Another key aspect is the competence of all stakeholders involved in the planning, construction, operation, and maintenance of solar power plants, as well as the critical role of owners and operators throughout the entire life cycle of the installation—particularly in view of the exceptionally high number of systems in operation.

By the end of 2024, more than 65,000 solar units were connected to the Slovenian power grid, with slightly more than half owned by private individuals. Unfortunately, many owners — especially private individuals — are unaware that, under current legislation, they are required to receive adequate training or instruction in order to operate a small power plant in a safe and compliant manner.
Among the safety issues discussed is an electric shock incident at a solar power plant with an energy storage unit, which resulted in one minor and one serious occupational injury to two distribution technicians. The distribution company thoroughly investigated the causes and introduced additional occupational health and safety measures, particularly addressing electric shock and arc-flash risks.

The article stresses the importance of consistently applying the five safety rules for work in de-energized installations and underlines the growing need for systematic training in live working (work under voltage). In general, risk assessment related to electric shock hazards remains insufficient among contractors and maintenance providers working on solar power plants, and this is further exacerbated by inadequate worker protection practices — especially in tasks performed at height.

Keywords: solar power plants, safety, competences, periodic inspections, maintenance

KROŽNO VZDRŽEVANJE



Pišejo: **Dr. Hasan Avdić**[1], **mag. Viktor Jemec**[2] in **Alma Avdić**[3]
[1]Ekspert za upravljanje in vzdrževanje tehničnih sistemov, Banovići, BiH
[2]Urednik revije Vzdrževalec, DVS
[3]Svetovalka za garancije, Servisna svetovalka, AC Grand Auto d.o.o. Tuzla, BiH

KROŽNO (CIRKULARNO) VZDRŽEVANJE IN TRAJNOST

V tem članku prikazujemo raziskovanje integracije krožnega gospodarstva, upravljanja premoženja in krožnega vzdrževanja kot medsebojno povezanih konceptov, ki prispevajo k trajnosti tehničnih sistemov. S pomočjo teoretične analize, povezovalnih mehanizmov, motivatorjev ESG, omejitev in praktičnih implikacij je prikazana potreba po prehodu z linearnega na regenerativni model upravljanja premoženja.

Posebna pozornost je namenjena tehničnim, organizacijskim, standardizacijskim, sektorskim in strateškim vidikom izvajanja s pregledom izzivov in pogojnih dejavnikov, ki oblikujejo kontekst uporabe. Članek kaže, da vzdrževanje ni več le operativna funkcija, ampak strateško orodje za doseganje dolgoročne vrednosti, odpornosti in okoljske odgovornosti. Integracija teh konceptov predstavlja priložnost za preoblikovanje industrije v bolj trajnostno, na podatkih temelječe in konkurenčno poslovanje ob upoštevanju mednarodnih standardov in načel ESG.

Ključne besede: krožno vzdrževanje, trajnost, krožno gospodarstvo, obvladovanje premoženja

1. Uvod

Sodobni industrijski sistemi se soočajo z naraščajočimi pritiski, da povečajo u**činkovitost, zmanjšajo ekološki odtis** in zagotovijo dolgoročno trajnost. V tem kontekstu koncepti krožnega gospodarstva, upravljanja premoženja in krožnega vzdrževanja vse bolj prihajajo v ospredje kot integrirani pristopi, ki omogočajo racionalno rabo virov, podaljšanje življenjske dobe tehničnih sistemov in zmanjšanje negativnih vplivov na okolje. Krožna ekonomija spodbuja zaprte tokove materialov, kjer se odpadki pretvarjajo v vire, medtem ko obvladovanje premoženja (Asset Management) omogoča strateško načrtovanje, uporabo in vzdrževanje fizičnega premoženja skozi njegov življenjski cikel. S konceptom krožnega vzdrževanja se tehnične aktivnosti usklajujejo z načeli ponovne uporabe, ponovne proizvodnje in optimizacije, s **čimer se vzdrževanje preoblikuje iz reaktivne funkcije v** proaktivno orodje trajnosti.

Cilj tega dela je raziskati mehanizme povezovanja med navedenimi koncepti, identificirati motivacijske dejavnike (vključno z zahtevami ESG – Environmental, Social, Governance – okoljski, družbeni in upravljavski vidiki poslovanja), analizirati omejitve in kontingenčne dejavnike ter predstaviti praktične implikacije za industrijsko uporabo. Poseben poudarek je na usklajevanju z mednarodnimi standardi (npr. ISO 55000, ISO 59004) ter na možnostih preoblikovanja vzdrževanja v strateški vir za doseganje dolgoročne vrednosti in konkurenčnosti.

Delo je strukturirano tako, da povezuje teoretične osnove z operativnimi izzivi in ponuja analitični okvir za razumevanje in uporabo krožnih pristopov v tehničnem in organizacijskem kontekstu.

2. Teoretične osnove

2.1. Krožno vzdrževanje

Vzdrževanje je opredeljeno kot „kombinacija vseh tehničnih, administrativnih in upravljavskih dejavnosti v **življenjskem ciklu predmeta** s ciljem, da se ohrani ali vrne v stanje, v katerem lahko opravlja potrebno funkcijo“ [BS EN 13306:2017]. Tehnične dejavnosti vzdrževanja vključujejo pregled in analizo stanja (npr. inšpekcija, spremljanje, testiranje, diagnostika, prognoza) ter aktivne intervencije (npr. popravila, obnova). V sodobnih industrijskih sistemih vzdrževanje vedno bolj preraste v strateško funkcijo, ki zajema celoten življenjski cikel opreme. Njegov vpliv se odraža na kapitalskih izdatkih med načrtovanjem, obnovo in naknadno vgradnjo (CAPEX – Capital Expenditure) ter na optimizaciji operativnih stroškov z učinkovitim načrtovanjem in izvajanjem del (OPEX – Operating Expense)[1].

Nasprotno tradicionalnim linearnim pristopom strategije krožnega vzdrževanja predstavljajo sistemski okvir upravljanja premoženja, ki podaljšuje njen življenjski cikel, minimizira odpadke in zadržuje materialno vrednost znotraj ekonomskih ciklov. Te strategije dajejo prednost popravilu, obnovi, rema-

nufakturi in preventivnim ukrepom, kako bi komponente in proizvodi ostali v uporabi, čim dlje je mogoče.

Takšen pristop znatno zmanjšuje izkoriščanje surovin, porabo energije in nastajanje odpadkov, kar neposredno prispeva k ciljem ekološke in ekonomske trajnosti. V prihodnjih letih se krožno gospodarjenje pričakuje kot standardna praksa v mnogih industrijah, spodbujeno s pomanjkanjem virov, regulativnimi pritiski in rastočim povpraševanjem po trajnostnih proizvodih.

Osnovna vrednost krožnega gospodarjenja leži v proaktivnem in sistemskem ohranjanju materialne in funkcionalne vrednosti premoženja skozi njegov življenjski cikel. Prednost se daje trajnosti, možnosti popravil, nadgradnje in ponovne proizvodnje – v nasprotju z modeli, ki temeljijo na zamenjavi in odlaganju.

Kot takšno krožno vzdrževanje predstavlja temeljito spremembo v pristopu k vzdrževanju in trajnosti izdelkov, infrastrukture in sistemov. Prehaja iz linearnih modelov v regenerativne prakse, ki ohranjajo vrednost in zmanjšujejo negativni vpliv na okolje.

2.2. Trajnost

Trajnost predstavlja dolgoročno ambicijo, da ljudje sobivajo na Zemlji brez izčrpavanja njenih naravnih virov, s ciljem ustvarjanja trajnostne prihodnosti – tako za ljudi kot za planet Zemljo. To pomeni način uporabe virov, ki omogoča njihovo trajno razpoložljivost, kot so obnovljivi viri energije. Dejavnosti, ki se štejejo za trajnostne, ne izčrpavajo virov niti ne škodujejo okolju, ampak omogočajo njihovo neprekinjeno uporabo. Nasprotno, če se viri porabljajo hitreje, kot se lahko obnovijo, dejavnost postane netrajnostna, kar vodi do izčrpanja vira in nemožnosti njegovega nadaljnjega izvajanja. Ena od najbolj sprejetih definicij trajnosti izhaja iz poročila Brundtlandove komisije Združenih narodov iz leta 1987, ki je trajnost opredelila kot „Zadovoljevanje potreb sedanjosti brez ogrožanja sposobnosti prihodnjih generacij, da zadovoljijo svoje potrebe“ [1].

V skladu s to definicijo trajnost zajema vse dejavnosti, ki prispevajo k uresničevanju tega cilja – od vizije trajnostne prihodnosti do konkretne izvedbe trajnostnih praks.

Usmerjena je v dolgoročno obdobje in predpostavlja, da naše dejavnosti prinašajo ekološke, ekonomske in družbene koristi, ne da bi onesnaževale okolje ali prekomerno porabljale vire. V kontekstu tehničnih sistemov se trajnost vse bolj obravnava skozi prizmo standardizacije (npr. ISO 14001:2015 – 09 – 15), ESG faktorja (E – Environmental factors, S – Social factors, G – Governance factors) in sistemskega upravljanja resursov, s čimer se ustvarja osnova za integracijo principov v vsakodnevne operacije in strategije upravljanja premoženja.

2.3. Krožna ekonomija

V skladu s standardom ISO 59004:2024-05 se krožno gospodarstvo opredeljuje kot »gospodarski sistem, ki uporablja sistemski pristop za ohranjanje krožnega pretoka virov, njihovo obnovo, ohranjanje ali dodajanje njihove vrednosti, pri čemer prispeva k trajnostnemu razvoju«.

Krožna ekonomija je strategija za prehod s trenutnega linearnega modela na trajnostni, regenerativni gospodarski sistem. Ta pristop omogoča učinkovito upravljanje virov, podaljšanje življenjske dobe proizvodov, zmanjšanje odpadkov in povečanje uporabe obnovljivih virov energije.

Za razliko od linearne ekonomije, ki temelji na principu „vzemi-proizvedi-porabi-odloži“, krožna ekonomija deluje na principu zaprtega kroga, v katerem se tokovi virov in energije nenehno obnavljajo (Slika 1). Poudarek je na oblikovanju izdelkov, ki so trajni, enostavni za popravilo, brez nevarnih snovi in primerni za recikliranje in ponovno uporabo [2, 3, 4, 5, 6].

Model krožne ekonomije predpostavlja spremembo paradigme v upravljanju virov – prehod od potrošniškega pristopa k pametni, trajnostni rabi. Temelji na:

- ekoinovacijah,
- ekodizajnu,
- naprednih tehnologijah,
- energetski učinkovitosti,
- obnovljivih virih energije.

Linearni proizvodni model velike količine odpadkov se zanaša na predpostavke neizčrpnosti virov in neomejenega prostora za odlaganje. Takšen pristop ni dolgoročno vzdržen, še posebej ob naraščajočih cenah blaga in geopolitični nestabilnosti (Slika 2).

Uporaba krožnega modela zahteva strukturne spremembe – vključno s ponovno opredelitvijo odnosa med proizvajalcem in uporabnikom. V tem kontekstu »kupec« postane »uporabnik«, proizvod pa nikoli ne doseže konca svojega



Slika 1: Krožno gospodarstvo



Slika 2: Linearna ekonomija

življenjskega cikla, ampak se nenehno obnavlja in uporablja. To spreminja odnos z dobavitelji v dolgoročen odnos.

Zamenjava linearnih modelov s krožnimi ni samo zaželena, ampak tudi nujna. Linearni model porablja vire hitreje, kot se lahko obnovijo, kar ima resne ekološke, socialne in ekonomske posledice. Naravne zaloge ključnih kovin, kot so litij, srebro, galij in indij, bi se lahko izčrpale v naslednjih desetletjih, kar dodatno poudarja nujnost prehoda.
Prehod na krožno gospodarstvo omogoča:

- manjšo občutljivost na zunanje dejavnike,
- zmanjšanje tveganja in zahtev po zalogah,
- maksimalno izkoriščanje materiala,
- ohranjanje naravnih virov.

Osnovna ideja krožne ekonomije je podaljšati življenjsko dobo vsakega dela in materiala. Po eni strani to pomeni večkratno uporabo proizvoda, po drugi strani pa zahteva sistemski pogled na odpadke, ki nastajajo pri vsakodnevnih operacijah.

2.4. Obvladovanje premoženja

V skladu s standardom ISO 55000:2024-07 je obvladovanje premoženja definirano kot »usklajena dejavnost organizacije za uresničevanje vrednosti iz premoženja, kjer je premoženje definirano kot postavka, stvar ali entiteta, ki ima potencialno ali dejansko vrednost za organizacijo«. V skladu z definicijo Inštituta za obvladovanje premoženja (IAM – The Institute of Asset Management) obvladovanje premoženja pomeni »upravljanje življenjskega cikla fizičnega premoženja za dosego določenih rezultatov podjetja«. Ta definicija poudarja vlogo premoženja pri izpolnjevanju poslovnih zmogljivosti, pri čemer mora organizacija upravljati fizično premoženje sorazmerno s poslovnimi potrebami. Obvladovanje premoženja zajema kratkoročne, srednjeročne in dolgoročne vidike. Obravnava določa meje tega procesa in ga ločuje od drugih upravljalskih funkcij. Obvladovanje premoženja zajema vse faze življenjskega cikla, od prepoznavanja potreb preko načrtovanja, nabave, uporabe in vzdrževanja do odlaganja.

Takšen pristop organizacijam omogoča, da sistematično maksimizirajo vrednost, ki jo premoženje zagotavlja, hkrati pa optimalno uporabljajo vire in zmanjšujejo tveganja. Učinkovito obvladovanje premoženja temelji na skupnih načelih, ki morajo biti integrirana v organizacijske sisteme in načrte. Če katero od teh načel ni upoštevano, lahko organizacija doživi zmanjšanje vrednosti, ki jo ustvarja premoženje. Ključna načela vključujejo:

- osredotočenost na rezultate – usmerjenost v doseganje poslovnih ciljev prek premoženja,
- sposobnosti – razumevanje in upravljanje sposobnosti, ki jih omogočajo sredstva,
- zagotavljanje ravni – ohranjanje opredeljenih zmogljivosti in razpoložljivosti premoženja,
- organizacijo učenja – kontinuirano zboljševanje skozi analizo podatkov in izkušenj.

V kontekstu trajnosti obvladovanje premoženja igra ključno vlogo pri optimizaciji virov, podaljšanju življenjskega cikla in integraciji načela krožnega gospodarstva. To ustvarja strateški okvir za povezovanje tehničnih, gospodarskih in ekoloških ciljev. Ti pristopi so dodatno razviti v teoretičnem okviru krožnega upravljanja premoženja, ki povezuje tehnične in organizacijske vidike v kontekstu procesne industrije [7].

3. Krožno vzdrževanje in trajnost

Krožno vzdrževanje predstavlja ključno točko povezave med tehničnimi operacijami in strateškimi cilji trajnosti. Kot operativna komponenta krožne ekonomije omogoča podaljšanje življenjskega cikla premoženja, zmanjšanje odpadkov in racionalno rabo virov, s čimer neposredno prispeva k ekološki, ekonomski in družbeni dimenziji trajnosti [4, 8].

Za razliko od tradicionalnih pristopov vzdrževanja, ki so pogosto reaktivni in osredotočeni na zamenjavo ali popravilo po okvari, krožno vzdrževanje temelji na proaktivnih in regenerativnih strategijah.

Te strategije vključujejo:

- preventivno in prediktivno vzdrževanje, zasnovano na podatkih o stanju premoženja,
- popravilo in ponovno proizvodnjo komponent namesto njihove zamenjave,
- podaljšanje funkcionalne in materialne življenjske dobe izdelka in sistema,
- zapiranje materialnih tokov s ponovno uporabo in recikliranjem.

V tem kontekstu krožno vzdrževanje postaja instrument trajnosti, ker omogoča:

- koristi za okolje: zmanjšanje emisij, odpadkov in porabe surovin,
- ekonomske koristi: optimizacijo stroškov s podaljšanjem uporabnosti sredstev,

- družbene koristi: povečanje trajnosti sistema, varnosti in kakovosti storitev.

Uvedba načela krožnega vzdrževanja zahteva spremembo v načinu razmišljanja – od kratkoročnega reaktivnega pristopa do dolgoročne strategije ohranjanja vrednosti.

Vzdrževanje ni več le tehnična funkcija, ampak strateško orodje za doseganje trajnostnih ciljev organizacije.

Razmerje med krožnim vzdrževanjem in trajnostjo kažejo naslednji vidiki:
- usklajenost z načeli ESG in mednarodnimi standardi (npr. ISO 14001, ISO 55000, ISO 59004),
- integracija s sistemi obvladovanja premoženja (AM) in digitalnimi orodji (IoT, CMMS, AI),
- podpora krožnih poslovnih modelov, kot so servitizacija, lizing in obrnjena logistika.

Tako krožno vzdrževanje ne prispeva le k trajnosti, ampak organizacijam omogoča tudi, da svoje tehnične operacije preoblikujejo v skladu z načeli krožnega gospodarstva in dolgoročne vrednosti.

4. Mehanizmi povezovanja med krožnim gospodarstvom, upravljanjem premoženja in krožnim vzdrževanjem

4.1. Povezanost krožnega gospodarstva in obvladovanja premoženja

Krožna ekonomija (CE) in obvladovanje premoženja (AM) predstavljata dva komplementarna koncepta, ki se vse bolj integrirata v strategije trajnostnega poslovanja. Medtem ko CE spodbuja zaprte tokove virov, podaljšanje življenjskega cikla proizvoda in zmanjšanje odpadkov, se AM osredotoča na povečanje vrednosti premoženja skozi njen celoten **življenjski cikel – od načrtovanja in nabave**, prek uporabe in vzdrževanja, do odlaganja [5, 6, 8].

Mehanizmi povezovanja CE in AM vključujejo:
- usklajevanje življenjskega cikla nepremičnin s principi CE: AM omogoča sistemsko spremljanje in upravljanje premoženja v skladu s cilji krožnega gospodarstva, vključno s podaljšanjem uporabnosti, ponovno uporabo in regeneracijo komponent;
- standardizacijo skozi okvir ISO: ISO 55000 (AM) in ISO 59004 (CE), ta nudita združljiva načela, ki omogočajo integracijo trajnosti v tehnične in upravljavske procese. ISO/TC 251 posebej poudarja, da se CE in AM lahko povežeta prek skupnih načel vrednosti, odpornosti in sistemskega pristopa [8];
- digitalna orodja in podatkovne platforme: Uporaba tehnologij IoT, CMMS in AI omogoča zbiranje podatkov o stanju premoženja, kar olajšuje sprejemanje odločitev v skladu s cilji CE;
- ekoinovacije in ekodizajn: AM lahko podpira CE prek upravljanja premoženja, zasnovanega za trajnost, enostavno popravilo in recikliranje.

Integracija CE in AM omogoča organizacijam, da svoje poslovanje preoblikujejo v trajnostne modele, zmanjšajo odvisnost od surovin, povečajo učinkovitost in okrepijo odpornost na zunanje dejavnike.

4.2. Povezanost upravljanja povpraševanja in krožnega trajnostnega razvoja

Obvladovanje premoženja (AM) in krožno vzdrževanje predstavljata naravna zaveznika pri uresničevanju ciljev trajnosti in učinkovitosti. Medtem ko AM zajema usklajene dejavnosti za doseganje vrednosti iz premoženja skozi njegovo življenjsko obdobje, se krožno vzdrževanje osredotoča na podaljšanje tega obdobja skozi regenerativne in preventivne strategije. Mehanizmi povezovanja AM in krožnega vzdrževanja vključujejo:
- integracijo krožnega vzdrževanja v strategije obvladovanja premoženja:
- z načrtovanjem in optimizacijo vzdrževalnih del AM omogoča uporabo krožnih principov — kot so popravilo, remanufaktura in podaljšanje funkcionalne življenjske dobe;
- usklajevanje z ISO standardi: ISO 55000 spodbuja sistemski pristop k obvladovanju premoženja, medtem ko krožno vzdrževanje prispeva k uresničevanju teh principov skozi operativne aktivnosti, ki znižujejo stroške in negativne vplive;
- digitalizacijo in podporo podatkov: Uporaba CMMS, IoT in AI orodij omogoča natančno spremljanje stanja premoženja, identifikacijo potencialnih okvar in pravočasno intervencijo, s čimer se zmanjšuje potreba po zamenjavi in povečuje trajnost;
- osredotočenost na vrednost in trajnost: AM spodbuja sprejemanje odločitev, ki maksimirajo vrednost premoženja, krožno vzdrževanje pa omogoča tehnično uresničevanje teh odločitev z ohranjanjem materialne in funkcionalne vrednosti.

Sinergija med AM in krožnim vzdrževanjem omogoča organizacijam, da preidejo z reaktivnega na proaktivni pristop obvladovanja premoženja, hkrati pa dosežejo ekološke, ekonomske in družbene koristi. Vzdrževanje ni več izolirana tehnična funkcija, ampak integralni del strategije povečevanja vrednosti premoženja.

4.3. Povezanost krožnega gospodarstva in krožnega vzdrževanja

Krožna ekonomija in krožno trajnostno ravnanje predstavljata operativno in strateško enotnost pri doseganju ciljev trajnosti. Medtem ko krožna ekonomija opredeljuje sistemski okvir za zapiranje tokov virov, krožno vzdrževanje omogoča tehnično uresničevanje teh načel s podaljšanjem življenjske dobe premoženja, zmanjšanjem odpadkov in ohranjanjem vrednosti.

Mehanizmi povezovanja med tema dvema konceptoma vključujejo:

- Operacionalizacijo krožnih principov – aktivnosti, kot so popravila in ponovna proizvodnja.

Nadgradnja, preventivno vzdrževanje in krožno vzdrževanje omogočajo, da proizvodi in sistemi ostanejo v funkciji, kar je več kot mogoče – s čimer se neposredno uresničujejo cilji krožne ekonomije.

- Oblikovanje za vzdrževanje: Krožna ekonomija spodbuja oblikovanje izdelkov, ki so trajni, enostavni za popravilo in razstavljanje. S krožnim vzdrževanjem se ti oblikovalski principi pretvarjajo v konkretne tehnične prakse, ki podaljšujejo uporabnost in zmanjšujejo potrebo po zamenjavi.
- Zapiranje materialnih tokov: S sistemskim spremljanjem stanja premoženja in načrtovanjem vzdrževanja je mogoče doseči vračanje komponent, njihovo ponovno uporabo in recikliranje, s čimer se zapira krog virov znotraj gospodarskega sistema.
- Podpora krožnim poslovnim modelom: S krožnim vzdrževanjem lahko organizacije podpirajo modele, kot so leasing, servitizacija in povratna logistika, ki temeljijo na dolgoročni uporabi in obnovi izdelkov.

Sinergija med krožno ekonomijo in krožnim vzdrževanjem omogoča organizacijam, da preidejo z linearnega modela „proizvedi-potroši-odvrzi" na regenerativni pristop, ki varuje vire, zmanjšuje stroške in povečuje odpornost sistema.

Zaradi te povezanosti vzdrževanje ni več le tehnična funkcija, ampak postaja strateško orodje za doseganje krožnih ciljev, integrirano v širše okvire trajnostnega razvoja, upravljanja premoženja in ESG zahtev.

5. ESG motivatorji

V sodobnem poslovnem okolju postajajo ESG dejavniki (Environmental, Social, Governance – okoljski, socialni, upravni) ključni dejavniki prehoda k trajnostnim in odgovornim praksam. ESG motivatorji predstavljajo niz zunanjih in notranjih pritiskov, ki spodbujajo organizacije k vključevanju načel trajnosti, krožnega gospodarstva in krožnega vzdrževanja v svoje strategije obvladovanja premoženja in operativne procese.

5.1. Ekološki (Environmental) motivatorji

Ekološki vidik ESG okvira zajema nujnost zmanjševanja negativnega vpliva na okolje. Organizacije se vse bolj srečujejo z regulativnimi zahtevami, pritiski vlagateljev in pričakovanji potrošnikov, da zmanjšajo emisije toplogrednih plinov, porabo virov in količino odpadkov.

- Krožni modeli vzdrževanja omogočajo:
- podaljšanje življenjske dobe opreme in komponent,
- zmanjšanje potrebe po novih surovinah,
- zmanjšanje ekološkega odtisa z optimizacijo virov.

5.2. Družbeni (Social) motivatorji

- Družbeni motivatorji se nanašajo na odgovornost organizacij do zaposlenih, skupnosti in družbe kot celote. Pregledno upravljanje premoženja in vzdrževanje, ki zagotavlja zanesljivost in varnost infrastrukture, prispeva k: zdravju in varnosti delovne sile,
- krepitvi zaupanja uporabnikov in skupnosti,
- ustvarjanju delovnih mest v sektorjih popravila, prenove in servisiranja.

5.3. Upravljanje (Governance) motivatorji

Vidik upravljanja pomeni vzpostavitev odgovornega, preglednega in etičnega upravljanja organizacije. Zahteve ESG vse bolj vključujejo:

- vključevanje trajnosti v strategije in poročanje,
- skladnost s standardi (npr. ISO 55000, ISO 14001, ISO 59004),
- upravljanje tveganj in dolgoročnih vrednosti preko sistemskega obvladovanja premoženja in upravljanja vzdrževanja.

5.4. ESG kot gonilna sila krožnih praks

ESG motivatorji ne delujejo izolirano — medsebojno so povezani in sinergijsko spodbujajo prehod z linearnega na krožni poslovni model. Krožno gospodarstvo in krožno vzdrževanje postajata ključna orodja za doseganje ESG ciljev, saj omogočata:

- zmanjšanje okoljskih tveganj,
- krepitev družbene odgovornosti,
- izboljšanje upravljavskih zmogljivosti skozi odločitve, ki temeljijo na podatkih.

6. Omejitve in kontingenčni (odvisni) dejavniki

Kljub vedno večjemu zanimanju za krožno gospodarstvo, upravljanje premoženja in krožno vzdrževanje se njihova uvedba v industrijskih sistemih srečuje s številnimi izzivi. Omejitve in odvisni dejavniki ne delujejo izolirano – medsebojno se prepletajo in oblikujejo kontekst, v katerem je mogoče (ali ne) uspešno uvesti krožne pristope.

6.1. Omejitve izvajanja

Omejitve predstavljajo strukturne, tehnične in institucionalne ovire, ki neposredno otežujejo uporabo krožnih principov. Ključne omejitve vključujejo:

- Tehnološko neusklajenost: Številne organizacije nimajo dostopa do naprednih digitalnih orodij (IoT, CMMS, AI), ki so potrebna za spremljanje stanja premoženja in optimizacijo vzdrževanja.
- Pomanjkanje kompetenc: Vzdrževanje se pogosto obravnava kot operativna funkcija, brez strateške povezanosti z upravljanjem premoženja in trajnostjo.

- Finančne pritiske: Naložbe v krožne modele zahtevajo začetna sredstva, medtem ko se donos naložbe uresničuje dolgoročno, kar lahko odvrne management.
- Regulativno fragmentacijo: Neskladje pravnih okvirov otežuje standardizacijo in sistemsko uporabo krožnih pristopov.

6.2. Kontingenčni dejavniki

Konkurenčni dejavniki so spremenljivi pogoji, ki lahko delujejo kot olajševalni ali omejevalni elementi, odvisno od konteksta. Njihovo razumevanje je ključno za prilagajanje strategije izvajanja:

- Velikost in kompleksnost organizacije: Večje organizacije imajo več virov, a tudi bolj zapletene strukture, kar otežuje koordinacijo.
- Industrijski sektor: Nekateri sektorji (npr. energetika, transport) imajo tehnične pogoje za uvedbo krožnih modelov, medtem ko drugi (npr. živilska industrija) zahtevajo specifične prilagoditve.
- Zrelost sistema upravljanja z viri: Organizacije, ki že uporabljajo načela ISO 55000, lažje integrirajo krožno vzdrževanje.
- Kultura in vodstvo: Pripravljenost menedžmenta, da podpira inovacije, transparentnost in trajnost, ima odločilni vpliv na uspeh.

Razumevanje omejitev in konkurenčnih dejavnikov predstavlja ključni korak k realistični in trajnostni izvedbi krožnega gospodarstva, upravljanja z viri in krožnega vzdrževanja. Ti dejavniki ne delujejo izolirano, ampak se medsebojno prepletajo in oblikujejo kontekst, v katerem delujejo organizacije. Uspešna uporaba krožnih pristopov zahteva ne le tehnične kapacitete, ampak tudi strateško prilagodljivost, institucionalno podporo in spremembo organizacijske kulture. Identifikacija in analiza teh dejavnikov omogočata sprejemanje informiranih odločitev, prilagajanje modelov specifičnim pogojem in gradnjo odpornejših sistemov. Namesto univerzalnih rešitev je potrebna kontingentna strategija, ki upošteva spremenljivost sektorjev, velikost organizacije, zrelost upravljanja z viri in pripravljenost na inovacije. To poglavje torej ne predstavlja ovire, temveč poziv h kritičnemu razmišljanju in strateškemu načrtovanju, da bi lahko potencial krožnih pristopov uresničili v polnem obsegu.

7. Praktične implikacije

Implementacija krožnega gospodarstva, upravljanje premoženja in krožnega vzdrževanja v industrijski praksi zahteva integracijo tehničnih, organizacijskih in strateških elementov. Ti koncepti niso ločeni, temveč se medsebojno dopolnjujejo in omogočajo prehod z linearnega na trajnostni poslovni model.

- Tehnične implikacije vključujejo uporabo digitalnih orodij (CMMS, IoT, AI) za spremljanje stanja premoženja, optimizacijo vzdrževanja in podaljševanje življenjske dobe opreme. Tehnologija omogoča odločanje na podlagi podatkov in zmanjšanje porabe virov.
- Organizacijske implikacije se nanašajo na spremembo vloge vzdrževanja — od operativne funkcije k strateškemu viru. Uspešna uporaba zahteva nove kompetence, medsektorsko sodelovanje in kulturo, ki podpira inovacije in trajnost.
- Standardizacijske implikacije pomenijo uskladitev z mednarodnimi standardi (ISO 55000, ISO 59004, ISO 14001) in ESG zahtevami. Standardi omogočajo sistematičnost, merljivost in preglednost v upravljanju s premoženjem in vzdrževanjem. ISO/TC 251 Circular Economy Briefing Note posebej poudarja, da je skladnost med ISO 55000 in ISO 59004 ključnega pomena za operativizacijo krožnega vzdrževanja v industrijski praksi [9, 10].
- Sektorske implikacije kažejo na potrebo po prilagajanju pristopa specifičnostim industrije. Energetika, transport, proizvodnja in javne službe imajo različne tehnične in regulatorne zahteve, kar zahteva fleksibilne modele izvajanja.

Strateške implikacije vključujejo dolgoročno ustvarjanje vrednosti, povečanje odpornosti sistema in upravljanje tveganj. Krožni modeli vzdrževanja postajajo temelj trajnostne konkurenčnosti in ugleda.

Študija, objavljena v okviru Springrove publikacije, kaže, kako se lahko investicijske odločitve uskladijo z ESG cilji preko trajnostnega upravljanja premoženja in strateškega načrtovanja življenjskega cikla [11].

Praktične implikacije integracije krožnega gospodarstva, upravljanja s premoženjem in krožnega vzdrževanja kažejo, da trajnost ni abstrakten cilj, temveč konkreten operativni izziv, ki zahteva tehnično natančnost, organizacijsko zrelost in strateško jasnost. S pomočjo digitalnih orodij, standardiziranih procesov in sprememb v kulturi lahko organizacije preoblikujejo vzdrževanje iz reaktivne funkcije v ključen steber dolgoročne vrednosti.

To poglavje je pokazalo, da uspešna uvedba krožnih pristopov temelji na sposobnosti organizacije, da poveže tehnologijo, ljudi in procese v koherenten sistem. Tehnične inovacije same po sebi niso dovolj brez podpore organizacijske strukture, standardizacije in strateške usmerjenosti. V končni fazi praktične implikacije niso univerzalne — zahtevajo kontekstualizacijo, prilagoditev in stalno učenje. Prav v tej prilagodljivosti in sposobnosti odgovora na kompleksne izzive leži prava moč krožnega vzdrževanja in njegov prispevek k trajnostni preobrazbi industrije.

8. Zaključni razmislek

V tem delu je prikazano, da integracija krožnega gospodarstva, upravljanja premoženja in krožnega vzdrževanja predstavlja trajnostni in strateški pristop k upravljanju tehničnih sistemov. Skozi teoretične osnovne mehanizme povezovanja, ESG motivatorje, omejitve in praktične implikacije je potrjeno, da vzdrževanje ni več le tehnična funkcija, temveč ključno orodje za dosego dolgoročne vrednosti, odpornosti in okoljske odgovornosti. Krožni modeli omogočajo podaljšanje življenjske dobe premoženja, zmanjšanje odpadkov, optimizacijo virov in usklajenost z mednarodnimi standardi. ISO/TC 251 poudarja, da prav prek povezovanja CE in AM, ob podpori standardov, kot sta ISO 55000 in ISO 59004, organizacije lahko operacionalizirajo trajnost v tehničnih sistemih. Kljub temu je njihova uporaba odvisna od konteksta — tehničnih zmogljivosti, organizacijske pripravljenosti, specifičnosti sektorja in strateške usmeritve. Dolgoročna vrednost in konkurenčnost se lahko dosežeta le, če se investicijski in operativni pristopi uskladijo s cilji ESG in načeli trajnostnega upravljanja premoženja. Za industrijo to pomeni potrebo po spremembi paradigme: od reaktivnega vzdrževanja k proaktivnemu, podatkovno usmerjenemu in cirkularnemu pristopu. Na koncu trajnostno upravljanje premoženja znotraj krožnega vzdrževanja ni le tehnični izziv, ampak je tudi priložnost za preobrazbo industrije v regenerativno, odgovorno in konkurenčno prihodnost.

LITERATURA:

[1] https://www.brundtland.co.za/other-publication/brundtland-report-1987-our-common-future/ dostopno 15. november 2025

[2] Avdić H., Jemec V., Avdić A.: Popravilo okvar v funkciji krožnega vzdrževanja tehničnih sistemov, *Vzdrževalec*, številka 201 - 202, julij – december, (36 - 41), Ljubljana, 2022

[3] Jemec V., Avdić H., Maletič D.: Krožno vzdrževanje v pomoč krožnemu gospodarstvu, *Zbornik prispevkov, Izzivi trajnostnega razvoja 2023,* (130 - 137), Kranj, 23 november, 2023

[4] Jemec V., Maletič D.: Primer povezave trajnosti in vzdrževanja, *Izzivi trajnostnega razvoja: zbornik konference 16. 9. 2022,* (18 – 27), Visoka šola, Kranj, Slovenija

[5] Jemec V., Maletič D.: Vključitev obvladovanja premoženja v krožno gospodarstvo, *Znanstvena monografija, Integracija obnovljivih virov in krožnega gospodarstva v trajnostni razvoj,* (100 - 110) B & B Visoka šola za trajnostni razvoj, Kranj, 2025Jemec V., Maletič D.: Poskus povezave trajnostnega razvoja in obvladovanje premoženja (vzdrževanja), *Zbornik prispevkov,* (14 – 15), Kranj: B & B Visoka šola za trajnostni razvoj, 2019Vukadinović, P.: Ekologija između linearne i cirkularne ekonomije, *Ecologica*, Vol. 24, No. 90, pp. 231-236, Jun, 2018Lisa G., Tanja N, Jan-Ove W., Fazel A.: LOOP: An assessment framework for circular-oriented maintenance in product lifecycle management, Proceedings of the 58th CIRP Conference on Manufacturing Systems 2025, *Procedia CIRP 134 (2025) 1095–1100*, www.elsevier.com/licate/procedia

[6] ISO/TC 251: Circular Economy Briefing Note, ISO Technical Committee 251, April 2023. Dostopno na: https://committee.iso.org/files/live/sites/tc251/files/guidance/ISO%20TC251%20Circular%20Economy%20April%202023%20EN.pdf

[7] Naughton, Repko: Circular Asset Management – Theoretical Framework, HZ University of Applied Sciences, 2023. Dostopno na: https://assetperformance.eu/wp-content/uploads/2023/07/Circular-Asset-Management-1-Theoretical-Framework-HZ-UAS-Naughton_Repko-2023-07-11.pdf

[8] Life Cycle Investment and Sustainable Asset Management, Springer, 2024. Dostopno na: https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-031-93327-1_19.pdf

[9] EN 13306:2017 - Maintenance — Maintenance terminology

[10] ISO 14001:2015 – 2015 – 09 – 15 - Environmental management systems — Requirements with guidance for use

[11] ISO 59004:2024-05 - Circular economy — Vocabulary, principles and guidance for implementation

[12] ISO 55000: 2024 – 07 - Asset management — Vocabulary, overview and principles

[13] ISO 55001: 2024 – edition 2 – Asset management - Asset management system - Requirements

[14] ISO 55002: 2018 – edition 2 - Asset management - Menagement sysems – Guidelines for the application of ISO 55001

[15] https://www.perplexity.ai/

[16] https://copilot.microsoft.com

ABSTRACT

CIRCULAR MAINTENANCE AND SUSTAINABILITY

This paper explores the integration of circular economy, asset management and circular maintenance as interrelated concepts that contribute to the sustainability of technical systems. Through theoretical analysis, linkage mechanisms, ESG motivators, constraints and practical implications, the need to move from a linear to a regenerative model of asset management is shown. A special focus is placed on technical, organizational, standardization, sectoral and strategic aspects of implementation, with a review of the challenges and contingent factors that shape the context of application. The paper shows that maintenance is no longer just an operational function, but a strategic tool for achieving long-term value, resilience and environmental responsibility. The integration of these concepts represents an opportunity to transform the industry towards a more sustainable, data-driven and competitive business, while complying with international standards and ESG principles.

Keywords: Circular Maintenance, Sustainability, Circular Economy, Asset Management

BLOG O JAPONSKI KULTURI VZDRŽEVANJA

Piše: **Bojan Šinkovec**, Demetra



JAPONSKA KULTURA VZDRŽEVANJA IN KAJ SE LAHKO IZ NJE NAUČIMO – BLOG, 18. 11. 2025

Danes se vračam v Slovenijo po dobrih desetih dneh bivanja na Japonskem. Ponovno sem imel priložnost opazovati njihovo splošno in poslovno kulturo, obiskati podjetja, se pogovarjati z vodji in izvajati B2B sestanke. V tej deželi nisem bil prvič, že leta 2002 sem se pri JIPM – Japan Institut of Plant Maintenance (Japonski inštitut za vzdrževanje tovarn) usposabljal za metodo TPM – Total Productive Maintenance, obiskal nekaj tovarn in takrat prvič začutil, kako globoko so Japonci povezani s svojim delom, stroji in medsebojnim spoštovanjem. Od takrat imam tam prijatelje in sodelavce, ki jih vedno znova rad obiščem. In čeprav se svet spreminja, so nekatere stvari na Japonskem tako stabilne, da jih lahko čutiš že ob prvem koraku v podjetje.

Spomnim se časa, ko so Japonci v Soških elektrarnah postavljali opremo in so me slovenski naročniki povabili, da skupaj poskusimo vpeljati nekaj njihovega pristopa tudi v naše delovno okolje. Nekaj nam je tudi uspelo, ampak višja kultura se ne razvije v nekaj mesecih, gre za kompleksen proces, za to so potrebna leta sistematičnega dela.

Kasneje sem v japonski tovarni JTEKT v Lyonu izvajal projekt Monozukuri, neke vrste optimizacijo, in povedali so mi, da so pri njih zaposleni delavci več kot štirinajst različnih narodnosti, pa vseeno "živijo v isti kulturi". Takrat sem razumel, kako močno lahko kultura preseže razlike v jeziku, navadah in izobrazbi. Ni ti treba biti Japonec, da lahko delaš vsaj približno po japonskih navadah in standardih, ključno je vodenje.

Kako se kažejo te razlike v kulturi pri vzdrževanju? Japonska kultura vzdrževanja strojev je nekaj, česar ni mogoče uvoziti v škatli ali v obliki priročnika. To je mentaliteta. Vstopiš v njihovo proizvodnjo in vidiš, da red ni namenjen temu, da bi zadostili nekemu standardu ali auditu. Pa niti ni treba iti v podjetje, japonsko natančnost in predanost lahko opaziš tudi na javnih mestih, ko se izvajajo različna vzdrževalna dela. Urejenost je preprosto naraven način dela. Stroj oz. naprava ni sovražnik, ni "železje", ki se pokvari, je sredstvo poklica, nekaj skoraj osebnega. Čiščenje strojev je za zaposlene nekaj povsem logičnega, ker vedo in razumejo, da je to za njihovo dobro. Če je nekaj čisto in vzdrževano, je varno. Če je varno, je produktivno. Če je produktivno, pridejo rezultati.

Pri Japoncih ni herojev, ki bi tekali s ključem v roki in reševali stroj, ko se že kadi iz njega. Gasilstvo je zadnja možnost, ne prva. Pred tem se vedno pojavi vprašanje, zakaj je do tega prišlo in kako preprečiti, da se ne ponovi. TPM ni projekt z začetkom in koncem, ampak način življenja v tovarni. Čiščenje



Vzdrževanje tekočih stopnic na Japonskem: varno in učinkovito vzdrževanje vedno in povsod

in pregledi, inšpekcije niso potrata časa, ampak edino, kar je racionalno, če želiš stabilno proizvodnjo. Sodelujejo vsi, od operaterja do vzdrževalca in vodje. To ustvarja skupnostno odgovornost, ki je pri nas pogosto ne poznamo.

Ko primerjam Japonsko s Slovenijo in Balkanom, najprej opazim, kako drugačen je odnos do discipline. Pri nas imamo ogromno pametnih, iznajdljivih in tehnično nadarjenih ljudi. Imamo znanje, inovativnost in voljo. Pogosto pa nam manjka doslednosti oziroma preciznosti. Posebej pri vzdrževanju imamo skoraj romantično predstavo o "slovenskem gasilcu", človeku, ki v zadnjem trenutku popravi stroj, ko je vse obstalo, in reši situacijo, ker "drugače ne gre". Včasih to daje občutek pomembnosti, celo ponosa. A resnica je, da gasilski način dela preprečuje preventivo, odnaša ogromno denarja iz podjetij in

vzdržuje kulturo, v kateri je kriza normalno stanje, ne izjema. In zato natančnost ni samo japonska lastnost. Najdemo jo povsod po svetu, tudi pri nas. Tudi v Sloveniji imamo odlične posameznike, ekipe in podjetja, ki dosegajo visoke standarde.

A če pogledamo širšo sliko, kot družba pogosto še vedno zaostajamo. Pri nas se še prevečkrat zgodi, da delamo drugače, ko nas nekdo opazuje, kot pa takrat, ko ni nikogar v bližini. Prava kultura pa pomeni prav nasprotno: da delamo enako dobro, ne glede na to, ali nas kdo nadzira ali ne; da smo natančni, odgovorni, dosledni – brez iskanja bližnjic ali neprimernih izgovorov. Takšna kultura je temelj zanesljivega vzdrževanja, kakovostne proizvodnje in dolgoročne odličnosti. V Sloveniji pogosto neradi pišemo, dokumentiramo, pripravljamo standarde, analiziramo vzroke. Radi delamo, manj radi se organiziramo. Pogosto slišim ljudi govoriti, da si bomo to in to že zapomnili. Ampak si ne bomo. Tako ne nastane kultura preventivnega vzdrževanja, ampak kultura čakanja na težave. Tudi to je razlika med nami in Japonci. Pri njih ni sprejemljivo, da stroj nekajkrat na mesec ne obratuje zaradi istih razlogov, to je namreč povsem neracionalno. Japonci imajo preprosto drugačno logiko. Če pride do težave, jo je treba odpraviti pri temeljih. Če se dogaja ponovno, nekdo ni upošteval postopka.

Ko vse skupaj povežem, vidim zelo jasno, da Japonci niso čudežni ljudje. Niso pametnejši, niso tehnološko vsemogočni in nimajo boljših pogojev za delo. Imajo pa kulturo, ki jo vzdržujejo vsak dan. Kultura ni stvar plakatov in govorov, ampak navad. Majhnih, vsakodnevnih stvari, ki jih ponavljaš, dokler ne postanejo del identitete.

Po desetih dneh življenja na Japonskem odhajam domov s podobnim občutkom, kot sem ga imel leta 2002, resnično spoštujem njihov način razmišljanja. Njihova moč je v osnovah. V tem, da red jemljejo resno. Da vzdrževanje ni nujno zlo, ampak odgovornost. Da operater čisti zato, ker tako pokaže spoštovanje do opreme in svoje vloge. Da se vzdrževalec ne počuti herojskega, ko gasi požar, ampak ko prepreči, da bi sploh zagorelo. Ko izvaja vzdrževanja, razmišlja kritično, je natančen in odgovoren.

Najpomembnejše od vsega pa je spoznanje, da disciplina ni nekaj, kar moraš imeti, ampak nekaj, kar si.

Če bi vsaj del te miselnosti prenesli v naše okolje, bi bili rezultati izjemni. To še in tudi mnogi »Janezi« so dokaz, da je to mogoče. Kultura se da prenesti, navade se da spremeniti, mentaliteta se lahko razvije. Toda šele ko si priznamo, da površno delo in gasilski način reševanja težav ni naša prednost, temveč naša omejitev, in ko se odločimo, da želimo od sebe več.



VARNOST

Piše: **Uroš Korošec**, vodilni inženir za varnost in zdravje pri delu in direktor podjetja Bureau Veritas HSE, d.o.o.



SISTEM ZA NUJNI IZKLOP (ESD)

Sistem za nujni izklop (Emergency Shutdown System – ESD) je ena ključnih varnostnih zaščit vsake industrijske naprave. Gre za visoko zanesljiv nadzorni sistem, ki se vključi ob izrednih dogodkih in tako preprečuje gospodarske, okoljske ter obratovalne posledice, ki bi lahko bile usodne. V članku so prikazane njegove funkcije, ključni vidiki pri zasnovi in delovanju, način delovanja ESD-sistema in ključna vloga vzdrževalcev, da sistem ESD vedno deluje brezhibno. Sistem ESD je zadnja obrambna linija v primeru odpovedi drugih varnostnih plasti. Njegovo zanesljivo delovanje je življenjskega pomena.

Ključne besede: sistem za nujni izklop, ESD, nadzorni sistem, VZD, varnost in zdravje pri delu

Uvod

Sistem za nujni izklop (Emergency Shutdown System – ESD) je ena ključnih varnostnih zaščit vsake industrijske naprave. Gre za visoko zanesljiv nadzorni sistem, ki se vključi ob izrednih dogodkih in tako preprečuje gospodarske, okoljske ter obratovalne posledice, ki bi lahko bile usodne.

ESD-sistemi zmanjšujejo možnost poškodb osebja, varujejo okolje ter ščitijo opremo pred nevarnostmi, kot so uhajanje nevarnih snovi, požari, eksplozije in podobne nesreče.
Sistemi so nujni v različnih industrijah: v naftni in plinski industriji (npr. na vrtinah), v jedrskih elektrarnah, rafinerijah, termoelektrarnah, kemičnih in petrokemičnih obratih, geotermalnih obratih, njihovo preverjanje pa se izvaja na dnevni ravni. Vedno pogosteje pa se sistemi pojavljajo tudi v sklopu zagotavljanja varnosti strojev v številnih drugih panogah.

Funkcije sistema ESD

Tako za vzdrževalce kot tudi za operaterje strojev/linij je pomembno, da razumejo glavne naloge sistema ESD, saj je njegova pravilna pripravljenost ključna za varno delovanje obrata. Med osnovne funkcije spadajo:

- izklop naprav ali celotnega sistema v kritičnih razmerah,
- izolacija električne opreme,
- nadzor in ustrezno krmiljenje prezračevanja ob nesrečah,
- zaustavitev ali izolacija virov ogljikovodikov,
- znižanje tlaka in razplinjevanje (blowdown),
- oskrba s hladilno vodo v primeru izpada električne energije,
- preprečevanje eskalacije nevarnih dogodkov (npr. vžiga ali eksplozije),
- zaščita osebja, premoženja in okolja.

Ključni vidiki pri zasnovi in delovanju sistema

Zavedati se moramo, da ESD-sistem ni namenjen samo zaustavitvi delovnih oz. proizvodnih procesov, temveč tudi obvladovanju tveganj, ki se lahko pojavijo ob izgubi pomožnih virov (elektrika, zrak, hidravlika ipd.), okvari posameznih elementov, kot so tlačna stikala, termo členi, zato mora biti sistem zasnovan tako, da:

- ostane stabilen, varen in povraten v vse konfiguracije,
- je združljiv s postopki ponovnega zagona,
- upošteva posebne obratovalne pogoje in različne logike izklopa,
- neodvisno od pogojev vedno sproži nujni izklop,
- stalno spremlja ključne varnostne parametre,
- jasno signalizira napake in ''zdravo'' stanje komponent.

Tipični diagnostični signali vključujejo:

- izpad odklopnikov,
- okvaro napajanja ali baterije,
- okvaro varovalk, modulov vhod/izhod, komunikacije, CPU,
- previsoko temperaturo v krmilni omari,
- druge napake po specifikaciji proizvajalca.

Način delovanja

Sistem ESD stalno spremlja stanje obrata preko:

- tipal in merilnikov procesnih veličin,
- ventilov (običajno »fail-to-close« tip),
- logičnih reševalnikov (logic solver),
- relejev in signalov alarmov.



Slika 1: *Gumb za nujni izklop, vir: Canva, Virrage Images Inc*

V primeru odstopanja od normalnih pogojev sistem opravi analizo »vzrok-posledica« in glede na matriko izklopa izvede ukrepe: delni izklop, zmanjšanje obremenitev ali popoln izklop obrata.

Za vsako napravo sta običajno izdelani ESD-logična shema in matrika izklopa, ki določata stopnje ukrepanja glede na kritičnost.

Vloga vzdrževalcev

Vzdrževalci imajo ključno nalogo, da sistem ESD vedno deluje brezhibno. To vključuje:

- redno testiranje ventilov in tipal,
- preverjanje pravilnega delovanja logičnega krmilnika in relejev,
- kontroliranje napajanja, varovalk in baterij,
- nadzor nad komunikacijskimi povezavami,
- spremljanje temperature v krmilnih omarah,
- sprotno odpravljanje napak, ki jih sistem diagnosticira.

Prav tako je pomembno, da vzdrževalci razumejo logiko izklopa in se zavedajo, da izklop ene enote ne pomeni vedno popolne varnosti – nove nevarnosti lahko nastanejo ob izgubi pomožnih virov. Zato mora biti komunikacija med obratovanjem in vzdrževanjem stalna in natančna.

Zaključek

Sistem ESD je zadnja obrambna linija v primeru odpovedi drugih varnostnih plasti. Njegovo zanesljivo delovanje je življenjskega pomena. Za to pa so ključni redni pregledi, testiranja in dosledno vzdrževanje vseh komponent.

Vzdrževalci so zato neposredno odgovorni, da sistem ostane pripravljen za ukrepanje ob vsakem trenutku.

Bureau Veritas vam lahko pomaga

Bureau Veritas nudi tako celovito podporo pri oblikovanju ESD-programa kot tudi pomoč pri izvedbi samega ESD-testiranja za različne vrste proizvodnje oziroma za različne vrste strojev in proizvodnih linij.

Proces ESD-testiranja temelji na skrbni analizi razpoložljive dokumentacije, vključujoč:

- tehnično dokumentacijo proizvajalca,
- poročila vzdrževalnih ekip,
- podatke operaterjev,
- podatke o osnovnih delovnih pogojih (temperatura, vlažnost, tlak ipd.).
- Naši strokovnjaki sodelujejo pri:
- načrtovanju specifičnega ESD-programa,
- izvedbi testnih meritev in
- analizi pridobljenih rezultatov.

Po opravljenem procesu izdamo podrobno poročilo o ustreznosti delovanja.

Več na www.bureauveritas.si

LITERATURA IN VIRI:

[1] Kumar Dey Anup (2025). Emergency Shutdown System or ESD System. What is piping, a blog for piping engineers. Emergency Shutdown System or ESD System – What Is Piping

[2] (Editorial Stuff (2025). Purpose of Emergency Shutdown (ESD) System. V Inst Tools. Purpose of Emergency Shutdown (ESD) System - InstrumentationTools

[3] Control And Instrumentation. Systems. Shutdown Level Hierarchy & Shutdown Philosophy. Emergency Shutdown Level Hierarchy & ESD Philosophy

[4] Ashlin (21. april 2022). What is an Emergancy shutdown system and what is its importance? AutomationForum.Co. What is an Emergency shutdown system and what is its importance? | Instrumentation and Control Engineering)

ABSTRACT

EMERGENCY SHUTDOWN SYSTEM OR ESD SYSTEM

The Emergency Shutdown System (ESD) is one of the key safety protections of any industrial device. It is a highly reliable control system that activates during extraordinary events, thereby preventing economic, environmental, and operational consequences that could be fatal. In the article, you will learn about its functions, key aspects of design and operation, the mode of operation of the ESD system, and the crucial role of maintenance personnel in ensuring that the ESD system always functions flawlessly. The ESD system is the last line of defense when other safety layers fail. Its reliable operation is of vital importance.

Keywords: Emergency Shutdown System, ESD, control system, HAZOP, safety and health at work

Piše: **dr. Nika Brili**, Center za napredne tehnologije, Rudolfovo – Znanstveno in tehnološko središče Novo mesto, Podbernik 15, 8000 Novo mesto



UPORABA TERMOGRAFIJE IN UI PRI OBRABI ORODIJ

Napredni sistem za spremljanje obrabe rezalnih orodij z uporabo termografije in umetne inteligence

Pri struženju je potrebno ves čas spremljati obrabo rezalnih orodij, da se obrabljeno ploščico pravočasno zamenja. To je ključno za zagotavljanje kakovosti izdelka. Vendar pa so odločitve operaterjev glede menjave orodij pogosto subjektivne (odvisne od znanja in izkušenj) in niso vedno optimalne. Zato smo si zadali cilj razviti avtomatski sistem, ki s pomočjo umetne inteligence določi stopnjo obrabe orodja. Predstavljeni sistem uporablja infrardečo kamero, s čimer spremlja proces in rezalno orodje. Naučen sistem nato sliko orodja razvršča v štiri kategorije obrabe (brez obrabe, nizka, srednja, visoka obraba). Takšen sistem omogoča spremljanje obrabe brez prekinitve struženja. Eksperimentalni rezultati so pokazali, da je sistem dosegel več kot 99 % točnost pri prepoznavanju različnih stopenj obrabe. Raziskava dokazuje, da je ta metoda uspešna za natančno spremljanje obrabe.

Ključne besede: Mehanska obdelava, obraba orodja, umetna inteligenca, globoko učenje, struženje, termografija

Uvod

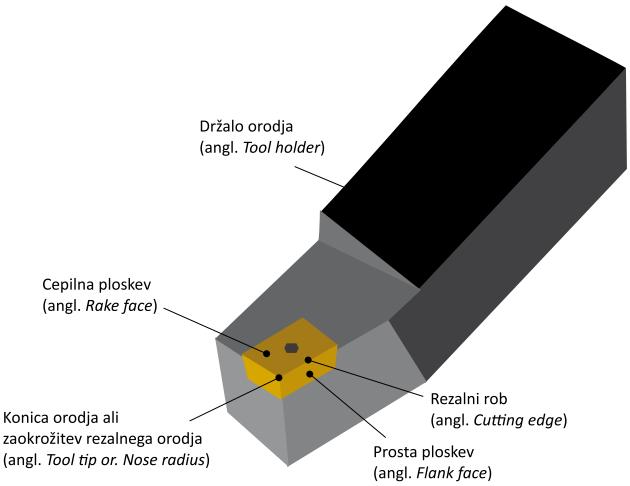
Pri mehanski obdelavi (npr. struženju ali rezkanju) ima kakovost rezalnih orodij vpliv tako na stroške proizvodnje kot na kakovost izdelkov. Zakaj je pomembno, da pravočasno ugotovimo, da se je rezalno orodje obrabilo? S tem zagotavljamo dobro kakovost izdelka, preprečimo nepotrebne zastoje zaradi zloma orodja in zmanjšamo stroške prepogostih menjav orodij. V tradicionalnih proizvodnih okoljih, predvsem kadar gre za maloserijsko in posamično proizvodnjo, se operater stroja odloča, kdaj zamenjati rezalno orodje. Odločitev je torej zelo odvisna od izkušenj operaterja, kar pa lahko vodi do napak oz. neoptimalnih odločitev. O obrabi orodja se pogosto odloča na podlagi vizualnega pregleda orodja, obdelovanca in odrezkov v kombinaciji z zvoki, ki nastajajo ob tem procesu.

V članku je predstavljena napredna metoda za odločanje o obrabljenosti stružnega orodja na podlagi termografije v kombinaciji z metodami globokega učenja. Z uporabo infrardečih kamer (IR) za zajemanje termografskih slik med obdelavo in po obdelavi ter z uporabo konvolucijskih nevronskih mrež (CNN) za analizo teh slik smo razvili sistem, ki z visoko natančnostjo napoveduje stanje obrabe orodja (brez obrabe, nizka, srednja, visoka obraba).

Obraba rezalnih orodij

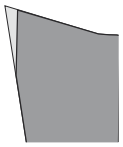
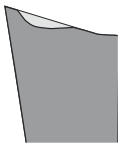
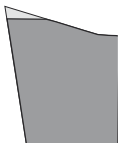
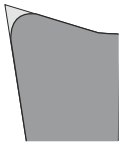
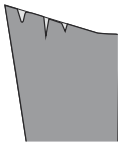
Obraba rezalnih orodij se povečuje sorazmerno s časom obdelave, porušitev (zlom) orodja pa se pojavi nenadno in je ni mogoče napovedati. Glavni vir finančnih in časovnih izgub proizvodnje predstavljajo materialne izgube zaradi obdelave z obrabljenim orodjem in čas izpada stroja (Dimla, 2000; Yuqing and Xue, 2018). Zaradi tega je pomemben konstanten nadzor stanja rezalnega orodja.

Obrabe rezalnega orodja razvrščamo glede na mesto nastanka na rezalnem orodju. Na Sliki 1 so prikazane osnovne oznake delov rezalnega orodja.



Slika 1: Orodje za struženje

Preglednica 1: Vrste obrabe glede na mesto na rezalnem orodju, kjer se obraba pojavi

Slika	Naziv obrabe	Razlaga
	Obraba na prosti ploskvi	Nastaja med obdelavo.
	**Kotanjasta obraba**	Značilna je za velike hitrosti in veliko podajanje. Nastane tam, kjer so največje temperature.
	**Obraba na cepilni ploskvi**	Nastane, če zmanjšamo hitrost in podajanje.
	Zaokrožitev rezalnega robu	Nastane, če zmanjšamo hitrost in podajanje.
	Oblikovanje zarez	Značilno je za obdelavo visokotemperaturnih zlitin in zelo mehkih jekel.

Obraba rezalnega orodja med struženjem nastane na prosti in cepilni ploskvi rezalnega orodja (Antic et al., 2006; Siddhpura and Paurobally, 2013).

Obraba cepilne ploskve se kaže kot kotanjasta obraba in povzroči lom oz. porušitev orodja, ne vpliva pa na kvaliteto površine in na natančnost obdelave. Cepilna ploskev namreč ni rezalna, po njej le odtekajo odrezki.

Obraba proste ploskve nastaja zaradi trenja med orodjem in pravkar obdelano površino na obdelovancu in ima negativen vpliv na življenjsko dobo orodja, na natančnost obdelave in na kvaliteto obdelane površine.

V nadaljevanju so prikazane različne vrste obrab rezalnega orodja.

Obraba se lahko spremlja neposredno (pregled orodja) ali posredno (spremljanje samega obdelovalnega procesa).

1. Neposredne metode zaznavanja obrabe
- **Vizualni pregled**: operater pogleda rezalno orodje in vidi znake obrabe, kot so poškodbe robov, razpoke ali spremembe oblike rezalnega orodja. Vendar pa je ta metoda subjektivna in zelo odvisna od izkušenj operaterja. Poleg tega ni vedno primerna za zaznavanje majhnih, vendar pomembnih sprememb v orodju. Takšna metoda je edina možna direktno na stroju, brez prilagoditev.
- **Mikroskopija**: analiza z optičnim ali digitalnim mikroskopom omogoča natančne meritve, vendar je časovno zamudna, zahteva prekinitev procesa in ni primerna za rabo v industrijskem okolju. Uporablja se predvsem za raziskave, ko želijo znanstveniki podrobnejši vpogled v stanje obrabe rezalnega roba.

2. Posredne metode zaznavanja obrabe

Posredne metode so v praksi bolj uporabne, ker omogočajo spremljanje sprememb v realnem času brez potrebe po prekinitvi proizvodnega procesa. Gre za spremljanje različnih parametrov, povezanih z obrabo orodja, in sicer (Arrazola et al., 2009):
- **rezalne sile**: med rezanjem nastajajo sile, ki so neposredno povezane z učinkovitostjo orodja. Ko orodje postane obrabljeno, se te sile pogosto povečajo, saj orodje postane manj učinkovito pri rezanju materiala. Z različnimi senzorji za merjenje rezalnih sil lahko zaznamo že majhne spremembe;
- **odrezki**: oblika, barva in struktura odrezkov se spreminjajo z obrabo rezalnega orodja. Pri novem, ostrem rezalnem orodju so odrezki pogosto kratki in lomljivi — rob orodja čisto prereže material, kar omogoča enakomernost in dobro lomljivost odrezkov. Ko se orodje začne obrabljati, rob postane top, trenje in plastificiranje materiala pred

rezilom se povečata, kar vodi do daljših, bolj zavitih ali neenakomerno lomljenih odrezkov. Poleg tega se lahko zaradi zvišanih temperatur in povečane deformacije spremenita barva in struktura odrezkov (npr. oksidacija ali modrikasti odtenki pri jeklih) (Davies et al., 1996; S et al., 2024);

- **hrapavost obdelovalne površine**: povečana obraba orodja vodi do slabše kakovosti obdelane površine;
- **zvočne emisije in vibracije**: spremembe v vibracijah ali zvoku pogosto nakazujejo povečano obrabo ali poškodbe orodja (npr. povečanje vibracij nastane zaradi večjega trenja kot posledica obrabe rezalnega orodja);
- **temperature**: ena izmed najpogosteje uporabljenih metod je spremljanje temperature orodja med obdelavo. Zaradi trenja med orodjem in materialom se orodje segreje, kar povzroči povečanje temperature, še posebej ko se orodje obrabi. Termografske slike, posnete z IR kamerami, omogočajo spremljanje teh temperaturnih sprememb. Povečanje temperature nakazuje večje trenje, kar je znak večje obrabe.

3. Kombinacija več metod

Za še natančnejše spremljanje obrabe rezalnih orodij se pogosto uporablja kombinacija več različnih metod. Na primer kombiniranje termografije z merjenjem rezalnih sil ali akustičnim spremljanjem omogoča, da sistem zazna obrabo iz več zornih kotov. To povečuje natančnost napovedi in zmanjša možnost napačnih odločitev.

Uporaba termografije v industriji

Beseda termografija označuje metodo merjenja temperature s pomočjo infrardečih žarkov, za katero je značilen prikaz porazdelitve toplote po površini določenega objekta. Metoda je hitra, enostavna in brezkontaktna. Za merjenje se uporablja posebna termografska kamera, ki prikazuje objekte na osnovi njihove izsevane in reflektirane toplote (Meola and Carlomagno, 2004).



Slika 2: Primer preproste IR-kamere Flir E5

Za optimizacijo obdelovalnih procesov je treba te procese preučiti in jih razumeti. Tako je bila že leta 1996 z infrardečo toplotno kamero merjena temperatura odrezkov in rezalnega orodja (Young, 1996).

Kako termografija zaznava obrabo orodja?
Med rezanjem se trenje med rezalnim orodjem in obdelovancem povečuje, kar povzroči temperaturne spremembe na površini orodja. Ko se orodje obrabi, se trenje poveča, kar povzroči višje temperature. Zaradi tega lahko uporaba infrardečih kamer, ki zaznavajo te temperaturne spremembe, omogoči natančno oceno obrabe orodja.

Termografija in umetna inteligenca
Skladno z načeli Industrije 4.0 raziskave k termografskim slikam in beleženju parametrov obdelave dodajajo še novo dimenzijo, to je razlago s pomočjo umetne inteligence. Mehanske obdelave ne želimo več zgolj spremljati, ampak zajete podatke tudi analizirati in jih nato uporabiti za optimizacijo procesa odrezavanja.
Kako poteka razvoj pametnega modela na osnovi umetne inteligence?

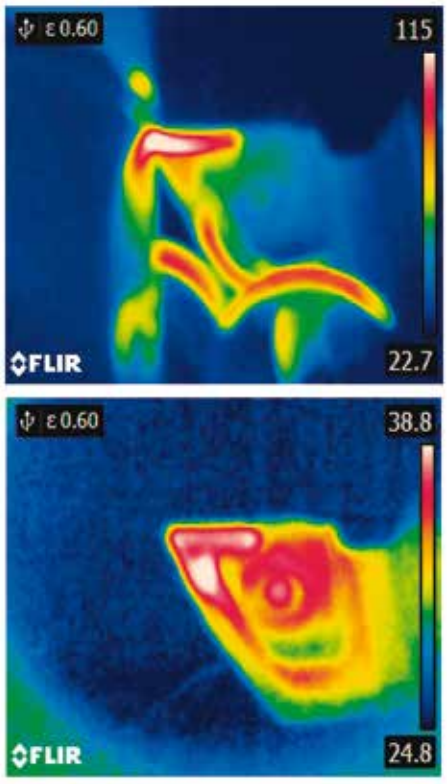
1. Zbiranje podatkov: prvi korak je zbiranje kakovostnih podatkov, bodisi z uporabo senzorjev bodisi z analizo obstoječih proizvodnih procesov. V našem primeru je šlo za zajem IR-slik, ki so bile klasificirane v ustrezne razrede in se je na njih model učil.
2. Usposabljanje modela: zbrani podatki (IR-slike) se nato uporabijo za usposabljanje nevronskih mrež. Modeli globokega učenja (v našem primeru konvolucijske nevronske mreže) so posebej primerni za analizo slik, saj lahko razberejo kompleksne vzorce in povezave.
3. Validacija in testiranje: ko so modeli naučeni, jih testiramo tako, da morajo razvrstiti nove, nepoznane slike, torej takšne, ki niso bile uporabljene v času učenja modela. Tako se preveri natančnost in zanesljivost modela.
4. Integracija v proizvodne sisteme: naučeni in preizkušeni modeli se nato integrirajo v avtomatizirane sisteme za spremljanje stanja orodja.

Praktični preizkus
Raziskavo smo omejili na en obdelovalni postopek, in sicer na operacijo struženja, natančneje na vzdolžno struženje. Pri vzdolžnem struženju se orodje premika vzporedno z osjo obdelovanca.

Med samim preizkusom je bila IR-kamera nameščena na revolverju stružnice, kjer je omogočala zajem podatkov med obdelavo, in sicer iz neposredne bližine samega procesa.



Slika 3: Namestitev IR-kamere in zaščite iz PMMA (pleksi).



Slika 4: Termografska slika rezalnega orodja med obdelavo (levo) in po njej (desno)

Rezultati

Model je bil testiran na bazi več kot **18.000 slik,** ki so bile razdeljene v kategorije štirih stopenj obrabe. Nato smo ga testirali z nepoznanimi slikami, ki jih je razvrstil v ustrezno kategorijo (brez obrabe, nizka, srednja in visoka obraba) z več kot 99 % točnostjo.

Posebej smo testirali slike med struženjem (na njih so vidni predvsem odrezki) in slike po struženju (vidna rezalna ploščica). Uspešnost razvrstitve slik in s tem prepoznave obrabe je v obeh primerih več kot 99 %.

Natančnejša analiza klasifikacije za posamezni razred obrabe je pokazala, da je model 100 % uspešen pri prepoznavi ploščice z veliko obrabo. Do zloma rezalnega orodja pride nenadno, povzroči pa lahko škodo na obdelovancu, zato je še posebej pomembno, da model zanesljivo prepozna rezalno orodje z veliko obrabo.

Nekaj napak se je pojavilo pri odločitvah o orodju brez obrabe ali z majhno obrabo, vendar so zanemarljive, saj sta tako natančnost kot priklic v vseh kategorijah nad 99 %.

Zaključek

Osnovna raziskava je pokazala, da je uporaba **termografije v kombinaciji z umetno inteligenco** zelo uspešna metoda za spremljanje obrabe rezalnih orodij pri struženju. Razviti sistem, ki temelji na **konvolucijskih nevronskih mrežah (CNN)**, je dosegel izjemno visoko natančnost pri razvrščanju stanja orodij v štiri različne kategorije obrabe, kar dokazuje učinkovitost in zanesljivost predlagane metode. Sistem je sposoben natančno zaznati obrabo orodij v realnem času. Vendar pa so trenutno v teku nadaljnja testiranja, ki vključujejo spreminjanje različnih parametrov obdelave, kot so hitrost rezanja, globina reza in materiali obdelovancev. Namen teh testiranj je preveriti robustnost sistema v različnih proizvodnih pogojih ter dodatno optimizirati delovanje modela za še širšo uporabo v industriji. Prvi rezultati so obetavni, saj metoda izkazuje visoko prilagodljivost in natančnost tudi pri spreminjanju teh parametrov.

LITERATURA IN VIRI:

[1] Antic, A., Hodolic, J., Sokovic, M., 2006. Development of a neural-networks tool-wear monitoring system for a turning process. J. Mech. Eng. 52, 763–776.

[2] Arrazola, P.-J., Garay, A., Iriarte, L.-M., Armendia, M., Marya, S., Le Maître, F., 2009. Machinability of titanium alloys (Ti6Al4V and Ti555.3). Journal of Materials Processing Technology 209, 2223–2230. https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2008.06.020

[3] Davies, M.A., Chou, Y., Evans, C.J., 1996. On Chip Morphology, Tool Wear and Cutting Mechanics in Finish Hard Turning. CIRP Annals 45, 77–82. https://doi.org/10.1016/S0007-8506(07)63020-0
[4] Dimla, D.E., 2000. Sensor signals for tool-wear monitoring in metal cutting operations—a review of methods. International Journal of Machine Tools and Manufacture 40, 1073–1098. https://doi.org/10.1016/S0890-6955(99)00122-4
[5] Meola, C., Carlomagno, G.M., 2004. Recent advances in the use of infrared thermography. Meas. Sci. Technol. 15, R27. https://doi.org/10.1088/0957-0233/15/9/R01
[6] S, J.S., P, S., Praveen, J.A., D, S.R., 2024. Effect of edge radius on forces, tool wear and surface integrity under edge radius dominated tool-chip contact conditions. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture 238, 302–314. https://doi.org/10.1177/09544054221147643
[7] Siddhpura, A., Paurobally, R., 2013. A review of flank wear prediction methods for tool condition monitoring in a turning process. Int. J. Adv. Manuf. Technol. 65, 371–393. https://doi.org/10.1007/s00170-012-4177-1
[8] Young, H.-T., 1996. Cutting temperature responses to flank wear. Wear 201, 117–120. https://doi.org/10.1016/S0043-1648(96)07227-4
[9] Yuqing, Z., Xue, W., 2018. A Multisensor Fusion Method for Tool Condition Monitoring in Milling. Sensors 18, 3866. https://doi.org/10.3390/s18113866

Prispevek je nastal v okviru projekta »Napredni inteligentni sistem nadzora obrabe rezalnega orodja na podlagi termografije« (Z2-500809), ki ga financira Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije ARIS.

ABSTRACT

ADVANCED SYSTEM FOR MONITORING CUTTING TOOL WEAR USING THERMOGRAPHY AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE

In turning, it is essential to continuously monitor the wear of cutting tools to ensure timely replacement of worn inserts, which is crucial for maintaining product quality. However, decisions regarding tool replacement are often subjective (dependent on knowledge and experience) and may not always be optimal. Therefore, the goal of this research was to develop an automatic system that uses artificial intelligence to determine the wear level of the tool. The presented system utilizes an infrared camera to monitor the process and the cutting tool. The trained system then classifies the tool image into four wear categories (no wear, low, medium, high wear). This system allows monitoring of tool wear without interrupting the turning process. Experimental results showed that the system achieved more than 99% accuracy in recognizing various wear levels. The study demonstrates that this method is effective for accurate tool wear monitoring.

Keywords: Machining, tool wear, artificial intelligence, deep learning, turning, thermography

DRUŠTVO VZDRŽEVALCEV SLOVENIJE
DVS

PREPREČEVANJE NASTANKA LEGIONELE

Piše: **dr. Peter Meža**, Visoka šola za proizvodno inženirstvo, Mariborska cesta 2, 3000 Celje, Slovenija



OPTIMIZACIJA SISTEMOV SANITARNE TOPLE VODE (STV) ZA PREPREČEVANJE NASTANKA LEGIONELE V STANOVANJSKIH IN KOMERCIALNIH STAVBAH

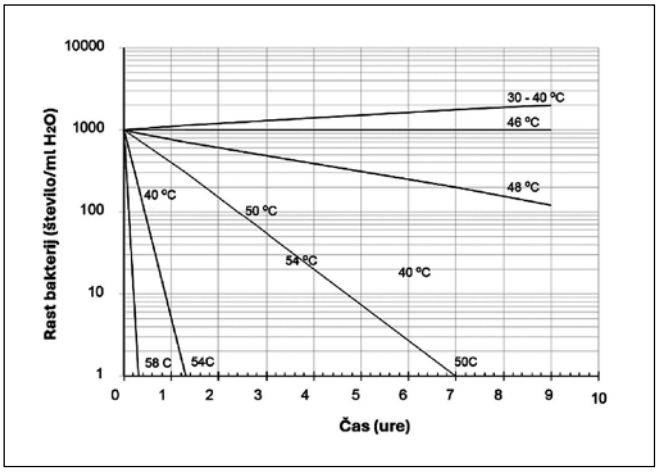
Kljub veliko pozornosti in izvajanju ukrepov za preprečevanje nastanka bakterije legionele v stanovanjskih in poslovnih stavbah, kot so hoteli, bolnišnice in večstanovanjske stavbe, se srečujemo z vedno novimi primeri okužb s smrtnimi primeri. Z učinkovito zasnovo sistema sanitarne tople vode (STV) in izvajanjem preventivnih ukrepov za preprečevanje nastanka in razmnoževanja bakterije legionele v inštalacijah STV lahko bistveno povečamo varnost in udobje uporabnikov, zmanjšamo stroške vzdrževanja in porabe energije. Cilj tega prispevka je predstaviti digitalno transformacijo sistemov sanitarne vode, ki temelji na metodi termičnega uravnoteženja in termične dezinfekcije cirkulacijskih vodov v stavbah.

Ključne besede: legionela, pitna voda, vodovodno omrežje, hidravlično termično uravnoteženje, bolnišnične okužbe, pametne stavbe

1. Uvod

Bakterija Legionella pneumophila je aerobna bakterija, ki naravno uspeva v vodnih okoljih, zlasti v toplih vodah. Njena prisotnost v umetnih vodnih sistemih, kot so sanitarni sistemi tople vode, predstavlja resno javnozdravstveno tveganje. Okužba z legionelo, znana kot legioneloza, se najpogosteje pojavi v obliki hude pljučnice (legionarska bolezen), ki je lahko smrtna, zlasti pri starejših, imunokompromitiranih osebah in bolnikih v bolnišnicah. Legioneloza je generični izraz, ki se uporablja za označevanje bolezni, ki jo povzročajo bakterije Legionella pneumophila in druge iz iste družine. Te bakterije so odgovorne za dve vrsti okužb, Pontiacovo mrzlico in legionarsko bolezen. Pontiacova mrzlica je gripi podobna oblika in ima inkubacijsko dobo 24–48 ur. Simptomi, ki niso zelo hudi, so zvišana telesna temperatura, splošno slabo počutje, mialgija, glavobol in včasih kašelj in običajno izzvenijo v 2–5 dneh. Legionarska bolezen, pljučnica, je najhujša oblika okužbe. Zapleti legioneloze lahko vključujejo pljučni absces, odpoved dihanja, empiem, trombocitopenično purpuro in odpoved ledvic.

Bakterija se ne prenaša s človeka na človeka, ampak z vdihavanjem aerosolov, torej z vdihavanjem vodnih kapljic v zraku, ki vsebujejo bakterijo legionelo. Bakterija legionela se najbolje razmnožuje v sistemih tople sanitarne vode s temperaturo med 25 in 46 °C (Slika 1). Potencialno najbolj ogroženi objekti so socialno-zdravstveni objekti, stanovanjski socialno-varstveni objekti in turistični nastanitveni objekti (hoteli, bazeni, telovadnice, delovna mesta in kolektivna zbirališča). Epidemični izbruhi legioneloze med turisti ter občasni osamljeni primeri so široko objavljeni v medijih, kar vzbuja preplah med turistično populacijo nasploh in povzroča resno škodo turistični industriji in upravljalcem in lastnikom objektov.



Slika 1: Rast legionele v odvisnosti od temperature (Brundrett, 1992)

Legionela se razmnožuje v temperaturnem območju med 25 °C in 46 °C, pri čemer je optimalna temperatura okoli 37 °C. Temperatura nad 60 °C pa bakterijo učinkovito

uničuje. Zato je nadzor nad temperaturo v sistemih sanitarne tople vode ključen za preprečevanje njenega razvoja.

2. Problemi in izzivi z legionelo v sistemih sanitarne tople vode

Na splošno se bakterija v svojem naravnem okolju nahaja v majhnih koncentracijah, vendar v zadostnem številu, da kontaminira umetne vodne kroge, v katerih najde ugodne pogoje za svoje razmnoževanje in širjenje.

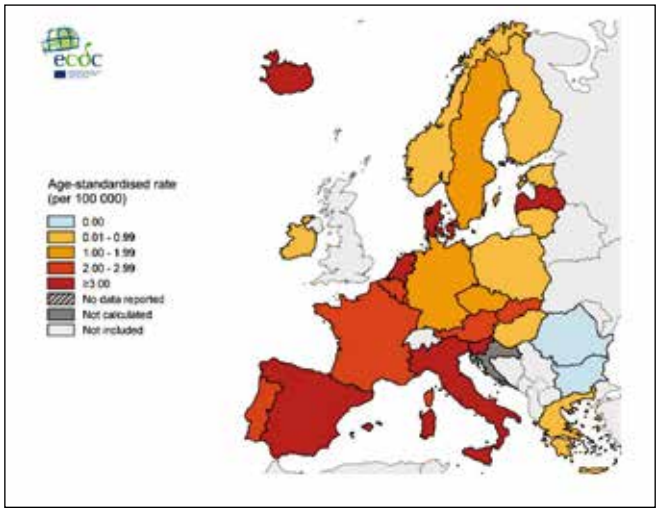
Več študij kaže, da je veliko število hotelskih obratov v Evropi (Slika 2) in ZDA (v nekaterih državah tudi do 50 %) koloniziranih z legionelo. Te vrednosti kažejo, da gre za izredno vseprisotno bakterijo, ki je razširjena po vsem svetu.

Dejavniki, ki spodbujajo širjenje bakterij v vodnih sistemih v stavbah:

- zastajanje vode oz. otežena cirkulacija tople vode;
- nezadostna temperatura vode v hranilnikih in inštalaciji;
- prisotnost organskih snovi, železovih oksidov in soli, apnenčastih usedlin ter prisotnost mulja v zalogovnikih vode;
- prisotnost nekaterih materialov (naraven kavčuk, naravna vlakna, uralit itd.), ki so še vedno prisotni v starejših vodovodnih inštalacijah;
- visoka koncentracija mikrobov, vključno z algami, amebami, protozoji in drugimi bakterijami;
- prisotnost biofilmov – plasti mikroorganizmov, ki se držijo sten cevi, katerih nastanek med drugim spodbuja zastajanje vode.

2.1 Splošno uporabljene metode za preprečevanje razvoja legionele

Za obvladovanje tveganja se uporabljajo različne kemične in fizikalne metode, ki so povzete v Tabeli 1.



Slika 2: Porazdelitev primerov legionarske bolezni na 100.000 prebivalcev po državah, EU/EGP za l. 2021 (ECDC Letno epidemiološko poročilo za leto 2021, 2023)

Tabela 1: Metode za preprečevanje razvoja legionele (Meža, 2021)

Metoda	
Kloriranje	Uporaba klora, klorovega dioksida. Potrebna je natančna kontrola koncentracij in stalen nadzor. Lahko povzroča korozijo in vpliva na okus vode. Visoki stroški investicije in vzdrževanja.
Ozonacija	Uporaba ozona. Potrebna je natančna kontrola koncentracij in stalen nadzor. Lahko povzroča korozijo in vpliva na okus vode. Visoki stroški investicije in vzdrževanja.
Ionizacija z Ag^+	Uporaba Ag-Cu ionov. Potrebna je natančna kontrola koncentracij in stalen nadzor. Lahko povzroča korozijo in vpliva na okus vode. Visoki stroški investicije in vzdrževanja.
Mikro in nano filtracija	Namestitev mikrofiltrirnih sistemov v inštalaciji. Z vidika učinkovitosti nudi le dodatno zaščito. Visoki stroški investicije in vzdrževanja. Nanofiltracija vpliva na okus vode.
UV svetloba	Uporaba UV-svetlobe za deaktivacijo mikroorganizmov. Primerno za lokalne aplikacije, npr. na posameznih iztokih. Uniči relativno omejen spekter bakterij. Stroški investicije in vzdrževanja.
Termična dezinfekcija	Dvig temperature vode nad 65 °C za določen čas v celotni inštalaciji. Učinkovita in hitra metoda, ki ne zahteva kemikalij. Priporočena kot primarna metoda v bolnišnicah in domovih za ostarele.

2.2 Slaba praksa v inštalacijah tople sanitarne vode

Poleg neupoštevanja pravil in smernic načrtovanja oz. renoviranja, upravljanja in vzdrževanja sistemov STV (Meža, 2021) je žal še vedno mogoče zaslediti slabe prakse, ki vodijo k povečanju tveganja nastanka legionele, povečani porabi energije, zmanjšanju udobja uporabnikov ter skrajšanju življenjske dobe inštalacije cirkulacijskih vodov. Predimenzionirana cirkulacijska črpalka: prevelika črpalka sicer delno poveča pretoke, a celostno ne rešuje problema, saj nastopi močno pregrevanje predelov inštalacije z ugodnimi tlačnimi pogoji (blizu vira STV, kar povzroča preveliko porabo energije, pospešeno korozijo in odlaganje vodnega kamna, kot prikazuje Slika 3). Slednje zmanjšuje življenjsko dobo inštalacij in poveča stroške vzdrževanja. Sčasoma se poslabšajo tlačni pogoji, ker pospešeno odlaganje vodnega kamna (zmanjšanje notranjega premera cevi) povzroča padce tlaka in pretoka.



Slika 3: Korozija in kalcifikacija inštalacije STV (vir: https://www.arenainstalatiilor.ro/fisiere/15024_p_10817_watts_oneflow_prezentare_ro.pdf)

- Neuravnoteženi sistemi cirkulacij STV: pogosto sistemi niso uravnoteženi oz. so uporabljeni ročni balansirni oz. izravnalni ventili, ki pa se ne prilagajajo dinamičnim razmeram v STV (dinamika pretokov je posledica nelinearnih toplotnih izgub ter dinamične porabe vode v STV).

Termično neuravnoteženi sistemi s temperaturo pod 46 °C predstavljajo tveganje nastanka legionele in slabše udobje uporabnikov (zaradi nihanja temperatur in dolgih čakalnih časov tople vode), medtem ko dolgotrajna izpostavljenost temperaturi nad 55 °C bistveno pospešuje procese korozije, odlaganja vodnega kamna (krajša življenjsko dobo sistema) ter tveganja kožnih opeklin uporabnikov z vročo vodo (ASHRAE, 2018, Polarczyk, 2017).

3. Predpisi in zakonodaja ter smernice pri načrtovanju/renoviranju STV

Za sanitarno toplo vodo v Sloveniji veljajo različni predpisi, standardi in priporočila, ki se nanašajo na kakovost vode, varnost uporabnikov in tehnično izvedbo sistemov. Navajamo pregled ključnih dokumentov in smernic.

Predpisi in zakonodaja (EU, 2020/2184):

- Uredba o pitni vodi (Uradni list RS, št. 184/23) temelji na Direktivi (EU) 2020/2184 o kakovosti vode za prehrano ljudi. Določa zahteve za zdravstveno ustreznost pitne vode, vključno z internimi vodovodnimi napeljavami. Vključuje zahteve za načrt preprečevanja legioneloz, ki je ključen za sisteme tople vode.
- Pravilnik o pitni vodi opredeljuje mejne vrednosti mikrobioloških in kemijskih parametrov. Uporablja se tudi za oceno neskladnosti v interni napeljavi.

Standardi in tehnične zahteve (MNVP, 2022):

- Temperatura tople sanitarne vode: za preprečevanje razmnoževanja legionele se priporoča temperatura ≥ 60 °C na izhodu iz grelnika ter ≥ 50 °C na odjemnih mestih.
- Fizikalno-kemijski in mikrobiološki pogoji: voda mora biti mikrobiološko neoporečna, brez usedlin in korozijskih pojavov. Če je potrebno, se zagotovi filtracija, kloriranje ter mehčanje vode za preprečevanje vodnega kamna.

Priporočila NIJZ (NIJZ, 2023), WHO (WHO, 2022), BS8580 (BS, 2019) in ECDC (ECDC, 2017):

- Vzdrževanje interne napeljave: redno izpiranje, toplotni šoki, dezinfekcija
- Preprečevanje legionel: načrt ukrepov, redno preverjanje temperature in mikrobiološke kakovosti.
- Ravnanje ob neskladnosti: ukrepi ob povišanih koncentracijah svinca, bakterij ali drugih nevarnosti ter zakonsko poročanje v primeru ogrožanja zdravja ljudi oz. epidemiološke preiskave.

Tveganje okužbe z legionelo je mogoče bistveno zmanjšati, če pri načrtovanju/vzdrževanju/ upravljanju novih objektov ali obnovi starejših objektov upoštevamo naslednja priporočila in prakse (Meža, 2021; Gerhardy, 2012):

- Celotna inštalacija STV mora biti načrtovana in izdelana tako, da omogoča ustrezne nazivne pretoke, dezinfekcijo pri višjih temperaturah ter primernost za vzdrževanje. Preprečiti je treba slepe odcepe oz. območja stagnacije pretoka (slepi odcepi z volumnov potencialne stagnacije vode volumna >3 litrov niso dovoljeni).
- Montaža ustreznih kontrolnih ventilov na cirkulacijskih vodih, z namenom zagotavljanja stabilnih temperatur (neodvisno od dinamike porabe STV). Zagotavljanje temperature STV nad 50 °C v celotni inštalaciji.
- Pri načrtovanju in STV se ne smejo uporabljati materiali, ki lahko prenesejo rast plesni ali bakterij. Na splošno morajo biti izbrani materiali, ki ustrezajo globalnim oz. lokalnim regulativam za pitno vodo (baker, nerjaveče jeklo (določene vrste), medenina z min. vsebnostjo svinca, polipropilen, PVC in drugi dovoljeni sintetični materiali). Materiali morajo biti skladni s standardi in mednarodnimi normami za pitno vodo (DVGW, KIWA, WRAS, ACS itd).
- V sistemih za sanitarno toplo vodo je pomembna tesnost sistema za preprečevanje vstopa vode iz zunanjih virov.
- Izolacija – cevi morajo biti opremljene z ustrezno toplotno izolacijo in ločene od hladnih cevi.
- Za potrebe termične dezinfekcije moramo na viru (toplotni izmenjevalec ali zalogovnik) zagotoviti zadostno temperaturo (npr. 70 °C).
- Pravilno dimenzioniranje oz. izbira cirkulacijske črpalke z namenom zagotovitve zadostnih pretokov in temperatur v sistemu.
- Redno vzdrževanje grelnikov in cevovodov ter periodično čiščenje in dezinfekcija sistemov.
- Sodobne pametne stavbe pogosto uporabljajo elektronski nadzor temperatur in procesa termične dezinfekcije, kar zagotavlja visoko energetsko učinkovitost oz. integracijo s trajnostnimi viri toplote (toplotne črpalke). Rešitve so pogosto integrirane v sistem za upravljanje stavb (BMS) za spremljanje, arhiviranje podatkov in nadzor v realnem času.

4. Energijsko učinkovite rešitve termične dezinfekcije

Termična dezinfekcija je ena izmed najbolj zanesljivih metod za obvladovanje bakterije Legionella pneumophila v sistemih sanitarne tople vode (Wollerstrand, 2004) . Na prvi pogled je ta pristop energetsko zahteven, ker vključuje dvig temperature sanitarne vode na viru nad 65 °C in vzdrževanje te temperature za določen čas na vseh iztokih, vendar je najboljši kompromis med varnostjo sistema, energijsko učinkovitostjo in udobjem uporabnikov v sistemih sanitarne vode. Pri tem, v normalnem obratovanju, termični izravnalni ventili zagotavljajo konstantno in stabilno temperaturo vode (neodvisno od dinamike sprememb porabe tople vode), kar je pogoj za preprečevanje rasti bakterije Legionele (npr. pri 50 °C), hkrati pa na zahtevo omogočajo periodične cikle termične dezinfekcije (na odcepih) pri povišanih temperaturah (npr. 60–65 °C). Ventili so nameščeni na povratku cirkulacijskih odcepov (blizu glavne povratne cirkulacijske cevi). Izboljšani tlačni pogoji v sistemu ter ustrezne temperature vode v vseh sekcijah inštalacije bistveno zmanjšajo tveganje nastanka Legionele, povečajo energijsko učinkovitost, hkrati pa uporabnikom zagotavljajo udobje in takojšnjo razpoložljivost tople vode (brez čakanja).

V kontekstu trajnostne gradnje, energetske učinkovitosti in digitalne preobrazbe stavb je nujno, da se termična dezinfekcija izvaja pametno, optimizirano in nadzorovano. V nadaljevanju so predstavljeni ključni vidiki energetsko učinkovite izvedbe.

5. Učinkovitost termične dezinfekcije in optimizacija dezinfekcijskih ciklov

Na učinkovitost termične dezinfekcije vpliva več dejavnikov (Wollerstrand, 2004):

- Temperatura vodov normalnem obratovanju (tudi na najbolj oddaljenih točkah inštalacije) ne sme biti nižja od 50 °C, kar zahteva ustrezno dimenzioniranje grelnih naprav in dobro izolacijo cevovodov.
  - Dezinfekcija (tudi na najbolj oddaljenih točkah inštalacije): običajna praksa v zahtevnih objektih (npr. bolnišnicah, hotelih, domovih za ostarele) je med 60 in 65 °C.
- Čas izpostavljenosti mora biti zadosten (Brundrett, 1992), da se zagotovi uničenje bakterij.
- Enakomernost segrevanja po celotnem sistemu je ključna – lokalne hladne cone lahko predstavljajo tveganje.
- Frekvenca izvajanja mora biti prilagojena vrsti objekta (npr. bolnišnicam, hotelom, domovom za ostarele) in stopnji tveganja (Gerhardy, 2012).

Za dosego visoke učinkovitosti je priporočljivo izvajati dezinfekcijo v času minimalne porabe vode (npr. ponoči), kar omogoča boljši nadzor nad temperaturnimi profili.

Tabela 2: Časovni razpon dezinfekcije (Brundrett, 1992)

Temperatura dezinfekcije [°C]	Minimalni čas, potreben za dezinfekcijo
50	6 ur 20 minut
51	6 ur 10 minut
52	4 ure
53	2 uri
54	1 ura
55	50 minut
56	40 minut
57	20 minut
58	15 minut
59	15 minut
60	14 minut
61	13 minut
62	12 minut
63	12 minut
64	11 minut
65	11 minut
66	10 minut
67	9 minut
68	8 minut
69	7 minut
70	6 minut
71	6 minut
72	5 minut
73	4 minute
74	4 minute
75	3 minute

Optimizacija pomeni prilagajanje postopka dezinfekcije tako, da se doseže maksimalna varnost ob minimalni porabi energije (Meža, 2021). Ključni ukrepi vključujejo:

- segmentacijo sistema: razdelitev vodovodnega omrežja na cone, ki se dezinfekcijsko obravnavajo ločeno glede na uporabo in tveganje;
- ciljno segrevanje: pri večjih objektih je dosežen največji učinek, če se zagotovijo regulacija in nadzor stabilne temperature in čas za vsako cirkulacijsko zanko. Pri izredno velikih sistemih (omejitve cirkulacijske črpalke in kapacitete bojlerja) pa se večje število zank še deli na cone/odseke;
- uporabo toplotnih črpalk: sodobne visokotemperaturne toplotne črpalke omogočajo pripravo vode nad 70 °C z bistveno nižjo porabo energije kot klasični grelniki;
- rekuperacijo toplote: izkoriščanje odpadne toplote;
- pametno časovno krmiljenje: dezinfekcija se izvaja v časovnih oknih, ko je poraba električne energije nižja oz. je cena na trgu nižja (npr. nočni tarifni režim).

Takšna optimizacija ne le zmanjša stroške, temveč tudi podaljša življenjsko dobo opreme in zmanjša ogljični odtis stavbe.

5.1 Nadzor in spremljanje učinkovitosti

Nadzor nad termično dezinfekcijo mora biti sistematičen in dokumentiran. Ključni elementi vključujejo (Meža, 2021):

- senzorje temperature na ključnih točkah sistema (bojlerjih, cirkulacijskih odcepih);
- avtomatske zapisovalnike podatkov, ki beležijo temperaturne profile in trajanje dezinfekcijskih ciklov;
- alarmne sisteme, ki opozarjajo na neuspešno izvedbo dezinfekcije (npr. nezadostno temperaturo ali čas);
- redno vzorčenje vode in mikrobiološke analize, ki potrjujejo učinkovitost ukrepov;
- vzdrževalne protokole, ki vključujejo preverjanje ventilov, grelcev, izolacije in pretočnosti sistema.

Nadzor mora biti prilagojen vrsti objekta – v bolnišnicah in domovih za ostarele je priporočljiv dnevni nadzor, medtem ko je v poslovnih stavbah lahko tedenski ali mesečni. Veliki oz. rizični sistemi (bolnice, hoteli itd.) predstavljajo največje izzive, zato je priporočljivo vzpostaviti digitalne načrte sistema, ki vključujejo označene točke nadzora, ventile, grelnike in iztoke. Slednje je pogoj za učinkovit in transparenten elektronski nadzor optimizacije procesa, registracije temperature, delovanja kontrolnih ventilov, javljanja napak, naprednih nastavitev ter komunikacije z digitalnimi napravami in BMS-sistemi. Inteligentna logika nadzora procesa dezinfekcije omogoča operaterjem zgradb popolni nadzor in optimizacijo procesa. V praksi to pomeni skrajšanje potrebnega časa za termično dezinfekcijo, optimizacijo cirkulacijske črpalke, potrebno toplotno moč, daljšo življenjsko dobo inštalacije in kompatibilnost s sistemi avtomatizacije in nadzora zgradb.

Pametno upravljanje omogoča tudi poročanje skladno z zakonodajo, saj se vsi podatki beležijo in arhivirajo v digitalni obliki.

Zaključek

Legionela ostaja resno javnozdravstveno tveganje v sistemih sanitarne tople vode, zlasti v kompleksnih objektih, kot so bolnišnice, hoteli in večstanovanjske stavbe. Kljub obstoječim smernicam in ukrepom se še vedno pojavljajo primeri okužb, kar kaže na potrebo po bolj celostnem, pametnem in energetsko učinkovitem pristopu k načrtovanju, upravljanju in vzdrževanju teh sistemov.

Metoda termične dezinfekcije je, ob ustreznem nadzoru in optimizaciji, ena izmed najučinkovitejših načinov obvladovanja tveganja nastanka legionele. S termičnim uravnoteženjem, pametnim časovnim krmiljenjem, z uporabo naprednih tehnologij (senzorji, avtomatski zapisovalniki, BMS-integracija) ter digitalnim spremljanjem dezinfekcijskih ciklov lahko bistveno povečamo varnost uporabnikov, zmanjšamo porabo energije in podaljšamo življenjsko dobo sistemov.

V kontekstu trajnostne gradnje in digitalne transformacije stavb je tak pristop nujen korak naprej – ne le za zagotavljanje skladnosti z zakonodajo, temveč tudi za doseganje višjih standardov kakovosti bivanja, energetske učinkovitosti in javnega zdravja.

LITERATURA:

[1] ASHRAE (2018), Standard 188. Legionellosis: Risk Management for Building Water Systems. ASHRAE

[2] Brundrett, G. W. (1992) Legionella and Building Services. Jordan Hill, Oxford

[3] BS 8580 (2019) Water quality. Risk assessments for Legionella control. Code of practice

[4] British Standards Institution

[5] Direktiva (EU) 2020/2184 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 16. decembra 2020 o kakovosti pitne vode (https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020L2184)

[6] ECDC (2017) European Technical Guidelines for the Prevention, Control and Investigation, of Infections Caused by Legionella species

[7] European Centre for Disease Prevention and Control. Legionnaires' disease. V: ECDC. Annual Epidemiological Report for 2021. Stockholm: ECDC; 2023 (https://www.ecdc.europa.eu/en/legionnaires-disease/surveillance-and-disease-data/surveillance)

[8] Gerhardy K. (2012), Das DVGW-Arbeitsblatt W 551 und die 3-Liter-Regel. Energie wasser-praxis Volume 2 2012: 42-45

[9] Meža (2018) How to reduce the risk of legionella contamination in Domestic Hot Water systems? (https://www.linkedin.com/pulse/how-reduce-risk-legionella-contamination-domestic-hot-peter-meza/?trackingId=NSKuBGKwSzuWcpyQkpE3zQ%3D%3D)

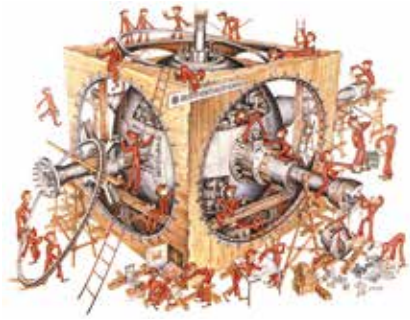
[10] Meža (2020) Increased importance for safe Domestic Hot Water systems due to Covid-19 (https://www.linkedin.com/pulse/increased-importance-safe-domestic-hot-water-systems-due-peter-meza/?trackingId=NSKuBGKwSzuWcpyQkpE3zQ%3D%3D)

[11] Meža, P. (2021) Pametno in energetsko učinkovito zmanjšanje tveganja nastanka legionele v sistemih sanitarne vode. V: Mednarodna konferenca SZE: Oskrba ter raba energije v pametni stavbi in domu: Portorož, 28.-29. junij 2021: zbornik prispevkov. Ljubljana: Slovensko združenje za energetiko, str. 50-51.

[12] NIJZ (2023) Priporočila za izvedbo toplotnega šoka (dezinfekcije s toploto) pri obvladovanju razmnoževanja legionel v interni vodovodni napeljavi, Strokovna skupina za vode, NIJZ-Centerza zdravstveno ekologij, Verzija: 14.7.2023 (https://nijz.si/wp-content/uploads/2018/01/Priporocila-za-izvedbo-topolotnega-soka-pri-obvladovanju-razmnozeanja-legionel-v-interni-vodovodni-napeljavi.pdf)

[13] MNVP (2022) Tehnična smernica za graditev TSG-1-004: 2022. ENERGIJSKA UČINKOVITOST STAVB (https://www.gov.si/assets/ministrstva/MNVP/Dokumenti/Graditev/TSG-1-004_2022_ure.pdf)

[14] Persson T., Wollerstrand J. (2004) Temperature levels in domestic hot water systems and growth of Legionella. 9th International Symposium on District Heating and Cooling, Espoo, Finland Lund Institute of Technology, Department of Heat and Power Engineering (pp 283-294)
[15] Polarczyk I., Fijewski M. (2017), Impact of the circulation system on domestic hot water consumption. E3S Web of Conferences 22, ASEE17
[16] WHO (2022), Guidelines for drinking-water quality 4th Ed., WHO



ABSTRACT

OPTIMIZATION OF DOMESTIC HOT WATER (DHW) SYSTEMS FOR PREVENTING LEGIONELLA GROWTH IN RESIDENTIAL AND COMMERCIAL BUILDINGS

Despite significant attention and the implementation of measures to prevent the formation of Legionella bacteria in residential and commercial buildings - such as hotels, hospitals, and multi-apartment complexes—we continue to encounter new cases of infection, including fatalities. Through effective design of domestic hot water (DHW) systems and the application of preventive measures to inhibit the development and proliferation of Legionella bacteria within DHW installations, we can substantially improve user safety and comfort, while reducing maintenance costs and energy consumption. The aim of this paper is to present the digital transformation of domestic water systems, based on the method of thermal balancing and thermal disinfection of circulation pipelines in buildings.

Key words: legionella, drinking water, water supply network, plumbing system, hydronic thermal balancing, hospital-acquired infections, smart buildings



ČISTOČA HIDRAVLIČNE KAPLJEVINE

Piše: **Izr. prof. dr. Franc Majdič**, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Laboratorij za fluidno tehniko.



VPLIV ČISTOČE HIDRAVLIČNE KAPLJEVINE NA DELOVANJE HIDRAVLIČNIH SISTEMOV

Onesnaženost hidravlične kapljevine z zrakom, vodo in trdimi delci močno vpliva na učinkovitost in življenjsko dobo hidravličnih sestavin. Zrak povzroča pregrevanje in slabše mazanje, voda korozijo in kavitacijo, trdi delci pa abrazijo drsnih površin, pri čemer so najnevarnejši delci manjši od velikosti rež. Tudi nova olja vsebujejo preveč delcev, zato jih je pred uporabo treba prefiltrirati. Čistoča se določa po standardu ISO 4406, z laboratorijskem testiranjem odvzetih vzorcev ali pa direktno na strojih z mobilnimi merilniki. Za vzdrževanje ustrezne čistoče so ključni kakovostni filtri (ustrezna ß-vrednost), pravilno vzorčenje ter redno spremljanje stanja olja. Ob preseženih vrednostih je treba preveriti vire nečistoč, izprati olje in zamenjati filtre. Sistematičen nadzor čistoče preprečuje okvare, podaljšuje življenjsko dobo komponent ter zmanjšuje tveganje dragih zastojev.

Ključne besede: hidravlična kapljevina, nečistoče, obraba, korozija, ISO 4406, diagnostika

1. Vrste in velikosti delcev

Znotraj hidravlične kapljevine se pojavljajo netopni delci, voda, zrak in drugi delci, ki oslabijo njeno učinkovitost. Vsebnost zraka povzroča poškodbo hidravličnih sestavin preko poslabšanja mazalnih lastnosti, pregrevanja in zažiganja tesnil. Vsebnost vode poškoduje hidravlične sestavine preko korozije, kavitacije in spremembe viskoznosti hidravlične kapljevine. Trdi delci v hidravlični kapljevini pa povzročajo pospešeno obrabo drsnih površin znotraj sestavin. Poškodba drsnih površin je odvisna od velikosti, trdote in materiala delcev, višine reže znotraj hidravličnih sestavin ter tlaka. Tipične višine rež znotraj hidravličnih sestavin so prikazane v Preglednici 1.

Preglednica 1: Tipične višine rež znotraj hidravličnih sestavin

Vrsta hidravlične sestavine	Tipična višina reže, µm
Zobniške črpalke	od 0,5 do 5
Lamelne črpalke	od 0,5 do 10
Batne črpalke	od 0,5 do 5
Hidravlični valji (cilindri)	od 50 do 250
Krmilni ventili	od 0,5 do 40
Servo ventili	od 0,5 do 5

Delci, ki so večji od višine reže, niso nujno nevarni. Delci enakih velikosti, kot je višina reže, pa povzročajo trenje in obrabo. Najbolj nevarni delci, ki vplivajo na dolžino uporabne dobe hidravlične sestavine, pa so tisti, ki so manjši od višine reže. Delci, ki so manjši od 5 mikrometrov, so najbolj abrazivni. Če so ti, očesu nevidni delci, prisotni v »zadostni« količini, povzročajo intenzivno obrabo, povečajo režo in notranje puščanje ter posledično uničijo posamezno hidravlično sestavino oz. celoten hidravlični sistem.

Da to dejstvo nazorneje prikažemo, si oglejmo primer na batni črpalki s pričakovano uporabno dobo 10.000 delovnih ur. Črpalko je bilo treba odstraniti iz hidravličnega sistema že po 2.000 delovnih urah zaradi notranje obrabe drsnih/tesnilnih površin. Razlog je bila abrazivna obraba zaradi povečanega števila abrazivnih delcev v hidravličnem olju.

2. Vrednotenje delcev po standardih

Nekaj delcev je vedno prisotnih, ne glede na to, ali je hidravlična kapljevina nova ali stara. Govorimo o številu in velikosti delcev v kapljevini. Nivo onesnaženja kapljevine z delci je odvisen od zahtev posameznega hidravličnega sistema. Tipična čistoča hidravlične kapljevine je odvisna od vrste vgrajenih sestavin in jo podajamo z različnimi standardi (Preglednica 2).

Standard ISO 4406 v osnovi določa čistočo v treh različnih velikostnih razredih delcev. V preglednici sta podana samo prva dva velikostna razreda, prva vrednost predstavlja vse delce, večje od 4 µm, druga vrednost predstavlja vse delce, večje od 6 µm, tretja vrednost (je ni zapisane v preglednici) pa vse delce, večje od 14 µm. Standard ISO 4406 predstavlja število delcev na volumen 1 ml vzorca testiranega olja. Zelo pomembno je dejstvo, da se število delcev iz enega posameznega razreda v drugega (npr. s 13 na 14) poveča za dvakrat. Številke po standardu 4406 predstavljajo potenco števila 2, npr. razred števila delcev 15 pomeni 215 delcev, kar je 32.768 delcev večjih od določene velikosti (od 4, 6 ali 14 µm). Novo hidravlično olje ni nikoli popolnoma čisto, saj lahko vsebuje precej nečistoč. Čistoča novih olj se nahaja med 17/15/12 in 21/18/15 po ISO 4406, kar je za zahtevne hidravlične sisteme že veliko preveč delcev.

Preglednica 2: Najmanjša zahteva čistoče za različne hidravlične sisteme

Hidravlični sistem	Najmanjši priporočen razred čistoče			Najmanjša priporočena nazivna propustnost hidravličnega filtra, µm (ßx ≥ 75)
	ISO 4406	NAS 1638	SAE 749	
Zahtevana visoka tesnost	13/10	4	1	2
Servo sistem	14/11	5	2	od 3 do 5
Visok tlak (od 250 do 400 barov)	15/12	6	3	od 5 do 10
Običajni tlak (od 150 do 250 barov)	16/13	7	4	od 10 do 12
Srednji tlak (od 50 do 150 barov)	18/15	9	6	od 12 do 15
Nizek tlak (pod 50 barov)	19/16	10	-	od 15 do 25
Visoke reže	21/18	12	-	od 25 do 40

Za boljšo predstavo – črpalka s pretokom 100 l/min bo pri čistoči novega olja 21/18/15 po ISO 4406 v enem letu prečrpala za 1590 kg nečistoč. Posledice so lahko vidne v povečani obrabi in zastojih hidravličnih sestavin. Zato je zelo pomembno priporočilo, da je treba novo hidravlično olje dobro prefiltrirati, preden ga nalijemo v rezervoar! Druga možnost pa je nakup že prefiltriranega hidravličnega olja.

3. Določitev nivoja čistoče hidravlične kapljevine

V primeru, da imamo srednji delovni tlak, definiramo ciljno čistočo 16/13 po ISO 4406. Ko zagotovimo zadovoljivi nivo čistoče kapljevine v sistemu za sprejemljivo uporabno dobo hidravlične sestavine, čistočo redno nadziramo (merimo) in vzdržujemo (ustrezno filtriramo). To vključuje jemanje vzorcev olja v rednih intervalih ter pregled čistoče.

3.1. Merjenje čistoče kapljevine

Obstajata dva načina, prvi je odvzem vzorca olja in pošiljanje v laboratorij, drugi pa je meritev čistoče neposredno na hidravlični napravi. V prvem načinu specializirani laboratorij razišče in posreduje detajlne informacije o stanju hidravlične kapljevine. Laboratorijsko poročilo običajno vsebuje informacije o stanju kapljevine s tipičnimi mejnimi vrednostmi (Preglednica 3). Laboratoriji za analizo hidravličnih kapljevin običajno preglede zaračunavajo, medtem ko proizvajalci hidravličnih olj laboratorijske usluge ponujajo tudi brezplačno v zameno za nakup njihovih izdelkov. Vzorce olja je treba vzeti na ustreznem mestu hidravličnega sistema ter jih v novi in čisti embalaži poslati v laboratorij. Prepričamo se vedno, ali laboratorij, kamor pošiljamo vzorec, lahko izmeri tudi čistočo kapljevine po ISO 4406.

Preglednica 3: Najpogostejše vrednosti pregledane kapljevine v laboratorijskih poročilih

Kategorija stanja	Priporočen cilj oz. alarmne vrednosti
Nivo čistoče kapljevine	Znotraj priporočenih vrednosti, podanih s strani proizvajalca stroja oz. hidravličnih sestavin (ISO 4406)
Količina in vrsta obrabnih delcev	(Al) 5 ppm, (Cr) 9 ppm, (Cu) 12 ppm, (Fe) 26 ppm, (Si) 15 ppm *
Viskoznost	+/- 10 % od viskoznosti nove kapljevine
Vsebnost vode	< 100 ppm
Skupno kislinsko število (TAN)	+25 % odstopanja od nove kapljevine
Vsebnost dodatkov	-10 % odstopanja od nove kapljevine

** ppm… delov milijona (angl. particle per milion)*

Druga možnost merjenja čistoče pa je uporaba mobilnih analizatorjev čistoče. Prednost uporabe te metode je, da rezultat izmerjene čistoče dobimo takoj. Težava je le v tem, da običajno neposredno na hidravlični napravi ne moremo izmeriti vseh parametrov, kot npr. količine in vrste obrabnih delcev, viskoznosti, vsebnosti vode, vsebnosti dodatkov, kislinskega števila itd. Z uporabo neposrednih meritev na hidravlični napravi lahko zmanjšamo število analiziranih parametrov v laboratoriju, kar zniža ceno raziskave. V Preglednici 4 je prikazan rezultat delne laboratorijske analize novega mineralnega hidravličnega olja, v Preglednici 5 pa primer delne analize mineralnega hidravličnega olja po 100-urnem pospešenem staranju.

Preglednica 4: Primer rezultatov delne analize novega mineralnega hidravličnega olja

Lastnost	Enota	Preskusna metoda	Datum	Rezultat preskusa
Barva		ASTM D 1500:12		
	-		11.05.2016	L1,0
Gostota		ASTM D 7042		
pri 15°C	kg/m³		16.05.2016	877,6
pri 20°C	kg/m³		16.05.2016	874,5
Indeks viskoznosti		SIST ISO 2909:03		
	-		16.05.2016	147
IR analiza (monitoring)		ASTM E 2412		
- glikol	-		17.05.2016	ni prisoten
Kinematična viskoznost		ASTM D 7042		
pri 100°C	mm²/s		16.05.2016	7,803
pri 40°C	mm²/s		16.05.2016	44,32
Nevtralizacijsko število		SIST ISO 6619		
	mg KOH/g		11.05.2016	0,78
Penjenje		ISO 6247		
- sekvenca I	ml		13.05.2016	10
- sekvenca II	ml		13.05.2016	30

Preglednica 5: Primer rezultatov delne analize rabljenega mineralnega hidravličnega olja

Lastnost	Enota	Preskusna metoda	Datum	Rezultat preskusa	Merilna negotovost	Oznaka
Barva		ASTM D 1500:12				
	-		11.05.2016	> 8,0	1,0	
Gostota		ASTM D 7042				#
pri 15°C	kg/m³		16.05.2016	882,0	-	
pri 20°C	kg/m³		16.05.2016	878,9	-	
Indeks viskoznosti		SIST ISO 2909:03				#
	-		16.05.2016	101	-	
IR analiza (monitoring)		ASTM E 2412				#
- glikol	-		17.05.2016	ni prisoten	-	
Kinematična viskoznost		ASTM D 7042				#
pri 100°C	mm²/s		16.05.2016	7,222	-	
pri 40°C	mm²/s		16.05.2016	50,60	-	
Nevtralizacijsko število		SIST ISO 6619				#
	mg KOH/g		11.05.2016	2,03	-	
Penjenje		ISO 6247				#
- sekvenca I	ml		13.05.2016	460	-	
- sekvenca II	ml		13.05.2016	60	-	

Ne glede na to, katero metodo uporabimo, je pri odvzemu vzorcev zelo pomembno, da uporabimo absolutno čiste posode (Slika 1). V primeru, da moramo vzeti več vzorcev hidravlične kapljevine iz različnih sistemov, moramo biti pozorni, da ne mešamo teh vzorcev med seboj (Slika 2). Nikoli ne smemo vzeti vzorca iz čepa za izpust kapljevine iz rezervoarja ali drugih stalno zaprtih čepov, saj bodo tako rezultati nezanesljivi. Idealno je vzeti vzorec na povratnem vodu, tik pred povratnim filtrom pri delovni temperaturi hidravlične kapljevine. Ni strogo predpisanih pravil, kako pogosto vzeti vzorce hidravlične kapljevine, a glede na izkušnje je za večino sistemov najprimerneje vzorčenje vsakih 500 delovnih ur. Pri kritičnih sistemih pa je primerno skrajšati ta interval.



Slika 1: Čiste posode za odvzem vzorcev hidravlične kapljevine



Slika 2: Vzorca hidravličnega olja iz sistema

3.3. Kvaliteta hidravličnih filtrov

Hidravlični filtri se ocenjujejo glede na velikosti delcev, ki jih odstranjujejo, ter glede na njihovo učinkovitost. Učinkovitost filtrov (ß-vrednost) se zapiše kot razmerje vstopajočih in izstopajočih delcev dane velikosti (x) v mikrometrih. ß-vrednosti in njihove učinkovitosti v odstotkih so podane v Preglednici 6.

Avstralski znanstvenik Brendan Casey v svojem delu Insider secrets to hydaulics [3] navaja, da se na splošno ločita dve klasifikaciji filtracije. Prva je absolutna in pomeni učinkovitost filtriranja 98 %, kar pomeni ß-vrednost večjo ali enako 50. Druga klasifikacija filtracije pa je po zapisu Caseya nominalna, kar pomeni učinkovitost med 50 % in 95 % oziroma ß-vrednost med 2 in 20 pri dani velikosti delcev.

Preglednica 6: ß-vrednosti filtracije in njihova učinkovitost v odstotkih

ß	%	ß	%	ß	%
2	50	5,8	82,76	50	98
2,4	58,33	16	93,75	75	98,67
3	66,66	20	95	100	99
4	75	32	96,875	200	99,5

V Evropi najpogosteje za absolutno filtracijo velja, da je ß-vrednost 100 (99 % izločljivost) oz. vsaj 75 (98,67 % izločljivost). Vedno več proizvajalcev hidravličnih filtrov pa podaja nazivno (imensko) prepustnost hidravličnih filtrov pri ß-vrednosti 1000 (99,9 % izločljivost), kar je z vidika kvalitete filtracije zelo dobro.

Omenjeni podatki lahko zmedejo uporabnike filtrov, a zelo pomembno si je zapomniti, da je velika razlika med nominalno prepustnostjo filtra 10 µm in absolutno prepustnostjo filtra 10 µm. Cena filtrov je lahko prav zaradi tega zelo različna.

4. Kontrola nivoja čistoče hidravlične kapljevine

Filtracija z nazivno prepustnostjo 10 µm z izkoristkom 98,67 % (ß10 ≥ 75) je potrebna za dosego nivoja čistoče po SIST ISO 4406 16/13. To pomeni, da v sistemu potrebujemo vsaj en filter z absolutno filtracijo pri prepustnosti 10 µm. Nezaželeno je, da se doseže potrebna čistoča hidravličnega olja glede na število menjav filtrov. Če kontrola učinkovitosti obstoječih filtrov pokaže, da čistoča hidravličnega olja nekje v sistemu ne doseže potrebnega nivoja, je treba zamenjati filtrske vložke z bolj učinkovitimi ali pa zvišati zahtevan nivo čistoče. Priporočeno je, da se v povratni hidravlični vod (to je tisti, ki vodi nazaj iz hidravličnega sistema v rezervoar) namesti filter z najvišjo dosegljivo prepustnostjo. Če je hidravlična kapljevina v rezervoarju ustrezno čista in če se vsi povratni vodi nazaj v rezervoar ustrezno filtrirajo, je mogoče vzdrževati zahtevani nivo čistoče. Ob tem je upoštevano dejstvo, da se povratni filtrski vložki menjajo, še preden se popolnoma zamašijo. Če pride do popolne zamašitve filtrskega vložka, se odpre obtočni ventil in hidravlično olje teče po obtoku nefiltrirano mimo vložka nazaj v rezervoar.

Opozorilo: Nikoli ne smemo pomisliti, da je ob nedoseganju ustrezne čistoče hidravličnega olja potrebno takoj zamenjati obstoječi filter z bolj učinkovitim ali pa s filtrom, ki ima nižjo prepustnost (manj µm). To namreč poveča upor pri pretakanju (tlačni padec) skozi filter in ta zato ne bo dolgo vzdržal obstoječega pretoka skozenj. Če se to zgodi, se bo obtočni ventil zelo kmalu odprl in filter bo postal popolnoma neučinkovit. Proizvajalci filtrov običajno v obliki grafov podajo njihove karakteristike: padec tlaka v odvisnosti od pretoka skozi filter pri znani viskoznosti v povezavi s površino filtra, izločljivostjo filtra in njegovim izkoristkom. Te informacije moramo vedno pridobiti, preden se eventualno odločimo za menjavo filtrskega vložka z nižjo imensko prepustnostjo v obstoječem filtrskem ohišju. Največkrat se pokaže, da je z menjavo vložka z nižjo nazivno prepustnostjo treba zamenjati tudi obstoječe ohišje filtra z večjim.

4.1. Zmanjšanje števila delcev v olju ob nenormalnem povečanju

Predpostavimo, da imamo na pokrovu rezervoarja nameščen povratni filter z nazivno prepustnostjo 10 µm absolutno (ß10 ≥ 75). Tako naj bi dosegli želen nivo čistoče po SIST ISO 4406 16/13. Kako naj bi v takem primeru lahko razložili povečano vsebnost delcev v hidravličnem olju?

Prvi možni odgovor je naslednji: Če bi pravkar začeli s programom preventivnega vzdrževanja in bi po dolgem času zamenjali filtrski vložek, ki je bil že dolgo popolnoma zamašen. Če imamo zabeleženo zgodovino stanja kontaminacije hidravlične kapljevine in je bila zadnja izmerjena čistoča v dopustnih mejah, moramo iskati razlog za nenadno zamašitev filtrskega vložka in posledično poslabšanje čistoče

hidravlične kapljevine v sistemu. Zavedati se je treba, da nečistoče oz. delci neprestano nastajajo znotraj hidravličnega sistema (obraba: dvo- in tritelesna abrazija, erozija in kavitacija), lahko pa vstopajo v hidravlično olje tudi od zunaj (poškodovani posnemalni obroči hidravličnih valjev (HV), nefiltrirano odzračevanje rezervoarja, poškodovani vodno-oljni izmenjevalniki toplote, poškodovana tesnila HV, dolivanje nefiltriranega novega olja, servisna popravila …).

V poročilu analize olja preverimo količino in vrsto obrabnih delcev. To nam pove, ali je nivo nečistoč/delcev, ki so se generirali znotraj, presegel dopustno vrednost. Če so te vrednosti zelo visoke, običajno pomeni, da se je kakšna izmed hidravličnih sestavin močno poškodovala – obrabila. Preveriti je treba material najpogostejših delcev v olju in ugotoviti, iz katere sestavine prihaja.

Skupni vstopni točki za nečistoče v hidravličnem olju sta torej najpogosteje odzračevalna odprtina/zračni filter in batnična posnemala pri hidravličnih valjih. Odzračevalni filter na rezervoarju naj bi imel nazivno prepustnost 3 µm ali nižjo. Če odzračevalna odprtina ni ustrezno zatesnjena in filtrirana, rezervoar sesa nečistoče iz okolice v hidravlično olje, ko se gladina spušča (polnjenje večje komore diferencialnega HV). Preveriti je treba, ali so batnice in posnemala HV nepoškodovana.

Vsako povečanje nečistoč znotraj hidravličnega olja pomeni predčasno zamašitev oljnega filtra, kar jih – Na kaj se nanaša? naredi neučinkovite. Predčasno opozorilo povečanja tlačne razlike pri pretakanju skozi filter lahko zagotovimo z na filter vgrajenimi indikatorji zamašenosti. Ti so lahko vizualni, električni ali pa kombinirani. Vizualni so lahko rdeči gumbi, ki se pokažejo, ko tlak preseže določen nivo, ali pa prilagojeni manometri (z običajno zeleno/rdeče obarvanima poljema). Električni indikatorji zamašenosti – stikala pa ob povečanem tlaku skozi filtrski element povzročijo, da posveti opozorilna luč na komandni plošči, še preden se odpre protipovratni – obtočni ventil filtra. Indikatorji zamašenosti filtrov niso vedno nameščeni na ohišja filtrov, vendar bi morali biti.

5. Izpiranje hidravlične kapljevine

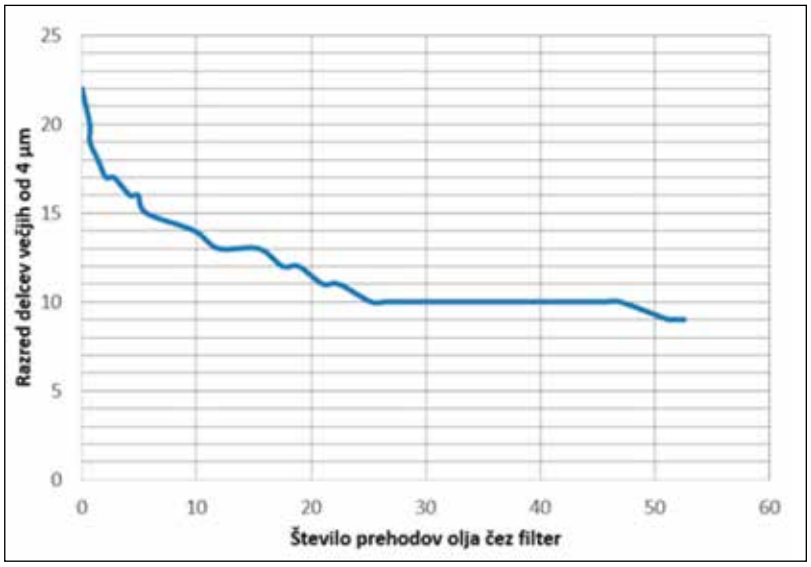
Naslednji korak je, da zamenjamo vse hidravlične filtre v sistemu. Ker je čistoča olja v našem primeru po SIST ISO 4406 npr.19/16, kar močno presega dopustno vrednost (npr. 16/13), moramo pred menjavo filtrov nujno najprej izprati rezervoar. To izvedemo tako, da namestimo dodatne zunanje filtre. Najbolje je, da filtriramo toliko časa, da dosežemo želen nivo čistoče. Za omenjeno izpiranje je najbolje uporabiti mobilno filtrirno enoto, ki ima lastno črpalko s pogonskim elektromotorjem in zelo kvaliteten filter z veliko prevzemnostjo. Primer take mobilne filtrirne enote je prikazan na Sliki 3. Tako filtrirno enoto je mogoče preizkusiti in naročiti preko spletne povezave Laboratorija za fluidno tehniko (www.lab.fs.uni-lj.si/lft). Slika 4 prikazuje izmerjeno čistost hidravličnega olja ISO VG 46 po SIST ISO 4406 za delce, večje od 4 µm v odvisnosti od števila prehodov skozi filter. Iz meritev je razvidno, da se čistoča iz 22. razreda izboljša na 10. razred po 25 prehodih olja skozi filter. To pomeni za 4.096-krat manj delcev (212). Tako olje je primerno in celo 8-krat čistejše, kot so največje zahteve v hidravliki – za najbolj zahtevne servo ventile.

Prednosti predhodnega izpiranja hidravličnega olja v sistemu pred menjavo filtrov so v tem, da takoj ne mašimo novih filtrov. Naloga novih filtrov v hidravličnem sistemu je le vzdrževanje čistoče. Na tak način z večjo verjetnostjo zagotovimo konstantno čistočo skozi daljše obdobje obratovanja naprave. Mobilna filtrirna naprava se prav tako uporablja za predfiltracijo novega hidravličnega olja, preden ga nalijemo v rezervoar naprave. Če imamo veliko hidravlične opreme za vzdrževanje, je nakup omenjene filtrirne naprave zelo modra odločitev.



a b

Slika 3: Mobilna filtrirna enota, izdelana v Laboratoriju za fluidno tehniko (LFT); a) z enojnim filtrom in b) z osmimi filtri



Slika 4: Meritev čistosti hidravličnega olja po ISO4406 pri filtraciji z mobilno filtrirno enoto LFT v odvisnosti od števila prehodov skozi filter

V primeru, da nimamo možnosti nakupa mobilne filtrirne naprave oz. ta za naš primer ni praktično uporabna, se priporoča nakup dveh izmenljivih filtrskih vložkov. Prvi vložek namestimo v ohišje filtra in filtriramo 30 do 50 ur. Nato ga zamenjamo z novim. Tako bo naloga drugega vložka le vzdrževanje čistoče. Čistočo hidravlične kapljevine je treba v primeru presežene vrednosti, po vzpostavitvi ustreznega nivoja, kontrolirati vsakih 50 delovnih ur.

6. Prednosti nadzora stanja hidravlične kapljevine

Priporočeno je redno intervalno spremljanje stanja hidravlične kapljevine in redno ukrepanje. Tako lahko zagotovimo dolgo uporabno dobo in manj menjav hidravličnih kapljevin ter seveda predvsem dolgo uporabno dobo celotnega hidravličnega sistema.

Navajamo primer Brendana Caseya [3], zadolženega za vzdrževanje večjega proizvodnega obrata, ki je obratoval 24 ur na dan, 7 dni v tednu. Proizvodni proces je bil kompleksen, vsaka posamezna naprava proizvodne linije je bila pomembna. Če je prišlo do zaustavitve enega dela stroja, se je posledično ustavila celotna proizvodnja. Nepredviden zastoj je pomenil veliko finančno izgubo. Kot del preventivnega vzdrževanja je bilo nadzorovanih 30 točk znotraj hidravličnega sistema. Med analizo podatkov nadzorovane hidravlične kapljevine je Casey opazil povišan nivo vsebnosti kroma. Po pregledu hidravličnega sistema so ugotovili, da se je batnica večjega hidravličnega valja začela intenzivno obrabljati. Po pregledu zalog rezervnih delov so ugotovili, da nimajo rezervnega HV, saj je bil ta izdelan namensko za ta stroj. Rok dobave novega pa je bil več tednov. Zgodnje odkritje napake, povišane vsebnosti kroma, je pripomoglo k pravočasnemu naročilu novega HV in preprečilo velik izpad proizvodnje.

VIRI:

[1] Pezdirnik, J., Majdič, F.: Hidravlika in pnevmatika, skripta; Ljubljana, 2011.
[2] Findeisen, D.: Ölhydraulik, 5. Auflage, Berlin, 2005.
[3] Casey, B.: Insider secrets to hydraulics, Brendan Casey, West Perth, 2002.
[4] Kambič, M.: Proizvodnja hidravličnega olja boljše stopnje čistosti, SLOTRIB, Ljubljana, 2012.
[5] Majdič, F., Peterlin, A., Tomšič, M.: Testiranje hidravličnih filtrov po standardu, Ventil 22/4, Ljubljana, 2016.

ABSTRACT

THE IMPACT OF HYDRAULIC FLUID CLEANLINESS ON THE PERFORMANCE OF HYDRAULIC SYSTEMS

Contamination of hydraulic fluid with air, water, and solid particles significantly affects the efficiency and service life of hydraulic components. Air leads to overheating and poor lubrication, water causes corrosion and cavitation, and solid particles cause abrasion of sliding surfaces, with the most dangerous particles being smaller than the size of the gaps. Even new oils contain excessive particles, so they must be filtered before use. Cleanliness is determined according to the ISO 4406 standard, either by laboratory testing of samples or directly on machines with mobile meters. High-quality filters (with an appropriate ß-value), correct sampling, and regular monitoring of oil condition are essential for maintaining proper cleanliness. If values are exceeded, sources of impurities must be checked, the oil flushed, and filters replaced. Systematic cleanliness monitoring prevents failures, extends component service life, and reduces the risk of costly downtime.

Keywords: hydraulic fluid, impurities, wear, corrosion, ISO 4406, diagnostics

Piše/Novico uredil: **dr. Dragan Kusić**, TECOS

NOVOSTI S PODROČJA BRIZGALNIH STROJEV

Proizvajalec strojev ENGEL je na sejmu K 2025 predstavil evolucijo razvoja od inject 4.0 do inject AI: Svetovna premiera prve avtonomne celice za brizganje plastike

Umetna inteligenca postaja naša vsakdanja realnost: nove rešitve, ki temeljijo na umetnem umu, prihranijo več materiala, zmanjšujejo odpadke in skrajšajo čas priprave proizvodnje na le nekaj minut.

Deset let po uvedbi rešitve inject 4.0 je proizvajalec strojev ENGEL na sejmu K 2025 predstavil naslednjo stopnjo evolucije: **inject AI**. Ta nova rešitev združuje desetletja strokovnega znanja na področju brizganja z najsodobnejšo metodo umetne inteligence, ki ponuja konkretne rešitve za pomanjkanje usposobljene delovne sile, prihranke materiala in zagotavljanje kakovosti. Na K-sejmu je ENGEL prvič predstavil popolnoma samoregulirajočo celico za brizganje v industrijskem obsegu.

Od inject 4.0 do inject AI: Deset let digitalizacije z merljivimi koristmi za stranke

S skoraj 20.000 stroji, opremljenimi z inteligentnimi asistenčnimi sistemi, in približno 15.000 stroji, povezanimi v omrežje ENGEL, se je rešitev inject 4.0 izkazala za uspešen model. Inject 4.0 že zagotavlja aktivno podporo na vseh področjih – od načrtovanja in vzorčenja do proizvodnje in vzdrževanja – ter samodejno optimizira procese. Inject AI predstavlja zdaj naslednji evolucijski korak s povečano stopnjo uporabe umetne inteligence. Kot pravi tehnični direktor podjetja ENGEL Austria GmbH g. Gerhard Dimmler, je umetna inteligenca pri ENGEL-u že dolgo del realnosti.



Slika 1: Rešitev inject AI

Konkretne rešitve z umetno inteligenco s takojšnjo dodano vrednostjo

Konkretne rešitve, predstavljene na K-sejmu 2025:

- IQ procesni opazovalec s funkcijami umetne inteligence: Sistem samodejno analizira več kot 1000 parametrov v realnem času, zazna odstopanja in ponudi konkretna priporočila za ukrepanje. Zmanjšuje napačne nastavitve, podpira optimizacijo in prenaša desetletja strokovnega znanja ENGEL neposredno na brizgalne stroje svojih strank.
- ENGEL virtuelni asistent (EVA) je bil javnosti prvič predstavljen na sejmu K 2025. Ta 24-urni asistent, ki temelji na umetni inteligenci, v nekaj sekundah odgovarja na tehnična vprašanja iz celotne dokumentacije ENGEL in samodejno ustvarja kontrolne sezname in navodila, prilagojena vsaki posamezni proizvodni celici – v katerem koli jeziku. Drugače rečeno, uporabniki lahko neposredno klepetajo z dokumentacijo svojega stroja, ne da bi izgubljali čas iskanja po papirni dokumentaciji.
- Iskalnik delov: Identifikacija rezervnih delov na podlagi umetne inteligence omogoča enostavno iskanje po fotografiji. Stranke lahko fotografirajo komponente stroja in takoj prepoznajo ter zahtevajo pravi rezervni del.

Svetovna premiera: Avtonomni stroj za brizganje plastike revolucionira proizvodnjo

S strani ENGEL-a so potrdili, da so na sejmu K 2025 predstavili prvo industrijsko rešitev na svetu z avtonomno, samoregulirajočo celico za brizganje. Stroj avtonomno proizvaja visokokakovostne dele s podporo umetne inteligence.

Ta revolucionarni sistem uporabnikom omogoča neposreden vnos zahtev po kakovosti, namesto da bi prilagajali abstraktne parametre stroja. Operater stroja preprosto določi želene lastnosti izdelka, medtem ko stroj samodejno nadzoruje vse nastavitve procesa. Zahvaljujoč inicializaciji, ki jo podpira umetna inteligenca, bo kmalu mogoče neposredno sklepati o lastnostih kakovosti. Ročni poskusi za optimizacijo kakovosti brizganih kosov bodo tako postali stvar preteklosti.

Merljive koristi za stranke: Manj odpadkov in več prihrankov materiala

Stroji za brizganje plastike s podporo umetne inteligence in samoregulacijo omogočajo prihranek materiala do 5 odstotkov z natančno optimizacijo proti spodnjim tolerančnim mejam. Pri proizvodni količini enega milijona brizganih kosov na leto to pogosto pomeni prihranek več tisoč evrov. Hkrati pa proizvajalce bistveno približa proizvodnji brez napak (angl. zero-defect production), saj med poskusnimi serijami ali pri optimizacijskih zankah ne nastajajo odpadki.

Med dodatne prednosti vpeljane rešitve spadajo drastično skrajšani časi priprave proizvodnje – z nekaj ur na le nekaj minut. Razširjeni digitalni asistenčni sistem iQ weight control plus lahko na primer zmanjša količino odpadkov do 50 % in poleg klasične nastavitve postopka brizganja zdaj ponuja tudi nov način delovanja, pri katerem je treba vnesti samo dve vrednosti. Sistem nato samodejno kompenzira nihanja materiala med vsakim posameznim brizgom in omogoča stabilno proizvodnjo tudi s 100 % recikliranim materialom.

Odziv na pomanjkanje znanj in spretnosti: umetna inteligenca omogoča dostop do strokovnega znanja vsem

Rešitev inject AI neposredno rešuje globalno pomanjkanje usposobljenih delavcev. Sistemi, ki jih podpira umetna inteligenca, ustvarjajo preglednost, zagotavljajo uporabna



Slika 2: Največja natančnost brez ročnih optimizacijskih zank: komponenta, izdelana z ENGEL-ovo tehnologijo inject AI, prikazuje, kako umetna inteligenca zagotavlja kakovost.

Vir: Engel news&press release, ENGEL presents the evolution from inject 4.0 to inject AI at K 2025: World premiere of the first autonomous injection moulding cell

priporočila in že igrajo ključno vlogo pri povečevanju produktivnosti. Rešitev inject AI pretvarja kompleksne procesne podatke v jasna, takoj uporabna navodila, s čimer odpravlja potrebo, da bi osebje ure in ure analiziralo krivulje.

Napoved: Prihodnost avtonomnega brizganja plastike

Rešitev inject AI je celovit okvir, ki ga ENGEL nenehno širi. Z dolgoletnimi izkušnjami na področju razvoja umetne inteligence se ENGEL pozicionira kot strokovnjak, ki jemlje „najboljše iz dveh svetov“: poglobljeno strokovno znanje o brizganju plastike v kombinaciji z najsodobnejšo tehnologijo umetne inteligence.

Nadzor kakovosti z zmanjšano porabo materiala in energije: ENGEL-ova kompaktna avtonomna celica za brizganje plastike, ki je v svojem jedru opremljena s popolnoma električnim strojem za brizganje plastike e-mac 80, avtomatizacijo kompaktne celice ENGEL in linijskim spremljanjem kakovosti.

VZDRŽEVANJE 2026

Piše: **Miha Marušič**, strojni tehnik, učitelj praktičnega pouka, Šolski center Ljubljana



REPARATURNO VARJENJE ALUMINIJA – UPORABNOST V VZDRŽEVANJU

Aluminij in njegove zlitine so med najpomembnejšimi materiali sodobne industrije, saj združujejo nizko težo, dobro mehansko trdnost, odpornost proti koroziji ter odlično toplotno in električno prevodnost. Zaradi teh lastnosti se uporabljajo v letalstvu, avtomobilski industriji, elektro- in strojegradnji. Kljub prednostim se aluminijasti deli pogosto poškodujejo ali obrabijo (razpoke, deformacije, napake v odlitkih), kar zahteva njihovo obnovo. Ker je zamenjava aluminijastih komponent draga, je reparaturno varjenje ena najpomembnejših metod za njihovo popravilo.

Aluminij ima številne prednosti, med katerimi izstopajo nizka gostota, odpornost proti koroziji, dobra toplotna in električna prevodnost ter enostavna obdelovalnost. Omejitve pa vključujejo nižjo trdnost, občutljivost na udarce in pogoste napake v odlitkih. Zato je pravilno izvedeno varjenje ključno za obnovo funkcionalnosti komponent. Reparaturno varjenje omogoča hitro in ekonomično obnovo aluminijastih delov, kot so platišča, ohišja motorjev, hladilne cevi, konstrukcijski deli letal in nosilci strojev. Prednosti vključujejo zmanjšanje stroškov rezervnih delov, skrajšanje časa izpada strojev, zmanjšanje odpadkov in podaljšanje življenjske dobe komponent.

Najpogostejši postopki varjenja aluminija so:

- **TIG (Tungsten Inert Gas) – uporablja netaljivo volframovo elektrodo in inertni plin (argon/helij). Omogoča natančen nadzor, visokokakovosten zvar in primernost za tanke materiale. Pogosto se uporablja za precizna popravila, kot so avtomobilska platišča in manjše mehanske komponente.**
- **MIG (Metal Inert Gas) – taljiva aluminijasta žica se samodejno dovaja v oblok, zaščiten z argonom. Primeren je za debelejše materiale in obsežnejša popravila. Omogoča hitrejšo izvedbo in nanos več slojev materiala.**
- **SMAW (»Stick Welding«) – električni oblok z oplaščeno elektrodo. Uporaben je redkeje, predvsem v terenskih razmerah brez zaščitnega plina.**

Kakovost zvara je odvisna od ustrezne priprave površine (odstranitev oksidne plasti, čiščenje), pravilne izbire dodajnega materiala, nastavitve varilnega aparata in predgretja pri debelejših delih. Pogoste napake vključujejo poroznost, razpoke, nepopolno penetracijo in vključke nečistoč, zato se uporabljajo različne metode nadzora kakovosti (vizualna kontrola, RT, UT, PT).

V industrijskem vzdrževanju reparaturno varjenje aluminija omogoča hitro obnovo poškodovanih delov, zmanjšuje izpade proizvodnje in prispeva k trajnostni proizvodnji z recikliranjem aluminija. Pravilno izvedeno varjenje ne obnovi le funkcionalnosti, temveč tudi povečuje gospodarsko učinkovitost in zanesljivost naprav.
Zaključno, reparaturno varjenje aluminija je danes nepogrešljiv postopek v sodobnem vzdrževanju, ki združuje visoko kakovost, ekonomičnost in trajnostno naravnanost industrijske prakse.

Ključne besede: aluminij, aluminijeve zlitine, reparaturno varjenje, TIG varjenje, MIG varjenje, SMAW/električni oblok, vzdrževanje industrijskih komponent, obnova poškodb, mehanska trdnost, korozijska odpornost, priprava materiala, nadzor kakovosti, trajnostna proizvodnja, podaljšanje življenjske dobe komponent

Uvod

Aluminij in njegove zlitine sodijo med najpomembnejše tehnične materiale sodobne industrije. Njihova kombinacija nizke gostote, dobre mehanske trdnosti, odpornosti proti koroziji ter odlične toplotne in električne prevodnosti omogoča njihovo široko uporabo v avtomobilski, letalski, elektroindustriji ter strojegradnji. Poleg tega aluminij ponuja izjemno obdelovalnost in možnost recikliranja, kar ga postavlja v središče trajnostno naravnane proizvodnje.

Kljub številnim prednostim pa aluminij ni brez pomanjkljivosti. V praksi se pogosto pojavljajo poškodbe, kot so razpoke, deformacije, obrabe ali napake v odlitkih, ki zmanjšujejo funkcionalnost komponent. Zaradi visokih stroškov zamenjave delov je reparaturno varjenje aluminija ena najpomembnejših metod za njihovo obnovo. S pravilno izvedenim postopkom je mogoče poškodovane dele obnoviti do te mere, da ponovno dosegajo prvotne mehanske in funkcionalne lastnosti.

Lastnosti aluminija in aluminijevih zlitin

Aluminij (Al) je kovina z izjemno nizko gostoto (okoli 2,7 g/cm^3), kar pomeni, da je približno trikrat lažji od jekla. Zaradi tega je nepogrešljiv v panogah, kjer je zmanjšanje mase ključno za izboljšanje učinkovitosti in ekonomičnosti.
Poleg nizke teže ima aluminij še druge pomembne lastnosti:

- **Odpornost proti koroziji:** Na zraku aluminij tvori tanko, a gosto plast aluminijevega oksida (Al_2O_3), ki material ščiti pred nadaljnjo oksidacijo. Ta lastnost omogoča uporabo aluminija v vlažnih, slanih ali agresivnih okoljih brez dodatne zaščite.
- **Dobra toplotna in električna prevodnost:** Aluminij ima približno 60 % prevodnost bakra, vendar je zaradi nižje gostote lažja alternativa pri izdelavi električnih vodnikov in hladilnih elementov.
- **Dobra obdelovalnost:** Aluminij se enostavno strojno obdeluje, struži, rezka in vari, kar omogoča izdelavo zahtevnih geometrijskih oblik.

Kljub tem prednostim ima aluminij tudi **omejitve**, ki vplivajo na njegovo uporabnost:

- **Nižja trdnost v primerjavi z jeklom:** Aluminij se pod mehanskimi obremenitvami hitreje deformira in ima nižjo odpornost proti obrabi.
- **Občutljivost na udarce in dinamične obremenitve:** Aluminij je manj žilav, zato lahko ob udarcih pride do razpok ali loma.



Slika 1: Primer popravila strojnega dela, varjeno po TIG postopku
Vir: https://www.millerwelds.com/resources/article-library/tips-for-engine-repair-welding-on-4-common-materials (17. 11. 2025)

- **Pogoste napake v odlitkih:** V proizvodnji se lahko pojavijo pore, zračni mehurčki ali mikro razpoke, ki kasneje povzročajo puščanje ali oslabitve.

Zaradi teh dejavnikov se aluminijasti deli pogosto poškodujejo, zato je **reparaturno varjenje** ključna metoda za njihovo obnovo.

Pomen reparaturnega varjenja aluminija v vzdrževanju

Reparaturno varjenje je proces, pri katerem se poškodovan ali obrabljen aluminijast del s pomočjo varjenja obnovi za uporabo. Cilj postopka je povrniti mehanske, strukturne in funkcionalne lastnosti komponente, pri čemer je treba ohraniti geometrijsko natančnost materiala.

V primerjavi z zamenjavo celotnega dela je varjenje pogosto ekonomsko ugodnejša rešitev, saj omogoča:

- zmanjšanje stroškov rezervnih delov,
- skrajšanje časa izpada delovanja strojev,
- zmanjšanje količine odpadnega materiala,
- podaljšanje življenjske dobe komponent.

Zaradi teh razlogov se reparaturno varjenje aluminija uporablja pri popravilih:

- aluminijastih platišč in ohišij motorjev,
- hladilnih cevi in izmenjevalcev toplote,
- konstrukcijskih delov letal in vozil,
- aluminijastih odlitkov, nosilcev in ohišij strojev.

Poleg industrijske uporabe ima reparaturno varjenje pomembno vlogo tudi v servisnih in vzdrževalnih delavnicah, kjer je hitra in kakovostna obnova poškodovanih delov pogosto edina smiselna rešitev. Takšna popravila omogočajo takojšnjo vrnitev komponent v uporabo brez potrebe po naročanju novih delov iz proizvodnje, kar je še posebej pomembno pri dragih ali težko dobavljivih izdelkih.

Postopki reparaturnega varjenja aluminija

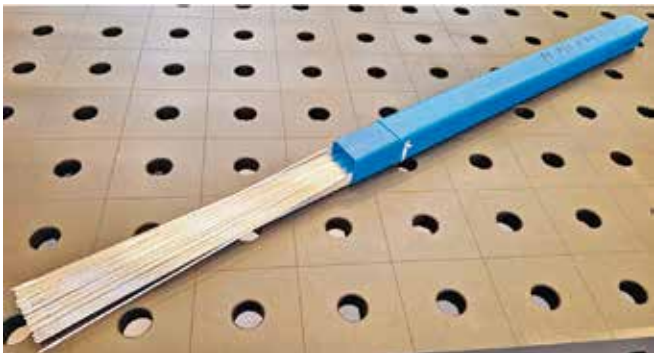
Varjenje aluminija zahteva posebno pozornost zaradi njegovih fizikalnih in kemijskih lastnosti. Aluminijeva oksidna plast ima visoko tališče (okoli 2050 °C), medtem ko se osnovni material tali že pri 660 °C. Zato je treba oksidno plast odstraniti fizično ali razbiti med samim procesom varjenja, kar omogočata predvsem postopka TIG- in MIG-varjenja.

1. TIG varjenje (Tungsten Inert Gas)

TIG varjenje uporablja netaljivo volframovo elektrodo in inertni plin (najpogosteje argon ali helij), ki varilno območje ščiti pred oksidacijo. Pri varjenju aluminija se uporablja izmenični tok (AC).



Slika 2: TIG varilni aparat s funkcijo varjenja z izmeničnim tokom AC



Slika 3: Al dodajni material za TIG varjenje. AL Mg5 premera 2.4 mm.

Prednosti TIG varjenja:

- izjemno natančen nadzor nad varilnim oblokom,
- visoka kakovost in estetski videz zvara,
- manjša možnost deformacij,
- primerno za tanke materiale (npr. pločevine, cevi, majhne komponente),
- možnost varjenja brez dodatnega materiala (v določenih primerih).

Zaradi teh lastnosti je TIG varjenje najprimernejše za precizna popravila, kot so avtomobilska platišča ali manjše mehanske komponente, kjer je zahtevana visoka kakovost zvara. Poleg tega omogoča natančno kontrolo dovajanja toplote, kar zmanjšuje tveganje za pregrevanje in poroznost materiala.

2. MIG varjenje (Metal Inert Gas)

MIG varjenje je proces, pri katerem se taljiva aluminijasta žica samodejno dovaja v varilni oblok, zaščiten z inertnim plinom (argon ali mešanica argona in helija). Ta postopek je hitrejši in primernejši za obsežnejša popravila, kjer je treba navariti več materiala.



Slika 4: Varilni aparat za MIG varjenje



Slika 5: Žica AL za MIG postopek
Vir: https://ingvar.si/prodajni-program/dodajni-materiali-za-varjenje/varilna-zica-mig-mag/varilna-zica-mig-mag-aluminij/varilna-zica-mig-mag-aluminij-almg5/ (17. 11. 2025)



Slika 6: Argon je označen s temno zeleno barvo. Za varjenje po TIG in MIG postopku se uporablja Ar 4.6 ali 4.8

Prednosti MIG varjenja:

- visoka produktivnost in hitrost izvedbe,
- primerno za debelejše materiale in večje komponente,
- dobra kvaliteta zvarov ob pravilni pripravi površine,
- možnost enostavnega nanašanja več slojev materiala.

MIG postopek se pogosto uporablja za popravilo večjih razpok, obrabljenih površin in nosilnih konstrukcij, kjer so zahteve po trdnosti in hitrosti pomembnejše od estetskega videza. Pri sodobnih sistemih se uporabljajo tudi pulzirajoči tokovi, ki omogočajo boljši nadzor nad zvarno kopeljo in zmanjšujejo vnos toplote, kar je pomembno pri občutljivih zlitinah.

3. Varjenje z električnim oblokom (SMAW ali »Stick Welding«)

Varjenje z oplaščeno elektrodo se pri aluminiju uporablja redkeje, saj ne omogoča tako čistega zvara kot TIG ali MIG postopka. Kljub temu je uporabno v primerih, ko ni mogoče zagotoviti zaščitnega plina (npr. na terenu ali v neugodnih vremenskih pogojih).

Prednosti:

- enostavna uporaba v zahtevnih delovnih razmerah,
- primerno za debelejše materiale,
- ni potrebna dodatna oprema za plinsko zaščito.

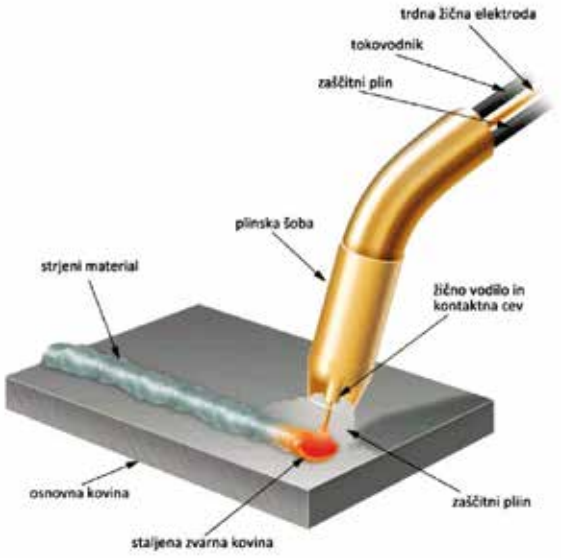
Ta postopek je cenjen v terenskih vzdrževalnih ekipah, kjer sta mobilnost in robustnost opreme pomembnejši od popolne kakovosti zvara.

Priprava materiala in izvedba varjenja

Kakovost zvara je močno odvisna od priprave površine in pravilne izbire varilnih parametrov. Aluminij hitro oksidira, zato je treba oksidno plast mehansko ali kemično odstraniti tik pred varjenjem. Najpogosteje se uporablja brušenje ali peskanje.

Ključni koraki priprave:

1. Čiščenje površine – odstranitev oksidne plasti, maščob, olj in drugih nečistoč.
2. Pravilna izbira dodajnega materiala – ta mora biti kompatibilen z osnovno zlitino, sicer lahko pride do razpok in slabe kvalitete zvara.
3. Nastavitev varilnega aparata – pravilna napetost, tok, pretok plina in hitrost podajanja žice so bistveni za stabilen oblok.
4. Predgretje (če je potrebno) – pri debelejših delih se aluminij lahko predgreje na 100–150 °C, da se zmanjša toplotni šok in izboljša zlivanje materiala.



Slika 7: Navarjanje aluminija
Vir: https://plin.online/mig-varjenje/ (17. 11. 2025)

Pri varjenju je treba paziti na toplotno prevodnost aluminija, ki je približno štirikrat večja od jekla. Zaradi tega se toplota hitro odvaja, kar lahko povzroči nepopolno zvarno kopel ali hladne spoje, če niso nastavljeni ustrezni parametri.

Poleg teh tehničnih zahtev je pomemben tudi varnostni vidik. Aluminijasti prah in hlapi lahko ob segrevanju tvorijo eksplozivne mešanice, zato mora biti delovno okolje dobro prezračeno, varilec pa mora uporabljati osebno zaščitno opremo, vključno z zaščitno masko in rokavicami, ki so odporne proti toploti.

Nadzor kakovosti in pogoste napake

Po izvedenem varjenju je nujno preveriti kakovost zvara. Najpogostejše napake pri varjenju aluminija so:

- poroznost zaradi ujetega plina,
- razpoke zaradi hitrega ohlajanja,
- nepopolna penetracija,
- vključki oksidov ali nečistoč.

Za preverjanje kakovosti se uporabljajo metode vizualne kontrole, rentgenskega pregleda (RT), ultrazvočne preiskave (UT) ali penetracijski testi (PT). Ti omogočajo zaznavanje površinskih in podpovršinskih napak, ki bi lahko vplivale na nosilnost ali tesnost zvara.

Vloga reparaturnega varjenja v vzdrževanju

V industrijskem vzdrževanju je cilj zagotoviti zanesljivo delovanje strojev ob minimalnih stroških. Reparaturno varjenje aluminija omogoča, da se poškodovani deli hitro obnovijo na mestu, brez dolgotrajnega naročanja rezervnih delov.
Ta metoda se uporablja tako v preventivnem (obnavljanje obrabljenih površin) kot v korektivnem vzdrževanju (po-

pravilo razpok, zlomov ali poškodb zaradi udarcev). S tem se zmanjšajo izpadi v proizvodnji in poveča učinkovitost delovanja naprav.

V zadnjih letih postaja reparaturno varjenje tudi pomemben del trajnostne proizvodnje, saj omogoča ponovno uporabo materialov in zmanjšanje količine industrijskih odpadkov. Aluminij je ena najbolj recikliranih kovin na svetu.

Zaključek

Reparaturno varjenje aluminija ima v sodobni industriji ključno vlogo pri podaljševanju življenjske dobe komponent in zmanjševanju stroškov vzdrževanja. Postopki TIG in MIG omogočajo visoko kakovostne, mehansko trdne in estetsko dovršene zvare, ki ob pravilni pripravi površine in natančni izvedbi povrnejo funkcionalnost poškodovanih delov.

Ker aluminij zahteva specifične pogoje varjenja, je uspeh postopka odvisen od usposobljenosti varilca, ustrezne opreme in izbire pravilnega dodajnega materiala. Pravilno izvedeno reparaturno varjenje ne zagotavlja le obnove komponent, temveč prispeva tudi k trajnostnemu upravljanju virov, zmanjšanju odpadkov in višji gospodarski učinkovitosti.

Zaradi teh razlogov je reparaturno varjenje aluminija danes nepogrešljiv del sodobnega industrijskega vzdrževanja ter eden izmed ključnih postopkov za zagotavljanje zanesljive in trajne uporabe aluminijastih konstrukcij in izdelkov.

VIRI:

[1] Darja Čretnik (2007); Tehnologija spajanja in preoblikovanja; Tehniška založba Slovenije
[2] https://www.uti.edu/blog/welding/aluminum-welding (17.11.2025)
[3] Lastni viri

ABSTRACT

REPAIR WELDING OF ALUMINUM – USEFULNESS IN MAINTENANCE

Aluminum and its alloys are among the most important materials in modern industry, combining low weight, good mechanical strength, corrosion resistance, and excellent thermal and electrical conductivity. These properties make them widely used in aerospace, automotive, electrical, and mechanical engineering industries. Despite these advantages, aluminum components are often damaged or worn (cracks, deformations, casting defects), requiring repair. Since replacing aluminum parts can be costly, repair by welding is one of the most important methods for restoring their functionality.

Aluminum offers several key benefits, including low density, corrosion resistance, good thermal and electrical conductivity, and ease of machining. Its limitations include lower strength compared to steel, susceptibility to impact, and frequent casting defects. Properly executed welding is therefore crucial to restoring the performance of components. Repair welding allows for quick and cost-effective restoration of aluminum parts such as wheels, engine housings, cooling tubes, aircraft structural parts, and machine supports. Benefits include reduced spare part costs, minimized machine downtime, less material waste, and extended component lifespan.

The most common aluminum welding methods are:

- **TIG (Tungsten Inert Gas) Welding – uses a non-consumable tungsten electrode and inert gas (argon or helium). Provides precise control, high-quality welds, and is suitable for thin materials. Often used for precision repairs, such as automotive wheels or small mechanical components.**
- **MIG (Metal Inert Gas) Welding – uses a continuously fed aluminum wire into a weld pool protected by argon or helium. Suitable for thicker materials and larger repairs, enabling faster execution and multiple layer applications.**
- **SMAW ("Stick Welding") – uses a coated electrode. Less common for aluminum but useful in field conditions without shielding gas.**

Weld quality depends on proper surface preparation (removing oxide layer, cleaning), selecting compatible filler material, setting the welding machine correctly, and preheating thicker parts. Common defects include porosity, cracks, incomplete penetration, and inclusions. Quality control methods include visual inspection, X-ray testing (RT), ultrasonic testing (UT), and dye penetrant testing (PT).
In industrial maintenance, repair welding of aluminum enables rapid restoration of damaged components, reduces production downtime, and contributes to sustainable production through aluminum recycling. Correctly performed welding not only restores functionality but also improves economic efficiency and equipment reliability.
In conclusion, repair welding of aluminum is an indispensable process in modern maintenance, combining high quality, cost-effectiveness, and sustainable industrial practices.

Keywords: Aluminum, Aluminum alloys, Repair welding, TIG welding, MIG welding, SMAW / stick welding, Industrial maintenance, Component restoration, Mechanical strength, Corrosion resistance, Material preparation, Quality control, Sustainable manufacturing, Component lifespan extension

Piše: **Kamilo Domitovič**, strojni tehnik, upokojenec



MENJAVA EKSPANZIJSKE POSODE

V prvih jesenskih dneh, ko se že čuti rahel hlad, je skrajni čas, da se spomnimo kurilne sezone, ki je pred vrati, in s tem vseh vrst ogrevanj, tudi stanovanjskih hiš.

Dobro je, da vsaj malo poznamo delovanje sistemov ogrevanja hiše, posebej če imamo več instaliranih načinov ogrevanja. V mojem primeru je hiša stara 25 let, srednje izolirana, vgrajen ima klasičen kotel na drva, krušno peč, na strehi kolektorje za sanitarno vodo, pred osmimi leti pa smo dodali še toplotno črpalko. Vse to je med seboj povezano in zaenkrat dobro deluje.



Slika 1: Stara ekspanzijska posoda



Slika 2: Previsok pritisk na manometru

Potrebno je torej v grobem poznati delovanje posameznih sklopov ogrevanja in elementov, ki jih sestavljajo, od kotla, črpalke, ekspanzijskih posod, ventilov, manometrov, displejev, posebno če so povezani v celotni sistem ogrevanja. Pred kratkim sem poizkusno zakuril kotel na drva in ugotovil, da ekspanzijska posoda za centralno kurjavo ne deluje pravilno, ker je bil pritisk na manometrih previsok, saj je bila posoda skoraj polna vode.

Posvetoval sem se s profesionalnim monterjem strojnih in toplotnih naprav, ki mi je svetoval, da je treba posodo zamenjati z novo, po določenem postopku, pri mirovanju kotla.

V specializirani trgovini sem nabavil novo 35-litrsko ekspanzijsko posodo in se lotil dela. Najprej sem razbremenil varnostni ventil, pri čemer je odteklo nekaj vode, zaprl ventile, ki vodijo do posode. Z vnukom, ki mi je pri delu pomagal, sva z instalacijskega mesta ob kotlu odvila staro posodo, ki je bila zelo težka, polna vode, in jo takoj zamenjala z novo. Na novi ekspanzijski posodi je bilo treba še prej pripraviti navoj s tesnilom za privitje na sistem.



Slika 3: Zračni ventil in sestava ekspanzijske posode

Ko je bilo delo končano, je bilo treba ventile na kotlu spet odpreti in ponovno dodati vodo v sistem, naravnati pritisk in odzračiti odzračevalne lončke. Po poizkusnem kurjenju kotla z novo instalirano posodo je spet vse delovalo normalno.



Slika 4: Novo instalirana ekspanzijska posoda

Staro posodo sem razstavil in ugotovil, da je gumijasti balon še uporaben. Napaka je nastala na malem zračnem ventilu, ki je počasi spuščal, saj je bil rahlo omajan. Gumijasti balon je bil vse bolj poln vode, kar je povzročilo, da je bilo vse manj možnosti krčenja in raztezanja balona v posodi.

Pišeta: **dr. Viktor Lovrenčić** in **Janez Tomažin**, uni. dipl. inž. str., DIMAS d.o.o.



POMEMBNA SESTANKA GENERALNE SKUPŠČINE EFNMS V VILNI IN ATENAH

Praksa EFNMS je, da sta organizirani vsako leto dve generalni skupščini »GA EFNMS«, in sicer spomladi in jeseni. Tudi v letu 2025 je bila prva v Vilni v Litvi (10. 5. 2025) in druga v Atenah v Grčiji (11. 10. 2025). GA EFNMS ima 24 članic (https://www.efnms.eu/organization/general-assembly/). Sočasno se pred GA EFNMS organizirajo seminarji, delavnice in sestanki odborov EFNMS. Aktivnih je 7 odborov, v katerih so že vrsto let aktivni tudi člani DVS. Trenutno smo najbolj aktivni v EAMC: Janez Tomažin (vodja odbora) in člana Andrej Androjna ter Damjan Maletič; v EHSEC člana Viktor Lovrenčić in Darko Cafuta; v EMAC član Andrej Androjna ter v ETC član Damjan Maletič (https://www.efnms.eu/committees/). Kot predsednik DVS je Viktor Lovrenčić član GA EFNMS.

Po dogovoru sta v Vilni delegirana predstavnika DVS, in sicer Janez Tomažin (pooblastilo za glasovanje na GA v imenu DVS) in Andrej Androjna, ki sta aktivno sodelovala v delu organov EFNMS, ter v Atenah Viktor Lovrenčić in Janez Tomažin z osnovnim ciljem kandidature DVS za organizacijo EuroMaintenance 2028 v Sloveniji.

Kratko poročilo GA VILNA (Janez Tomažin)

V Vilno sta torej odpotovala Andrej Androjna in Janez Tomažin. Aktivno sta sodelovala na celodnevnem sestanku EAMC (Odbor za obvladovanje premoženja), na katerem so razpravljali o usklajevanju izobraževalnih in certifikacijskih shem na področju vzdrževanja ter obvladovanja premoženja, ki ju pokrivata EFNMS in WPiAM. Po mnenju EAMC je dolgoročni strateški cilj EFNMS ob polnem sodelovanju z WPiAM pridobitev globalno priznanih in akreditiranih certifikatov za posameznike na obeh pomembnih področjih.

Na to temo je v Vilni potekal tudi prvi skupni sestanek delovnih odborov EAMC, ETC (izobraževanje) in ECC (certifikacija).

Generalne skupščine EFNMS se je udeležil Janez Tomažin in uradno predstavljal DVS. Najpomembnejša zadeva je bila izvolitev novega predsednika EFNMS, saj je dosedanjemu predsedniku Cosmasu Vamvalisu potekel tretji, triletni mandat, kar po ustavi EFNMS predstavlja maksimalno dobo predsednikovanja. Od samo dveh kandidatov (ga. Mia Ilkko, predsednica SvUH, Švedska, in prof. dr. Diego Galar iz AEM, Španija) je GA EFNSM izbrala prof. dr. Diega Galarja. Ostale pomembne teme GA:

- Predstavitev stanja BoK (Body of Knowledge), omogočen brezplačen prenos z: https://efnms.mycashflow.fi/product/3/body-of-knowledge
- Izmenjava znanja in odbori
- Konferenca (EuroMaintenance 2026, nagrade)
- Sodelovanje z GFMAM (projekti) in WPiAM (certificiranje)



Delegati na GA EFNMS – Vilna, 10. 5. 2025

- Sm4rtenance: ločeno poročilo Andreja Androjne
- Zaključek (naslednja skupščina)

Litovsko društvo vzdrževalcev LTPIA je izkoristilo priložnost prisotnosti strokovnjakov EFNMS in je pred sestanki organiziralo seminarje delovnih skupin EFNMS ter enodnevno izobraževanje AAMC (Ozaveščenost o obvladovanju premoženja), ki ga je izvedel Janez Tomažin. Vse omenjene aktivnosti so bile med slušatelji zelo dobro sprejete.

Kratko poročilo GA Atene (Viktor Lovrenčić)

V Atene sva torej odpotovala Viktor Lovrenčić in Janez Tomažin in sodelovala na več dogodkih:

- 18th Maintenance Forum (tradicionalni simpozij grškega društva vzdrževalcev HMC), 10. 10. 205, predavatelji so bili kolegi iz EFNMS, udeleženca pa sva bila Viktor Lovrenčić in Janez Tomažin Sestanek EAMC (Janez Tomažin – vodja odbora), 10. 10. 205 – razpravljanje o nadaljnjih načrtih odbora ter povezavah z mednarodnimi GFMAM in WPiAM, v katerih je Janez aktiven član oz. predstavnik EFNMS-Sestanek EHSEC (član Viktor Lovrenčić), 10. 10. 205 – razpravljanje o nadaljnjih načrtih odbora (varnost pri delu – Workshop LOTO, Maintainability Workshop, priprave na EM26 na Švedskem) ter povezavah z inštitucijami Group SWAM, Project 28 GFMAM, EU OSHA, ENSHPO, EUROSHNET, ESRA, EPSC
- Generalna skupščina EFNMS (člana Viktor Lovrenčić in Janez Tomažin), 11. 10. 2025.

Dnevni red Generalne skupščine EFNMS je bil zelo obsežen, celodnevno delo (od 9. do 17. ure), in sicer struktura GA:

- Otvoritev in vodstvena vprašanja (novi člani, glavni govor, volitve, koordinator ...)
- Izmenjava znanja in odbori
- Konferenca (EuroMaintenance, nagrade)
- Kandidatura za EuroMaintenance 2028
- Trženje (spletna stran, glasilo, družbeni mediji, blagovna znamka)
- Vodstvena vprašanja in ekonomija (proračun)
- Sodelovanja (OMAINTEC, WPiAM, MARAMM, ENSHPO, EU OSHA, CEN)
- Primopredaja med starim in novim predsednikom EFNMS
- Zaključek (naslednja skupščina)

Ob vseh vsebinskih točkah je bila za DVS najpomembnejša točka »Kandidatura za EuroMaintenance 2028«. Vodstvo GA je postavilo pravila, da ima vsaka od držav kandidatk, in sicer Belgija, Slovenija in Španija, 15 min časa za predstavitev, glasovanje pa poteka predvidoma v dveh krogih. Slovensko kandidaturo smo v ožjem timu pripravljali kar dva meseca in opravili številne sestanke ter pridobili podporo Ministrstva za gospodarstvo, turizem in šport (MGŠT), Gospodarske zbornice Slovenije (GZS) ter Mestne občine Celje (MOC) in partnerja Celjskega sejma.



Delegati na GA EFNMS – Atene, 11. 10. 2025

Po odlični predstavitvi Janeza Tomažina ter kolegov iz Belgije in Španije je bilo v prvem krogu glasovanja 20 prisotnih društev – 12 glasov za DVS, Slovenija; 5 glasov BEMAS, Belgija in 3 glasovi AEM, Španija. Tako je že ob prvem glasovanju DVS dobil večino glasov in dolžnost organizacije EuroMaintenance 2028, ki bo v Celju aprila 2028.
Ob konkurenci dveh močnih društev (npr. Belgija ima 8 zaposlenih in več kot 1,5 mio EUR letnega prometa) je uspeh toliko večji ob dejstvu, da naš DVS vodijo prostovoljci ob lanskoletnem prometu, manjšem od 30.000 EUR.

Ob tem uspehu se vodstvo DVS zaveda, da je potrebno takoj pristopiti k oblikovanju organizacijskega in programskega sveta EM28 ob vabilu članom DVS, da se pridružijo k vsebinsko in časovno zahtevnemu projektu.

Vodstvo, IO DVS in že sedaj aktivni člani DVS, se bomo pogovorili o konceptu EM28, o čemer bomo redno obveščali člane, saj bo ob organizaciji in programu potrebno skrbeti tudi za finančno vzdržni projekt, kar bo povezano s povabilom sponzorjev.

Vljudno vabimo sodelavce iz akademskega okolja, da podprejo programski del EM28, ter študente in mlade vzdrževalce, da se vključijo vanj kot avtorji člankov kot tudi kot udeleženci kongresa EM28.

Kratka predstavitev novega predsednika EFNMS

Dosedanji predsednik g. Cosmas Vamvalis, predstavnik HMS iz Grčije, je zelo uspešno vodil EFNMS v obdobju 2016 – 2025. Na GA v Atenah je bilo izrečenih veliko pohvalnih in zahvalnih







Prof. dr. Diego Galar – predsednik EFNMS (2025)



Cosmas Vamvalis – predsednik EFNMS (2016–2025)

besed za njegovo predano in povezovalno vlogo s strani kolegov iz vodstva EFNMS.

Prof. dr. Diego Galar je dolga leta aktiven na področju vzdrževanja, še posebej vzdrževanja po stanju. Je profesor vzdrževanja na Tehnološki univerzi Luleå (Luleå tekniska universitet) od leta 2010 in trenutno predsednik EFNMS (Evropske federacije nacionalnih vzdrževalnih društev) od oktobra 2025. Vodil je številne evropske projekte na področju industrijske umetne inteligence, interneta stvari in industrije 4.0 ter tesno sodeloval s švedsko industrijo in nacionalno inovacijsko agencijo Vinnova. Prof. dr. Diego Galar je objavil več kot 500 znanstvenih člankov in aktivno prispeva svoj delež k mednarodnim mrežam, odborom in dogodkom na tem področju.

Pred tem je deloval kot sekretar in direktor za industrijske odnose v upravnem odboru EFNMS, od leta 2023 dalje, bil je vodja tehnologije (2023–2024) v TSI – Técnicas y Servicios de Ingeniería S. L. v Madridu in direktor razvoja tehnologije v Sisteplant v Bilbau v Španiji ter Vodja vzdrževanja in zanesljivosti (2016–2022) v Tecnalia Research & Innovation.

Sistem za nadzor stanja strojev CTC Connect

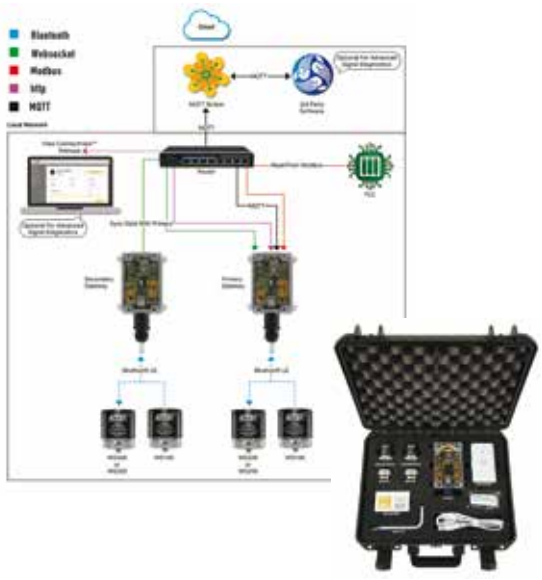
- **Zanesljivi podatki.**
- **Popolna lokalna kontrola.**
- **Brez skritih stroškov.**

Predstavljamo sodobno brezžično rešitev za industrijsko spremljanje stanja strojev.

CTC Connect omogoča hitro in enostavno integracijo v obstoječe sisteme preko Modbus TCP/IP ter prenos dinamičnih vibracijskih meritev in naprednih analiz preko MQTT.

Brez oblakov, licenc ali naročnin – vsi podatki ostanejo lokalno v vašem obratu, pod vašim popolnim nadzorom.

Ključne prednosti:
- Modbus TCP/IP – neposredna integracija v PLC, DCS in SCADA sisteme
- MQTT – prenos dinamičnih signalov in podpora napredni analitiki
- Popolna lokalna kontrola – brez oblaka, brez licenc in brez naročnin
- Razširljiv sistem – enostavna in hitra dodaja senzorjev in gateway-jev



Rezervirajte brezplačen demo.
Preizkusite CTC Connect demo kovček neposredno v vašem obratu.

Instro d.o.o.

Stegne 7, 1000 Ljubljana, Slovenija
e-mail: info@instro.si, tel.: +386 (0)40 243 755

www.instro.si

Piše: **mag. Andrej Androjna**, u. d. i. s., predsednik programskega sveta DVS in član EAMC pri EFNMS



PROJEKT MORE4SUSTAINABILITY: EVROPSKO SODELOVANJE NA PODROČJU VZDRŽEVANJA IN OBVLADOVANJA PREMOŽENJA ZA TRAJNOSTNO PRIHODNOST

Uvod

Evropski prostor je močno usmerjen k trajnostnemu razvoju in zelenemu prehodu. V tem kontekstu je izjemnega pomena tudi področje vzdrževanja in celostnega obvladovanja premoženja, saj prav učinkovitost zadnjega določa, kako trajnostno organizacije obvladujejo celoten življenjski cikel svojih premoženj. Ena od pobud s tega področja je evropski projekt MORE4Sustainability, ki so nam ga kolegi iz belgijskega društva BEMAS, ki je eden od partnerjev projekta, predstavili na skupščini EFNMS v Vilni maja 2025; spletna stran projekta: **https://more4sustainability.nweurope.eu/**. V nadaljevanju je projekt na kratko predstavljen, tako da si lahko vsi zainteresirani poiščete ustrezne informacije in uporabite javno dostopne materiale tudi v lastni praksi.

Namen projekta

Glavni cilj projekta MORE4Sustainability je razviti orodja, metode in izobraževalne vsebine, ki bodo podjetjem pomagale povezati trajnostne cilje z vsakodnevnimi praksami vzdrževanja in obvladovanja premoženja.

Projekt se osredotoča na naslednje teme:

- kako lahko preventivno in napovedno vzdrževanje zmanjšata porabo energije in materialov,
- kako obvladovanje premoženja prispeva k nižjim emisijam CO_2,
- zakaj je podaljševanje življenjske dobe premoženj eden od ključnih trajnostnih pristopov ter kako vzpostaviti kazalnike uspešnosti (KPI-je), ki združujejo tehnične in trajnostne cilje.

Partnerstvo in evropska razsežnost

Projekt vodi belgijsko društvo vzdrževalcev, v njem sodelujejo partnerji iz Nizozemske, Francije in Nemčije, rezultati pa so javno dostopni. EFNMS promovira njihovo razširjanje in uporabo pri svojih članicah.



Okvir projekta

Okvir projekta je sestavljen iz različnih logično predstavljenih vidikov in predstavlja področja, na katerih lahko vzdrževanje in obvladovanje premoženja prispeva k doseganju trajnostnih ciljev njihovih organizacij, predvsem v kontekstu izboljšanja energetske učinkovitosti in zmanjševanja emisij toplogrednih plinov.

Okvir sestavljajo štiri ravni:

- strateška (na sliki obarvano oranžno),
- taktična (na sliki sivo),
- operativna (svetlo in temno zeleno v krogu) ter
- raven vplivov (zeleno na levem in desnem delu ilustracije).

Izvajanje aktivnosti je predlagano v logičnem zaporedju kvadrantov notranjega kroga – od optimizacije portfelja premoženj in optimizacije njihovega stanja, preko znižanja porabe energije, do zmanjšanja emisij toplogrednih plinov.

Izdelki projekta

Na spletni strani projekta https://more4sustainability.nweurope.eu/downloads so brezplačno dosegljivi:

- okvir projekta (pdf dokument),
- orodje za samooceno, ki vsebuje tudi primerjalne podatke (Excel preglednice),
- uvodna predstavitev usposabljanja (video posnetek).

Poleg navedenega je preko spletne strani projekta na voljo brezplačna vključitev v program usposabljanja, ki ga sestavlja sedem modulov:



Ilustracija okvira projekta

1. Uvod v trajnostno obvladovanje premoženja
2. Načela in gradniki
3. Upoštevanje trajnosti pri odločanju
4. Orodja in metode
5. Obvladovanje sprememb pri uvajanju
6. Praktični primeri in naučeno iz prakse
7. Uvajanje trajnostnega obvladovanja premoženja

Po zaključenem programu usposabljanja se lahko udeležite izpita za pridobitev certifikata *»Certified Sustainable Asset Management Practitioner«*.

Zaključek

Projekt MORE4Sustainability ponuja konkretno podporo vzdrževanju in obvladovanju premoženja pri vzpostavljanju vloge gonila trajnostnega razvoja. Za DVS in slovensko strokovno skupnost je to priložnost, da uporabimo že razvite prakse, se dodatno usposobimo ter z uporabo lastnih znanj in izkušenj ter tujih najboljših praks aktivno sodelujemo pri oblikovanju prihodnosti.

GLOBALNO POVEZOVANJE STROKE

Piše: **mag. Andrej Androjna**, u. d. i. s., predsednik programskega sveta DVS in član EAMC pri EFNMS



GLOBALNO POVEZOVANJE STROKE: GFMAM, WPIAM IN KONFERENCA IPWC V SYDNEYJU

Uvod

Konec avgusta 2025 so se v Sydneyju zbrali strokovnjaki s področja vzdrževanja in obvladovanja premoženja iz različnih delov sveta. Ob zasedanju Globalnega foruma za vzdrževanje in obvladovanje premoženja *(GFMAM – Global Forum on Maintenance and Asset Management)* je potekala tudi konferenca *IPWEA International Public Works Conference (IPWC)*, na kateri se je zbralo več kot 800 strokovnjakov iz Avstralije in tujine. Dogodki so potrdili, da je povezovanje na globalni ravni ključno za izmenjavo znanj in izkušenj ter za nadaljnji razvoj stroke.

Polletno zasedanje GFMAM

Dvakrat letno potekajo zasedanja GFMAM v živo in tokratnega, drugega v letu 2025, smo se udeležili predstavniki 12 različnih članskih organizacij iz Avstralije, Bahrajna, Brazilije, Japonske, JAR, Kanade, Nove Zelandije, Savdske Arabije, ZDA, Združenega kraljestva in Slovenije, pri čemer je EFNMS (Evropska zveza nacionalnih društev vzdrževalcev), ki sem jo zastopal, posebnost, saj povezuje 25 nacionalnih društev, vključno z DVS.

V razprave so se prek spleta vključili še dodatni kolegi, med drugim tudi predsednik EAMC (European Asset Management Committee) pri EFNMS in vodja DSAM pri DVS, **Janez Tomažin**, ki je uradni zastopnik EFNMS v GFMAM ter član upravnega odbora WPiAM.

Glavni poudarki zasedanja GFMAM

Poleg rednih organizacijskih in administrativnih tem, razprave o strategiji in širitvi članstva, je bila največja pozornost posvečena trenutnim in novim projektom, ki so navedeni tudi na spletnih straneh https://gfmam.org/projects-list.

- **Svetovni dan vzdrževanja (Global Maintenance Day - GMD), Projekt 21**
  Svetovni dan vzdrževanja, 9. junija, GFMAM koordinira že več let. Ugotovljeno je, da je promocija preko družbenih omrežij zelo uspešna, v prihodnje se bo pripravil še bolj dostopen medijski paket za organizacije članice. Poročila iz različnih držav kažejo, da se je priložnost za obeleževanje pomena vzdrževanja dobro prijela.
- **Trajnost in ESG, Projekt 28**
  Vloga vzdrževanja in obvladovanja premoženja pri zagotavljanju trajnosti in ESG predstavlja eno ključnih razvojnih tem. V teku je anketiranje članov GFMAM s ciljem oblikovati skupno stališče, kako lahko AM prispeva k trajnostnemu razvoju. V raziskavo so vključena tudi orodja umetne inteligence.
- **Vodila za certifikacijske sheme po ISO 55001, Projekt 30**
  Kot posledica nedavne revizije GFMAM dokumenta Okolje obvladovanja premoženja (AM Landscape) ter standardov družine ISO 55000 se prenavlja dokument GFMAM Guidance for an Asset Management System Scheme for Accredited Certification to ISO 55001. Ta bo prinesel aktualne usmeritve in utrdil povezavo med GFMAM in ISO.
- **Zanesljivost premoženj, Projekt 31**
  Razprava o "integrirani zanesljivosti" je prispevala k dodatni uskladitvi razumevanja ciljev in vsebine novega dokumenta GFMAM, ki je v pripravi in je namenjen predvsem vodstvom, in ne specialistom s področja zanesljivosti. Prva verzija dokumenta bo osredotočena predvsem na zanesljivost fizičnih premoženj skozi življenjski cikel, ob upoštevanju organizacijskih dejavnikov, kot so upravljanje sprememb, nadzor konfiguracije in obvladovanje dobavne verige.
- **Nova pobuda: Svetovni dan obvladovanja premoženja (Asset Management Day – AMD), Projekt 33**
  Po vzoru GMD je predstavljena ideja za svetovni dan upravljanja sredstev, ki bo namenjen ozaveščanju pomena obvladovanja premoženja.
- **Nova pobuda: Uporaba kazalnikov obvladovanja premoženja, Projekt 34**
  Na osnovi dosedanje uporabe spletnega orodja GFMAM za ocenjevanje kakovosti oz. skladnosti kazalnikov obvladovanja premoženja, prenovljenih standardov in ostalih dobrih praks smo zasnovali nov projekt z namenom:
  - posodobitve dokumenta *Criteria for Evaluating Asset Management Indicators glede na ISO 55001:2024* in *AM Landscape V3*,
  - prenove spletnega orodja z možnostjo uporabe umetne inteligence,
  - priprave smernice s predlogi in obrazložitvami ključnih kazalnikov na strateški, taktični in operativni ravni, vključno s povezavo med cilji organizacije in doseženimi rezultati.



Članske organizacije GFMAM



Udeleženci zasedanja GFMAM na otvoritvi konference IPWC 2025



Delovno vzdušje zasedanja GFMAM



Aktivna stojnica GFMAM na konferenci



Promocija WPiAM in EFNMS

Vsi zainteresirani posamezniki znotraj organizacij članic GFMAM, vključno z DVS, ste vljudno vabljeni k sodelovanju v posameznih projektih, ki omogočajo aktivno izmenjavo informacij, znanj in izkušenj s kolegi iz različnih delov sveta ter sooblikovanje izdelkov, ki služijo povezovanju svetovnih praks.

Sprejem pri guvernerki Novega Južnega Walesa

Povabljene udeležence GFMAM je v rezidenci *Government House* sprejela njena ekscelenca Margaret Beazley, guvernerka Novega Južnega Walesa. V govoru je poudarila, da imata vzdrževanje in obvladovanje premoženja izjemno pomembno vlogo za družbo, zlasti ob izzivih podnebnih sprememb in pri zagotavljanju odpornosti javne infrastrukture.

Srečanje WPiAM

Ob robu zasedanja GFMAM je potekalo tudi krajše strateško srečanje *World Partners in Asset Management (WPiAM)*, katerega član je tudi EFNMS. WPiAM vzpostavlja globalno certifikacijsko shemo strokovnjakov za obvladovanje premoženja, sprejeta je bila tudi pobuda za certifikacijsko shemo vzdrževanja, ki je v pripravi. Vodenje organizacije v novem mandatu prevzema Robert Childs iz JAR. WPiAM igra pomembno vlogo pri globalni primerljivosti in uporabnosti certifikacij, kar bo imelo dolgoročne učinke tudi na evropski in slovenski prostor.

Konferenca IPWC

Med 25. in 29. avgustom je potekala mednarodna konferenca IPWC z bogatim programom panelov, okroglih miz in predavanj. Člani GFMAM smo se vključili kot moderatorji in predavatelji, organizacija je bila opažena tudi na razstavnem prostoru. Konferenca je pokazala, kako tesno sta področji vzdrževanja in obvladovanja premoženja povezani z javnimi storitvami in infrastrukturo.

Naslednji dogodki

Naslednji dogodki GFMAM bodo maja 2026 v Hamiltonu na Novi Zelandiji in novembra 2026 v Dhahranu v Savdski Arabiji, predvsem za evropsko okolje pa velja omeniti Euromaintenance junija 2026 na Švedskem.



Sprejem GFMAM pri guvernerki Margaret Beazley v Sydneyu

Zaključek

Srečanje v Sydneyju je ponovno pokazalo, da sta vzdrževanje in obvladovanje premoženja disciplini, ki imata izjemen vpliv ne le na uspešnost industrije in javnega sektorja, temveč tudi na trajnostni razvoj in odpornost širše družbe.

Vsi člani imate priložnost, da se aktivno vključite v trenutne in bodoče projekte GFMAM, svoje delo povežete z vprašanji trajnosti in družbene odgovornosti, izkoristite certifikacijske sheme WPiAM itd. Na ta način tudi krepimo sodelovanje z EFNMS in GFMAM za izmenjavo znanja in izkušenj ter tudi kot DVS prispevamo h krepitvi stroke v mednarodni skupnosti in v domačem okolju.

Piše: mag. **Viktor Jemec**



JUBILEJNO 30. MEDNARODNO STROKOVNO SREČANJE MEDITMAINT 2025

V Rovinju je med 19. in 22. majem 2025 potekalo jubilejno 30. mednarodno strokovno srečanje MeditMaint 2025, na katerem se je zbralo več kot 130 udeležencev iz Evrope, ZDA, Maroka in Tajske. Dogodek, posvečen vzdrževanju in upravljanju fizičnega premoženja, je letos izpostavil izzive implementacije umetne inteligence v industrijske procese ter poudaril pomen trajnostnega upravljanja skozi celotni življenjski cikel sredstev. Med sodelujočimi je pomembno vlogo odigral slovenski strokovnjak Janez Tomažin, predsednik EACM (European Asset Management Committee), ki je s svojim znanjem in predstavitvami pustil močan pečat.

MeditMaint 2025: poudarek na UI, trajnosti in strokovnem povezovanju

Dogodek je znova dokazal, da MeditMaint ostaja ključna platforma za izmenjavo znanja med akademskim, industrijskim in inženirskim okoljem. Letos so velike pozornosti bili deležni:

- razvoj kognitivnega vzdrževanja
- uporaba umetne inteligence pri napovedovanju okvar
- digitalni dvojčki
- standardi ISO 55000 in evropske norme
- energetska učinkovitost in trajnostne rešitve
- digitalizacija upravljanja premoženja

Močna predstavitev Slovenije: Janez Tomažin dvakrat v ospredju

Ker je moral nizozemski predavatelj Giel Jurgens zaradi bolezni odpovedati udeležbo, je njegov termin prevzel **Janez Tomažin**, priznani slovenski strokovnjak s področja upravljanja premoženja in vzdrževanja. Tomažin je izvedel odmevno predavanje o **certificiranju v vzdrževanju in upravljanju premoženja** (GFMAM, EFNMS), njegovi vlogi, pomenu ter uporabi v mednarodni praksi. Poudaril je, da v nekaterih državah brez ustreznega certifikata ni mogoče prevzeti odgovorne funkcije na področju upravljanja sredstev, saj delodajalci ne morejo sami objektivno oceniti znanja in kompetenc posameznika. Predavanje je prineslo jasen vpogled v pričakovanja sodobnega trga in kompetenčne standarde, ki jih zahtevata sodobna industrija in infrastruktura.

V drugem nastopu je Tomažin predstavil tudi strokovni prispevek o **vzdrževanju skladno z načeli standarda ISO 55000**, v katerem je poudaril pomen pravilnega načrtovanja sistemov mazanja ter sodelovanja vseh deležnikov že v začetnih fazah projektiranja. Njegovo predavanje je bilo izpostavljeno kot eden najpomembnejših prispevkov konference, saj neposredno povezuje teorijo upravljanja sredstev s praktičnimi inženirskimi rešitvami.



Slika 1: Janez Tomažin, predsednik EAMC, Drago Frković, predsednik HDO, Diego Galar, novi predsednik EFNMS in Viktor Jemec, urednik



Slika 2: Janez Tomažin predava o certificiranju

Udeležba slovenskih podjetij med razstavljavci Instro in Majerič

Slovensko prisotnost je dodatno okrepilo podjetje **INSTRO d. o. o.** (https://instro.si/), ki je sodelovalo v razstavnem delu konference. Kot eden ključnih industrijskih partnerjev je predstavilo najnovejše rešitve na področju **diagnostike, merilnih tehnologij in spremljanja stanja opreme**, namenjenih



Slika 3: Janez Tomažin o mazanju



Slika 4: Razstavljalec Instro



Slika 5: Razstavljalec Majerič

podpori sodobnim konceptom prediktivnega in kognitivnega vzdrževanja. Njihove rešitve so bile med obiskovalci zelo dobro sprejete, saj se neposredno vključujejo v digitalne procese upravljanja sredstev, ki jih uvaja tudi platforma MeditMaint.

Predstavilo se je tudi podjetje Majerič s Ptuja. Več kot 80 % okvar strojev in opreme je posledica onesnaženega ali obrabljenega olja, kar vodi v nepotrebne stroške in finančne izgube. Z njihovimi naprednimi rešitvami vam bodo pomagali preprečiti okvare, optimizirati vzdrževanje in povečati vaš dobiček. (https://majeric.eu)

Slovenski doprinos k razvoju stroke

Prisotnost slovenskih strokovnjakov je pokazala, da Slovenija aktivno sledi trendom **Industrije 5.0**, digitalizaciji ter uvajanju umetne inteligence v industrijsko okolje. Tomažinova strokovnost in prizadevanja za dvig profesionalnih standardov sta bila večkrat pohvaljena. Prav tako pa je izstopala predstavitev podjetij Instro in Majerič, ki je pomembno prispevala k tehničnemu delu dogodka.

Zaključek

Slovenski strokovnjaki so na MeditMaintu 2025 ponovno dokazali, da s svojimi kompetencami, raziskovalnim delom in inovativnimi pristopi sooblikujejo razvoj sodobnega vzdrževanja in upravljanja premoženja na regionalni in evropski ravni. **Janez Tomažin** in podjetji **Instro in Majerič** so s svojimi nastopi pomembno prispevali k uspehu dogodka in okrepili prepoznavnost slovenske strokovne skupnosti v mednarodnem prostoru.

POROČILO IRT 2025

Piše: mag. **Viktor Jemec**



IRT PORTOROŽ 2025: INOVACIJE, INDUSTRIJA 5.0 IN NOVA VLOGA VZDRŽEVANJA V DIGITALNI DOBI

Konferenca IRT Portorož 2025 je tudi letos privabila številne inženirje, strokovnjake, raziskovalce in predstavnike industrije, ki so med 2. in 3. junijem v Portorožu razpravljali o prihodnjih tehnoloških izzivih in priložnostih za slovensko gospodarstvo. Dogodek, ki ostaja eno ključnih strokovnih srečanj v Sloveniji, je potrdil svoj sloves stičišča inovacij, industrijskih praks in prenosa znanja med akademsko in podjetniško sfero. Poseben poudarek letošnjega programa je bil namenjen vlogi vzdrževanja v digitalizirani industriji, v kateri se pojavlja vse več zahtev po integraciji pametnih tehnologij, napredni diagnostiki in upravljanju življenjskega cikla opreme.

Industrija 5.0 postavlja nove standarde – vzdrževanje v ospredje

Glavna tema konference, posvečena konceptom **Industrije 5.0**, je izpostavila preplet človeka, umetne inteligence in avtomatizacije. Medtem ko so podjetja v zadnjem desetletju večinoma uvajala digitalizacijo proizvodnje in optimizacijo procesov, se zdaj močno krepi poudarek na **zanesljivosti sistemov, upravljanju premoženja in pametnem vzdrževanju**.

Strokovnjaki iz slovenskih in tujih podjetij so predstavili, kako uvajanje:
- napredne senzorike,
- kognitivnih algoritmov za odkrivanje napak,
- digitalnih dvojčkov
- ter UI podprtih sistemov vzdrževanja spreminja organizacijo dela in kompetence tehničnega osebja.

Vzdrževanje ni več samo podpora proizvodnji, ampak postaja **ključni strateški proces**, ki omogoča konkurenčnost, nizke stroške izpadov in visoko varnost delovanja.

Vzdrževanje v ospredju strokovnih prispevkov

Letos se je v programu IRT še posebej izpostavila naraščajoča vloga vzdrževalcev pri uvajanju naprednih tehnologij. V ospredju predstavitev so bili:
- primeri uvajanja **pametnih sistemov za spremljanje stanja** (CBM – Condition Based Maintenance),
- uporaba **umetne inteligence** pri napovedovanju okvar,
- integracija vzdrževalnih podatkov s sistemom MES in ERP,
- pomen standardov **ISO 55000 in EN 17007** za sodobno upravljanje premoženja,
- predstavitve učinkovite digitalizacije vzdrževalnih procesov v slovenskih podjetjih.

Strokovni prispevki so dokazali, da slovenska industrija dobro razume pomen prehoda iz reaktivnega ali klasičnega preventivnega vzdrževanja v **prediktivno in kognitivno vzdrževanje**, ki temelji na podatkih, merjenjih in napredni analitiki.

Okrogle mize in razprave: kako do kompetentnih vzdrževalcev?

Veliko pozornosti je pritegnila razprava o **pomanjkanju ustrezno usposobljenega tehničnega kadra**, ki postaja ena največjih ovir pri uvajanju novih tehnologij. Ugotovitev strokovnjakov je jasna:
- prihodnji vzdrževalec mora obvladati **strojništvo, elektrotehniko, informatiko in podatkovno analitiko**,
- stalno izobraževanje in certifikacije na področju upravljanja sredstev postajajo nuja,
- prenos znanja starejših generacij je ključnega pomena,
- podjetja morajo oblikovati jasno strategijo razvoja kompetenc.

Ravno izziv kompetenc je bil izpostavljen kot eden izmed ključnih dejavnikov, ki določajo uspešnost uvajanja Industrije 5.0.

Razstavni del: pametne rešitve za pametno vzdrževanje

Na razstavi so se predstavila številna podjetja z rešitvami, ki podpirajo modernizacijo vzdrževanja:
- IoT senzorji za vibracije, temperaturo, energijo,
- sistemi za UI diagnostiko,
- programske rešitve za CMMS in upravljanje sredstev,
- digitalni dvojčki in simulacijski modeli,
- orodja za vizualno identifikacijo napak.

Slovenski in mednarodni ponudniki so pokazali, da je trg digitalnih orodij za vzdrževanje izjemno živahen in da se podjetja vse bolj usmerjajo v avtomatizacijo nadzora opreme.

IRT Portorož potrjuje, da prihodnost industrije stoji na znanju – tudi vzdrževalnem

IRT Portorož 2025 je jasno pokazal, da je vzdrževanje v digitalni dobi dobilo povsem novo strateško vrednost. Brez zanesljive opreme, brez prave interpretacije podatkov in brez dobro usposobljenih vzdrževalcev ni mogoče uresničiti obljub Industrije 5.0.

Konferenca je ponovno dokazala, da slovenska podjetja razmišljajo pogumno, inovativno in predvsem dolgoročno – z vizijo, v kateri ima **vzdrževanje vedno bolj osrednjo vlogo** pri zagotavljanju varnosti, učinkovitosti in konkurenčnosti.



Slika 1: Dolgoletni uspešni vodja foruma IRT Darko Švetak



Slika 2: Viktor Jemec, izredni prof. Franc Majdič iz FS Ljubljana in Darko Cafuta



Slika 2: Boštjan Malavašič in Peter Korenčan iz podjetja Inden ter Darko Cafuta

Piše: **Boštjan Malavašič**, Inden d.o.o., vodja delovne skupine – DSDT:



POROČILO S TPVS (DAN VZDRŽEVANJA) – OKROGLA MIZA

POMEN INFORMACIJSKE PODPORE V VZDRŽEVANJU

Ob svečani otvoritvi 30. Tehniško-poslovnega vzdrževalnega srečanja (TPVS), ki ga je Društvo vzdrževalcev Slovenije (DVS) organiziralo ob svoji 50-letnici delovanja, je bilo predstavljenih deset strokovnih predavanj s poudarkom na sodobnih izzivih in trendih na področju vzdrževanja. Udeleženci so imeli priložnost prisluhniti naslednjim predavanjem:

- **Opredelitev procesov vzdrževanja** – mag. Andrej Androjna
- **Navodila za vzdrževanje** – Janez Tomažin
- **Varnost pri servisiranju električnih vozil** – Viktor Lovrenčič
- **Ključni kazalniki uspešnosti (KPI)** – Damjan Maletič
- **Umetna inteligenca v vzdrževalnih procesih** – Andrej Terkaj
- **Uporaba umetne inteligence v napovedovanju proizvodnje in prediktivnem vzdrževanju** – Igor Voršič
- **Diagnostika rotacijskih strojev** – Jovan Jovanović
- **Vzdrževanje in pregledi delovne opreme** – Ivan Božič
- **Podatkovna podpora vzdrževanju** – dr. Jože Pihler
- **LOTO – Lockout/Tagout sistem za zagotavljanje varnosti** – Jurij Žvab

Predavanja so zajela širok spekter aktualnih tem, od teoretičnih osnov in regulative do praktičnih pristopov, digitalizacije ter uvajanja naprednih tehnologij v vzdrževalne procese.

Med predavanji je bila izvedena tudi okrogla miza z naslovom »Pomen informacijske podpore v vzdrževanju« in je bila izvedena ter je potekala pod okriljem delovne skupine DSDT – IT podpora in digitalna transformacija vzdrževanja, ki v okviru DVS združuje strokovnjake s področja digitalnih rešitev in industrijske informatike. Vsem članom društva je bilo omogočeno sodelovanje pri okrogli mizi.

Digitalizacija postaja namreč eden ključnih gradnikov sodobne industrije – od učinkovitosti in varnosti obratovanja do dolgoročne konkurenčnosti podjetij. Zato je bila razprava odlična priložnost za vpogled v aktualne prakse, izzive in razvojne smernice na tem področju.



Slika 1: Visoka udeleženci na Dnevu vzdrževanja

Sodelujoči strokovnjaki

Okrogla miza je združila predstavnike uporabnikov in ponudnikov informacijskih rešitev za vzdrževanje. Kot omenjeno so v razpravi sodelovali tudi člani društva.

Sestavljali so jo:
- Matej Kramar (MM Količevo d.o.o.)
- Igor Voršič (HSE d.o.o.)
- Aljaž Gradišnik (KOPA d.d.)
- Gregor Kamin (Lokacom d.o.o.)
- mag. Jurij Cvikl (Marcelino d.o.o.)
- Andrej Terkaj (TASK d.o.o.)

Diskusijo je povezoval aktivni član in vodja delovne skupine DSDT – Boštjan Malavašič.

Pogovor je združeval poglede iz realnega industrijskega okolja in izkušenj domačih ponudnikov specializiranih sistemov. Raznolika zasedba je zagotovila celovito obravnavo tematike – od praktičnih izkušenj iz industrije do tehnoloških perspektiv.



Slika 2: Diskusijo je povezoval Boštjan Malavašič

Uporabniške izkušnje in odgovori ponudnikov

Osrednji del dogodka je bil razdeljen v dva vsebinska sklopa. Uporabniki so predstavili svojo perspektivo, medtem ko so lahko njihove izzive komentirali ponudniki ter ponudili konkretne rešitve.

Pogled uporabnikov

Predstavniki MM Količevo in HSE so izpostavili več pomembnih naprednih dejavnikov, ki so jih prinesle sodobne digitalne rešitve:

- uvedba naprednih CMMS-sistemov,
- izboljšano planiranje in sledljivost delovnih nalog,
- višja razpoložljivost strojev,
- boljša preglednost nad zgodovino posegov.

Digitalizacija je v obeh primerih poskrbela za boljši nadzor nad procesi in trdnejše temelje za preventivno vzdrževanje.

Ob tem pa so izpostavili tudi največje izzive:

- pomanjkanje kadra in časa za razvojne aktivnosti,
- še vedno ne najboljše razumevanje vodstva za dolgoročne digitalne investicije,
- integracijske težave s starejšimi sistemi in opremo,
- razkorak med tehničnimi možnostmi in organizacijsko pripravljenostjo podjetja.

Izzivi so si sicer med podjetji različni, a pogosto izvirajo iz enakega vzroka: digitalizacija zahteva tako tehnološko kot procesno zrelost.

Pogled ponudnikov

Predstavniki podjetij KOPA, Lokacom, Marcelino in TASK so ocenili, da je slovenski industrijski prostor v fazi intenzivnega premika, kjer mnoga podjetja že razumejo nujnost digitalizacije, vendar še vedno ni pravega napredovanja.

Po njihovih izkušnjah so največje priložnosti:

- uvajanje pametnejših in uporabniku prijaznejših sistemov,
- boljše strukturiranje podatkov in premoženja pred digitalizacijo,
- postopno uvajanje rešitev, ki temeljijo na realnih potrebah,
- krepitev sodelovanja med IT-oddelki, vzdrževalci in vodstvom.

Vsak ponudnik je nato predstavil svoj predlog, kako odpraviti izzive uporabnikov – od boljšega usposabljanja in postopne uvedbe rešitev do zanesljivejših povezav med sistemi in stroji.

Interaktivna razprava z občinstvom

Že med samo razpravo je začelo občinstvo aktivno sodelovati z vprašanji in usmerjalo pogovor v teme, kot so:

- kako meriti uspešnost digitalizacije ter kateri kazalniki so ključni (razpoložljivost, stroški vzdrževanja),
- kako strukturirati hierarhijo sredstev pred uvedbo sistema,
- kdaj je smiselna investicija v nov stroj,
- vloga digitalne transformacije pri dolgoročni konkurenčnosti industrije.

Pogovor je hitro pokazal, da se podjetja soočajo s podobnimi vprašanji, ne glede na velikost ali panogo, ter da so potrebne tako tehnične kot organizacijske spremembe.

Ključne ugotovitve

V zaključku dogodka je bilo izpostavljeno, da je informacijska podpora v vzdrževanju danes ključni element vsakega sodobnega proizvodnega sistema. Digitalizacija ne predstavlja več izbire, temveč nujo – tako za optimizacijo procesov kot za zagotavljanje dolgoročne konkurenčnosti.

Rdeča nit okrogle mize je bila jasna: napredek je mogoč, ko se združijo tri stvari – jasna strategija podjetja, ustrezna digitalna podpora in visoka stopnja sodelovanja med ljudmi.

Dogodek se je zaključil s povabilom k mreženju ter izmenjavi izkušenj, ki so ključnega pomena za strokovno skupnost Društva vzdrževalcev Slovenije. Odličen odziv udeležencev nas spodbuja, da v prihodnje pripravimo še več podobnih dogodkov, namenjenih predstavitvi novih trendov in smernic na področju vzdrževanja in obvladovanja premoženja.

Ob tem velja poudariti, da članstvo v DVS podjetjem omogoča aktivno sodelovanje na seminarjih in strokovnih srečanjih, kjer lahko svoje znanje, primere dobrih praks in njihove izkušnje pomembno prispevajo k razvoju in izboljšanju vzdrževalnih procesov v slovenskih podjetjih.

POROČILO S SEMINARJA NA DVS

Piše: **Boštjan Malavašič**, Inden d.o.o., vodja delovne skupine – DSDT:



PRIHODNOST VZDRŽEVANJA

Društvo vzdrževalcev Slovenije (DVS) je 13. novembra 2025 v veliki dvorani na Stegnah 21c uspešno izvedlo strokovni seminar »*Prihodnost vzdrževanja*«. Dogodek je bil namenjen predstavitvi aktualnih trendov in inovacij na področju vzdrževanja ter upravljanja premoženja.

Osrednji gost seminarja je bil strokovnjak iz podjetja Isograph, vodilnega svetovnega ponudnika rešitev za analitiko zanesljivosti in upravljanje življenjskega cikla sredstev. Njegovo predavanje je udeležencem ponudilo poglobljen vpogled v najnovejše metode in napredno orodje, ki oblikujejo prihodnost vzdrževanja.

Poleg mednarodnega gosta so svoje strokovno znanje in dobre prakse predstavili tudi domači strokovnjaki, specializirani za področja umetne inteligence, vizualne predstavitve ter obvladovanja premoženja fizičnih sredstev.

Skupaj so udeležencem ponudili celovit vpogled v izzive digitalizacije, implementacije naprednih sistemov ter učinkovitega upravljanja industrijskih sredstev. Dogodek je tako predstavljal pomembno platformo za izmenjavo znanja, izkušenj in idej, ki krepijo strokovno skupnost Društva vzdrževalcev Slovenije.

Rdeča nit seminarja je bila jasna: vzdrževanje se pospešeno spreminja iz odzivne funkcije v podatkovno vodeno, proaktivno in inteligentno disciplino, ki jo poganjajo digitalna orodja, napredni analitični modeli in novi tehnološki pristopi. Uvodni nagovor sta podala predsednik DVS Viktor Lovenčič in vodja DSDT Boštjan Malavašič, ki sta izpostavila pomen premika k analitičnemu, vizualno podprtemu in izboljšano načrtovanemu vzdrževanju. Predstavila sta tudi vlogo društva pri povezovanju strokovne skupnosti in pri uvajanju sodobnih pristopov, ki slovenskim podjetjem omogočajo pridobivanje novih znanj in najsodobnejših tehnologij, ki so trenutno na voljo na področju vzdrževanja.

Povezovalec dogodka Peter Korenčan (Inden d.o.o.) je nato udeležence popeljal v program, usmerjen v prikaz ključnih tehnologij, ki že danes krojijo prihodnost vzdrževanja.

Predavanja, ki so bila na programu:

Reliability & Availability Workbench Tool
Predavatelj: David Wiseman, Isograph (UK)

Seminar je otvoril gost iz Velike Britanije, David Wiseman, ki je predstavil zmogljivo orodje Reliability & Availability Workbench. Predavanje je ponudilo vpogled v napredne



Slika 1: Udeleženci panelne diskusije



Slika 2: Peter Korenčan je vodil panelno diskusijo z vprašanji

analitične modele, ki podjetjem pomagajo simulirati delovanje kompleksnih sistemov, ocenjevati tveganja, načrtovati vzdrževalne ukrepe in sprejemati boljše tehnične odločitve.

Udeleženci so se seznanili z realnimi primeri uporabe, ki jasno kažejo, kako analitična orodja postajajo nepogrešljiva pri odločanju v industrijah, kjer so izpadi ključne opreme nedopustni.

Umetna inteligenca pri prediktivnem vzdrževanju
Predavatelj: Andrej Terkaj, TASK d.o.o.

Predavanja so osvetlila prehod na napovedno vzdrževanje, ki ga omogočata Industrija 4.0 in množični zajem podatkov. Predstavljeni so bili osnovni tipi vzdrževanja ter izzivi pri uvedbi napovednih metod, zlasti glede kakovosti podatkov in razlage rezultatov.

Poudarek je bil na ključnih korakih strojnega učenja, raziskovalni analizi podatkov ter uporabi vizualizacije vibracij za zaznavanje zgodnjih znakov okvar. Predstavljeni so bili preprosti modeli (npr. kvadratna regresija) in napredne metode preživetvene analize za napovedovanje življenjske dobe strojev.

Uporaba digitalnega dvojnika pri vzdrževanju
Predavatelj: Matija Zupančič, Art Rebel 9 d.o.o.

Matija Zupančič je predstavil uporabo digitalnih dvojnikov, ki omogočajo virtualen pregled objektov, simulacije delovanja ter optimizacijo procesov vzdrževanja. Poudaril je, da digitalni dvojnik ni zgolj vizualni model, temveč platforma, ki združuje podatke, procese, dokumentacijo in operativne informacije.

Za udeležence je bilo še posebej zanimivo, kako lahko tak pristop olajša prenos znanja med generacijami in izboljša pripravo novih kadrov na kompleksne naloge.

Digitalna podpora pri upravljanju celotnega življenjskega cikla fizičnega premoženja
Predavatelj: Andrej Androjna, QUANTUM Consulting

V zadnjem predavanju je Andrej Androjna predstavil koncept celostnega upravljanja življenjskega cikla fizičnega premoženja – od načrtovanja, projektiranja in gradnje, pa vse do uporabe, vzdrževanja in posodobitev.

Izpostavil je pomembnost podatkovne sledljivosti, digitalnih rešitev za upravljanje sredstev ter sistemskega pristopa, ki podjetju omogoča boljšo preglednost in optimizirano odločanje. Predavanje je poudarilo, da brez digitalne podpore danes ni mogoče zagotoviti dolgoročne zanesljivosti in učinkovitosti opreme.

PANELNA RAZPRAVA: Kaj lahko uvedemo danes?

Zaključni del seminarja je bil namenjen razširjeni diskusiji z udeleženci. Razprava je bila izjemno živahna, saj so vprašanja iz publike začela prihajati že takoj po prvih prispevkih, kar kaže na veliko aktualnost teme in željo industrije po hitrih, izvedljivih rešitvah.
Med osrednjimi vprašanji so bila:

- Kje naj podjetja začnejo svojo digitalno transformacijo: pri podatkih, sistemu, kadru ali strategiji?
- Katere so največje ovire v slovenskih podjetjih pri uvedbi naprednih digitalnih orodij?
- Kako meriti uspešnost digitalizacije vzdrževanja?
- Kako zagotoviti usposobljenost kadra za delo z novimi tehnologijami?

Predavatelji so se strinjali, da uspešna uvedba digitalnih pristopov ni projekt, temveč proces, ki zahteva postopno uvajanje, jasno strateško usmeritev in usklajevanje med IT-jem, vzdrževanjem in vodstvom.

Zaključek

Dogodek se je zaključil v spodbudnem vzdušju z jasnim sporočilom, da prihodnost vzdrževanja temelji na podatkih, analitiki, digitalnih platformah in povezovanju strokovnjakov z različnih področij. Udeleženci so se po zaključku formalnega dela zadržali v daljšem neformalnem razgovoru, kjer so nadaljevali izmenjavo izkušenj, pogledov in praktičnih nasvetov.

Ob tem velja izpostaviti tudi vlogo Društva vzdrževalcev Slovenije: članstvo podjetjem omogoča aktivno soustvarjanje strokovne skupnosti, sodelovanje na podobnih dogodkih ter deljenje lastnih izkušenj, znanja in dobrih praks. Širjenje strokovne mreže, dostop do aktualnih vsebin ter priložnost za predstavitev lastnih rešitev so tisti elementi, ki podjetjem omogočajo hitrejši razvoj in uspešnejše soočanje z izzivi prihodnosti.

Piše: mag. **Viktor Jemec**



S PONOSOM NA PREHOJENO POT

Srečanja seniorjev Društva vzdrževalcev Slovenije (DVS) vedno znova dokazujejo, da povezanost, tovarištvo in strokovni ponos ne zbledijo z leti. V Velenju so se 25. oktobra 2025 ponovno zbrali člani, ki so s svojim znanjem in predanostjo soustvarjali temelje slovenskega vzdrževalnega področja. Dogodek je bil posvečen spominu na dolgoletnega predsednika in neutrudnega promotorja vzdrževanja Rudija Leskoška. V prijetnem in spoštljivem vzdušju so udeleženci obujali spomine na začetke društva, delili svoje izkušnje, znanja in zgodbe, ki so oblikovale generacije vzdrževalcev. Srečanje ni bilo le poklon preteklosti, temveč tudi opomnik, kako dragocena je skupnost, ki jo povezujejo strokovnost, srčnost in prijateljstvo. Sledijo zapisi nekaterih udeležencev.

S ponosom na prehojeno pot – uvodni nagovor na srečanju v Velenju 25. oktobra 2025 ob priložnosti počastitve spomina na Rudija Leskoška.

Spoštovani seniorji DVS – lepo pozdravljeni!



Vojko Mozetič, senior DVS

Biti član Društva vzdrževalcev Slovenije (DVS) je čast. Biti senior v DVS je privilegij.

Beseda senior – po primorsko bi rekli *nono* – pove, da smo ljudje častitljive starosti in z leti se seveda tudi spreminjamo. Zato me prav nič ne preseneča, če kdaj pogledam soseda in si mislim: „Vem, da bi ga moral poznati, a se imena žal ne spomnim." Verjamem, da se kdo od vas kdaj pa kdaj počuti podobno.

Zato naj se kar sam predstavim. Sem **Vojko Mozetič**, nekoč zaposlen kot direktor tehničnih služb v podjetju **HIT v Novi Gorici**. V DVS sem sodeloval od leta 1992 do upokojitve leta 1999.

Kot sem že uvodoma povedal, mi je bilo v veliko čast sodelovati z vami. Ob tem se pogosto spominjam prijetnih dogodkov iz tistih let, še posebej pa enega od njih, ki mi je ostal v posebnem spominu: obiska delegacije DVS pri takratnem predsedniku Republike Slovenije, gospodu Milanu Kučanu. Ker takratni predsednik DVS, **Boris Dejanovič**, tisti dan ni imel časa, sem ta obisk kot njegov namestnik vodil jaz. Fotografija s tega srečanja še danes krasi moj domači delovni prostor – in sem jo danes prinesel s seboj.

Ker je bil ta dogodek še v prejšnjem stoletju (in tisočletju!), se imen vseh takrat prisotnih ne spomnim več. Spomnim se pa, da sta bila v delegaciji DVS gospa **Zlatka Dreo** in **Rudi Leskošek**. Rudija se pogosto spominjam kot človeka, ki je za DVS naredil izjemno veliko.
Prav tako se želim zahvaliti tudi gospe Zlatki Dreo, ki nas je skozi leta lepo predstavljala v glasilu **Vzdrževalec** in nas redno obveščala o aktualnih dogodkih.

Da ne bom predolg, naj zaključim s kratko mislijo: Biti vzdrževalec v pokoju pride še kako prav – doma je vedno dovolj dela, pa še kosilo si vsak dan zaslužiš!

Želim nam, da bi se še velikokrat srečali in skupaj obujali lepe spomine.

Hvala lepa!



Dragan Grgić

Moji spomini na DVS (Društvo vzdrževalcev Slovenije) sežejo v leto 1984, ko sem se po triletnem terenskem delu kot vodja mobilne mehanizacije in transporta na več gradbiščih takratne EM – Hidromontaža, vrnil na sedež podjetja v Maribor.

Že na začetku svoje kariere (leta 1980) v tem nekoč prestižnem podjetju v montažerski branži sem bil seznanjen, da želijo v nekaj letih »vzgojiti« novega vodjo sektorja, pod čigar vodstvom bosta vzdrževanje in operativna uporaba takrat več kot 30 avtodvigal pestre palete različnih proizvajalcev – od tega več kot 25 hidravličnih, vsaj 15 hidravličnih viličarjev večje nosilnosti in nekaj deset tovornjakov različne nosilnosti – dosegla višjo kakovostno raven.

Takratna kadrovsko-montažna izbira vodje sektorja je kot prioritetno področje delovanja vsebovala zahtevo, da se v dokaj kratkem času občutno zmanjšajo zastoji v mehanizaciji in dvigne stopnja razpoložljivosti le-te.

V takratnem času sta diagnostika in preventivno vzdrževanje ali vzdrževanje po stanju bili izrazito domena teorije vzdrževanja, katere poslanstvo so širili redki posamezniki. Ker se je v tem času tudi številna gradbena operativa Maribora in okolice srečevala s podobno problematiko, me je prav pokojni Branko Petrovčič – vez med vzdrževanjem in nabavo v takratnem Konstruktorju – seznanil s poslanstvom Društva vzdrževalcev Slovenije.

»Vzdrževalec«, tiskan na ciklostilu, in informacije o že izpeljanih in predvidenih aktivnostih v organizaciji posameznikov, članov društva DVS, so meni in mojim takratnim sodelavcem, neposrednim vzdrževalcem, odprli vrata, ki so vodila do takratne zasedbe in aktivnosti IO DVS ter Rudija Leskoška – motorja delovanja društva v najbolj žlahtnem pomenu besede.

Z nasmehom je blažil naše skrbi, ker »to in ono« v delovnih okoljih, od koder smo prihajali, »ne dela, kot bi moralo, ali sploh ne deluje«. S sistematično pripravo in izvedbo sestankov IO ter metodičnim pregledom izvajanja sprejetih sklepov in smernic mi je po eni strani vzbujal željo biti zraven »gospodov s kilometrino«, po drugi pa me je tudi opogumljal, da sam v svojem podjetju organiziram in izpeljem edukacije za lastne vzdrževalce in vzdrževalce iz celotne Slovenije.

Osebne in strokovne avtoritete, kot je npr. Darko Kolšek iz takratne Tovarne celuloze in papirja Krško (danes VIDEM Krško), so mi/nam s svojimi priporočili omogočili vrhunske eno- in dvodnevne sistematične edukacije neposrednih vzdrževalcev s področja ležajev (FAG, SPM), hidravlike (VICKERS), pnevmatike (FESTO), mazanja ipd. v Mariboru.

Za udeležence je bilo izobraževanje brezplačno, izvajalci so dobili malico iz lastne menze, med odmori pa so si lahko postregli s kavo in vodo.

Kmalu me je Rudi L. – tovariš v pravem pomenu besede – povabil in na občnem zboru predlagal za sprejem v članstvo IO DVS, kar sem s ponosom in odgovornostjo sprejel. S tridesetimi leti sem, če se ne motim, bil takrat najmlajši član. Sožitje mlajših in starejših s področja vzdrževanja sem sprejemal kot nujen pogoj za trajnost obstoja in kakovost društva ter kot eno svojih nalog. V veselje mi je, da sem takratno sodelavko, inž. Zlatko Dreo, lokacijsko na desnem bregu reke Drave, opozoril na DVS, kar se je obrestovalo z njenim dolgoletnim predanim delom v DVS in za DVS.



Darko Kolšek in Dragan Grgić

Kot vodja vzdrževanja velikega sistema (VIPAP, največje tovarne celuloze in papirja v srednji Evropi, v letih od 1970 do 1990) sem se že v prvi polovici sedemdesetih let pridružil DVS, ki ga je vodil vodja vzdrževanja v Kliničnem centru Ljubljana. Zaradi osebnih težav takratnega predsednika je DVS prenehal z delovanjem.

Na pobudo gospoda Emila Rejca (člana YUMO) pa je v začetku osemdesetih let inženir Boris Duh (Društvo inženirjev in tehnikov Maribor) sklical ustanovno skupščino – sestanek bivših in novih potencialnih članov DVS v Mariboru. Med temi je bil tudi Rudi Leskošek, podpisani pa nisem bil prisoten. Po tem ustanovitvenem sestanku kolega B. Duh ni več sodeloval. Zato smo se začeli redno sestajati v prostorih Zavoda za organizacijo dela (ali nekaj podobnega) v Ljubljani.

Iz ustanoviteljske skupine je bil izbran odbor. Kdo je bil prvi predsednik, se ne spomnim, vsekakor pa je bil Rudi Leskošek gonilna sila takratnega in kasnejšega DVS: vodil in organiziral je redne sestanke odborov društva, pripravljal je dokumentacijo in sprejetje formalnih pravil za ustanovitev društva, vodil je evidence članstva (osebna in za podjetja) itd.

Seznam opravil bi presegal okvire in namen tega prispevka. Vsi ostali člani smo sodelovali, nekateri več več, drugi manj, kolikor nam je dopuščala redna zaposlitev. Podpisani sem bil celo dve leti predsednik DVS, vendar je večino dela opravljal Rudi. Med drugim mi je celo napisal otvoritveni govor (referat o društvu). Član društva DVS sem še sedaj, saj redno plačujem članarino.

Z Rudijem sva ustvarila res pristen in prijateljski odnos, ki je trajal vse do njegove prezgodnje smrti.

Svoje težave – osebne, službene in tudi društvene – je Rudi nosil in se spopadal z njimi sam. Tu in tam sva se o njih pogovarjala, se obiskovala. Bil sem pri njem dva dni pred koncem in tudi takrat sva se največ pogovarjala o društvu, vzdrževalcih in vzdrževanju.

Mislim, da si zasluži posebno mesto v naših razmišljanjih o društvu DVS.



Bojan Vernig

Ko se po dolgem času srečajo nekdanji člani IO DVS, nas spomin nehote ponese nazaj, prav na začetek, ko se je rojevalo Društvo vzdrževalcev Slovenije.

Sami začetki segajo pravzaprav v leto 1972, ko je Emil Rejec ustanovil Društvo vzdrževalcev Jugoslavije – YUMO in postal tudi njegov prvi predsednik. Kot strokovni delavec in kasnejši direktor Zavoda za produktivnost dela je imel velik interes združiti in povezati čim več podjetij, saj je tako ustvaril veliko bazo, v kateri je našel potencialne kupce za prodajo storitev. Glavna dejavnost Zavoda za produktivnost dela je bila namreč organizacija poslovnih funkcij, med katerimi je imela funkcija vzdrževanja posebno mesto in jo je Rejec, kot izkušen svetovalec, uspešno vpeljeval v različna jugoslovanska podjetja. Na njegovo iniciativo je bilo ustanovljeno Društvo vzdrževalcev Slovenije, ki mu je na začetku tudi sam predsedoval.

V društvo se je povezala večja skupina dobromislečih ljudi, ki so se trudili za dvig kakovosti vzdrževanja slovenskih podjetij. Še posebej se je povezanost močno utrdila, ko je v letu 1982 (?) predsedništvo društva prevzel Rudi Leskošek iz Gorenja. Meni so takrat zaupali mesto podpredsednika in sem skrbel za pravno formalne zadeve in urejenost dokumentacije društva. Ker smo bili člani večinoma direktorji ali vodje vzdrževanj v podjetjih, smo imeli možnost, da organiziramo srečanja slovenskih vzdrževalcev v posameznih podjetjih. Po ogledu proizvodenj smo se s posebnim poudarkom pogovarjali o organiziranosti vzdrževanja, težavah, s katerimi se srečujemo in kako jih rešujemo. Učili smo se drug od drugega in v primeru težav drug drugemu nesebično pomagali. V sedemdesetih letih prejšnjega stoletja smo začeli vzdrževanje tudi dokumentacijsko podpirati. Vse je seveda potekalo ročno in ni bilo hujšega, kot reči vzdrževalcu, da mora nekaj napisati.

Takrat smo se srečali z zametki preventivnega vzdrževanja, ki je danes preraslo v napovedano. Občasno smo organizirali tudi predavanja z različnih strokovnih področij. Spomnim se, da smo v nekdanji veliki lesni tovarni Novoles organizirali predstavitev organizacije in dela brusilnice, saj smo v lesni branži imeli veliko izkušenj z brušenjem orodij. Srečanje je bilo brezplačno, kot tudi vsa ostala, ki jih je organiziralo društvo, pa še malico smo zagotovili za vse udeležence.

Doživeli smo veliko prijetnih strokovnih druženj, sem pa tja pa se je pojavila tudi kakšna grenka izkušnja. Ko se je Emil Rejec nekoliko oddaljil od dela društva in se bolj posvetil svojemu strokovnemu delu, mi je predal mapo s pomembnimi podatki in dokumenti o začetkih društva. Skrbno sem jo hranil in ji dodajal nove, tekoče dokumente, predvsem zapisnike Izvršnega odbora društva. Ko sem v letu 1991 zapuščal Novoles in se podal novim izzivom naproti v avtomobilski industriji, sem celotno društveno arhivsko gradivo s še nekaterimi pomembnimi službenimi dokumenti zložil na rob delovne mize in jih pripravil za prevoz na novo lokacijo. V vseh teh letih se jih je nabralo kar precej, kupček je velik približno pol metra. Ko sem čez nekaj dni prišel ponje, je v moji pisarni že sedel nov finančni direktor. Zgrozil sem se, ko sem opazil, da je moja delovna miza »počiščena«. Ko sem ga vprašal, kje je gora dokumentov, ki je bila še pred nekaj dnevi na mizi, mi je odvrnil: »Bil je kup starega papirja in sem ga odnesel pokurit v toplarno.« In tako je zgorela originalna zgodovina Društva jugoslovanskih in slovenskih vzdrževalcev. Še danes mi je žal, da se je to zgodilo.

Kot rečeno, smo v društvu spletli precej tesnih vezi, predvsem z ljudmi, s katerimi smo podobno razmišljali. Kar nekaj vezi je ostalo trdnih vse do danes, ko smo se nekateri senjorji Društva vzdrževalcev Slovenije srečali v Velenju in se pred dnevom mrtvih poklonili v spomin našega prijatelja in večletnega predsednika Rudija Leskoška.



Udeleženci srečanja: 1. vrsta, z leve proti desni: Jasna Kolšek, Darko Kolšek, Nevena Tea Gorjup, Metka Jemec, 2. vrsta: Vojko Mozetič, Bojan Vernig, Dragan Grgić, Matjaž Cesar, Dušan Vukić, Viktor Jemec

Zaključek

Srečanje seniorjev DVS v Velenju je bilo več kot le obujanje spominov – bilo je srečanje ljudi, ki so s svojim delom pustili globoko sled v slovenskem gospodarstvu in stroki vzdrževanja. Vsaka zgodba, ki je bila spletena, je nosila del zgodovine, pa tudi iskrivost, ki kaže, da srce za stroko nikoli ne neha biti. Udeleženci so s ponosom pogledali nazaj in s prijateljskim stiskom rok potrdili, da jih druži nekaj več – zavedanje, da so gradili skupnost, ki povezuje tradicijo, znanje in spoštovanje. Takšna srečanja nas spomnijo, da moč Društva vzdrževalcev Slovenije ne izhaja le iz dosežkov, temveč iz ljudi, ki so jim posvetili svoj čas, energijo in srce.

Ne brusimo. Ne peskamo. Ne špricamo.

Očistimo z laserjem -
zanesljivo, natančno in brez kompromisov

Očistite sami, ali čiščenje prepustite nam!

LASERSKO ČIŠČENJE

PREDNOSTI LASERSKEGA ČIŠČENJA

- Čiščenje na **poljubni lokaciji** - pri vas.
- **Hitro** in ponovljivo.
- **Brez** kemikalij.
- **Ni mehanske obrabe** občutljivih površin.
- Primerno tudi **za kompleksne** geometrije.
- Ni peska, **ni ostankov**, ni nevarnih snovi.
- **Varno** za ljudi in okolje.



Idealno za industrije, kjer potrebujete preciznost in imate visoke zahteve glede kakovosti.



KAJ OČISTIMO Z LASERJEM?

- Okside in **rjo.**
- **Barve** in ostale premaze.
- Površine pred in po **varjenju.**
- **Orodja** za brizganje plastike in gume.
- Priprave površin za **NDT** testiranje.
- **Razmaščevanje** in več.



Vas zanima ali je lasersko čiščenje primerno za vas? Testirajmo! Dosegljivi smo na:

NAROCI@LASERSKOCISCENJE.SI
ali 040 745 171

NEMŠKA KAKOVOST

4JET
naprave za lasersko čiščenje

Piše: **Jaka Zavašnik**, Proteam PLUS



ČIŠČENJE BREZ ABRAZIJE: PRISTOP ZA OBČUTLJIVE POVRŠINE

Občutljive industrijske površine, kot so kalupi, natančna orodja in mikrostrukture, zahtevajo čiščenje, ki ne sme spreminjati njihove podlage. Tradicionalne metode pogosto povzročajo mehanske poškodbe, spremembe hrapavosti ali vnesejo neželene ostanke. Lasersko čiščenje omogoča selektivno odstranjevanje kontaminacije brez stika, brez abrazije in brez vpliva na geometrijo ali mikrostrukturo. Zaradi ohranitve površinske integritete se podaljša življenjska doba opreme, izboljša stabilnost procesov in zmanjša potreba po korekcijah, zato je tehnologija posebej primerna tam, kjer že minimalna poškodba vpliva na kakovost izdelka.

Ključne besede: vzdrževanje proizvodne opreme, občutljive površine, neabrazivni postopki čiščenja, kakovost površin, dolga življenjska doba opreme, sodobne metode vzdrževanja

Površina kot funkcionalni element industrijskih sistemov

Površina je eden najpomembnejših dejavnikov v industriji, čeprav je redko v ospredju. Določa tesnjenje, hrapavost, oprijem, toplotno prevodnost, drsnost, kakovost izdelka in življenjsko dobo orodja. **Ko se površina spremeni** – bodisi zaradi erozije, mikro udarcev, kemične reakcije ali prekomernega brušenja, **se spremeni tudi proces**. V proizvodnih okoljih, kjer so tolerance v mikronih, si vzdrževalec ne more privoščiti niti minimalne obrabe.

Ko čiščenje postane poseg v material

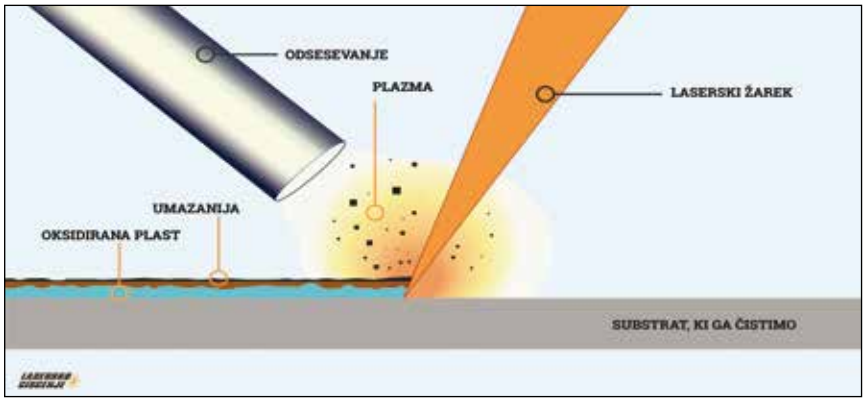
Dolga leta so prevladovale klasične metode, kot so brušenje, krtačenje, peskanje in uporaba topil. Čeprav so učinkovite pri odstranjevanju kontaminacije, imajo skupno pomanjkljivost: posegajo v podlago. Hrapavost se spremeni, robovi se zaokrožijo, mikrostrukture se izbrišejo in površina postopno izgubi svojo funkcionalnost.

V zadnjem desetletju se je zaradi vse bolj občutljive proizvodnje pojavila potreba po načinu čiščenja, ki **odstrani le kontaminacijo in se podlage sploh ne dotakne**. Lasersko čiščenje temelji prav na tej selektivnosti. Kratki, visoko energijski pulzi so usmerjeni v umazanijo, ki energijo absorbira bistveno močneje kot osnovni material.

Ko kontaminacija prejme pulz, se zaradi hitrega lokalnega segrevanja in ekspanzije razgradi ali odpari. Ta proces, imenovan ablacija, deluje v nanosekundah, zato se toplota ne prenese v podlago. **Umazanijo odpari, geometrija, hrapavost in mikrostruktura pa ostanejo takšne, kot so bile izdelane**.

Površine, ki ne dopuščajo kompromisov

Prav ta selektivnost je razlog, da se tehnologija hitro uveljavlja v panogah, v katerih je površina občutljiva ali mikronsko natančna:



Slika 1: Shema delovanja laserja (Lasten vir)

- V proizvodnih procesih **brizganja plastike** se lasersko čiščenje uporablja za odstranjevanje polimernih ostankov, pigmentov in ločil iz kalupov, ne da bi pri tem prišlo do erozije ali spremembe detajlov.
- **V gumarski industriji** omogoča čiščenje mikro ventilov in ozkih kanalov brez deformacije.
- **V preciznem orodjarstvu** ohranja zahtevane Ra vrednosti, ki so bistvene pri lepljenju, varjenju, tesnjenju in oblikovanju materiala.
- **V livarstvu** zmanjšuje erozijo modelov in ohranja robove,
- **v farmaciji** pa odstrani obloge brez uporabe topil ali abraziva.

Prednost tehnologije ni zgolj v končnem izgledu, temveč v posledicah po procesu.

Ker način čiščenja ne zahteva potrošnega materiala, kot so pesek, led ali topila, to poenostavi logistiko, zmanjša količino odpadkov in omogoča delo tudi v občutljivih okoljih. Med postopkom pa se ne ustvarja mehanski kontakt, kar pomeni, da ni tveganja za prenos delcev, poškodb robov ali vnos medijev v skrite dele opreme. Edini stranski produkt so delci odstranjene kontaminacije, ki jih odsesovalna enota zajame neposredno na mestu nastanka.



Slika 2: Odstranjena površinska rja (Perth Laser Cleaning. (2025). Untitled design – rust removal sample [Photograph]. PerthLaserCleaning Website. https://perthlasercleaning.com.au/wp-content/uploads/2024/12/Untitled-design-2024-12-05T112938.855-800x534.png)

Vpliv izbrane metode na vsakdan vzdrževanja

Lasersko čiščenje je tudi operativno prilagodljivo. Je **mobilno**, kar pomeni, da se opremo lahko pripelje do stroja ali konstrukcije, ne glede na velikost ali lokacijo. Orodij ali strojev zato v dosti primerih ni treba razstavljati ali premikati v posebne kabine.

Pri izbiri metode čiščenja v proizvodnih procesih je varnost vedno eden ključnih dejavnikov. Postopki brez mehanskega kontakta ne povzročajo trenja, povratnih udarcev ali razprševanja delcev, zato je delovno okolje praviloma bolj obvladljivo. Delovišče ostane suho, čisto in pregledno, kar zmanjša tveganje zdrsov, mehanskih poškodb in nenadzorovanega onesnaževanja okolice. Varnostni ukrepi so v takšnem primeru jasno definirani: uporaba certificirane zaščitne opreme, omejeno in označeno delovno območje ter nadzorovan dostop oseb. Takšna ureditev omogoča, da se postopek izvaja predvidljivo in v skladu z obstoječimi varnostnimi protokoli v proizvodnih obratih.



Slika 3: Zaščitna oprema (Lasten vir)

Varnost in predvidljivost

Vse to kaže, da lasersko čiščenje ni trend, temveč odgovor na potrebo sodobne industrije: **odstranjevati kontaminacijo brez poseganja v material**. V okoljih, kjer vsak mikrometer šteje in kjer poškodba površine pomeni tveganje za proces, izdelek ali opremo, postaja ta tehnologija standard. Ne zaradi hitrosti ali videza, ampak zaradi popolnega nadzora nad tem, kar je za vzdrževalce najpomembnejše: ohranitev površinske integritete.

Primer iz prakse: Lasersko čiščenje vakuumske črpalke

okolju, kjer se obdelujejo praškaste učinkovine, hlapi topil, mikro delci, pomožne snovi ter različne organske komponente, ki se lahko med obratovanjem kondenzirajo ali »zapečejo« na notranjih površinah črpalke. Sčasoma nastanejo trdovratni sloji, ki vplivajo na učinkovitost.

Tradicionalne metode čiščenja, kot so mehansko drgnjenje, uporaba topil ali odstranjevanje z abrazivnimi sredstvi, predstavljajo nevarnost mikro poškodb površin – vsaka praska, sprememba hrapavosti ali erozija lahko vpliva na tesnjenje in dinamiko rotacije.

Pri laserskem čiščenju so ti izzivi odpravljeni. Ker se energija pulza absorbira skoraj izključno v slojih kontaminacije, površina ostane nespremenjena.



Slika 4: Blok črpalke – primerjava pred čiščenjem in po čiščenju (Lasten vir)



Slika 5: Rotor – primerjava pred čiščenjem in po čiščenju (Lasten vir)

Laserski postopek je omogočil natančno odstranjevanje vseh oblog neposredno v ohišju črpalke. Površina je po postopku ostala gladka, čista in brez kakršnihkoli znakov erozije. Ker ni bilo uporabljeno nobeno topilo, ni bilo tveganja ponovnega vnosa kontaminantov, prav tako pa ni ostal noben abrazivni medij, ki bi zahteval naknadno validacijo čiščenja.

Ohranitev površine kot dolgoročna strategija

Tak primer iz prakse jasno pokaže, zakaj se lasersko čiščenje vse pogosteje uporablja za potrebe vzdrževanja: omogoča popoln nadzor, ohranitev površine in čiščenje brez dodatnih medijev.

VIRI:

[1] Laserskočiščenje.si. (2025). Industrijsko lasersko čiščenje – tehnologija in uporaba. Pridobljeno 18. november 2025 s https://www.laserskociscenje.si/

ABSTRACT

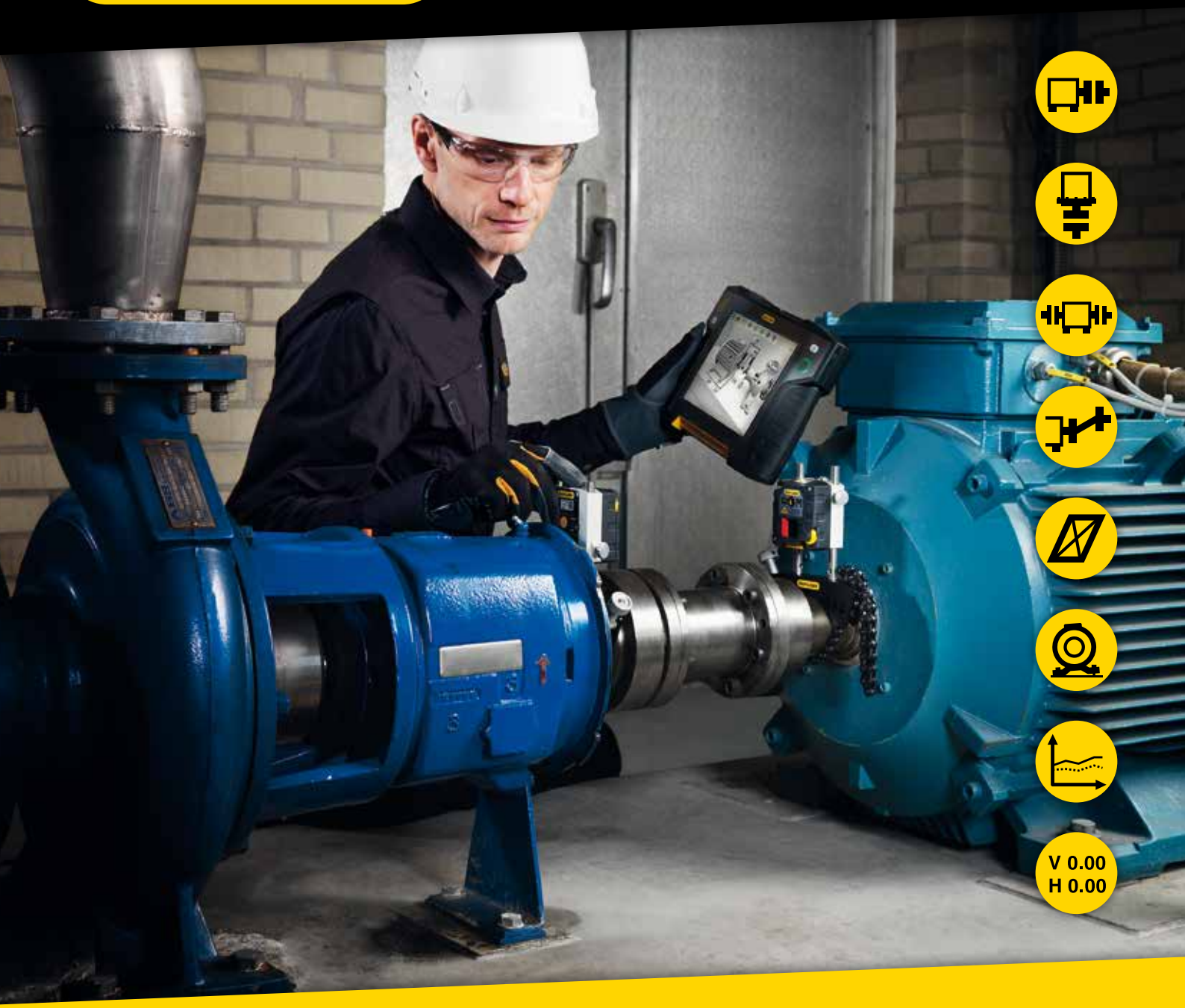
CLEANING WITHOUT ABRASION: APPROACH FOR SENSITIVE SURFACES

Sensitive industrial surfaces such as moulds, precision tools and micro-features require cleaning that does not alter the substrate. Traditional methods often cause mechanical damage, changes in roughness or introduce unwanted residues. Laser cleaning selectively removes contamination without contact, abrasion or changes to geometry or microstructure. By fully preserving the surface integrity, it extends tool life, improves process stability and reduces the need for corrections, making it especially suitable where even minor damage would affect product quality.

Keywords: maintenance of production equipment, sensitive surfaces, non-abrasive cleaning processes, surface quality, extended service life of equipment, modern maintenance methods

www.drustvo-dvs.si

EASY-LASER®



Spoznajte svoj stroj *iz vseh kotov*

Z Easy-Laser® XT sistemi za poravnavo gredi omogočite vašim rotacijskim strojem najboljše predpogoje za optimalno delovanje in maksimalno obratovanje brez okvar.
Easy-Laser omogoča vse pomembne vidike montaže strojev:

- ✓ Poravnavo gredi
- ✓ Meritev ravnosti in ukrivljenosti pritrdilnih plošč stroja
- ✓ Preverjanje »mehke noge«
- ✓ Dinamične meritve

EASY-LASER XT

Prenesite in preizkusite BREZPLAČNO aplikacijo XT Alignment

Instro d.o.o.
www.instro.si info@instro.si T: 040 243 755

Z NAŠIMI REŠITVAMI DO VAŠIH PRIHRANKOV!

Pametno vodenje ogrevanja TROVIS 5578-E



Več udobja, manj stroškov.

- **Univerzalna uporaba:** za ogrevalne, prezračevalne in hladilne sisteme, več kot 120 prednaloženih programskih shem.
- **Energetska učinkovitost:** optimalno krmiljenje za nižje stroške energije.
- **Enostavna uporaba:** grafični zaslon in gumba za enostavno lokalno upravljanje.
- **Prilagodljivost:** integriran vmesnik za povezavo na nadzorni portal SAM DISTRICT ENERGY ali druge nadzorne sisteme.
- **Zanesljivost:** robustna zasnova in dolgoletne izkušnje SAMSON tehnologije.



SAM® DIGITAL



- **Nadzorni sistem v oblaku**
- **Dostop preko spletne povezave**
- **Enostavno upravljanje**
- **Spremljanje, upravljanje, alarmiranje, poročanje**

Zastopnik za Slovenijo

GIA

GIA-S industrijska oprema d.o.o.
Industrijska cesta 1K,
1290 Grosuplje

www.gia.si
elektro@gia.si
+386 1 7865 300

R-40965